

# Una guía para construir tu propia estación de radioaficionado



© Frank W. Harris  
© Frank W. Harris

**KOIYE**

*URE, versión española*

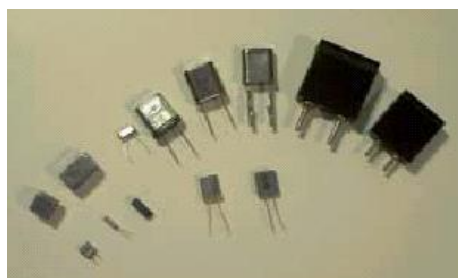


# *De la galena a la banda lateral moderna*

*Crystal sets to sideband*

**Frank W. Harris, KØIYE**

**Una guía para construir tu propia estación  
de radioaficionado**



(página en blanco)

Colaboraron en la traducción de este libro los siguientes colegas:

Jesús Huerta, EA1KX

José Ramón Hernández, EA2BQH

Miguel Molina, EA3FHC

Toni Benavent, EA5BQN

Juanjo Pastor, EA5CQH

Juan Carlos Reig, EA5EXK

Francisco Escobedo, EA7ABO

Pepe Nuño, EA7AJJ

Jesús Ortiz, EA7UU

*Solo a ellos, y nada más, debéis culpar de los errores en la traducción y traslado de expresiones. La única pretensión es hacer llegar al máximo de personas hispano parlantes los conocimientos plasmados en la versión original – en inglés – por el autor, el colega y amigo **Frank Harris, KOIYE**. Frank escribió sus experiencias en la construcción y cacharreo de equipos de radioafición. Este libro es una invitación a volver, continuar o **EMPEZAR** en la fascinante, agradecida, satisfactoria y siempre premiada empresa de la construcción casera (Cacharreo).*

(página en blanco)

# Tabla de contenidos:

## Prefacio

## Foreword (el original de Frank en inglés)

## Capítulo 1

### LA FASCINACIÓN DE LA RADIO

- Explorando las bandas de onda corta
- Surgiendo la era del código Morse
- El deleite de construirlo por ti mismo
- Una breve historia de la radio comunicación
- Henry, Maxwell, Hertz, Tesla y Marconi.
- Fessenden, Edison, Flemming, DeForest y Armstrong
- El naufragio del RMS Republic y el nacimiento de la radioafición
- La radioafición en los últimos 80 años
- Convertirse en radioaficionado

## Capítulo 2

### CONSTRUCCIÓN CASERA DE EQUIPAMIENTO RADIO AFICIONADO

- ¿Qué se entiende por construcción casera?
- Cuando no es adecuada la construcción casera
- Barreras a la construcción casera moderna
- Tiempo, estabilidad de frecuencia e inductancia de cables
- Conocimiento eléctrico básico
- Magnetismo y electricidad estática
- Voltaje, corriente, resistencia, energía y potencia (Ilustrado con dibujos de analogías mecánicas y agua)
- Conductores, aisladores y semiconductores
- Condensadores, inductores, transformadores y alternadores
- Distribución de la energía en el hogar, transformadores para alta y baja frecuencia

## Capítulo 3

### PREPARACIÓN DE UN TALLER ELECTRÓNICO

- Desarrollo e Investigación como diversión
- Cómo construir radios (o cualquier otra cosa) en tu sótano
- Persistencia, lectura de libros, mantener un libro de notas y trabajo en pequeños incrementos
- Mínimas herramientas necesarias
- El manual de la Radio Afición de la ARRL
- Soldadores y pequeñas herramientas
- Taladros y roscas
- Formones de madera para hacer tarjetas
- Osciloscopio de >50 MHz
- Contador de frecuencia
- Multímetro de calidad
- Fuente de alimentación de laboratorio
- Calculadora
- Libro de notas de laboratorio
- Colección de desperdicios electrónicos
- Catálogos de componentes
- Medidor de capacidad
- Cables de prueba y circuitos de enchufe
- Estupendo tener herramientas
- Generadores de audio y RF, software específico y analizador de espectro

## Capítulo 4

### ONDAS HERZIANAS EN EL SÓTANO

- La naturaleza de las ondas de radio
- Osciladores mecánicos y eléctricos LC
- Teoría de la antena y línea de transmisión
- Juego de componentes de cristal
- Sintonizador LC
- Detectores diodo de unión PN
- Semiconductores tipo P y N
- Detección de señales AM
- Construcción casera de las partes de un juego a cristal
- El diodo Jamestown



- El audífono Caribou
- Recreación del equipo de radio de Hertz
- Transmisión y recepción tan simple como es posible
- El comunicador de 10 metros de 1880
- Probando que las ondas de radio existen y no son solo acoplamientos magnético o capacitivo
- Demostrando las ondas estacionarias para la frecuencia de medida
- Construcción de transistores caseros
- Transistores bipolares, PNP y NPN
- Demostración de la ganancia de voltaje
- La radio Boulder Rock

## **Capítulo 5**

### **SALIENDO AL AIRE – DECIDIR QUÉ HACER PRIMERO**

- Cómo conseguir una licencia
- Las normas del juego de la construcción casera - ¡lo que te hace feliz!
- Sintonizando una banda de HF
- Conseguir familiaridad con las bandas de HF de aficionado, 160 – 10 metros
- Comunicaciones instantáneas de alta calidad en HF
- Transceptores de mano VHF/ UHF
- Construcción de una antena
- Dipolos, normal y plegado
- Dipolos multi-banda
- 80 metros cuando no tienes espacio para un dipolo
- La barra de cortina vertical
- Una antena vertical multi-banda
- Protección eléctrica

## **Capítulo 6**

### **CONSTRUYENDO UN QRP CASERO**

- Un módulo QRP monobanda controlado a cristal
- El bastidor del transmisor
- Métodos de construcción de HF
- Haciendo tus propias tarjetas electrónicas
- Construcción por “cableado” e “inserción”
- Superglue "Island Boards"
- Puentes de coaxial

- Cajas apantalladas
- El transmisor completo QRP controlado a cristal
- Transistores amplificadores y osciladores
- Cómo llega un amplificador a oscilador
- Amplificadores clase A y clase C
- Estabilización del punto de trabajo, condensadores de puenteo y resistencias emisoras
- Cristales de cuarzo – la clave para la estabilidad de la frecuencia
- El circuito QRP de 40 metros
- Oscilador y amortiguador
- Inductores, transformadores de RF y acoplamiento de impedancia
- Inductores toroidales encintados
- Cómo arrollarlos (y errores que se pueden cometer)
- Las etapas del amplificador final para el QRP
- Sintonía ante ancho de banda – usa ambos para los mejores resultados
- Arrollamiento bifilar, transformadores de banda ancha
- Cómo arrollarlos (y cómo puedes enroscarlos)
- Choque de RF de cuenta de ferrita, transistores de potencia RF caros, disipadores de calor y conectores de salida
- Conquista de los inductores
- Cálculo de la resonancia
- Calibración de condensadores de ajuste
- Cálculo de vueltas en tiroides de ferrita y polvo de hierro
- Filtros pasa-bajos de salida Chebyshev
- Manipulando tu QRP
- Transistores de potencia MOSFET
- Un “conmutador de posición” para el QRP

## **Capítulo 7**

### **CONSTRUCCIÓN DE UN RECEPTOR DE PRÁCTICA DE TELEGRAFÍA**

- Un receptor simple de conversión directa
- Un gran primer proyecto para un nuevo aficionado
- Excelente sensibilidad y buena estabilidad
- Selectividad pobre
- Añadiendo un filtrado de audio de 700 Hz
- Filtros pasa-altos y pasa-bajos

- Los filtros de paso de banda en cascada aumentan la selectividad
- Amplificadores operacionales
- Construcción con circuitos integrados
- Filtro de difusión de AM
- Librarse de la imagen

## **Capítulo 8**

### **FUENTES DE ALIMENTACIÓN**

- Fuentes de alimentación alimentadas de la línea
- Características de seguridad de la fuente de alimentación
- Aislamiento, cordones de tres conductores, fusibles, interruptores, relaciones
- Comportamiento de suministro y regulación
- Rectificación, rizado, choques, condensadores y descargadores
- Zeners, reguladores lineales, reguladores conmutados
- Una fuente de alimentación regulada QRP
- Una fuente de alimentación a baterías para el cuarto de radio
- Carga de células solares, reguladores de baja caídas
- Batería alimentada por la iluminación del cuarto

## **Capítulo 9**

### **ACCESORIOS PARA EL TRANSMISOR**

- Una llave recta
- Un manipulador electrónico
- Construcción de cargas ficticias
- Acoplador de antena tipo "T"
- Un filtro pasa-bajos
- Cómo permanecer legal con un transmisor casero
- Antena y relés de potencia
- Tarjetas QSL caseras

## **Capítulo 10**

### **OSCILADORES DE FRECUENCIA VARIABLE**

- El desplazamiento es un buen trato hoy
- Los VFOs de baja frecuencia se desplazan menos que los VFOs de alta frecuencia
- Transistores JFET

- El circuito oscilador
- El amortiguador, el amplificador final y el filtro de salida
- Los 50 secretos para evitar el desplazamiento
- JFETs, tarjetas de circuitos de una cara, cajas metálicas de molde, condensadores múltiples NPO, condensadores variables pequeños, regulación de voltaje con precisión y más
- Sintonía Vernier
- Elementos de sintonía Varactor – ventajas y desventajas
- Una fuente de alimentación de precisión
- Una fuente de tensión dobladora de voltaje para uso con baterías
- Generador de onda cuadrada con un multivibrador
- Escuadrado de la onda cuadrada
- Bomba de carga, doblador de voltaje diodo/condensador
- Diodos Schottky para eficacia
- Métodos de compensación de temperatura
- Compensación de coeficiente positivo de sintonía capacitiva
- Cómo ajustar el compensador
- Compensación de temperatura a termistor/varactor

## **Capítulo 11**

### **Construcción de un VFO para las bandas más altas (PMOs)**

- Viejos acercamientos que ya no trabajan
- Multiplicación de frecuencia
- Osciladores de alta frecuencia
- Método oscilador pre-mezclador de traslación de frecuencia
- Un módulo QRP controlado por VFO
- ¿Los osciladores de cristal son estables o no?
- Circuitos osciladores a cristal
- Osciladores Butler y cristales grandes
- Mezcladores, transistor bipolar y MOSFET de puerta dual
- Requerimientos de conducción óptima
- Dirección de sintonía, cancelación de error de desplazamiento
- Filtros multi-etapa y filtros/amplificadores
- Las etapas amplificadoras finales QRP

## Capítulo 12

### AMPLIFICADORES FINALES

- Las características básicas de un moderno amplificador lineal de potencia
- Lo busqué más fácil en el Handbook
- Operación “modo ruido” lineal
- Un amplificador sintonizado clase B de 50 vatios
- Transformadores balun de ferrita
- Un amplificador no sintonizado tipo lineal clase B
- Manipulando el transmisor de 50 vatios
- Un amplificador lineal clase B, esta vez seguro
- La banda lateral única (SSB) necesita un lineal
- Balance sin escape de calor
- Diodos afianzados evitan la fuga
- Construcción mecánica

## Capítulo 13

### CONSTRUCCIÓN DE UN RECEPTOR CASERO DE HF

- Construcción de un receptor – una aventura inusual
- ¿Qué es un objetivo razonable?
- Un “comportamiento adecuado” de un receptor de comunicaciones de HF
- ¿Por qué tiene que ser tan complicado?
- Planificación de tu receptor
- Conversión directa ante el superheterodino
- ¿Por qué no simple conversión?
- Comenzar con un superheterodino de simple conversión monobanda
- ¿Cómo lo hacen los modernos receptores digitales?
- Construcción del receptor – construir con módulos apantallados conectados por coaxial fino
- El preselector de 80 metros
- Recepción en 80 metros y 160 metros ayudada por un acoplador de sintonía
- El oscilador de frecuencia variable
- Mezclador mágico
- Los mezcladores te darán montones de estática – y chirridos y gritos
- Un mezclador casero práctico hecho de partes discretas – es más difícil de lo que parece
- Mezcladores MOSFET de puerta dual

- No todos los MOSFETS trabajan igual de bien
- Filtros en escalera de cristal – esenciales para CW
- Todos los cristales de 9.000 MHz no son iguales
- Usando el oscilador BFO para casar cristales
- Conmutación en filtros con un conmutador giratorio
- El amplificador IF
- El amplificador desnudo – ganancia variable con Q constante
- Control automático de ganancia (AGC) – no es un lujo
- El detector de producto
- Casi cualquier cosa trabaja al menos un poco
- El amplificador de AF – una parte vital del rango dinámico de señal
- Protegiendo tus oídos de señales fuertes
- ¿Cómo debería ser la Hi-Fi?
- Excitando un altavoz
- Conversores de HF para las otras bandas de aficionado
- Osciladores de cristal
- Amplitud de banda
- Fuentes de alimentación de receptor
- Usa un regulador lineal, no un regulador conmutado

## **Capítulo 14**

### **LA VIEJA TÉCNICA DE RADIO A VÁLVULAS**

- ¿Cómo la vieja tecnología de radio es y será usada todavía hoy en día?
- ¿Por qué molestarse con válvulas?
- Filamentos incandescentes, plasma coloreado y cubiertas de vidrio Julio Verne
- Fuentes de alimentación para válvulas
- Seguridad con fuentes de alimentación de alto voltaje
- La vieja técnica del transmisor QRP
- Amplificadores a válvulas
- Las tres normas del filamento del triodo
- Oscilador de onda senoide de RF
- Cristales de cuarzo
- Osciladores triodo y pentodo
- La vieja técnica de la regulación de voltaje – grande, tosca, cara, pero bella
- Los recorridos de las válvulas triodos
- El oscilador y el amortiguador
- El amplificador final – el chirrido de los triodos

- La fuente de alimentación del transmisor
- Una fuente inadecuada de una radio de 1935
- Una buena fuente de alimentación hecha de componentes baratos, modernos y aburridos
- Cómo comprobar transformadores de potencia viejos
- Una compleja pero adecuada fuente hecha de componentes antiguos
- ¡Trabaja! No se sospecha que es viejo y sucede hoy en la banda de 40 metros
- Un receptor de vieja tecnología
- Un receptor super-regenerativo hecho de tubos antiguos
- La fuente de alimentación
- Super-regenerativos en las bandas modernas de aficionado
- Montones de diversión, pero no para modernos QRM & QRPs – ¡vuelta a la mesa de dibujo!

## **Capítulo 15**

### **EL PREMIO NOBEL PARA LA BANDA LATERAL**

- ¡No puede ser duro! ¿quieres apostar?
- El generador de banda lateral – cómo trabaja
- El oscilador/amplificador de 9 MHz
- El audio amplificador
- El modulador balanceado
- Construyendo tu propio filtro en escalera de cristal
- Desacoplando los cables de la fuente de alimentación
- Deshacerse de la realimentación de RF – filtrado de RF para todas las entradas
- Sintonía y prueba
- Uso del generador para modulación de AM y CW
- Mover la señal de 9 MHz SSB a una banda de aficionado
- ¡Mover la SSB solo una vez!
- No hay prodigio de que la mayoría de radios de aficionado son transeptores
- Mover la señal de 9 MHz a las difíciles bandas de aficionado de HF
- Mover el VFO primero, luego mezclarlo con la SSB de 9 MHz.
- Sintonizar las frecuencias de tu oscilador y VFO cuidadosamente
- Oyendo tu propio VFO en el receptor
- La banda más difícil – 17 metros
- Abarcando la banda más ancha – 10 metros
- Un lineal de banda lateral QRP, módulo sintonizado por VFO
- Todas las etapas deben ser lineales y de baja distorsión

- Todas las etapas de ganancia deberían ser de banda ancha para evitar la oscilación
- Algunas veces se necesita un filtro pasa-altos de salida y no es usual el pasa-bajos
- Probando el generador
- Excitando un amplificador lineal de 50 vatios

## Capítulo 16

### ANTIGUA MODULACIÓN

- Definición de amplitud modulada
- Modulación con amplificadores finales a válvulas
- Modulación por placa, pantalla y cátodo
- Un "modulador colector"
- Transformación de un manipulador MOSFET en un modulador
- Generación de AM con un modulador balanceado de SSB
- Compensación de la no linealidad
- Compresión por accidente
- Probablemente no necesitas construir un compresor

### *En conclusión:*

*El cacharreo de radioaficionados nunca está completo – cuando trabaja perfectamente y al menos hace todo genero de cosas, la afición está acabada. No necesariamente. ¡Larga vida a la construcción casera!*

*Gracias por leer mi libro.*

*73 de Frank W. Harris, KØIYE*



# PREFACIO

*Querido radioaficionado español:*

*Nunca imaginé que este libro fuese leído fuera de los Estados Unidos. Esta edición española de "Crystal sets to sideband" empezó el día en que un grupo de radioaficionados españoles lo encontró en la red y pensaron que sería muy útil para todos. Desgraciadamente para ellos, mi libro no fue escrito en español, sino en un inglés norteamericano informal. Sin perder el ánimo, solicitaron la colaboración de otros radioaficionados para así, entre todos, traducirlo capítulo a capítulo. Solamente rescribir este libro, es un esfuerzo considerable. Traducirlo correctamente es un proyecto gigantesco. Tengo una admiración muy grande por estos compañeros con talento y estoy en deuda con ellos.*

*Empecé a escribir este libro cuando me di cuenta que mi estación casera era casi la única en el aire. El aprendizaje y el gozo de construir radios, es para mí, más de la mitad del disfrute del "hobby" de la radio. Me parecía que la mejor parte de los radioaficionados estaba desapareciendo, por ello escribí artículos sobre cacharreo para el periódico de mi radioclub local. A mis amigos les gustaron mis artículos, pero raramente construían algo. Me di cuenta que la mayoría de radioaficionados actuales, carecen de la pericia y conocimientos básicos para construir radios. Mis artículos eran demasiado breves para ayudarles, pero quizás un libro detallado sobre construcción de radios podría ayudar a revivir el cacharreo.*

*Sinceramente, reconozco que rejuvenecer la autoconstrucción de equipos, es probablemente, poco real, pero disfruto escribiendo sobre este tema. Me imagino como un Don Quijote luchando contra los castillos de la moderna apatía contra la ciencia y la tecnología. Parece una búsqueda desesperada. Sin embargo, incluso aunque para nadie más lo fuera, para mí es muy educativo y satisfactorio. Desde que se publicó el libro en Internet, muchos radioaficionados de muchos países me han escrito para alabar y criticar el libro. La respuesta ha sido maravillosa. Los cacharrereros somos raros, pero no estamos en extinción. Aunque no podamos cambiar el mundo, disfrutamos aprendiendo radiotecnología y construyendo nuestros propios equipos.*

*Algún día espero encontraros en el aire.*

*73s, Frank Harris, KØIYÉ*

(página en blanco)

# CRYSTAL SETS TO SIDEBAND

By Frank W. Harris, KØIYE

© Frank W. Harris 2002

Spanish Edition, Revision #1.

Translated by Juan Carlos Cucarella, EA5EXK, Jesús Huerta, EA1KX, José Ramón Hernández, EA2BQH, Miguel Molina, EA3FHC, Toni Benavent, EA5BQN, Juanjo Pastor, EA5CQH, Francisco Escobedo, EA7ABO, Pepe Nuño, EA7AJJ and Jesús Ortiz, EA7UU for the Spanish Radio Society (URE)

This book may be reproduced freely for private, not-for-profit purposes.

## FOREWORD

*Dear Spanish Radio Amateur,*

*I never imagined this book would be read by anyone outside the United States. This Spanish edition of Crystal Sets to Sideband happened because Juan Carlos Cucarella, EA5EXK, found it on the web and he believed that it would be helpful for Spanish hams. Unfortunately for Juan, my book was written in informal American English, not Spanish. Undiscouraged, Juan recruited his friends to help him translate the book, chapter by chapter. Simply retyping this book would be a huge effort. Translating it accurately was a gigantic project. I am in awe of these talented fellows and greatly in their debt.*

*I began writing this book when I realized that my homebuilt station was almost unique on the air. For me, the education and fun of building radios is more than half of the benefit of the radio hobby. It seemed to me that the best part of ham radio was disappearing, so I wrote articles on homebuilding for my local ham radio club newsletter. My ham friends liked the articles, but they rarely built anything. I realized that most modern hams lack the basic skills and knowledge to build radios. My articles were too brief to help them, but perhaps a detailed book on building radios might help revive homebuilding.*

*In my heart I knew that rejuvenating homebuilding was probably unrealistic, but I enjoy writing so I pressed on. I thought of myself as Don Quixote battling the windmills of modern apathy toward science and technology. It seemed to be a hopeless quest. However, even if no one else cared, I found it satisfying and extremely educational. Since the book has been available on the Internet, many hams in several countries have written me to praise and criticize the book. The response has been wonderful! We homebuilders are rare, but we are not extinct. Even if we don't change the world, we enjoy learning radio technology and making our own equipment. Someday I hope to meet you on the air.*

73s, Frank Harris, KØIYE

Frwharris@aol.com

(página en blanco)

## Capítulo 1

### **La fascinación por la radio**

La radio produce acción a distancias inmensas sin conexión física que pueda ser percibida por nuestros sentidos. Una forma moderna para desmitificar la radio es decir que la radio es una clase de luz que nuestros ojos no pueden ver. Para aquellos de nosotros adictos a la radio de onda corta, es un atrevido reino que podemos explorar. La escucha en nuestros receptores de radio es comparable a usar el telescopio Hubble para explorar los cielos. La onda corta es fascinante porque no puedes predecir lo que estás haciendo para escuchar. Puedes escuchar una radiodifusión desde una exótica capital extranjera. Puedes sintonizar un SOS de un barco hundido en una tormenta o pueden ser informes meteorológicos de un radio aficionado en la isla Pitcairn. La siguiente noche en la misma banda puede estar completamente vacía excepto un par de aficionados al otro lado de tu propia ciudad discutiendo de la Super Bowl. O puedes recibir mensajes codificados lanzados por algún espía oculto en tu país.

No estoy bromeando. Rutinariamente escucho tales mensajes codificados consistentes en grupos de letras en las bandas de aficionado de 10,1 a 28,1 MHz. Los códigos son enviados normalmente en código Morse, pero algunas veces puedes escuchar una voz recitando los grupos de letras. Algunas veces la locutora finaliza diciendo “¡Gracias por decodificar este mensaje!” Ya que los aficionados tienen prohibido usar códigos o modos de modulación que no sean fácilmente decodificados, estas comunicaciones son al menos ilegales.

Sí, es cierto que la onda corta no es vital para las actividades mundiales como lo fue una vez, pero si hay algo romántico en tu alma, la onda corta es aún atractiva y lo será siempre. Este libro es acerca del uso de la radioafición para repescar la aventura de los primeros días de la radio y traerla al presente. También es para aprender tecnología electrónica y radio. Si lees de este libro, la onda corta aún será fascinante pero ya no misteriosa.

### **El almirante Byrd en el Polo Sur**

Comencé a estar intrigado con la onda corta cuando leí el libro del almirante Byrd en su última expedición a la Antártida. El almirante Richard Byrd se encargaba del lanzamiento de expediciones para explorar los polos de la Tierra. Estas expediciones no tenían un valor comercial en sí excepto las ventas de libros y concesiones de patrocinio de compañías que esperaban ganar un escaparate para sus productos. Para que Byrd consiguiese esas concesiones, el público tenía que estar suficientemente interesado en las expediciones para generar valor publicitario. Con cada expedición polar, encontrar nuevos objetivos que fuesen excitantes para el público llegó a incrementar la dificultad. Por la década de los 40, todas las facetas, como caminar por los polos Norte y Sur, habían sido hechas en décadas anteriores. En su última expedición a la Antártida, Byrd estableció una base en la costa antártica como en todas las grandes expediciones previas. Sin embargo, él consiguió mantener el interés público creando una segunda avanzada minúscula en la capa de hielo polar a cientos de millas al sur de la costa. Entonces intentó vender el invierno antártico solo en su pequeña cabaña bajo la nieve, totalmente aislado del mundo en el frío y la

oscuridad. Su única conexión con su campamento base en “Little America” y el mundo exterior era el contacto por radio en código Morse. Aparte de producir algún interesante informe meteorológico, la avanzadilla tenía poco valor real. Sin embargo, atrajo la atención. ¿Quién no iba a quedarse cautivado por la penosa prueba de un hombre totalmente aislado, a cientos de millas de los humanos más cercanos? Era como haber sido abandonado en la luna, lastimosamente solo.

Los mensajes de Byrd fueron repetidos desde la base grande al resto del mundo. Como un crío, yo estaba fascinado por la vigilia solitaria de Byrd. Me imaginé que debería ser como estar desconectado del mundo por meses. Imaginé a Byrd liado en una parka de piel apiñado sobre su pequeña mesa enviando y recibiendo código Morse. Su conexión con el mundo estaba reducida a notas musicales apenas audibles por encima del chisporroteo de estática en la noche polar. Los tonos de Morse llegaban a sus auriculares y él escribía su significado, una letra cada vez. Los mensajes decodificados aparecían en su bloc, una palabra cada vez. Tableteaba con su lapicero. ¿Qué era, una “C” o una “K”? se preguntaba a sí mismo. Dejaba a un lado su duda y se continuaba escribiendo letras nuevas. Preocuparse por una sola letra puede destruir la frase completa. Un operador radiotelegrafista aprende a concentrarse en la cadena de caracteres y no en cada uno.

Después de unas pocas semanas en su helada prisión, Byrd comenzó a sufrir dolores de cabeza, náuseas y confusión. Su código Morse llegó a ser más y más difícil de leer y su equipo de apoyo en Little America llegó a estar altamente preocupado. Sin saberlo Byrd, de su estufa se estaba escapando monóxido de carbono y lo estaba matando lentamente. Finalmente, cuando las condiciones de Byrd llegaron a ser desesperadas, su gente recorrió cientos de millas sobre la capa de hielo a través de la oscuridad invernal, el viento ululante y temperaturas por debajo de cero para rescatarlo.

### **Progresando al final de la era del código Morse**

Aún en 1960, el código Morse todavía era usado comercialmente y por los militares. Ya que el código Morse tenía un sonido exótico, las noticias de radiodifusión habitualmente eran introducidas con porciones de código. Cuando la palabra “NEWS” es deletreada en Morse y repetida rápidamente, se hace una frase musical, placentera, rítmica, que se mezcla bien con introducción musical estilo Hollywood. El público solía asumir que los mensajes del otro lado del mundo llegaban en código Morse, aunque realmente su importancia comenzó a desvanecerse desde los años 30.

## El código Morse usado para comunicaciones de radio en inglés

Las “dashes” son tres veces más largas que las “dots”.

<b>A</b> . _	<b>F</b> . . . .	<b>K</b> _ . _	<b>P</b> . _ _ .	<b>U</b> . . _	<b>Z</b> _ _ . .
<b>B</b> _ . . .	<b>G</b> _ _ .	<b>L</b> . . . .	<b>Q</b> _ _ . _	<b>V</b> . . . _	
<b>C</b> _ . _ .	<b>H</b> . . . .	<b>M</b> _ _	<b>R</b> . _ .	<b>W</b> . . _	
<b>D</b> _ . .	<b>I</b> . .	<b>N</b> _ .	<b>S</b> . . .	<b>X</b> _ . . _	
<b>E</b> .	<b>J</b> . _ _ _	<b>O</b> _ _ _	<b>T</b> _	<b>Y</b> _ . _ _	

Números y puntuaciones usados comúnmente

<b>1</b> . _ _ _ _	<b>3</b> . . . _ _	<b>5</b> . . . . .	<b>7</b> _ _ . . .	<b>9</b> _ _ _ . .
<b>2</b> . . _ _ _	<b>4</b> . . . . _	<b>6</b> _ . . . .	<b>8</b> _ _ . . .	<b>Ø(cero)</b> _ _ _ _ _
<b>(, coma)</b> _ _ . . _ _	<b>(. Punto)</b> . _ . . . _	<b>(/ barra)</b> _ . . . .		

Mi introducción a la radioafición fue a través de Alexander (“Mac”) McKenzie. Cuando era un chiquillo Mac era el padre de mi mejor amigo, Garth McKenzie. El padre de Garth era un aficionado y tenía una habitación al lado del comedor atestada de equipos de radio. En los 40, los equipos de radio de calidad estaban contenidos dentro de sombríos paneles de aluminio negro de 55 centímetros de ancho, 20 centímetros de alto y montados en altos estantes. Los controles eran enigmáticos mandos negros con etiquetas extrañas como “grid drive” y “loading”. Los indicadores normalmente solo eran medidores con títulos igualmente arcanos como “S-meter”, “plate current”.

La familia McKenzie tenía una cabaña en New Hampshire. La señora McKenzie y los chicos pasaban la mayoría de cada verano en la cabaña. Mac iba a New Hampshire los fines de semana cuando podía, pero la mayoría del tiempo permanecía en contacto con su familia por radio. Un amigo del padre de Garth, el Sr. Henny, vivía cerca de la cabaña de los McKenzies. También era un aficionado, de modo que en las mañanas de los sábados Mac tenía una cita regular para hablar con el Sr. Henny usando el código Morse, o “CW” (onda continua) como todavía se conoce. Yo estaba intrigado cuando escuchaba estos contactos programados y esperaba ver a Mac operando su estación. Llegaba a casa de McKenzie a la hora fijada.

Con suficiente seguridad, acorde con la cita, el código Morse surgía sobre la estática. El padre de Garth escribía las letras en un bloc. Miraba por encima de su hombro la punta del lápiz. Era fantástico oír el código y ver las palabras y frases aparecer en el papel. Desdichadamente no podía entender ninguna de las letras que el Sr. McKenzie estaba enviando, de modo que me cansaba rápidamente de la conversación unilateral. A despecho

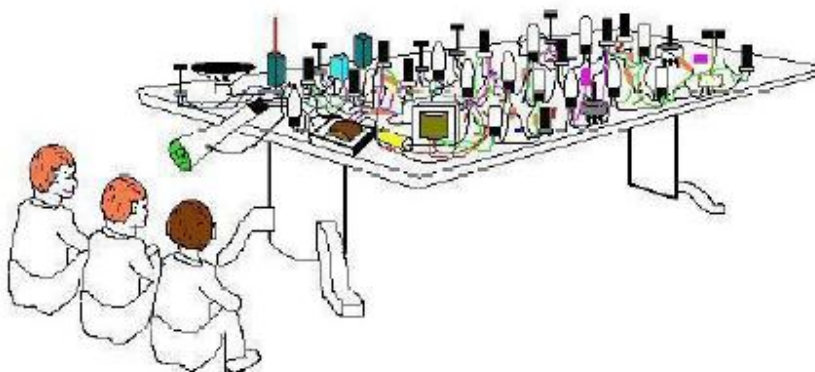
de esto, el código Morse tenía un misterio, una calidad de otro mundo, y quedé enganchado.

Entre el equipamiento en el cuarto de radio del Sr. McKenzie estaba un equipo Loran. El Loran es un buscador de dirección de largo rango, la versión en 1950 del sistema de posicionamiento global (GPS) de hoy.

Mac me demostró como encontrar la latitud y longitud usando una diminuta pantalla verde de osciloscopio. La pequeña pantalla redonda era solo de 5 u 8 cm de ancho y nada parecida a ninguna otra de aquellos estantes de paneles negros de 55 cm de ancho. Mac tenía este equipo simplemente para divertirse, por supuesto. El Loran estaba diseñado para usar en un barco y la casa de McKenzie ciertamente no iba a ningún lado.

### **El disfrute de construirlo por ti mismo**

Era duro para alguien de ocho años como yo imaginarse conseguir una licencia de aficionado y lograr todo ese masivo equipamiento. El Loran era incluso más extraño. Lo que realmente me inclinó fue el equipo de televisión de Mac McKenzie. Al final de los 40, las estaciones de televisión ya estaban en el aire, pero no conocía nadie más que Mac que realmente poseyese una TV. Eso no era sorprendente. Una TV costaba tanto como un automóvil. Hablamos de un lujo. Impasible, Mac construyó su propia televisión de partes viejas de radio y un tubo osciloscopio verde de cinco pulgadas de diámetro de restos de la Armada. Un verdadero tubo de rayos catódicos de fósforo blanco (blanco y negro) de TV costaba una fortuna entonces, de modo que Mac no se podía permitir el tubo de imagen. Y debido a que los tubos de TV estaban diseñados para deflexión magnética y el tubo del osciloscopio usaba deflexión eléctrica, Mac no podía copiar los circuitos de deflexión de una TV RCA. En lugar de ello, tuvo que diseñar su propio conductor de tubo de imagen y circuitos de barrido. Perfeccionar un circuito significa que tiene que ser construida y probada una pequeña parte cada vez. Ya que Mac tenía poca idea de lo grande que al final sería el circuito, no podía montar su TV en una carcasa de modo correcto. En lugar de ello construyó su TV como un enorme tablero de circuito con todos los tubos de encendido, cables, resistencias, transformadores, condensadores y componentes dispuestos en una enorme matriz cableada.





Una TV es extremadamente complicada y fue necesario un gran tablero de circuito. Afortunadamente Barbara McKenzie era una mujer tolerante. Aproximadamente durante un año la mesa del comedor incluyendo sus prolongaciones, estuvo completamente cubierta con una circuitería de televisión de aproximadamente 1 por 2,5 metros.

Al final del año la TV comenzó a trabajar. Los chicos regresábamos a casa desde la escuela y nos sentábamos en el suelo y veíamos programas en el diminuto tubo de imagen de cinco pulgadas en el extremo de la mesa. Las imágenes eran en un vívido " verde y negro". Veíamos "Zoo parade" con Marlin Perkins y nuestro programa favorito, "Flash Gordon". La TV era diferente entonces. Flash Gordon eran cortes de película de 15 minutos pero la mayoría de programas eran en directo. Incluso los anuncios eran en directo. Recuerdo la risa tonta por un anuncio de un aspirador en el cual el anunciante enchufó la manguera en el extremo equivocado del limpiador. La máquina sopló todo el polvo por la sala mientras el anunciante pretendía que estaba trabajando perfectamente.

Temporalmente Mac instaló su TV en la carcasa de una vieja grabadora reproductora. Para hacer la imagen más grande puso una gran lupa enfrente de la pantalla. Cuando veía la TV, apuntaba la tapa abisagrada de la carcasa en un ángulo de 45 grados y veía la imagen aumentada en un espejo montado en el lado inferior de la tapa. Mac McKenzie me demostró que, con paciencia, puedes construir casi cualquier cosa. Y, a mayores, habitualmente es mucho más satisfactorio construir una posesión que comprarla. También me dijo que los proyectos deben ser construidos y probados un trozo cada vez. **Si construyes todo de una vez sin probar las partes, cogerán en la carcasa, pero es casi cierto que no trabajarán.** Hay muy pocos atajos.

### **El radioaficionado completo**

Este libro trata sobre la construcción de equipos de radioaficionado. Lo cierto es que es mucho, mucho más fácil, comprar el equipo. De hecho, los equipos comerciales de aficionado de hoy son tan baratos, que comprarlo entero es menos caro que comprar los componentes por separado. Las buenas noticias son que el equipo que tú construyas por ti mismo tendrá un valor y significado para ti que no puede ser valorado. A lo largo del camino aprenderás mucho más sobre electricidad, incluso aprenderás leyendo el manual de operador de equipos comerciales. La mayoría de nosotros nunca seremos un Edison, Marconi o Armstrong, pero podemos aprender lo que ellos sabían y podemos compartir algo de las emociones que ellos sintieron cuando sus inventos comenzaron a funcionar. Cuando tu estación construida está finalmente en el aire, tendrás la misma diversión que están teniendo otros aficionados. Pero a diferencia del resto del rebaño, serás el "*Radioaficionado completo*".

### **Una breve historia de la radio comunicación**

La radio está basada en un fenómeno que ha sido conocido desde tiempos remotos, es decir, magnetismo y electricidad estática, pero solo sobre distancias extremadamente cortas. En el 600 AC el filósofo Thales de Mileto describió cómo, después de frotar ámbar con algodón, el ámbar podía atraer porciones de paja.

Algo más atrás en la antigüedad, se observó que el mineral magnético natural (óxido de hierro,  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) podía atraer otros trozos de roca magnética. El conocimiento del magnetismo natural finalmente condujo al descubrimiento de la brújula magnética. Las brújulas fueron una divinidad enviada a los marinos perdidos en la niebla y debe haber pasmado a aquellos que la usaron por vez primera. La brújula fue de amplio uso en Europa por el 1000 DC.

El magnetismo y la electricidad parecen ser fenómenos separados hasta 1820 en que Hans

Christian Oersted notó que una corriente eléctrica en un hilo genera un campo magnético que puede mover la aguja de una brújula. Faraday y Henny estudiaron y cuantificaron la generación de campos magnéticos con bobinas de hilo que ahora nosotros llamamos inductores. En uno de los mayores triunfos de todos los tiempos de la física teórica, James Maxwell publicó cuatro ecuaciones en 1864 que resumieron la conexión entre el magnetismo y la fuerza eléctrica. Las ecuaciones de Maxwell no solo cuantificaron y conectaron lo que ya era conocido acerca de estas fuerzas, también predijeron que el magnetismo y la fuerza eléctrica podían ser combinadas para formar una radiación libre. Desde las ecuaciones aparecía que estas ondas de radio deberían ser capaces de propagarse grandes distancias a través del espacio, tal como la luz y el calor.

### **¿Qué es exactamente una onda de radio?**

Ambos campos eléctrico y magnético pueden almacenar temporalmente energía en el espacio libre. Por ejemplo, un imán genera un campo magnético en el espacio alrededor de él. Esta energía magnética se cierra en "nube" o "campo" alrededor del imán metálico. De igual modo, la energía del campo eléctrico está presente en el espacio entre los terminales de una batería de una linterna ordinaria. Supón que imanes y baterías cargadas pudiesen ser enviados al espacio exterior y soltados flotando en el vacío. Estos dispositivos todavía podrían generar sus campos eléctrico y magnético en el vacío alrededor de ellos. Sin embargo, si estos dispositivos pudiesen desaparecer súbitamente, no se mantendrían los campos eléctrico y magnético. Los campos se colapsarían rápidamente y la energía se disiparía en todas las direcciones a la velocidad de la luz.

Una batería o un imán pueden ser comparados a un vaso de agua en una mesa. El vaso mantiene el agua en su lugar y el agua permanecerá indefinidamente. Pero si el vaso se rompiese repentinamente o se desvaneciese el agua fluiría en todas direcciones.

Si tanto un imán o batería flotando en el espacio pudiesen desaparecer inmediatamente, ello generaría una onda de radio que podría propagarse en todas las direcciones haciendo una distribución esférica de ondas expansivas. De vuelta esa ***energía del campo magnético colapsándose en el espacio libre se convierte en energía de campo eléctrico***. Luego, ***un momento después, la energía de campo eléctrico, de igual modo, se colapsa en un campo magnético***. Un modo para verlo es que el campo magnético colapsado fuerza el almacenamiento de la misma energía como campo eléctrico en el espacio vecino. En otras palabras, un campo colapsado viene a ser un "dispositivo" que establece la clase opuesta de campo en el espacio adyacente.

El resultado final es un frente de onda de energía propagándose a través del vacío. Según viaja, la energía oscila adelante y atrás entre formas de campo magnético y eléctrico. En el vacío del espacio no hay disipación de la energía original a excepción de que la energía

viene más diluida según se reparte en todas las direcciones como las ondulaciones en un estanque.

La analogía del agua tiene otras similitudes con las ondas de radio. Las crestas en las ondulaciones del estanque representan el almacenamiento de energía mecánica como *energía potencial*. La energía potencial es proporcional a la altura de las ondulaciones u ondas. A onda más alta, más energía es almacenada. Según cae el agua la energía de este descenso es convertida en energía cinética, esto es, la velocidad superficial. Entonces, según la onda se distribuye por la superficie, el agua se apila para formar otra cresta de onda, restableciendo su forma de energía potencial.

En 1887 Heinrich Hertz, un profesor de la Universidad de Bonn, Alemania, se encauzó a demostrar en su laboratorio que las ondas de radio de Maxwell realmente existían. Desde entonces, otros experimentadores construyeron "aparatos hercianos" e intentaron usarlos para comunicación o control remoto.

Muchos experimentos como los realizados por Hertz están descritos en el Capítulo 4. Usando rocas, hilo de cobre y otros materiales disponibles en 1880, puedes construir un comunicador de corto alcance para enviar y recibir ondas de radio de un extremo a otro de tu casa. Incluso puedes demostrar "ondas estacionarias" en una antena.

### **Cómo ocurren los inventos**

Los grandes inventos normalmente comienzan con una observación original. Faraday inventó primero el transformador de AC con bobinas independientes. Una corriente alterna (AC) introducida en una bobina en el transformador causa que aparezca una segunda corriente en una bobina similar acoplada muy cercanamente una fracción de pulgada más allá. Hoy habitualmente todavía usamos transformadores para convertir la relación de corriente a voltaje. Por ejemplo, dentro del cargador de batería de tu linterna hay un transformador que convierte una diminuta corriente a 120 voltios AC en una gran corriente a 1.5 voltios AC. Si usaras 120 voltios directamente en tu batería, sería desastroso. Los cargadores no serían prácticos (o al menos horriblemente ineficaces) sin transformadores. Discutiremos estos principios en detalle en posteriores capítulos.

Volviendo a Faraday, se debió asombrar cuando pensó en las implicaciones de la energía eléctrica alimentada a una bobina apareciendo en una bobina próxima. Esto es, la energía se transmitía a través de una ranura. Si, la ranura puede ser solo una fracción de una pulgada, pero ciertamente la idea pudo habersele ocurrido, ¿cuán lejos puede transmitirse? En una carta en 1832 proponía a un amigo que la energía eléctrica podría viajar probablemente a través del espacio como ondas. Desgraciadamente, no tenía pruebas, experimentos o ecuaciones para apoyar esta idea.

Muchos de los primeros experimentos de comunicación de radio comenzaron cuando fueron hechos los primeros transformadores de alta frecuencia. A diferencia de la baja frecuencia, como nuestra línea de corriente de 60 Hz, los transformadores de 500 KHz o más realmente acoplan la energía a varias pulgadas a través del aire. A estas altas frecuencias el acople de una bobina a otra comienza a parecerse a la radio. Es sorprendentemente fácil construir un transformador de alta frecuencia y demostrar unas bastas "comunicaciones de radio" de corto rango. Todo lo que se necesita es una batería

poderosa, una gran bobina de hilo y una segunda bobina arrollada alrededor de la primera bobina. La segunda bobina está dispuesta de modo que los dos extremos del hilo están colocados a muy poca distancia, si acaso 1,5 mm. Los dos extremos de la primera bobina de hilo están conectados a los terminales de la batería. Enormes flujos de corriente en la primera bobina establecen un campo magnético alrededor de esa bobina. Ya que el mismo espacio está compartido con la segunda bobina, el campo magnético induce voltaje a lo largo de la segunda bobina y aparece una chispa en la ranura de la segunda bobina. En otras palabras, la corriente eléctrica fue convertida en energía magnética, saltando una corta distancia, y luego fue reconvertida en corriente eléctrica. Ahora, si las dos bobinas son separadas, continuará siendo transmitida energía de una bobina a otra. Con todo, con tal basto sistema de detección, probablemente una chispa no será visible y debería ser necesario un detector más sensible para demostrar que estaba la energía.

### **Los inventos aparecen cuando todas las condiciones están en su lugar**

Las nuevas técnicas aparecen siempre que llegan a estar disponibles el conocimiento necesario y materiales adecuados. Por ejemplo, los teléfonos celulares podrían haber sido contruidos hace 50 años, pero tendrían el tamaño de maletas, servir a unas pocas personas y haber estado disponibles para los más ricos. Incluso hoy es posible introducir tecnología útil demasiado pronto para ser provechosa. El sistema telefónico Iridium es un sistema telefónico mundial directo por satélite. Desgraciadamente, el "teléfono" Iridium es grande e incómodo y las llamadas telefónicas cuestan una fortuna. Seguro, tú puedes hablar con fiabilidad con un tipo en un trineo en el Polo Norte, pero no hay mucha gente que realmente necesite hacerlo. El resultado de este desacuerdo empresarial es que este año (2003) una red de satélites que cuesta miles de millones de dólares puede ser deliberadamente sumergida en el Océano Pacífico.

La radio fue inventada entre los años 1884 y 1910 en un momento en que todas las piezas para hacerla práctica estaban en su lugar. Muchos inventores tuvieron la oportunidad de perseguir la radio comunicación, pero muchos le dieron la espalda. Para ser más que un truco de salón, la radio tenía que tener una razón comercial para su desarrollo. El concepto de radiodifusión de voz, música e incluso películas a las masas se ve obvio ahora para nosotros. Pero en 1900 no era claro que la radio pudiese ser más que un modo informal para enviar telegramas. Apenas nadie imaginó que la conversación y música podían ser transmitidas.

### **Nicola Tesla, el arquetipo del "científico chiflado"**

Tesla nació en Serbia en 1856. En el colegio estudió lo que era entonces el campo exótico de la ingeniería eléctrica. Una vez propuso a su profesor que un generador de AC podía tener otras varias ventajas. El profesor ridiculizó su idea despiadadamente. Hoy les llamamos alternadores. Usamos alternadores gigantes para generar electricidad en todas las grandes plantas de energía. Y los usamos pequeños en nuestros coches para recargar nuestras baterías. Cuando murió el padre de Tesla, Nicola fue forzado a dejar la escuela y ponerse a trabajar. Como la mayoría de ingenieros eléctricos de su tiempo, trabajó en motores DC y generadores DC. En esos tiempos los motores DC estaban comenzando a

sustituir la correa y polea como medio de energía para la maquinaria industrial tal como telares y elevadores en minas.

Tesla emigró a América y llegó casi sin dinero. Incluso trabajó brevemente como cavador de zanjas para comer. Se aplicó a trabajar con Edison que probó su habilidad asignándole la reparación de un generador DC en un barco. Tesla reconstruyó el generador correctamente en el barco y le hizo producir más electricidad que en su diseño original. Tesla trabajó brevemente para Edison, luego se estableció por sí mismo. Construyó su propio pequeño laboratorio y trabajó en artefactos de todo tipo. Pronto adquirió reputación como “mago de la ciencia”. Disfrutaba haciendo “demostraciones mágicas” con chispas gigantes volando de sus dedos e iluminando tubos de luz fluorescente. Su reputación como mago de la ciencia le animó a hacer negocios de demostración en casi todo lo que hacía. Después de leer su biografía, me parece que su habilidad para ganar respeto y asombro a través del exhibicionismo realmente arruinó su carrera.

Según faltó el dinero, Tesla consiguió un trabajo con Westinghouse y desarrolló el alternador en un generador práctico de energía. La mayor contribución de Tesla al mundo fue la generación de energía y sistema de distribución que demostró para una nueva marca de planta energética en las cataratas del Niágara. Inventó los alternadores AC de tres fases, transformadores y líneas de energía de alta tensión que todavía están en uso mundialmente. Después Tesla dejó Westinghouse, preparó su propio laboratorio en la ciudad de New York para experimentar con usos para corriente de radio frecuencia.

### **La oportunidad perdida**

Los armadores probablemente siempre han deseado poder comunicar con los barcos en el mar. Hasta el final del siglo XIX la fortuna de un barco podía ser totalmente desconocida por meses o incluso un año. Cuando finalmente el barco arribaba al puerto de partida, el armador podía averiguar repentinamente que era extremadamente rico. O el barco podía no regresar nunca y el armador podría perder una basta inversión. Siendo capaz de comunicar a unos cientos de millas o incluso una docena de millas de la costa podía salvar la vida en una emergencia.

En 1900 los científicos sabían que el “telégrafo sin hilos” podía comunicar a través del Canal de Inglaterra usando transmisores y antenas gigantes, pero no eran capaces de recibir un mensaje más lejos de eso. Entre su imperio de empresas, el multimillonario/financiero J. P. Morgan poseía una flota de barcos. Si podía ser desarrollado un telégrafo práctico de largo rango, lo esperaba para sus barcos. Marconi ya tenía un buen comienzo en una radio barco-a-costa y ya había demostrado la comunicación de rango corto barco-a-costa tanto en Inglaterra como Norteamérica. A despecho de esta vía, Morgan se aproximó a Tesla quien ciertamente tenía el conocimiento y experiencia para desarrollar comunicaciones prácticas de radio. J. P. Morgan le dio a Tesla una gran dotación financiera para hacer este trabajo. Tesla preparó un laboratorio en Colorado Springs para inventar radio de larga distancia, o eso le concedió creer a Morgan.

Desgraciadamente, hablar tan solo con barcos era aburrido para Tesla. Tesla prefirió desarrollar lo que llamó “El Centro Mundial Telegráfico”. Tesla buscó preparar un centro de comunicaciones que no solo pudiese hablar con los barcos, sino con cualquiera en el mundo. Su visión de lo que estaba intentando construir suena a los oídos modernos como la

Internet de una vía o si acaso la CNN. No veía tener que meditar acerca de las dificultades de manejar todos los mensajes mundiales a través de solo un gigantesco transmisor de baja frecuencia. Volviendo atrás, no había servidores de Internet para organizar todo ese tráfico de mensajes en cadenas digitales de información. Considerando la frecuencia operativa de sus transmisores, su relación de datos debería haber estado limitada a unos pocos kilobytes por segundo más que a los terabytes manejados hoy por un simple nodo en la Internet.

Los transmisores de radio de Tesla ciertamente fueron adecuados para comunicación transoceánica. Pero en lugar de desarrollar también un receptor de radio sensible, Tesla casi gasto todo su esfuerzo en desarrollar enormes transmisores de radio de baja frecuencia. Sus transmisores fueron de este modo poderosos, experimentó con transmisión de energía eléctrica al igual que información. Tesla propuso usar bobinas sintonizadas para iluminar lámparas de luz fluorescentes a millas de su transmisor. Si, su idea trabajó pero solo a una eficacia extremadamente baja. Si, las luces funcionaban, pero el suelo húmedo, las vacas, la gente, las alambradas de púas y cualquier otro conductor eléctrico dentro del rango podían ser calentados con la energía derrochada, justo como un horno microondas.

Tesla construyó una gigantesca “Bobina Tesla” que producía chispas de radio frecuencia de 18 metros de longitud. Siempre exhibicionista, a Tesla le gustaba ser fotografiado sentado entre las chispas y fuego, mientras leía tranquilamente un libro. Realmente usaba exposiciones dobles para crear la ilusión de estar sentado entre las chispas. La máquina de Tesla era tan enorme y tenía tal capacidad única que la Fuerza Aérea americana construyó una copia de ella 80 años después para investigación.

Con toda esta dramática actividad futurista, Tesla nunca construyó la radio de barco-a-costa que Morgan le pagó para desarrollar. Cuando le dio a Morgan un informe de progreso, Tesla intentó entusiasmar a Morgan en sus esquemas futuristas. Morgan estaba furioso con él por no seguir la tarea y estaba poco interesado en las ideas de Tesla. Morgan no obstante forzó a Tesla a asignarle la propiedad de todas las patentes útiles que pudiesen surgir de su trabajo. Morgan no era conocido por la generosidad.

Después que Morgan le dio a Tesla una reprimenda, le dio una segunda oportunidad. Pero en lugar de ponerse seriamente a la comunicación barco-a-costa, Tesla derrochó el dinero en construir su “Centro Telegráfico Mundial” en Wardencliff, Long Island, New York. Fue un edificio imponente con una enorme torre alojando el transmisor de bobina Tesla. El centro de comunicaciones no llegó a nada y Morgan detuvo los fondos. Tesla vivió en el Hotel Waldorf Astoria en la ciudad de New York y llegó a convertirse en una especie de lagarto de salón auto-absorbido. Vestía esmoquin y sombrero de copa y gorreaba a sus amigos.

En las décadas siguientes, Tesla se aplicó a inventar y dio con varios dispositivos interesantes que fueron casi suficientemente buenos para convenir a la tecnología estándar. Por ejemplo, diseñó un motor de calor con “turbina sin palas”, de la clase del motor de vapor o motor de combustión interna. Hay unos cuantos diseños de motor de calor útiles que son fundamentalmente diferentes, de modo que inventar uno nuevo era un triunfo intelectual. Desgraciadamente, el motor de calor de Tesla no tenía tanta eficacia como los otros métodos y de lejos ha sido bueno usarlo. También desarrolló un velocímetro que era excelente y fue usado en varios coches de lujo. Convertir la velocidad de un eje rotativo en un suave movimiento lineal de aguja es mucho más duro de lo que parece. Sin embargo, el

método de Tesla era más caro que el diseño de medidor que realmente llegó a ser usado universalmente para ese propósito.

Tesla finalizó como un viejo solitario alimentándose de palomas en un hotel de 3ª categoría en New York. Después que murió en 1943, se descubrió que había pagado su renta de varios meses dándole al director del hotel un “rayo de muerte” como garantía. Tesla le dijo al director que el rayo de muerte estaba valorado en 10.000 dólares. La pistola de rayos era realmente un puente Wheatstone, un sensible dispositivo de medición de resistencias encontrado habitualmente en laboratorios eléctricos.

### **Marconi logra el trabajo hecho**

Guglielmo Marconi había nacido en una prospera familia en Bolonia, Italia, el 25 de abril de 1874. Se educó en Bolonia y más tarde en Florencia. Estudió física en el colegio Leghom. Estaba fascinado con el descubrimiento de Herz de las ondas de radio y se interesó por la telegrafía sin hilos en 1890. Comenzando en 1894, Marconi trabajó en prototipos caseros en su sótano.

Hoy la mayoría de nosotros pensamos en un radio receptor como en un tipo de estetoscopio amplificado que nos permite escuchar el mundo oculto del espectro de radio. En tiempos de Marconi el principal precedente de la radio fue la telegrafía. Este concepto de un operador telegráfico lanzando telegramas a otro operador usando código Morse influenció a Marconi la visión de lo que tenía que intentar construir. En la telegrafía convencional la señal en el cable enganchaba un resonador que era un tipo de relé electro-magnético. El resonador hacía ruidos de chasqueo que el operador receptor interpretaba como dots y dashes.

De igual modo, la primera transmisión de radio de Marconi a otra sala de la casa resonaba una campana cuando era detectada la señal. No había auriculares que escuchara una persona. Los primeros experimentadores construyeron radios que recordaban más los sistemas de radio control que dispositivos de escucha. Según se desarrolló la tecnología, el radio operador llegó a ser una parte vital del sistema. La destreza y entrenamiento de oídos del operador llegó a ser responsable de la calificación y práctica del sistema. Un operador adiestrado podía escuchar señales de código Morse que no eran más fuertes que la estática atmosférica. A diferencia de un simple sistema de campana, un operador puede copiar una señal de código Morse mientras ignora otra. Llevó cien años computerizar el procesado de señales digitales para sobrepasar la habilidad de un operador de radio adiestrado y volver a la visión de Marconi de un receptor robótico.

### **Radio detectores – un primitivo reto**

El detecto de radio primitivo más popular, el “cohesor”, fue inventado por el físico inglés Lodge. El cohesor fue usado previamente con líneas de telégrafo de hilos a larga distancia. Ampliaron el rango práctico de un hilo telegráfico y fue natural que fuesen aplicados a los primeros experimentos de radio.

Un cohesor era un pequeño vial de cristal conteniendo polvo suelto de carbón o hierro. Este polvo contactaba dos electrodos en el vial. Cuando aparecía un pequeño voltaje en el polvo, tiraba abajo la resistencia de contacto entre los gránulos de polvo y originaba que la

resistencia del cohesor cayese repentinamente. La caída de resistencia era usada para originar corriente que fluía por el relé resonador. Los cohesores solían estar contruidos dentro del bastidor de un resonador de modo que la vibración del resonador pudiese mantener el polvo suelto, de ese modo devolvía continuamente el cohesor a su estado original.

La acción de ajuste-desajuste de un cohesor recuerda a un rectificador de silicio moderno. Una pequeña entrada de corriente origina una corriente mucho mayor. Desgraciadamente, como en el rectificador de silicio, la corriente a través del cohesor no se desconecta por si misma cuando se elimina la entrada. Debido a que los cohesores se activaban y desactivaban a relaciones por debajo de 20 ciclos por segundo, la salida de un cohesor no era una señal de audio que alguien pudiese escuchar directamente.

Al principio, el receptor de Marconi estaba situado en la mesa a continuación del transmisor. Cuando fue capaz de transmitir a través de la sala, lo traslado a otras salas de la casa. Según aumentaba el rango, trasladó su operación a un granero detrás de la casa de sus padres donde podía estirar antenas. Su siguiente triunfo fue una transmisión desde el granero al extremo del jardín, 100 metros más allá.

Durante estos años la existencia de la radio era ampliamente conocida por los científicos, pero se creía que las ondas de radio eran inherentemente líneas de luz, como una señal de linterna. Marconi ya había observado que era capaz de transmitir al receptor cuando estaba detrás de muros y árboles. Desde que supo que los expertos estaban equivocados, trabajó en la gran cuestión de por qué las ondas de radio podían viajar sobre montañas y acaso sobre el horizonte.

Durante este tiempo, Marconi debió mejorar de los cohesores a algún tipo de detector rectificador. Este detector producía una salida de audio que un operador podía escuchar directamente con auriculares. Los primeros detectores consistían de “cristales” los cuales eran trozo de hilo presionado contra una pieza cristalina de mineral de sulfuro. Los detectores de cristal están descritos en detalle en el capítulo 4.

Marconi tenía un ayudante llamado Mignani. Para probar su receptor en la distancia, Mignani manejaba el receptor mientras Marconi enviaba señales de prueba. Una de las mejoras de Marconi fue una antena direccional que enfocaba su pequeña salida del transmisor directamente hacia el débil receptor y con ello aumentó el rango. La radio dejó de ser un juguete el día que Marconi transmitió una señal de prueba dos millas por encima de una colina. Mignani le indicó a Marconi que había recibido la letra “S” del código Morse, disparando un rifle al aire desde la cima de la colina.

### **La radio consigue cruzar el Atlántico**

Siguiendo los éxitos de sus experimentos en casa, Marconi llegó a estar obsesionado con la posibilidad de transmitir una señal a través del Atlántico. Si pudiese hacerlo, la radiocomunicación podría cubrir el mundo. Esencialmente no había interés por la radio en Italia. Era incapaz de conseguir una patente para su dispositivo. Un ministro del gobierno italiano le dijo que la radiotelegrafía “no era útil para las comunicaciones”. Marconi se trasladó a Inglaterra donde patentó este método de transmisión de señales en 1895. En 1897 fue financiado por la Oficina de Correos británica para continuar sus experimentos.



Gradualmente el rango de sus transmisiones se extendió a 8, 15, 30 y 100 kilómetros. En 1897 fundó la Compañía Telegráfica sin hilos Marconi, en Londres. En 1899 estableció un servicio de comunicaciones cruzando el Canal de Inglaterra.

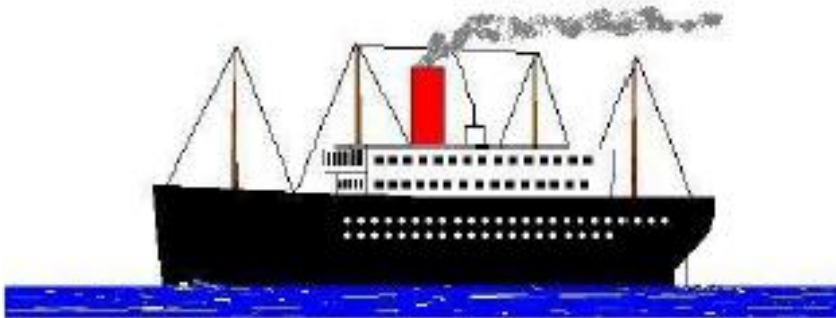
Marconi construyó un enorme transmisor, 100 veces más potente que cualquier transmisor anterior y lo montó en Plodu, Cornwall en el suroeste de Inglaterra. Un método para construir transmisores muy grandes era construir grandes alternadores AC de alta velocidad. Esto recordaba los alternadores de generación de energía de Tesla pero corrían a tan altas velocidades que producían una onda senoide, no 60 ciclos por segundo como en una moderna planta de energía, sino a frecuencias bajas de radio, 20.000 ciclos por segundo.

Marconi también construyó una estación complementaria en St. Johns, Newfoundland y el 12 de diciembre de 1901 recibió las primeras señales cruzando el océano.

Las marinas británica e italiana pronto adaptaron este sistema y la radio barco-a-costa llegó a ser realidad. En 1907 su sistema estaba disponible para el público como un servicio de radio telegrama transatlántico. Marconi fue premiado con el Nobel de Física en 1909. En lo último de su vida continuó experimentando con onda corta y microondas. Marconi también sirvió brevemente como diplomático. Fue enviado como delegado a la Conferencia de Paz en París después de la 1ª Guerra Mundial donde firmó los tratados de paz con Austria y Bulgaria. Murió en 1937.

### **Historia de cambios en la radio**

Hasta que las radios fueron puestas en los barcos, la radiocomunicación no cambió mucho el curso de la historia. Los radio telegramas enviados a través del océano o entre ciudades competían con los telegramas por cable por tierra y mar. El telegrama por cable ordinario era tan rápido como la radio, pero no eran vulnerables a las condiciones atmosféricas. Sin embargo, una vez que los radio transmisores fueron colocados en barcos, fue solo cuestión de tiempo antes de que la radio fuese usada para rescatar los pasajeros y tripulaciones de un barco hundiéndose. El primero ocurrió durante el hundimiento del RMS Republic.



A las 05:40 AM del sábado 24 de enero de 1909, el vapor de pasajeros de 15.000 toneladas RMS Republic navegaba hacia Nantucket, Massachusetts a través de la espesa niebla. El Republic había partido de New York. El Republic tenía mucho en común con el posterior

Titanic. El Republic era propiedad de la misma British White Star Line y estaba considerado imposible de hundir. Su casco estaba dividido en múltiples compartimentos por tabiques herméticos de modo que varios compartimentos se podían inundar antes de que el barco se pudiese hundir. También como el Titanic, el Republic llevaba solo la mitad de los botes salvavidas necesarios para sus 800 pasajeros y tripulación.

Según el Republic navegaba a través de la niebla hacía sonar su sirena de niebla periódicamente y los vigías del barco escuchaban por otras posibles sirenas. La tripulación escuchó la sirena de otro barco y respondió sonando una bocina de vapor. Era un acuerdo de aquel tiempo que cuando los barcos intercambiaban bocinazos ambos barcos debían virar a la derecha y con ello evitar la colisión. Hay alguna evidencia de que el barco de pasajeros italiano “Florida” en lugar de ello giró a la izquierda. El Florida apareció repentinamente de entre la niebla y chocó contra el centro del Republic. Siete personas murieron debido a la colisión. El Florida golpeó el tabique entre las dos salas de máquinas del Republic, inundando con ello los dos más grandes compartimentos por debajo de la línea de flotación. Los motores tuvieron que detenerse lo cual también terminó con la electricidad necesaria para mover las bombas y la radio.

### **Jack Binns salva el día**

El cuarto de radio del Republic era una cabina de madera que estaba colocada en el puente superior. Estaba ubicada donde era fácil conectar a las antenas que estaban estiradas en el aparejo del barco. Tendría suerte, el puente del Florida rebanó parte del cuarto de radio arrojando el equipo e inhabilitando la radio. El operador John (Jack) R. Binns estaba durmiendo en un camarote al lado de su estación. Más tarde dijo que si todavía estuviese trabajando en su radio habría sido gravemente herido. Binns juntó las piezas de su transmisor pero su cabina estaba ahora abierta al frío y la niebla. Debido a que la electricidad del barco estaba desconectada, Binns tuvo que desplazarse por las oscuras cubiertas para encontrar baterías para encender su radio. Sin la electricidad del barco, el rango del transmisor de Binns estaba limitado a 120 Km. Su mejor esperanza era alcanzar una estación en Cabo Cod, a 105 Km. Incluso el manipulador de Binns estaba roto. Tenía que sujetarlo con una mano mientras usaba su otra mano para enviar su histórico primer SOS de emergencia.

Realmente la llamada de socorro oficial en aquellos tiempos no era SOS sino “CQD”. La llamada “CQ” significa cualquier estación, como todavía hoy en día en las bandas de aficionado. CQ se suponía era la abreviación de “Seeking You”. “D” por supuesto significaba Peligro o Socorro (Danger o Distress). Binns manejaba para contactar la estación con Cabo Cod. A través de ellos continuó llamando en petición de ayuda y hablando a los barcos de rescate durante 12 horas mientras el Republic se asentaba lentamente dentro del mar.

Ya que el Florida no corría peligro de hundimiento, la tripulación del Republic transfirió los pasajeros al Florida en los botes salvavidas. Mientras tanto los barcos de rescate cruzaban a través de la niebla intentando encontrarlos. Además de las sirenas de niebla, los barcos de aquella época estaban equipados con “campanas submarinas” que tenían un alcance mayor que el sonido que las trompas eran capaces de recorrer por el aire. La

campana submarina del Republic era escuchada por el vapor Baltic y usaba su sonido para guiarle las últimas millas hacia el Republic.

En otra porción del rescate no había campana submarina y el contacto era hecho cuando el Baltic disparaba “su novedoso cohete aéreo”. La tripulación del Republic escuchaba la explosión y les daba el rumbo correcto por radio. Cuando llegó el Baltic, la tripulación restante del Republic fue rescatada, luego los 2.494 pasajeros de ambos Republic y Florida fueron transferidos por botes salvavidas al Baltic, 39 horas después de la colisión el Republic se hundió.

En ese tiempo los barcos de rescate dirigieron a remolque el Florida a la ciudad de New York.

El suceso de rescate del Republic fue una colosal historia de noticias. De la noche a la mañana los operadores radiotelegrafistas fueron transformados desde curiosidades a héroes. Es raro e incluso criminal que la White Star Line no aprendiera nada del hundimiento del RMS Republic. Sin embargo, en 1912, el Titanic se hundió y el éxito parcial de la llamada de emergencia SOS del Titanic elevó más aún el estatus de las radiocomunicaciones. El barco de vapor Carpathian navegó 300 millas para rescatar a los supervivientes del Titanic la mañana después del hundimiento. Otro carguero, el Californian, permaneció anclado al mar a solo 10 millas. El capitán del Californian no quiso arriesgarse en la noche a través de los icebergs - ¡elegante hombre! El operador de radio del Californian envió una alerta de iceberg al Titanic, pero el radio operador del Titanic le dijo al Californian que dejase la frecuencia porque estaba manejando telegramas para los pasajeros. El radio operador del Californian desconectó su radio y se fue a dormir. La tripulación nocturna del Californian sencillamente podía ver al Titanic pero el Titanic no tenía ningún problema. Cuando el Titanic disparó los cohetes de emergencia rojos, la tripulación del Californian pensó que los cohetes eran fuegos artificiales para entretener a los ricos pasajeros.

### **El amanecer de la radioafición**

En los primeros días de la radio cualquiera que quería salir al aire podía construir su propio transmisor y simplemente hacerlo. La asignación de frecuencias estaba basada en quién estaba en el aire primero con el mayor transmisor y la mejor antena. Los manitas comenzaron a construir su propio equipo de radio y la radioafición estaba naciendo. En aquellos días no había licencias, de modo que al principio los aficionados se dieron a si mismos las letras de llamada. Todas las comunicaciones de radio en el comienzo eran a baja frecuencia, longitud de onda de 200 metros o mayor. Esto significa que todas las comunicaciones ocurrían en lo que hoy es la radio AM (1.700.000 Hz a 555.000 Hz) y por abajo. Frecuencias superiores eran ineficaces para ser generadas y se creía que frecuencias más altas solo eran buenas para comunicación local.

Cuando un radioaficionado moderno lee descripciones de los primeros transmisores de radio y antenas, se impresiona por la escala industrial del equipo comercial. Por ejemplo, el transmisor de ranura de chispa giratoria del Titanic estaba preparado para 5.000 vatios. Era tan enorme y ruidoso que fue instalado en una sala separado del receptor. Con toda esa potencia y tamaño, su rango fiable durante el día era de solo 400 Km. Durante la noche el rango podía alejarse tanto como unos 1600 Km. Desde el punto de vista moderno, parece que la mayor debilidad de los primeros equipos era la insensibilidad de sus receptores. Los

receptores de aficionados simplemente eran tan malos y probablemente peores. Además, los aficionados eran incapaces de competir con la potencia usada por las estaciones comerciales. Por lo tanto, los aficionados tenían suerte de hablar con el condado vecino, dejando sola cualquier distancia significativa.

Debido a que los primeros radioaficionados estaban limitados a corta distancia, se agruparon para formar “redes repetidoras” de modo que los mensajes podían ser repetidos a los destinos muchos cientos de millas más allá. Esta organización llegó a formalizarse como la American Radio Relay League en 1914.

Durante la 1ª Guerra Mundial el gobierno de USA agrupó la radioafición como una medida de seguridad nacional. Después de la guerra en 1919 la American Radio Relay League bajo el liderazgo de Maxim Percy presionó al gobierno para permitir a los aficionados a volver al aire. El gobierno, especialmente el militar, fue incomprensible. Para aplacarlos, finalmente el gobierno dio a los aficionados todas las frecuencias “sin valor” por encima de los 200 metros. Eso era a grandes rasgos lo que hoy es la radio AM.

### **Flemming desarrolla el detector diodo de válvula**

El diodo de válvula realmente fue construido primeramente por Edison. Durante el trabajo de Edison en la luz eléctrica perfeccionó la tecnología para poner electrodos y filamentos en bombillas de cristal al vacío. Edison también fue el primero en advertir que los electrones podían fluir desde un filamento caliente cruzando el vacío hacia un electrodo cargado positivamente llamado una “placa”. Sin embargo, los electrones fríos no fluían desde la placa de vuelta al filamento. Como resultado, el diodo se comportó como una válvula anti-retorno de una vía. Edison experimento con esto y escribió acerca de ello. Este efecto también es conocido como el “efecto Edison”.

Flemming fue un inventor británico que estaba intrigado con el descubrimiento de Edison y lo aplicó en la detección de señales de radio. Trabajó con Edison quien compartió sus datos en el efecto Edison. Una señal de radio recibida en una antena consiste de un voltaje de onda senoidal de alta frecuencia que cambia de positivo a negativo y de vuelta de nuevo cientos o miles (o millones) de veces por segundo. Estas rápidas alternancias (AC) de corrientes no pueden energizar un audífono hasta que sean convertidas a explosiones de frecuencia más baja de DC. Pasando las señales de radio a través de un diodo de vacío, una polaridad de la señal es “recortada” dejando solo la polaridad que fluye de los electrones negativos. Cuando son recibidas las señales de código Morse, esto resulta en explosiones de corriente DC que puede ser usada para energizar un resonador, audífonos o cualquier otro tipo de transductor.

Los detectores de Fleming llegaron a ser conocidos como la “Válvula Fleming”. Después de esto en Inglaterra todos los tubos de vacío fueron conocidos como “válvulas”. En términos de sensibilidad, el detector de tubo de vacío no era más sensible que un detector de cristal, pero era, de lejos, más robusto, fiable y versátil. Más tarde, cuando fue combinado con el amplificador de tubo de vacío, su sensibilidad fue ampliamente mejorada.

## **Lee DeForest lanza la electrónica moderna**

Tesla no fue el único pionero de la radio con un problema de ego. De muchas maneras DeForest tenía una personalidad similar a la de Tesla. DeForest fue aplicado y talentoso. Siendo joven desarrolló varios importantes inventos. Uno de sus mayores talentos fue un sistema multiplexado telegráfico que permitía por un hilo llevar hasta seis mensajes telegráficos simultáneamente. Es difícil de imaginar como podría haber trabajado, considerando que todo lo que había para trabajar con ello eran conmutadores, relés, transformadores y motores. El invento más importante de DeForest fue el tubo de vacío triodo, que llamó “audion”. El audion fue el equivalente funcional del moderno transistor. El tubo de vacío triodo de DeForest era esencialmente una “válvula Fleming” con una rejilla colocada entre el filamento y la placa. DeForest usó el audion para hacer receptores más sensibles amplificando señales débiles de audio y radio.

Realmente Edison construyó el primer triodo mientras estaba estudiando el “efecto Edison”. Edison añadió un electrodo parecido a la rejilla entre el filamento y la placa de su diodo para aprender más acerca de la corriente de electrodos cruzando el vacío. Aunque Edison hizo sus medidas, no advirtió que la rejilla era como una “puerta” sensible que podía controlar el flujo de corriente a la placa. La rejilla puede ser comparada a un torero de una libra de peso con su muleta toreando un toro de 2000 libras. Cuando grandes corrientes son controladas por pequeñas corrientes, se dice que el dispositivo “amplifica”. Las pequeñas señales entrantes en la rejilla pueden modular la corriente grande en una mayor, versión “amplificada” de la señal original. Nota que la señal original no está “hinchada” de ningún modo, el amplificador simplemente dirige la generación de una copia más grande de la señal original. Nota que la copia puede o no ser una buena semejanza de la original.

DeForest aplicó exitosamente su tubo de vacío triodo a los receptores de radio. El triodo significó que las señales débiles podían ser amplificadas a un nivel suficientemente alto de modo que después de la detección podían manejar un altavoz. Una vez que los amplificadores estuvieron disponibles, cualquier clase de dispositivo electrónico conocido hoy llegó al menos a ser teóricamente posible. Finalmente incluso la televisión fue mejorada con los descendientes del tubo de vacío audion. Durante la 2ª Guerra Mundial los primeros computadores fueron construidos usando tubos de vacío.

## **El tubo de vacío oscilador limpia las transmisiones de radio**

Un poco antes, los sistemas de alta energía usaban alternadores para generar señales de radio de baja frecuencia. Sin embargo, la frecuencia de un alternador está limitada por la velocidad de un imán giratorio mecánico.

En la práctica, los alternadores no podían ser más altos que las frecuencias de audio, 20 a 50 KHz. Una ventaja de un alternador era que generaba una señal de onda senoide pura. Desgraciadamente solo podía cubrir la parte más baja del espectro de radio.

En contraste, el amplificador de tubo de vacío podía amplificar su propia salida, causando una oscilación auto sostenida a cualquier frecuencia por encima de cientos a megahercios. Como un alternador, un oscilador de tubo de vacío podía generar señales de onda senoide limpias que eran confinadas a una sola frecuencia. Hasta ese momento, las radio transmisiones de todos los transmisores de alta frecuencia eran generadas por descargas de

chispas eléctricas, dejando entonces los componentes de señal de radiofrecuencia sonando en un circuito sintonizado. Los transmisores de chispa hacían una señal ruidosa y silbante que esparcía energía sobre toda la banda.

¿Has escuchado estática en una radio AM cuando pasa un automóvil de encendido? De igual forma, el relámpago causa un trueno o estruendo de estática que puede ser oído en todo el espectro de radio. A menos de tener un filtro para limitar el ruido de una banda, los primeros transmisores eran como pequeños generadores de ruido de radio-relámpagos. Estos primeros transmisores de chispa malgastaban energía y espacio de frecuencia. Debido a la capacidad de los osciladores de tubo de vacío, las chispas fueron inusuales al comienzo de los años 20 y fueron totalmente prohibidos en los Estados Unidos en 1927.

Si un inventor es persistente, algunas veces es posible inventar cosas maravillosas sin realmente entender por qué trabajan. Este fue el caso del audion de DeForest. En corto la ignorancia puede ser OK, pero a la larga el inventor tiene mejor idea de lo que exactamente desarrolló. Específicamente, debe ser capaz de explicar cómo trabaja en su solicitud de patente. Desgraciadamente DeForest lo obvió. Sus patentes fallaban en dar explicaciones válidas de cómo trabajaban sus dispositivos de tubo de vacío. Una docena de años después del invento del audion, las patentes de DeForest entraron en conflicto con patentes posteriores que estaban adecuadamente explicadas. En el juicio DeForest fue literalmente incapaz de explicar como amplificaba un tríodo. Es completamente comprensible como podía haber sido tan ingenuo en el momento de sus inventos. Pero considerando que el tríodo de vacío fue la coronación de su logro, no es adulador que nunca se molestase en permanecer en contacto con el campo de la electrónica con suficiencia para encontrar como trabajaba su propia invención. Cuarenta y cinco años después del invento del audion, DeForest todavía afirmando refiriéndose a si mismo como “El padre de la televisión”.

### **Reginald Fessenden transmite voz**

El profesor Reginald Fessenden es un héroe casi desconocido del desarrollo de la radio. Es realmente uno de los más maravillosos pioneros de la radio. Aunque Marconi demostró primero la comunicación trasatlántica, Fessenden fue el primero en ofrecerla como servicio regular en 1906. El más maravilloso logro de Fessenden fue la transmisión de voz. No es tan remarcable lo que hizo sino cuando lo hizo. En diciembre de 1900 transmitió una señal de voz a su ayudante Alfred Thiessen a una distancia de una milla desde su laboratorio en Cobb Island en el río Potomac. *"One-two-three-four ...Is it snowing where your are, Mr. Thiessen? Telegraph back if it is". "Yes, is is!"* pulsó Thiessen en un telégrafo. Desde una perspectiva moderna el invento de Fessenden llegó al menos 15 años antes que estuviesen disponibles los componentes para hacerlo apropiado. Lo que Fessenden necesitaba eran tubos audion de alta potencia. Sin embargo, no los conocía. De modo que transmitió transmisión de voz modulada en AM usando transmisores de chispa. Eso suena imposible. Y ya que las brechas de chispas estaban "muertas tecnológicamente", no es totalmente sorprendente que Fessenden haya estado largamente olvidado. Los únicos artículos de Fessenden que yo haya leído jamás no describen su aparato con claridad. No obstante, a él le parece que ha sucedido en tres ocasiones principales y otras muchas menores.

### **Fessenden compensa las chispas**

Se necesita una onda portadora pura, llana, para producir modulación AM clara, pero no hay nada liso con la estática de una brecha de chispa. Fessenden razonó que, si los golpes de estática ocurrían con la frecuencia suficiente, la frecuencia del estrépito del zumbido a demasiada alta frecuencia para que los oídos humanos lo escuchasen. De modo que en lugar de chisporrotear unas pocas docenas o un ciento de veces por segundo, el generador de Fessenden chisporroteaba 10.000 veces por segundo. Entonces (aparentemente) filtró la señal usando circuitos resonantes inductor/condensador. El transmisor tenía su propia planta de energía con motor de vapor y probablemente era bastante potente. El motor de vapor tenía que girar a toda velocidad antes que la voz llegase a ser inteligible.

El uso de ruido de alta frecuencia para conseguir deshacerse de ruido de baja frecuencia es reminiscencia del principio de cancelación de ruido "Dolby sound" moderno. Más que pelear con el ruido inherente en un sistema de grabación analógico, el sistema Dolby modula deliberadamente la música con una onda senoide de alta frecuencia de 25.000 Hz para destruir el ruido.

Leí otro cálculo de trabajo de Fessenden en el cual su voz era descrita como un alternador a alta velocidad. Bueno, la transmisión de voz con un alternador de alta velocidad suena bastante arduo también. Las descripciones técnicas mutiladas son un serio problema cuando se estudia la historia de la radio. Es difícil imaginar exactamente lo que hacían.

### **Fessenden inventa el barretter**

Fessenden también inventó un nuevo detector sensible que llamó "barretter". Barretter significa "cambiador" en francés y todavía es usado como el detector de microondas "barreter". Los modernos barretters consisten de un hilo microscópico de platino que calienta y enfría rápidamente cuando estallidos de diminutas corrientes de radio frecuencia pasan a través del hilo. Según el hilo cambia de temperatura, su resistencia cambia rápidamente y todavía es usado para modular una corriente DC pasando a través de un sensible auricular telefónico.

Lo que no entiendo es cómo el profesor consiguió suficiente fuerza de señal de un micrófono telefónico de la era del 1900 para modular un transmisor potente. En mi opinión ese habría sido su tercer éxito. En un transmisor de amplitud modulada (placa modulada) comercial de 1930 y posterior, el sonido de audio del micrófono tenía que ser amplificado a la mitad de la potencia de salida del radio transmisor. Por ejemplo, para un transmisor de 1000 vatios era necesario un audio amplificador de 500 vatios. No había modo de fabricar tal cosa en 1900.

Tal vez inventó el "modulador magnético". En 1920 algunos transmisores de sonido usaban un transformador para imprimir amplitud modulada directamente a la señal de RF. El micrófono modulaba una corriente DC en el primario del transformador mientras la tierra del transmisor para la antena pasaba a través del secundario del transformador. Saturando el hierro del transformador, la corriente fluyente a través del secundario puede ser cambiada radicalmente con una pequeña señal, proporcionando con ello la amplificación necesaria. Fessenden debió haber sido un genio obsesivo para difundir voz exitosamente con motores de vapor, barras de hierro, hilo de cobre y chispas.

El momento del logro de Fessenden no paso inadvertido y fue capaz de conseguir dinero para comenzar una compañía de radiodifusión. Su primera demostración pública consistió de conversación y tocar con el violín "Oh Holy Night" en la Nochebuena de 1906. Sin embargo, su progreso comercial fue lento y en el momento que la radiodifusión de AM comenzó a funcionar bien casi todo estaba robando sus ideas. La compañía Marconi finalmente registró sus patentes en 1914. Desde una perspectiva moderna el mayor problema de Fessenden fue su falta de planes viables de negocios. Inventó esmerado material pero difícilmente conseguía pago a su trabajo.

### **Edwin Howard Armstrong**

Otro ingeniero que entendió sus propios inventos fue Edwin Armstrong. Estudió ingeniería eléctrica durante la Primera Guerra Mundial, luego, justo después de su graduación, produjo el primero de sus tres grandes inventos, *el receptor súper-regenerativo*. En los primeros días de la radio era demasiado caro diseñar receptores con gran número de grandes, caros y hambrientos de energía tubos de vacío. Armstrong inventó un modo para usar realimentación en un amplificador de tubo de vacío para incrementar la sensibilidad del receptor en una clase de magnitud. Los receptores súper-regenerativos eran bastos y tenían que ser ajustados correctamente para evitar un ruido de chillido desagradable encima de las estaciones que estabas intentando escuchar. Sin embargo, cuando los receptores súper-regenerativos comenzaron a ser usados, el rango de la radiodifusión se elevó a mil millas y más.

A despecho de sus severas limitaciones, los operadores radioaficionados normalmente hicieron receptores súper-regenerativos tan tarde como 1960. Los súper-regenerativos eran primitivos, pero fueron un paso a la siguiente generación de receptores. En los años 20 Armstrong desarrolló el *receptor súper-heterodino*. Este es el diseño básico usado hoy en la mayoría de los modernos receptores, desde la televisión a los teléfonos celulares. Cuando yo era joven, construí un receptor súper-regenerativo Knight "Ocean Hopper" de un kit. Solo lo construí porque era barato. El ruido de tono agudo que hacía el súper-regenerativo era tan obvio que no pude esperar a sustituirlo por un receptor de comunicaciones superheterodino de alta calidad.

### **El receptor TRF no fue la solución**

Para lograr la ampliación requerida sin súper-regeneración la solución obvia era poner varios tubos amplificadores de radiofrecuencia en serie. Estas radios se llamaron receptores "radio frecuencia sintonizada" (TRF en inglés) pero nunca fueron muy populares. Cada amplificador en la cadena tenía que ser sintonizado por separado para la estación deseada. Esto significa que las primeras radios TRF tenían literalmente tres o cuatro mandos de sintonía de estación, los cuales tenían que girarse independientemente. Alternativamente, en las mejores radios TRF los condensadores de sintonía estaban agrupados todos juntos de modo que siempre sintonizaban la misma estación simultáneamente. Este método era extremadamente arduo para sincronizar y calibrar de modo que cada bobina sintonizada debería seguir con precisión a lo largo de la banda de frecuencia entera. Otro problema estaba en que eran inherentemente de "bajo Q" y tendían a recibir más de una estación al



tiempo. Los únicos receptores TRF prácticos eran extremadamente caros o estaban diseñados para recibir solo una frecuencia.

### **El receptor súper-heterodino**

La solución de Armstrong para vencer el problema fue convertir las señales de radio entrantes a una "frecuencia intermedia" constante, una "IF". La frecuencia IF permanece igual sin tener en cuenta que estación de radio fue sintonizada. En otras palabras, un súper-heterodino es un receptor TRF de una sola frecuencia con un convertidor de frecuencia en el extremo. La etapa de IF es sintonizada en fábrica. Nunca necesita ser ajustada de nuevo. Otra ventaja importante fue que la señal en la etapa IF podía ser filtrada de modo que podría admitir solo un paso de banda igual al ancho real de la señal. Por ejemplo, un receptor de radio AM puede tener un paso de banda IF de 20.000 ciclos por segundo (un cps = un hercio). Por supuesto, una señal de código Morse necesita 100 Hz de ancho de banda o menos. De modo que cuando se usa un filtro de ancho de banda estrecho en la IF, el receptor puede seleccionar solo una señal de muchas que pueden estar apiñando la banda. En contraste un receptor TRF o incluso un receptor súper-regenerativo te pueden forzar a escuchar un ancho de banda de 50.000 Hz a la vez.

El súper-heterodino genera la OF por medio de un "oscilador local de RF". El principio puede ser ilustrado con sonido audible. Cuando dos frecuencias diferentes de sonido se mezclan juntas, las ondas de sonido se cancelan y se refuerzan unas con otras generando componentes de frecuencia que son la suma y diferencia de las dos señales. Por ejemplo, si pulsas dos teclas adyacentes de un piano simultáneamente, el sonido es discordante. Esto es porque estás escuchando esa suma y diferencia de frecuencias. En otro ejemplo, los aviones con doble motor están equipados con sincronizadores de velocidad del motor de modo que los motores no hacen un batido desagradable de frecuencia de sonido "WAH-WAH-WAH". Este sonido es la diferencia en frecuencia entre las dos velocidades de los motores. El mismo principio trabaja con ondas senoides eléctricas para las frecuencias de radio. A diferencia de los ejemplos audibles molestos, en la radio, la frecuencia de batido normalmente es el producto deseado y eso fue el invento de Armstrong.

Un súper-heterodino está sintonizado, pero no por un filtro en la antena, sino más por un oscilador de onda senoide que está desplazado de la señal que deseas escuchar. La cantidad de desplazamiento de frecuencia es igual a la frecuencia intermedia. Por ejemplo, en una radio casera de FM, si quieres sintonizar una estación de radiodifusión en 100 MHz, entonces el oscilador local de sintonía es sintonizado a 110.7 MHz. La diferencia entre las dos frecuencias es de 10.7 MHz que es la IF usada habitualmente en las radios FM. Ya que el oscilador de sintonía genera solo una frecuencia precisa, y porque el filtrado IF puede ser bastante estrecho, la sintonía de un receptor superheterodino puede ser extremadamente selectiva. El superheterodino se hace más sensible poniendo varios amplificadores IF en serie. O, como se explicó anteriormente, puedes ver los amplificadores IF como un receptor TRF de simple frecuencia.

Al final de los 20 los transmisores de chispa fueron prohibidos y sustituidos por osciladores de onda senoide de tubos de vacío. Los osciladores de onda senoide generan simplemente una frecuencia discreta. Después de esta mejora, cientos de señales de código Morse se

podían distribuir por una banda sin interferir unas con otras. Y usando el superheterodino de Armstrong, el receptor podía seleccionar solo una de esas señales de código Morse.

### **Osciladores de batido de frecuencia – de donde viene el tono musical de código Morse**

Aunque un simple superheterodino recibe bellísimamente la radiodifusión AM, el código Morse esencialmente es inaudible debido a que una señal de onda senoide no está modulada. Durante la década de 1920 los transmisores de código Morse solían estar modulados con un dispositivo de conmutación conducido por un motor mecánico que hacían el sonido Morse como un zumbido y más como un viejo equipo de chispa.

Para escuchar Morse con un superheterodino, se necesita otro oscilador llamado Oscilador de Batido de Frecuencia (BFO) para producir el sonido musical. Por ejemplo, mi primer receptor de onda corta fue uno de aquella anciana radio toda banda que se podían encontrar a menudo en los salones en los años 40. El receptor trabajaba estupendo para recibir estaciones de radio AM como Radio Moscú. Sin embargo, cuando sintonizaba las bandas de aficionado, las señales de código Morse eran inaudibles o simplemente ruidos de golpes. Para recibir código Morse tenía que colocar una pequeña radio de mesa encima de la radio grande de onda corta. Sintonizaba la radio pequeña hasta que podía oír el oscilador de sintonía de la radio de mesa (oscilador local) en el receptor grande. Esta señal se batía con las señales de código Morse y las hacía audibles. Era algo retorcido y apenas práctico. Por supuesto un receptor de comunicaciones tiene un BFO interno y es fácil de usar.

### **Conseguir librarse de la estática atmosférica**

Las comunicaciones esencialmente eran al 100% código Morse hasta después de la 1ª Guerra Mundial. Repentinamente llegó a ser común escuchar voces en la radio. En 1921 comenzó la primera exitosa radiodifusión de voz en Amplitud Modulada. Con las radiodifusiones en AM, el transmisor no se conectaba y desconectaba como en el código Morse sino que el transmisor se dejó conectado continuamente. Este proceso marcaba o “modulaba” voz y música en la señal. En otras palabras, con la modulación AM la información contenida es proporcional a la potencia momentánea de la señal. Tanto más alta es la potencia de la señal y hay menos interferencia de tormentas eléctricas, grandes motores DC o automóviles de ignición cercanos, la radio de amplitud modulada (AM) trabaja bastante bien. Por 1930 la radio AM fue un utensilio estándar en las familias americanas. Pero con todo aquel ruido de chisporroteo y estallido en las señales débiles, la radio AM nunca es verdaderamente de alta fidelidad excepto cuando se sintonizaban estaciones locales potentes.

La estática atmosférica es una señal de ruido natural que tiene la misma forma de amplitud modulada como las señales AM hechas por el hombre. Por ello es imposible eliminar la estática sin cambiar el método de modulación. Edwin Armstrong se aisló en su laboratorio en el edificio Empire State en la ciudad de New York y trabajó para encontrar un modo de eliminar la estática en las radiodifusiones de voz. Armstrong necesitó crear una modulación de audio que pudiese marcarse en una señal del transmisor sin imitar los ruidos naturales de descargas eléctricas y estáticas.

Finalmente Armstrong tubo la idea de modular la frecuencia de la señal en lugar de la intensidad de la señal. En otras palabras, como dice el locutor, la frecuencia del transmisor se mueve arriba y abajo en el tiempo con la frecuencia de audio del sonido. La *Frecuencia Modulada* resolvió la mayoría del problema del ruido y fue el origen de las radios de FM que escuchamos hoy. Armstrong había estado trabajando para la Radio Corporation of America que fabricaba superheterodinos. Debido al superheterodino, la RCA con su subsidiaria la Nacional Broadcast Company, dominó la radio AM mientras duró la patente. La RCA era dirigida por David Sarnoff quien erró en recompensar la contribución de Armstrong a la compañía. Armstrong dejó la RCA y comenzó su propia red de emisoras de radio FM.

Sarnoff necesitó la radio FM para transmitir la señal de audio con la televisión así que simplemente robó el invento de Armstrong. Sarnoff, pudiendo emplear más abogados, podía emplear la guerra de la patente de ambos modos a su favor. Estos abogados incluso convencieron a la corte de que la RCA había inventado la FM, no Armstrong. Sarnoff también persuadió a la FCC a forzar a las estaciones de FM a emitir en frecuencias de VHF a potencia baja lo que las restringió a emisión local. Esto impidió que la FM fuese usada por estaciones de largo alcance como las estaciones de AM de “canal limpio” de 50.000 vatios que todavía están dispersas por USA. Al final Sarnoff ganó todas las batallas y arruinó a Armstrong.

Armstrong, a quien le gustaba escalar altas torres de radio, finalizó su vida saltando desde una ventana de un treceavo piso en 1954.

### **El transistor miniaturiza la electrónica**

El transistor bipolar fue inventado en 1947 por Shockley y Bardeen mientras trabajaban en los Laboratorios Bell. Funcionalmente se puede pensar en el transistor como un “tubo de vacío tríodo en miniatura”. A diferencia del tubo, un transistor consiste de un grano de cristal semiconductor con tres cables conectados. Al igual que un tríodo, una puerta de control llamada “base” permite que una pequeña corriente controle una corriente mucho mayor que fluye desde el cable “emisor” al cable “colector”. A diferencia de los tubos, no hay cámara de vacío, no hay filamento calentado, no hay alto voltaje relativo, y no se necesita una fuente de alimentación separada para iluminar el filamento.

En los tubos de vacío, la rejilla de control de un tubo de vacío siempre debe estar referenciada al polo negativo del circuito. Esto es, la rejilla siempre es manejada a unos cuantos voltios de diferencia del voltaje en el filamento (cátodo). El potencial de la placa del tubo de vacío es habitualmente bastante alto, normalmente cientos de voltios, y siempre de polaridad positiva. En contraste, los transistores pueden funcionar con tan poco como uno o dos voltios y pueden construirse en dos polaridades. La base de control se puede referenciar tanto al polo negativo (transistores NPN) o al polo positivo (transistores PNP). Ya que están disponibles en diseños complementarios, los dos tipos se pueden usar juntos para formar circuitos de alta ganancia compactos con unos cuantos componentes adicionales tales como resistencias y transformadores.

Los primeros transistores fueron dispositivos frágiles llamados "*transistores de punto de contacto*" que nunca aparecieron en los productos de consumo. (Un intento de construcción transistores de punto de contacto está descrito en el capítulo 4). Los primeros transistores

usados ampliamente estaban hechos de germanio y no de silicio. Los primigenios transistores de germanio solo podían tolerar diminutos niveles de potencia. Por ejemplo, el transistor 2N35 se podía quemar si disipaba más de 35 milésimas de un vatio. En los años 50 fueron vendidos a los aficionados para experimentación, pero eran difíciles de conseguir hacerlos trabajar antes de que quemaran. Yo compré uno por 5 dólares y lo quemé inmediatamente. Hoy esa cantidad de dinero podría ser como 50 dólares cada uno. Posteriormente en 1960 la Texas Instruments Company perfeccionó los transistores de silicio y el dominio de los tubos de vacío se arruinó.

### **La radio cubre el mundo**

La compañía Sony en Japón realizó con esos transistores de silicio una ocasión única. Dieron un salto y revolucionaron la radio AM. Hicieron diminutas "radios a transistores" alimentadas a baterías que costaban unos pocos dólares y entraban en un bolso de la camisa. Ya que no necesitaban alimentación de la pared y las baterías eran pequeñas y baratas, de repente incluso la gente más pobre de la Tierra podían proveerse de radios a transistores.

En la década de los 60 apareció otro tipo de transistor de silicio, el Transistor de Efecto de Campo (FET). Los FET son también dispositivos de tres hilos. La puerta de control de un FET es llamada realmente la "puerta" y la puerta usa voltajes débiles, en lugar de corrientes débiles, para controlar la corriente grande que fluye del terminal "fuente" al terminal "drenaje". Como en los transistores bipolares, los FET vienen en dos polaridades llamados "canal-N" y "canal-P". Los FET de hoy día son la base de la mayoría de circuitos integrados usados en ordenadores, y al igual que se verá posteriormente, también son valiosos en los circuitos de radio.

### **Llegar a ser un operador radioaficionado**

Mi escucha sería de la onda corta comenzó durante la guerra fría. Mi gran "radio toda banda" me permitió sintonizar las bandas de onda corta. Esta radio era de casi un metro de alta, 60 cm. de ancha y empaquetada en una bella carcasa de madera. Pero comparada con un receptor de comunicaciones real, esta radio de sala de estar estaba extremadamente limitada. Tenía pobre sensibilidad y solo cubría unas cuantas bandas de aficionado. No tenía "extensión de banda" así que las bandas de aficionado eran aproximadamente 3 mm de ancho de un dial de 10 cm. Por otro lado, no era despreciable. Era capaz de escuchar ocasionalmente conversaciones de voz en AM entre aficionados. Más tarde compré una "radio moral" de sobrantes de la 2ª Guerra Mundial. Éstas eran receptores de onda corta que fueron tiradas para las tropas para que pudiesen escuchar la radiodifusión de casa, Tokyo Rose y otras estaciones moduladas en AM. Las radios morales tampoco tenían "oscilador de batido de frecuencia" y no podían recibir código Morse sin recurrir al truco de una segunda radio descrito anteriormente. Aprendí código Morse en los Boy Scouts. Un requerimiento para nuestro distintivo de Boy Scout de Primera Clase era enviar y recibir código Morse usando una bandera de señales. La bandera era ondeada sobre la cabeza a la izquierda para "dash" y a la derecha para "doh". Nuestro manual de Boy Scout nos amonestaba para recordar lo que decía el holandés, "Dots a la derecha". Los Boy Scout de hoy día no tienen el requerimiento del código Morse. Esto es una vergüenza. En una

emergencia, la habilidad para comunicar golpeando a través de un muro u ondeando al otro lado de un cañón no es una habilidad trivial. Los presos a lo largo del mundo suelen comunicarse golpeando mensajes a través de paredes usando un código universal. El código de los presos traduce el alfabeto en golpes donde la letra "A" es igual a un golpe, la "B" igual a dos golpes y por supuesto la "Z" es igual a 26 golpes. ¡Qué dolor! Supongo que los presos tienen montones de tiempo en sus manos.

Varios de mis amigos también estaban interesados en la onda corta e iniciamos un club de de escucha de onda corta (SWL). Para practicar código Morse mi colega Eric Raimy emparejó un sistema telegráfico de zumbadores que comunicaba entre su dormitorio, la alacena del rellano del piso inferior y el sótano. Éramos estudiantes de secundaria sentados en nuestros puestos y tomábamos nuestro lento código Morse hasta conseguir nuestra velocidad de 5 palabras por minuto y pudimos pasar el examen de radioaficionado de clase Novicio. Conseguimos nuestras licencias de aficionado con la ayuda de un director de escuela local, Glenn Johnson, W0FQK.

Si quieres conseguir una licencia de aficionado, necesitas encontrar un club de radioaficionados en tu zona. Los clubes de aficionados generalmente llevan clases para nuevos aficionados y dan los exámenes para las licencias (en USA). Comprueba en Internet los clubes locales. Si no los encuentras, vete a la website de URE, [www.ure.es](http://www.ure.es). La URE te ayudará de muchas maneras. Te pueden proporcionar materiales de estudio, revistas, libros y gente con quien contactar en tu zona.

### **La radioafición en los últimos 80 años**

Como la electrónica en general, la radioafición explotó en muchas facetas diferentes desde la 2ª Guerra Mundial. Desde un entretenimiento que fue el código Morse originalmente, se extendió en una larga lista de capacidades y actividades. Cada década ha añadido más y más variaciones en las maneras y métodos para los aficionados a usar la tecnología de radio. Como norma, las nuevas tecnologías fueron demostradas diez años primero que llegasen a ser comunes. De todas las modalidades de aficionado que han sido usadas, solo los transmisores de chispa están completamente extinguidos. La fonía en AM sin embargo raramente es usada hoy.

1920 Código Morse en onda continua y la primera radio AM.

(tubos de vacío y el fin del transmisor de chispa)

1930 Fonía AM, Muy Alta Frecuencia (VHF) 54 MHz y superior.

1940 Radio Teletipo (RTTY), comunicación FM VHF, transmisores móviles en coches.

1950 Fonía en Banda Lateral Única (SSB), televisión de aficionados, televisión de barrido lento (un tipo de radio fax). Comunicación en UHF, 220 MHz y superior. Antenas direccionales.

1960 Comunicación de aficionados por microondas. Facilidad de uso de la SSB en los transeptores de HF. Comunicación por rebote lunar y rebote en meteoritos.

1970 Comunicación de aficionados por satélite, estaciones repetidoras de VHF/UHF.

1980 Transmisores de mano. Mantenimiento de libro de guardia computerizado. Manejo de mensajes en paquetes AMTOR (radio e-mail).

1990 Comunicación por la dispersión del espectro, radio control y telemetría de cohetes de aficionado, estaciones robots, mensajes en PSK-31 (e-mail instantáneo por ordenador),

IRLP (estaciones repetidoras de VHF conectadas a Internet), estaciones QRP (baja potencia) y modelismo radiocontrolado de aficionados, TV en pequeños cohetes.

.....

Desde el punto de vista de la variedad del nuevo equipamiento, la radioafición está en alza. En el lado opuesto, gracias a Internet, las máquinas de fax y la telefonía móvil, la mayoría de esta tecnología puede ser usada ahora por gente que no tiene licencia y no está interesada en como trabaja. Sin embargo, algunos aspectos de la radioafición permanecen únicos a este hobby y no han cambiado. Son:

1. Código Morse.
2. Intercambio de tarjetas QSL (confirmación de contacto).
3. Equipamiento de fabricación casera.
4. Dominio de nuevos o exóticos modos de comunicación, tal como repetidores por satélite o modos de propagación inusuales de señales como el rebote lunar.

### **El futuro de las bandas de radioaficionado**

La existencia de la radioafición como un hobby es totalmente dependiente del permiso gubernamental para transmitir. Por eso necesitamos asignaciones del espectro de frecuencia. Pero cada día están siendo encontrados más y más usos comerciales para comunicación inalámbrica. Estas aplicaciones están en dos categorías. Las comunicaciones de corto alcance, llamadas "Aplicaciones parte 15", transmiten a menos de 35 metros. Unen impresoras a ordenadores, soportan teléfonos inalámbricos, abren puertas de garajes y cierres de automóviles. Las frecuencias adecuadas pueden ser bajas, digamos 1 megahercio y por debajo. O pueden usar frecuencias muy altas, 40 MHz y por encima. El rango de alta frecuencia (HF) entre 1 y 40 MHz no es deseable para estas aplicaciones porque, cuando las condiciones atmosféricas son correctas, señales de grandes distancias, incluso del otro lado del mundo, pueden enganchar un dispositivo local. Por ejemplo, cuando fue lanzado el primer Sputnik soviético en 1957, radiaba en 20 MHz. Cada vez que pasaba por encima de Estados Unidos, muchos propietarios descubrieron que las puertas de sus garajes se abrían y cerraban misteriosamente. Mediante el uso de receptores selectivos y codificación digital, la mayoría de este tipo de interferencia de radio ha sido eliminada. Pero cuando las bandas llegan a estar atestadas con señales, incluso un receptor sofisticado finalmente se paralizará por la interferencia y no querrá responder al código correcto.

Los teléfonos celulares, el posicionamiento global y los enlaces de Internet transmiten sobre distancias de unas cuantas millas o más a satélites para proporcionar comunicaciones fiables. Las mejores frecuencias para estas aplicaciones son por encima de 40 MHz ya que las señales aleatorias del resto del mundo normalmente no interfieren. A 500 MHz y por encima, las señales más allá del horizonte casi nunca interferirán. Estas frecuencias pueden ser fiables día y noche para comunicación segura. En la era moderna son estas frecuencias de UHF y microondas las que tienen el mayor valor comercial.

Los aficionados tienen unas cuantas bandas en esta parte de alto valor del espectro. Hemos conseguido mantenerlas compartiéndolas con los militares.

## **Gracias dios mío por la naturaleza errática de la HF**

Desde 1930 las bandas más importantes de aficionados has sido las frecuencias de HF entre 1,8 y 29,7 MHz. Las buenas noticias para los aficionados es que es la falta de confianza de estas bandas las hace atractivas para nosotros y no para usuarios comerciales. Cuando los aficionados encendemos nuestros receptores, realmente no sabemos lo que vamos a escuchar. Puede ser solo estática o un par de chicos locales discutiendo su juego de golf. O podemos escuchar un aficionado en Mongolia buscando una charla. Es como ir de pesca. No está dicho que puedes pescar. Eso es lo divertido de ello.

## **Malas señales para el futuro**

Según el equipo de radio llega a ser más complejo, menos y menos aficionados entienden como trabaja. Es justo decir que la mayoría de aficionados hoy están sobrepasados por la complejidad del equipo que usan y no hacen un intento serio por entenderlo. Como resultado solo una pequeña minoría intenta construir el suyo propio. La licencia FCC para aficionados refleja esta tendencia. Unos pocos aficionados construyen su propio equipo, los radioaficionados han llegado a ser simplemente otra forma de consumidores de electrónica. La FCC ha hecho más cuestión acerca de los fabricantes de equipos a toda prueba a que los aficionados entiendan sus equipos.

Hace cuarenta años, los exámenes de licencia de radio eran administrados directamente por la Comisión Federal de Comunicaciones. Las pruebas eran dedicadas a los detalles técnicos necesarios para asegurar que los aficionados conocían como mantener sus transmisores de construcción casera operando dentro de las bandas asignadas. El privilegio de uso de todas las frecuencias de aficionado solo era concedido a los aficionados mejor adiestrados. Tenían que demostrar 20 palabras por minuto de velocidad de código Morse y realizar un complejo examen que incluía dibujar diagramas de circuitos de varios tipos de transmisores y calcular parámetros de diseño. Hoy la velocidad de código para la clase de licencia más alta, la clase Extra, ha sido reducida a solo 5 palabras por minuto. Las pruebas son ahora exámenes de elección múltiple dadas por aficionados voluntarios. En la preparación para el examen, los aficionados modernos estudian las pruebas, en lugar del material cubierto por las pruebas. En términos de conocimiento de ingeniería, el aficionado moderno es un peso ligero comparado con los aficionados de hace 50 años.

Otro signo alarmante es el número de operadores radioaficionados relativamente fijo, y la edad media de los aficionados continúa elevándose. Es una conclusión lógica que finalmente nuestras frecuencias sean quitadas por falta de interés. La radioafición llegará a ser otro pasatiempo histórico de la misma categoría que la cacería de búfalos.

La última amenaza a la radioafición es la iniciativa de difusión por las líneas eléctricas. Las compañías eléctricas quieren hacer dinero usando las líneas eléctricas como conducciones de conexión a Internet en toda casa que recibe electricidad. Desgraciadamente las líneas eléctricas fugarán al cielo este ruido de radio y producirán un fuerte zumbido de ruido que arruinará todas las señales de radio débiles y moderadas entre 2.0 y 80 MHz. Este ruido de radio será un final para casi toda la radioafición y difusión de onda corta.

## **Dominando la tecnología**

Según la tecnología de la civilización llega a ser más sofisticada, el conocimiento básico entre nuestra población consigue fracturarse más y más. Aunque la cantidad de conocimiento que individualmente tiene la gente educada en sus cabezas puede ser la misma, cada ciudadano conoce más acerca de menos. El manejo de los modernos transceptores de radioafición recuerda el manejo de un complejo VCR. Si, el equipo puede manejar todos los modos modernos y frecuencias. Pero primero debes leer el manual y pulsar 48 botones para seleccionar los menús y opciones correctos. No es fácil de manejar una de estas maravillas que-lo-hacen-todo. Pero cuando lo consigues, realmente no has aprendido mucho de la electrónica.

Los transceptores modernos me recuerdan los circuitos integrados. Los transceptores están empacutados con docenas (o cientos) de circuitos integrados conteniendo quizás varios millones de transistores. Como un transceptor es un todo, un circuito integrado no puede ser fijo, su contenido es misterioso y normalmente es un sólido rectangular, negro, con “patas” o hilos. Incluso con el manual de servicio de un moderno radio transceptor en frente de ti, es arduo conseguir más que una idea general de su diagrama de bloque y como trabaja.

¡Pero seguro que los ingenieros que diseñaron estas maravillosas radios modernas conocen como trabajan! No, no realmente. Si, puede haber un puñado de ingenieros en el mundo que tienen una buena comprensión de todas las tecnologías de un transceptor moderno. ¡Pero no apostararía por ello! Cada ingeniero se especializa en ensamblar o programar módulos que son comprados de otras fábricas. Los módulos están sellados y no pueden ser reparados. Exactamente lo que hay dentro de esos módulos es probablemente tan misterioso para ellos como para el resto de nosotros.

Durante el último siglo, el espacio de conocimiento de un radio operador ha continuado encogiéndose. Hace cien años, los primeros pioneros de la radio no solo probaban radios al aire, también trabajaban en los materiales para construir los componentes para sus radios.





Esta tendencia puede ser ilustrada por una “pirámide tecnológica” para la tecnología de la radioafición. En la parte más alta de la pirámide está el conocimiento de cómo manejar una radio de dos vías. En la parte inferior de la pirámide está el buscador que explora la inmensidad y encuentra primero los materiales crudos necesarios para hacer una radio y toda la demás tecnología moderna. En medio están las habilidades necesarias para construir tu propio equipo de radio.

Un modo para ver el cambio es que la radioafición se ha retirado lentamente de la pirámide para llegar a ser solo otro producto de consumo como las televisiones y los teléfonos celulares. La mayoría de aficionados aducen que la radioafición puede hacer más cosas que nunca y por ello es más interesante. Podemos transmitir televisión de aficionados en directo, redes de mensajes e-mail y faxes. Afortunada o desafortunadamente las mismas tecnologías han llegado a estar disponibles para la gente ordinaria sin licencias. ¿Por qué molestarse con la radioafición?

### **Radio de aficionado de construcción casera y el “QRP”**

La construcción de tus propios radios es conocido comúnmente como “elaboración casera”. Hasta la 2ª Guerra Mundial los radios de aficionado eran de elaboración casera. En los primeros días equipo decente de radio era apenas disponible y durante la depresión fue inalcanzable para la gente media. Si no podías construir tu equipo por ti mismo, probablemente no podrías salir al aire. A este respecto una pequeña pobreza no siempre es una mala cosa. Cuando la vida es demasiado fácil, llega a ser aburrida.

Hasta 1950 el equipo de construcción casera de radio aficionado era rutinario. Después de ese tiempo la construcción de transmisores en casa permaneció común solo entre la

juventud y la gente empobrecida. Los buenos receptores de comunicaciones fueron los más difíciles de construir, de modo que los receptores de construcción casera fueron los primeros en irse.

En las décadas de los 50 y 60 las compañías como Heath y Allied Radio sustituyeron el equipo de construcción casera por kits prefabricados de buen diseño. Para hacer un equipo bueno y útil todo lo que tenías que hacer era soldar los componentes juntos. Finalmente en la década de los 80 los kits llegaron a ser tan complejos que las compañías no nos dejaban hacer más que soldar los montajes prefabricados. Cuando ocurrió esto, los kits llegaron a ser tan aburridos que desaparecieron del todo.

Hoy hay un interés creciente en construir transmisores de baja potencia "QRP". La mayoría de aficionados al QRP están construyendo kits de nuevo. Unos cuantos pioneros modernos están construyéndolos de partes discretas. Una rama de esta afición construye transmisores en latas de sardinas para enfatizar el pequeño tamaño del transmisor. Otro grupo usa cajas de confitería que son incluso más pequeñas. En cualquier caso, el QRP es la esperanza más brillante que nuestra afición tiene para mantener la técnica competente y atractiva para la gente joven.

# EQUIPO CASERO DE RADIOAFICIONADO

**¿Qué se considera “casero”?**

*El constructor casero fundamental debería ser un tipo que camina por el árido desierto desnudo. Entonces, usando rocas y palos, construye un sistema de comunicaciones de alta tecnología.* ¡Oye, no te lances! Nuestros antepasados lo hicieron. Por supuesto, tuvieron que permanecer en los bosques por miles de años para finalizar el trabajo. Nuestros antepasados fueron gentes inteligentes que trabajaron duro. Desde nuestra elevada posición de hoy es fácil mirarles hacia abajo como alguna clase de gente rústica con habilidad manual. Irónicamente, la gente rústica suelen ser más de lo que aparentan. En mi opinión, las familias granjeras de hoy son maestros en un mayor rango de tecnología que cualquier otro grupo de gente en nuestra sociedad. Los granjeros de hoy no se pueden proveer del empleo de otros para reparar sus viejos equipamientos, de modo que han dominado destrezas desde la electricidad a la biología. La mayoría de los granjeros actuales tienen talentos y conocimiento que hace que el resto de nosotros parezcamos robots especializados en una cadena de montaje.

La construcción de nuestro propio equipo de radio es divertida y te da la satisfacción que viene del dominio del conocimiento. La construcción casera no necesita una definición precisa. Si te estás divirtiendo y aprendiendo algo, es eso. Deberías sentirte libre para inventar tu propia definición. No obstante, a mayores niveles de la pirámide tecnológica que domines, mayor será tu logro. Además, la compra de equipos de aficionado es como saltarte la escuela y comprar un diploma. Tienes los mismos privilegios, pero los resultados serán vanos en muchos modos. Mi definición personal de la construcción casera es que construyo mi propio equipo comenzando de simples componentes que (creo) entiendo.

***Intento no comprar nunca equipos o componentes diseñados específicamente para la radio afición.***

Estoy orgulloso de ser la ruina de la mayoría de anunciantes en las revistas de radio afición. Aún compré componentes eléctricos individuales, por supuesto. Solo pretendo que la industria electrónica nunca consiga absorber la inventiva de las comunicaciones de radio.

Una de las ironías de nuestra afición es que, cuando los pocos constructores caseros que quedan se jubilan de sus trabajos suelen construir y vender equipos de radioafición. Estos industriosos individuos fabrican y venden todo imaginable artilugio de aficionado. Dudo si alguno de ellos halla advertido que haciendo todas las cosas fácilmente disponibles hallan desalentado la construcción casera.

**¿Cuándo no es apropiada la construcción casera?**

***La construcción casera no debería ser hecha como modo para salvar dinero o procurar equipos modernos.*** Los modernos transeptores multibanda de HF de aficionado son maravillosamente baratos. Deberías ser capaz de comprar un buen transeptor usado de alta frecuencia por tan poco como 500 a 1000€. Las buenas noticias

es que nuestra sociedad es tan próspera que los padres pueden a menudo proporcionar a los chicos juguetes que cuestan cientos o incluso miles de euros. Las malas noticias es que el incentivo económico para los jóvenes aficionados para construir el suyo propio casi se ha desvanecido. También, si construyes el tuyo propio, incluso el constructor más habilidoso no tendrá años suficientes para construir una estación de aficionado moderna realmente equivalente. Las unidades comerciales contienen circuitos integrados propios, contenedores propios, y son el resultado final de múltiples prototipos y pruebas exhaustivas.

### **Construcción casera con válvulas**

Hace 40 años los aficionados construían transmisores y receptores razonablemente buenos en sus sótanos. Una construcción casera bien construida debería cubrir todas las bandas de alta frecuencia (HF) de 1,8 a 30 MHz. Lo mejor de todo, su señal en el éter no debería avergonzarte. La construcción casera de CW y fonía AM eran la rutina. En el lado contrario, la construcción de fonía de simple banda lateral (transmisión de voz SSB) siempre ha sido rara porque es complejo generar SSB.

Las circunstancias han cambiado. Si pudieses examinar el esquema completo de un moderno transceptor ICOM, Kenwood o Yaesu, necesitarías un microscopio para leerlo. Por supuesto en un formato de dibujo DIN A1 podrías ser capaz de poder leerlo bien, pero el esquema no podrías colocarlo sobre la mesilla de tu sala de estar. En contra, el esquema de un transmisor completo de aficionado de CW y fonía AM todo bando de 1970, con la lista de componentes, se coloca confortablemente en una página de una revista de radio. En definitiva, el material moderno es complicado. Si solo estuviese hecho de pequeñas válvulas, podría aun tomar cientos de veces más tamaño construirlos. Pero hay muchas diferencias.

### **Estabilidad de frecuencia**

Casi todos los aficionados de hoy en día están usando transeptores diseñados alrededor de precisos sintetizadores de frecuencia digital. La frecuencia es mostrada digitalmente en una pequeña pantalla para precisiones tan cercanas como 0.1 Hz. Los números de las salidas de lectura pueden no ser tan precisos, pero el tipo medio cree que es preciso porque realmente no ha leído las especificaciones. Por ejemplo, la estabilidad puede estar especificada típicamente para 1 parte por millón. Así que en la banda de 10 metros, 28 Megahercios, la precisión podría ser 0,1 Hz, pero la precisión garantizada podría ser de +/- 28 Hz.

Sin embargo, si el equipo comercial está leyendo un error de 28 Hz, todavía es probable que sea mucho más estable que un oscilador típico de construcción casera. Consecuentemente, cuando un transmisor casero sale al aire y patina más de aproximadamente 20 Hz, no es grande suficiente antes de que comiencen las críticas. Hoy, si la transmisión de un trasmisor casero patina como los transeptores *típicos* de hace 40, las quejas probablemente llevarán a ese aficionado a marcharse. En mi limitada experiencia, la cosecha típica de los transmisores de aficionados de hace 30 o 40 años están probablemente para transmitir señales de calidad pobre que provocarán montones de quejas. Por el contrario, si estás usando un viejo equipo de la mejor calidad, tope de gama, de 40 años, entonces la calidad de señal es probablemente aceptable. El capítulo 14 ilustra el esfuerzo necesario para construir un equipo a la vieja usanza apto para usar

en nuestros días. Si, puede hacerse, pero con tan altos estándares, es un reto hacer que aquellos viejos componentes se comporten como los equipos modernos.

### **Inductancia de cables**

Otra barrera para la construcción casera de hoy es la *inductancia de cables*. El problema es que simples hilos actúan como bobinas. Resisten las corrientes AC cuando la frecuencia es alta. Cuando las corrientes son débiles, como las usadas en la era de los transmisores de los años 60, este problema no es severo. Sin embargo, los más modernos transmisores transistorizados funcionan a 12 voltios. Ya que los 12 voltios eliminan la mayoría de complejidad de la fuente de alimentación, esto suena seguro y fácil. Para operar en un vehículo incluso no necesitas ni fuente de alimentación, simplemente lo conectas directamente a la batería usando la salida del encendedor. En un viejo transmisor a válvulas, el voltaje de placa abarca desde 500 a 2000 voltios o incluso más. Las fuentes de 12 voltios DC son más seguras y suenan como las buenas noticias. Desafortunadamente, si tu fuente de alimentación es solo de 12 voltios, las corrientes en tu transmisor serán 50 veces más altas para la misma cantidad de corriente. Por ello la caída de voltaje a través de las inductancias de cables serán 50 veces más altas. Repentinamente cada componente en tu circuito actúa como si tuviese un inductor (alta resistencia a la corriente de radio frecuencia) en serie con él. Estos inductores no deseados motivan que las etapas transistorizadas autooscilen, o simplemente no produzcan ganancia de potencia. El punto destacado contrario es que es más difícil construir transmisores transistorizados.

La solución al problema de la inductancia está en los *circuitos impresos* y cables muy cortos entre los componentes. Esto significa que la habilidad necesaria para construir un transmisor transistorizado es mayor que la que necesitamos con válvulas. Sin limitar cuidadosamente tus objetivos y sin trabajar dentro de los condicionantes de tu tiempo y conocimiento, la decisión del cacharreo puede ser una larga marcha de frustración.

## **CONOCIMIENTO ELÉCTRICO BÁSICO**

El primer reto en la construcción de equipos de radio es adquirir el conocimiento técnico. Hay muchos caminos para aprender la electrónica básica. El Manual de Radio Afición de la ARRL es publicado cada año y tiene (casi) todo lo que necesitas saber. Este gran volumen cubre todos los aspectos de la afición. Desafortunadamente, su tamaño es abrumador para muchos lectores. También, ya que hoy en día pocos aficionados construyen su propio equipo, esta construcción casera sería ha sido desmarcada del Manual. De hecho, si todo lo que tienes fue el manual, probablemente concluirías que la construcción de tu propio equipo es totalmente inadecuada. Un objetivo de mi libro es ayudar a restaurar la construcción casera como función de ayuda en la Radio Afición. Este capítulo se introduce en el conocimiento mínimo que necesitas para comenzar. Si tienes problema comprendiendo las explicaciones si acaso excesivamente simplificadas en este libro, lee acerca de los mismos tópicos en el manual de la ARRL y otros textos.

Mucho de lo que sigue está escrito de forma que ignora muchos puntos finos. Por ejemplo, si digo “*todos los circuitos son lazos completos*”, un purista podría traer situaciones inusuales en las cuales esto no parece ser cierto. Con todo, es importante tener algunos simples conceptos básicos para apoyarse de los cuales te servirán bien.

Reglas de pulgar son esenciales para mantener tu razonamiento organizado. No obstante, mantén tu mente abierta a excepciones, porque encontrarás montones de ellas. Cuando encuentres excepciones no arrojes las reglas básicas. Normalmente trabajan bien y te mantendrán sensato.

Solo uso matemáticas cuando es esencial para hacer la tarea. Un problema serio con las escuelas de ingeniería es que los profesores de ingeniería son seleccionados del 2% de los estudiantes quienes, naturalmente, piensan en términos matemáticos. De modo que después de la graduación los tipos se cuelgan las ineptas matemáticas alrededor para educar la siguiente generación. Los estudiantes que piensan como la "gente normal" salen al mundo real a construir cosas que trabajan. Realmente, la mayoría de ingenieros están así desencantados por las matemáticas obsesivas/compulsivas acaban en la dirección o venta.

### **Primero aprender un entendimiento cualificado**

Concentrándose en las matemáticas, los profesores suelen fallar en la enseñanza de los conceptos básicos de cómo trabaja la electricidad. Un amigo mío, John Anderson, enseñó ingeniería electrónica de tercer año. Estaba abatido al descubrir que la mayoría de sus estudiantes podían cubrir un encerado con ecuaciones, pero no podían balancear un diodo emisor de luz o predecir el voltaje del colector de un transistor saturado. Cualquier técnico bueno o radioaficionado experimentado puede hacer esas cosas con apenas un pensamiento.

Como decía John, “la Ingeniería es como aprender a pintar un cuadro”. Primero necesitas la destreza para pintar un caballo de modo que se vea como un caballo y no como una casa. No es importante para la mayoría de pintores ser capaz de calcular la química de los pigmentos de pintura. Esas habilidades son solo importantes para unos pocos miembros especializados de la comunidad artística.

Personalmente trabajé por décadas como un ingeniero real, pero mis métodos son en primer lugar cualitativos. Solo uso matemáticas simples en las que confío completamente. Un día estaba trabajando en un proyecto con John Anderson cuando se volvió y me dijo “Empleas cuatro años en la escuela de ingeniería y todo lo que aprendes es que las matemáticas no funcionan y no se debería confiar en ellas”. Estoy avergonzado de admitir que está en lo cierto. Una vez que fui al mundo real, empleé demasiados meses calculando números aleatorios inútiles en papel. Finalmente aprendí a trabajar principalmente desde la experiencia y la intuición. En otras palabras, ¡trabajo como un aficionado! Estoy haciendo esta confesión para enfatizar que cuando uso fórmulas y matemáticas, es material importante y no querrás evitar usarlas. En caso de que creas que construir radios en tu garaje solo es un entretenimiento ocioso considera esto: durante mis cuatro años en la Fuerza Aérea mi título de trabajo fue “ingeniero electrónico”. Hice mi trabajo técnico enteramente con mis habilidades de aficionado. Nadie me pidió escribir ecuaciones. Todo lo que querían de mí era una fuente de alimentación trabajando para el jueves, un enlace de radio control trabajando, un circuito de protección contra la electricidad estática o cualquier cosa. Y si no hubiese sido un aficionado supongo que la Fuerza Aérea podría haber encontrado alguna clase de papeleo que hacer para mí, pero podría no haber sido capaz de completar las tareas a las que estaba originalmente asignado.

## CAMPOS ELÉCTRICO Y MAGNÉTICO

### Imanes – un generado ordinario de fuerza física

Nunca me cansé de jugar con imanes. Aparte de la gravedad de la Tierra, los imanes son los dispositivos más comunes en nuestro mundo diario que nos permite experimentar con un campo físico. Una fuerza invisible desde el imán se alarga y captura clips de papel o chinchetas desde 5 milímetros o más. Jugar con dos imanes es incluso más interesante. Un imán puede atraer a otro, del mismo modo que un imán atrae el acero. Pero cuando inviertes la dirección de uno de los imanes, la fuerza magnética actúa como un “repulsor” empujando al otro imán fuera o causando que gire 180 grados a la polaridad opuesta. Una vez reorientado el segundo imán salta hacia el primer imán.

Jugar con imanes nos acostumbra a la idea de que un campo magnético puede ser generado por un dispositivo físico. También observamos que *un campo magnético es un fenómeno de corto alcance*. Con imanes pequeños el campo solo se ve efectivo a 5 milímetros o menos. Con tan corto alcance, los imanes de refrigerador no parecen que prometan como punto de comienzo para comunicación de corto alcance.

El campo magnético de un imán permanente surge de los átomos individuales que hacen el imán. Cada átomo tiene electrones que orbitan alrededor del núcleo. Estos electrones se parecen a los electrones pasando alrededor de las bobinas de un inductor. A diferencia de los electrones en los átomos ordinarios, los electrones de hierro y otros átomos magnéticos orbitan los átomos alineados al menos a un pequeño grado. En contra, los átomos ordinarios tienen órbitas de electrones que corren alrededor del átomo entero en escudos perfectamente esféricos. Los átomos ordinarios también generan campos magnéticos, pero no están alineados y los campos se cancelan.

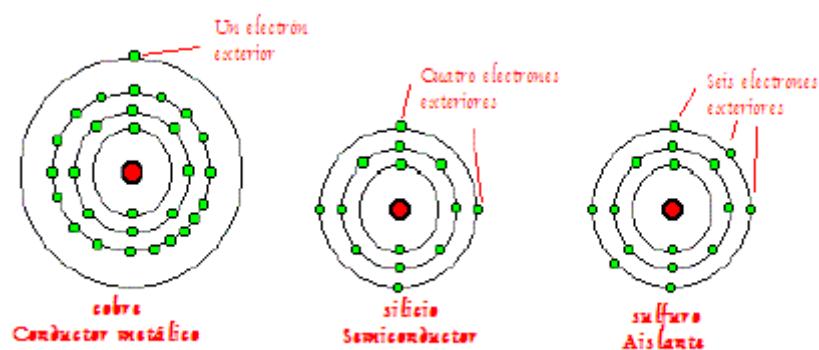
Los **campos eléctricos** también son comunes en nuestro mundo diario, pero los efectos son normalmente sutiles. Durante el invierno de las latitudes septentrionales la humedad en nuestras casas gotea y la descarga de electricidad estática suele sorprendernos cuando cogemos un pomo metálico. Como el imán, la electricidad estática puede mover objetos ligeros a corta distancia. Puede hacer que varillas no conductoras se junten o incluso repelerlas. A diferencia de los imanes, los objetos afectados por campos eléctricos domésticos pueden ser elementos de peso ligero como hilos o pelos. La estática pegada en nuestras ropas es un ejemplo de materiales cargados opuestamente atrayéndose uno a otro, como los imanes. En contra, acariciar al gato puede hacer que el pelo del gato permanezca erizado. Cuando el pelo permanece erizado, cada pelo está repeliendo los pelos que le rodean. Además, un poco de humedad hace que el fenómeno desaparezca. Debido a que los objetos afectados son tan ligeros, la electricidad estática se ve bastante menor. Para ambos campos eléctrico y magnético estos fenómenos diarios se ven ser estrictamente de corto alcance.

### ¿QUÉ ES LA ELECTRICIDAD?

*La electricidad consiste en electrones fluyendo a través de materiales conductores.* Algunos físicos podrían saltar ahora y comenzar leyendo acerca de agujeros fluyendo a través de semiconductor tipo-P o iones químicos migrando a través de soluciones electrolíticas. Pero vamos a olvidarnos las excepciones por ahora. Es más fácil visualizar flujo de corriente como electrones.

Los electrones son una forma de “carga”. “Carga” simplemente significa un exceso o carencia de electrones que da elevación a un campo eléctrico. Cuando la carga es

recogida junta en un lugar, establece un campo eléctrico con respecto a objetos cercanos que tienen una carga opuesta, o tiene menos de la misma carga. Si se establece un paso de conducción entre los dos objetos, el campo eléctrico se convierte en un **voltaje**. *El voltaje es la fuerza que empuja un flujo de corriente* desde un objeto al otro hasta que las cargas se igualan. Los electrones tienen una carga negativa. La palabra "negativa" es arbitraria, y podría igualmente haber sido llamada "George" o "Napoleón". La oposición de la carga negativa ocurre cuando un objeto ha perdido electrones y necesita reemplazarlos. Un objeto con carencia de electrones se dice tener una "carga positiva". Cuando se les da la oportunidad a los electrones para viajar, fluirán desde una región cargada negativamente a una región cargada positivamente a (casi) la velocidad de la luz. "Flujo de corriente positiva" se dice para significar flujo de corriente desde positivo a negativo. En otras palabras, el flujo de corriente positiva es la dirección opuesta al flujo de electrones.



## Conductores metálicos

*Los materiales que permiten a los electrones viajar son llamados "conductores eléctricos"*. Los conductores eléctricos son normalmente metálicos. Si recuerdas la química, los metales están al lado izquierdo de la tabla periódica. Los metales tienen una capa exterior de electrones con 1, 2, 3 o 4 electrones. Si lo recuerdas, se necesitan 8 electrones para completar una capa exterior de electrones en la mayoría de elementos. Los electrones exteriores orbitando metales no están estrechamente limitados a sus átomos y estos electrones pueden ser fácilmente atraídos hacia fuera. En una pieza de metal los electrones exteriores vagan hacia fuera de sus átomos residentes y se mueven sobre los átomos metálicos vecinos. Estos electrones itinerantes forman una corriente eléctrica. Por ejemplo, el cobre tiene justo un electrón exterior. Cuando se consideran características de precio, peso, conductividad, ductilidad y corrosión, el cobre es el mejor metal disponible para hacer cables.

## Aisladores

Las capas de electrones de los átomos del lado derecho de la tabla periódica están rellenas con 8 electrones o muy próximos con 5, 6 o 7 electrones. Estos átomos no tienen pérdida de electrones, pero aceptan fácilmente electrones perdidos para completar sus capas. De este modo, los aislantes toman electrones libres fuera de circulación y evitan los flujos de corriente. Estos elementos son gases inertes y materiales como el azufre y fósforo que son malos conductores. Los no conductores son llamados *aislantes* y son vitales en circuitos electrónicos para confinar las corrientes



eléctricas en las vías de paso propuestas. Por ejemplo, el azufre tiene seis electrones en la capa exterior y es un aislador eléctrico cristalino. Todos los elementos más ligeros con 7 y 8 electrones exteriores son gases. En la práctica los aisladores son normalmente compuestos hechos de dos o más átomos con cuatro o más electrones exteriores. Por ejemplo, el cristal ordinario de dióxido de silicio está hecho de silicio con 4 electrones exteriores y oxígeno con 6 electrones exteriores.

## **Semiconductores**

Justo a la derecha del centro de la tabla periódica están los *semiconductores*.

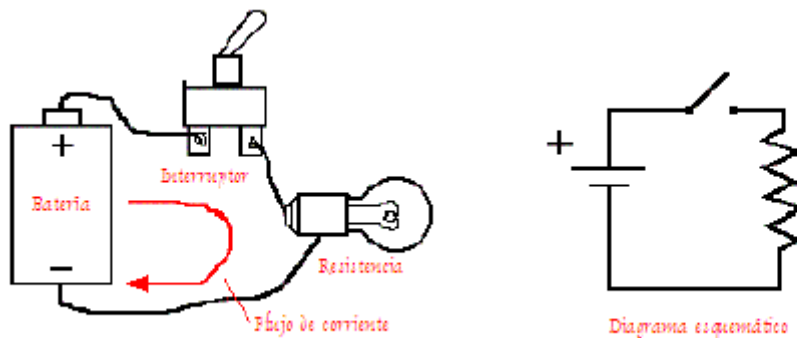
Los semiconductores, tal como silicio, germanio y carbón tienen una valencia de 4. Esto es, tienen capas exteriores de electrones semiestables. Si se aplica suficiente voltaje, los electrones pueden ser forzados a abandonar un átomo semiconductor y los semiconductores pueden actuar como conductores. O, si se suministran los 4 electrones perdidos al átomo, puede llegar a ser un aislante temporalmente. Esta naturaleza ambivalente es explotada en semiconductores para hacer interruptores electrónicos y diodos que pueden ser conectados y desconectados. Además, las combinaciones de elementos semiconductores tienen otras sorprendentes propiedades. Las células solares de silicio transforman la luz solar en electricidad. Los diodos emisores de luz transforman electricidad en luz. Otros tipos de dispositivos semiconductores detectan campos magnéticos, detectan radiación gamma, regulan voltaje y sirven como circuitos interruptores reposicionables. Innecesario decir que las formaciones de matrices complejas de semiconductores también son fabricadas en computadoras enteras en un chip o en pantallas de visualización.

El ordinario carbono amorfo como el carbón es un pobre conductor, no un semiconductor. Pero cuando el carbono está cristalizado en grafito se transforma en semiconductor. Desgraciadamente el grafito es demasiado sensible al calor para ser usado en transistores. Las mezclas de silicio y carbono son usadas con éxito en LEDs azules. En teoría, el carbono en la forma de diamantes puede hacer conductores con comportamiento super conductor. En la práctica, esto ha sido difícil y no ha ocurrido todavía. Algunos semiconductores están hechos de mezclas de elementos ligeros con valencias de 3 y 5 que dan una valencia media de 4. Por ejemplo, todos los diodos emisores de luz están hechos de mezclas como ésta y usan una amplia variedad de elementos. Como ejemplos, los LEDs están hechos desde carburo de silicio, fosforo de indio, y galio-aluminio-arsenio, y fosforo de aluminio-indio-galio. Éstos producen "colores" rojo, verde, amarillo, azul e incluso infrarrojos.

## **Los elementos de alto peso atómico hacen pobres semiconductores y aisladores**

La pulcra relación para las propiedades de los elementos se rompe en la parte inferior de la tabla periódica. Elementos pesados como el plomo y el estaño tienen 4 electrones en sus órbitas exteriores. Su localización en la tabla sugieren que deberían ser semiconductores. Sin embargo, cuando reaccionan químicamente, solo pierden 2 electrones, no 4. Son buenos conductores eléctricos y sus propiedades físicas se parecen al zinc o cobre, más que al carbono o silicio. El arsenio, antimonio y bismuto deberían ser aislantes ya que tienen 5 electrones en sus órbitas externas. Pero según se eleva el peso atómico se ven y actúan menos y menos como aisladores cristalinos y más y más como metales pesados. El bismuto es un buen conductor eléctrico que casi parece plomo. No fue totalmente reconocido diferente del plomo hasta 1735. Todos los

elementos más pesados que el gas inerte radón son metales conductores, sin considerar las órbitas externas.



### Lazos de circuitos

Todos los circuitos están en lazos completos. Los electrones deben fluir en círculos completos o no se consigue trabajo. ***El voltaje de la fuerza que empuja los electrones a circular en un circuito.*** El voltaje por sí mismo no hace nada. Solo cuando el voltaje es capaz de empujar los electrones a través de un circuito completo, hace que ocurra cualquier cosa. Por ejemplo, desenrosca una lámpara cuando está luciendo. La luz se apaga porque la corriente ya no pasa por la lámpara. Esto era obvio, pero nota que la corriente no puede saltar a través de los terminales dentro del casquillo de la lámpara y no se desparrama por la habitación. Todavía es abundante en voltaje en los terminales del casquillo. Podrías poner tu dedo en el casquillo para comprobarlo, pero la corriente fluiría a través de tu dedo y con el voltaje doméstico eso es una muy mala idea.

### ***Voltaje = presión eléctrica***

El voltaje, presión eléctrica, es medido en **VOLTIOS**. Como sabes, una batería normal de linterna tiene 1,5 voltios de presión eléctrica. La potencia doméstica tiene 220 voltios de presión. Ya sabes que manejar 1,5 voltios es inocuo para la gente, mientras que manejar una de doscientas veces más es peligroso. Pegar tus dedos en casquillos de lámparas puede ser fatal. Si hay presente suficiente voltaje, el voltaje puede impulsar un arco eléctrico a través del tenue aire. Esta proeza requiere aproximadamente 30.000 voltios por 25 mm. de aire. Si estás interesado, puedes calcular el voltaje necesario para generar un rayo durante una tormenta. Pista: éste será un número realmente grande.

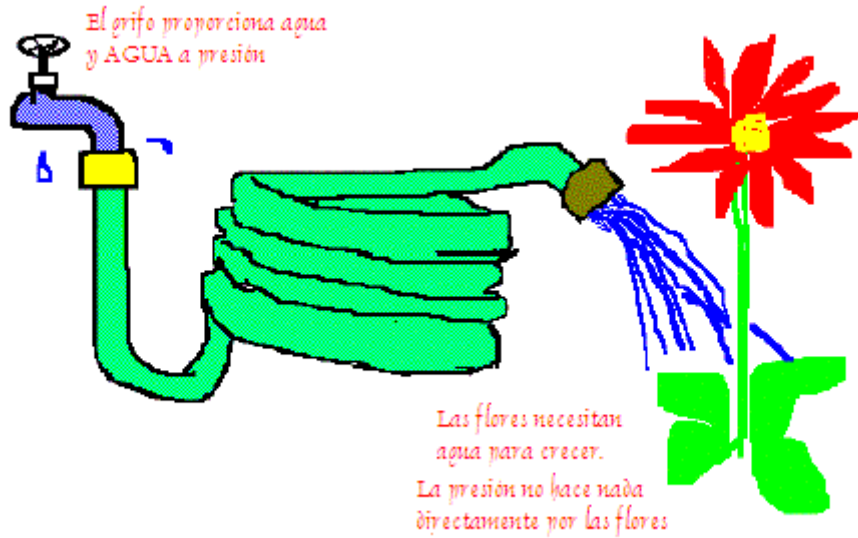
### ***Corriente = el flujo de la carga eléctrica***

La corriente debería medirse en términos de electrones fluyendo a través de un circuito por segundo pero eso sería inmanejable. En lugar de ello, la corriente es medida en **AMPERIOS**. Un amperio está definido como un culombio de electrones fluyendo a través de un cable en un segundo. Un culombio es igual a 6.242 miles de millones de miles de millones de electrones. Suficiente. ¡Vamos a usar amperios! En la radio afición, corrientes mayores de un amperio solo son comunes en transmisores. Las corrientes desarrolladas por fuentes de alimentación de 12 voltios normalmente están en los amperios. Sin embargo, la mayoría de circuitos encontrados en receptores o

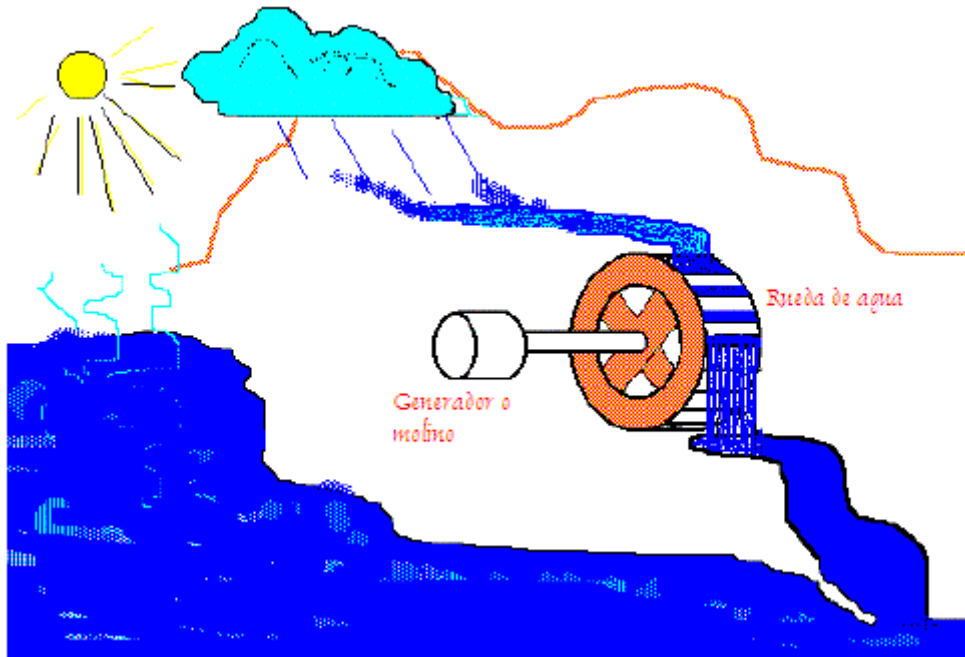
procesamiento de señales tratan con corrientes medidas en miliamperios y microamperios.

Un miliamperio = 1/1000 de un amperio

Un microamperio = 1/1.000.000 de un amperio (una millonésima de un amperio)



Mucha gente tiene problemas al mantener correctamente voltaje y corriente en sus mentes. Para el tipo medio la electricidad es un tema ardorosamente chocante. Puede que lo siguiente ayude. El voltaje es análogo a la presión de agua mientras la corriente eléctrica es análoga al agua. Un modo simple para recordar esto es que no puedes regar las flores con presión de agua. Por otro lado, puede haber un montón de agua en el tanque, pero la presión es necesaria para impulsarla a través de la manguera a las flores.



El agua cayendo como lluvia y fluyendo desde las montañas a los ríos produce un ciclo que es la reminiscencia de un lazo completo de circuito eléctrico. El sol brillante en el océano causa evaporación que eleva el agua por encima de las montañas donde de

nuevo cae en forma de lluvia. En otras palabras, la energía del sol es la "batería" que mantiene el ciclo en marcha. Elevando el agua en el aire literalmente eleva la energía potencial del agua. La lluvia se recoge en las cadenas montañosas y ríos que pueden fluir a través de presas de regreso al océano. El agua caída imparte su energía gravitacional a la noria en la presa, haciendo con ello un trabajo útil. En otras palabras, la gravedad proporciona la presión del agua.



Las células solares son dispositivos que son el equivalente eléctrico al vapor de agua elevado por la luz solar a alta energía potencial a través de la evaporación. En una célula solar la luz solar proporciona la energía para "empujar" los electrones hasta un nivel de energía más alto. En la práctica, cada célula solar genera solo 0,6 voltios de potencial. Así que para cargar una batería de coche de 12 voltios al menos deben ser colocadas 20 células solares en serie de modo que los electrones puedan ser empujados hasta los 12 voltios.

### **Potencia = la relación para hacer trabajo**

La relación a la cual la rueda de la noria trabaja es su "potencia". **La potencia es definida como la energía producida o gastada por segundo.** En aplicaciones de aficionado la potencia es medida normalmente en vatios. Los vatios son definidos como julios de energía por segundo. Los **julios** son usados ocasionalmente en el trabajo de aficionados cuando se diseñan bobinas o se idea lo grande que debería ser un condensador. No obstante, no los necesitarás muy a menudo y no son necesarios para ir por este libro.

La cantidad de energía que puede ser extraída del agua caída es igual al volumen de agua por la altura de la que cae. Nota la rueda de noria de arriba, el agua solo está empujando la rueda por la mitad superior del diámetro de la rueda. El resto del descenso es malgastado. No es muy eficiente como tiro.

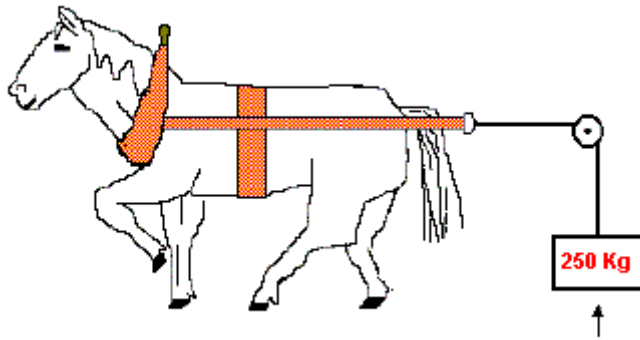
Potencia = altura de caída (presión del agua) x cantidad de agua que cae (corriente)

En electricidad la relación es la misma:

Potencia = voltaje (presión eléctrica) x corriente (electrones haciendo el trabajo)

$$P = V \times I$$

Donde "I" es la corriente eléctrica. "I" es la letra usada por los ingenieros para representar la corriente, abreviatura de Intensidad.

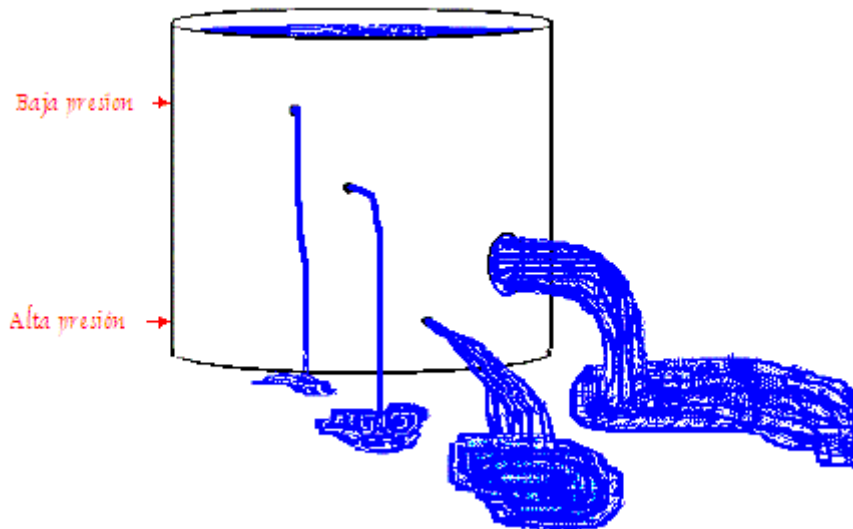


Para poner los vatios en términos familiares, la potencia fue descrita primero probablemente en términos de equivalencia a caballos de trabajo. Cuando se gasta energía, objetos tales como mineral suele ser subido desde una chimenea de mina. Tirando de la polea de un polipasto, un caballo típico podía elevar 250 Kg. cada segundo. Esto era definido como un caballo de potencia. Ello da:

746 vatios = 1 caballo de potencia = 250 Kg. elevados cada segundo.

### Resistencia

En la analogía del agua de arriba, la lluvia cae en las montañas, luego hace un largo viaje de días de regreso al mar. Este largo viaje es análogo a una alta resistencia eléctrica. En contraste, si el agua cae directamente al mar, el viaje solo debería tomar un minuto o dos. Este corto circuito de viaje debería ser análogo a una BAJA resistencia eléctrica.



Buenas analogías de agua para resistencias eléctricas son tuberías estrechas y tuberías anchas de agua. Por ejemplo, supón un gran tanque de agua es perforado repentinamente por pequeños agujeros de bala y grandes agujeros del tamaño de un melón. Obviamente el agua fluirá rápidamente del tanque, especialmente el agua saldrá de los agujeros grandes. La velocidad a la cual sale el agua depende del tamaño del agujero y de la presión del agua. La presión del agua es mucho más alta en el fondo del tanque que en su parte superior. Por ello el agua saliente de un agujero del fondo del tanque chorrea a considerable presión, mientras en la parte superior del tanque solo gotea lentamente.

## La ley de Ohm

El voltaje es análogo a la presión del agua y la corriente es análoga al flujo del agua. La resistencia es medida en ohmios. El ohmio es llamado así por Georg Simon Ohm. La relación entre estos parámetros está descrita por la ley del Sr. Ohm, la cual dice que un voltio conducirá un amperio a través de un ohmio de resistencia.

$$\text{Voltaje} = (\text{corriente}) \times (\text{resistencia})$$

En la fórmula eléctrica  $V = \text{voltaje}$  y  $R = \text{resistencia}$  la ley de Ohm es escrita como

$$V = I \times R$$

Si conoces cualquiera dos de estos tres parámetros, puedes encontrar el valor perdido con álgebra.

Recolocando las letras podemos tener:

$$V = IR \text{ o } I = V/R \text{ o } R = V/I$$

Perdón por las matemáticas, pero esta relación es inevitable para cualquiera que quiera tener éxito con la electricidad.

Por ejemplo: sabes que la corriente eléctrica doméstica trabaja a 230 voltios. Supón que mides la corriente a través de una bombilla y mide 0,833 amperios. ¿Cuál es la resistencia de la bombilla?

$$230 \text{ voltios} = (0,833 \text{ amperios}) \times \text{Resistencia}$$

$$\text{Resistencia} = \text{Voltaje} / \text{Corriente}$$

$$\text{Resistencia} = 230 \text{ voltios} / 0,833 \text{ amperios} = 276 \text{ ohmios}$$

El símbolo para los ohmios normalmente es la letra griega Omega mayúscula  $\Omega$ . Por ejemplo, 276 ohmios pueden ser escritos como “276  $\Omega$ ”

## Resistencias en serie

Cuando la corriente debe pasar a través de dos o más resistencias en serie, la resistencia total es igual a la suma de las resistencias. Por ejemplo, dos bombillas de 100 vatios en serie presentarán el doble de la resistencia de una sola bombilla:

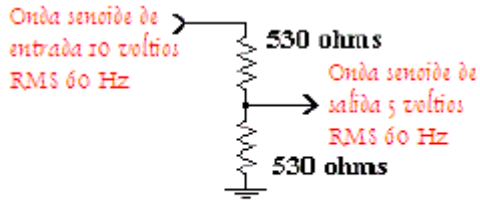
$$\text{Voltaje} = 230 \text{ voltios} = 0,417 \text{ amperios} \times (276 \text{ ohmios} + 276 \text{ ohmios})$$

Ya que la corriente debe pasar a través del doble de obstáculos, el flujo de corriente es la mitad y las bombillas solo arderán penumbrosas, si lucen.

## Un divisor de tensión hecho de resistencias

Un uso común para las resistencias es reducir los voltajes DC o AC. Dos resistencias en serie hacen un divisor de voltaje. Esto es análogo a la energía potencial remanente de la lluvia después de volver la mitad del camino de regreso al océano. En el ejemplo de la bombilla de arriba, el voltaje a través de una de las dos bombillas en serie será el 50% del total. En otras palabras, el voltaje estará reducido a 115 voltios AC. En la circuitería electrónica DC es común reducir un voltaje para balancear un transistor o para controlar el voltaje a través de una luz u otra aplicación. La mayor corriente requerida para el punto de derivación más bajo de voltaje, más bajas las resistencias deben de ser para

soportar la carga extra para el voltaje reducido. En el ejemplo de abajo 10 voltios AC están divididos para producir 5 voltios AC. Este mismo divisor resistivo podría igualmente dividir 10 voltios DC a 5 voltios DC. Verás pronto que hay otros modos de hacer divisores de voltaje AC y el porque el raro valor de “530 ohmios” fue usado en este dibujo.



Un divisor de tensión hecho de resistencias

### Resistencias en paralelo

Cuando dos resistencias iguales son colocadas en paralelo, la resistencia vista por la fuente de voltaje será la mitad tal como si hubiese una resistencia. Esto ocasiona doblar la corriente que fluye. En el caso de las bombillas, cuando enciendes el doble de luces, el caudal de corriente se dobla, todas las bombillas arden con igual luminosidad y tu recibo eléctrico se dobla.

Cuando las resistencias paralelas son iguales en tamaño, la corriente que arrastrarán es intuitivamente obvia. Esto es, cada resistencia recibe la misma corriente. Pero cuando las resistencias en paralelo son todas diferentes, entonces necesitarás calcular la resistencia equivalente usando la fórmula:

$$\text{Resistencia equivalente} = 1 / (1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3 + \dots \text{ etc.})$$

La resistencia equivalente es la inversa de la suma de las inversas de las resistencias. Si solo hay dos resistencias, entonces la fórmula es ligeramente menos torpe, pero si acaso es más difícil de recordar:

$$\text{Resistencia equivalente} = R_1 \times R_2 / (R_1 + R_2)$$

Por ejemplo, supón una bombilla de 50 vatios con una resistencia de 288 ohmios en paralelo con una resistencia de 144 ohmios. La resistencia equivalente debería ser:

$$\text{Resistencia equivalente} = (288 \text{ ohmios} \times 144 \text{ ohmios}) / (288 \text{ ohmios} + 144 \text{ ohmios})$$

$$\text{Resistencia} = 96 \text{ ohmios}$$

### Baterías

Las baterías son análogas a los tanques de agua. Una batería realmente grande, como una batería de simple célula usada en un submarino, puede tener una enorme capacidad y puede ser capaz de suministrar cientos de amperios por horas. Pero a despecho de su gran tamaño, solo puede ser capaz de suministrar dos voltios de presión eléctrica. En un submarino puede haber un ciento o más de estas enormes células en serie para suministrar 200 voltios a los motores eléctricos. En términos de analogía de tanques de agua, una batería de bajo voltaje puede ser equivalente a un gran abrevadero de ganado, si acaso 8 metros de ancho pero solo medio metro de profundidad.

Una batería de coche es la batería más grande que la mayoría de gente puede ver. Nota que, para arrancar el coche en las frías mañanas, la batería debe entregar cientos de

amperios en unos pocos segundos. Hace esto a través de GRANDES cables de hilo de cobre. Estos son los cables eléctricos más gruesos bajo el capó. Si intentas usar cables finos para esta carga, los cables podrían fundirse en segundos. ¿Cuánta potencia toma arrancar tu coche en enero?

$$\text{Potencia} = 12 \text{ voltios} \times 200 \text{ amperios} = 2400 \text{ vatios}$$

$$\text{O, Potencia} = 12 \text{ voltios} / 746 \text{ vatios/hp} = 3,2 \text{ caballos de potencia}$$

En contraste, una batería normal alcalina de 9 voltios tiene 6 pequeñas células de 1,5 voltios en serie para un total de 9 voltios. Cada célula tiene una relación de salida de aproximadamente  $\frac{1}{2}$  amperio (550 miliamperios) durante una hora. En términos de potencia, es aproximadamente 4,5 vatios.

$$\text{Potencia} = 9 \text{ voltios} \times 0,55 \text{ amperios} = 4,5 \text{ vatios}$$

Nota que una pequeña batería con varias células en serie debería ser análoga a un tanque de agua alto con poco volumen. Por ejemplo, supón que una bomba está puesta en el fondo de uno de 30 metros. La tubería puede ser de solo 25 mm. de diámetro. Por ello una tubería de 30 metros contendrá apenas 15 litros. Pero la presión en el fondo de la tubería será enorme, 8,5 bares. En los sistemas municipales de agua el agua es almacenada en grandes tanques encima de torres para proporcionar tanto presión de agua como una gran reserva de potencial caudal de agua.

Los conductores eléctricos son comparables a agujeros pinchados en el tanque de agua. Hilos finos tienen mayor resistencia que hilos gruesos hechos del mismo material. Metales como el cobre y plata tienen tal inherente baja resistencia que esta diferencia no es obvia. Pero en un conductor como el carbono, una tira gruesa de carbono tendrá mucha menos resistencia que una fibra delgada de carbono como las fibras Edison usadas en sus primeras bombillas comerciales.

## Potencia eléctrica

¿Cuál es la potencia consumida por la bombilla? O más familiarmente, ¿cuál es el vataje de la bombilla?

$$\text{Potencia} = \text{voltios} \times \text{corriente}$$

$$\text{Potencia} = (230 \text{ voltios}) \times (0,4348 \text{ amperios}) = 100 \text{ vatios}$$

Otro modo para calcular la potencia que suele ser útil cuando no es conocido el voltaje:

$$\text{Potencia} = \text{Resistencia} \times (\text{Corriente})^2$$

$$\mathbf{P = I^2 \times R}$$

Sustituyendo el voltaje de arriba

$$\text{Potencia} = (\text{corriente} \times \text{resistencia}) \times \text{corriente}$$

$$\text{Potencia} = \text{Resistencia} \times (\text{Corriente})^2$$

O, si solo tienes voltaje y resistencia,

$$\text{Potencia} = (\text{Voltaje})^2 / (\text{Resistencia})$$

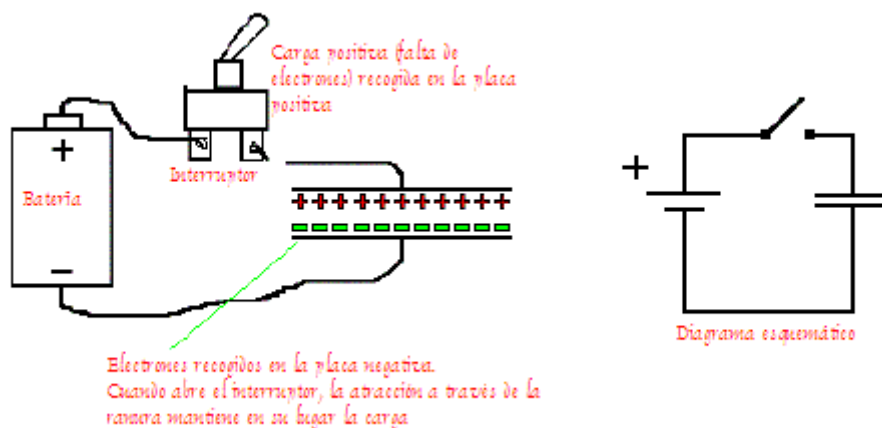
$$\mathbf{P = V^2 / R}$$

$$\text{Por ejemplo, } 100 \text{ vatios} = (230 \text{ voltios})^2 / 529 \text{ ohmios}$$



## Condensadores

Los condensadores son dispositivos que almacenan carga eléctrica, igual que una batería. Los condensadores están hechos habitualmente de dos placas paralelas de metal conductor separadas la una de la otra por una fina capa de aislante. El aislante puede ser aire, papel, plástico, mica o incluso el vacío. Cuando las dos placas están conectadas a los polos de una batería, la carga se precipita dentro del condensador por medio de cables. Ya que la carga positiva es atraída por la carga negativa, la carga se recoge en las placas como si estuviese "intentando" saltar a través de la ranura. Ya que el voltaje de la batería ha estabilizado el mismo voltaje uniformemente por las placas, la carga recogida en las placas del condensador mantendrá ese voltaje, incluso después de que la batería sea desconectada del condensador. La carga es mantenida en las placas por la fuerza de atracción de la placa opuesta. Si un condensador cargado tiene un aislamiento de alta calidad que no fugue carga por la ranura, el condensador almacenará energía en forma de carga atrapada indefinidamente. Por ejemplo, condensadores grandes de bajo voltaje son empleados algunas veces para mantener la memoria RAM de ordenadores cuando el resto del ordenador está apagado. No obstante, con la actual tecnología los condensadores son raramente serios rivales con las baterías electroquímicas como fuentes de energía de larga duración.



En un condensador los electrones recogidos en las placas establecen un campo eléctrico a lo largo de la ranura. Otro modo de ver un condensador cargado es que el campo eléctrico a lo largo del aislante almacena energía, igual que un imán almacena energía en el campo magnético dentro y alrededor del cuerpo del imán.

### ***El voltaje a lo largo de un condensador no puede cambiar instantáneamente***

En electrónica, la propiedad simple más importante de los condensadores es que ***el voltaje a lo largo de un condensador no puede cambiar instantáneamente***. La corriente fluyente dentro y fuera de un condensador puede cambiar inmediatamente, pero el voltaje no puede cambiar hasta que haya sido almacenada más carga o la carga haya sido eliminada. En otras palabras, la corriente puede fluir dentro y fuera de un condensador antes de que su voltaje pueda cambiar. En contraste con un condensador, el voltaje que cruza una resistencia y la corriente que fluye a través de ella son proporcionales y cambian instantáneamente. Con resistencias, el voltaje y la corriente están siempre estrictamente relacionadas por la ley de Ohm. La ley de Ohm trabaja con

condensadores solo cuando el voltaje conductor es una onda senoide continua operando a una frecuencia constante. Los condensadores son usados comúnmente en circuitos de cuatro formas diferentes:

1. Almacenan energía por cortos periodos de tiempo.
2. Ya que el voltaje del condensador no puede cambiar instantáneamente, los condensadores son usados para suavizar o regular voltajes y mantenerlos constantes. Por ejemplo, las fuentes de alimentación de corriente directa (DC) usan grandes condensadores para mantener la corriente directa a un voltaje constante.
3. Los condensadores son usados para separar las señales AC de las DC. Los condensadores conducen corriente alterna de igual forma que las resistencias, pero debido a su capa de aislamiento, los condensadores bloquean el flujo de corriente directa.
4. Los condensadores son usados con inductores para formar circuitos resonantes. Los circuitos resonantes condensador/inductor son el núcleo de la radiotecnología y será discutido en detalle posteriormente.

## Faradios

La capacidad de almacenamiento de los condensadores se llama "*capacidad*" y se mide en **FARADIOS**. Un Faradio de capacidad es un condensador enorme. Aunque puedes comprar tal cosa, el aislamiento entre placas generalmente es muy delgado y solo tolerará bajo voltaje, normalmente solo unos pocos voltios. En la electrónica de audio de baja frecuencia y fuentes de alimentación los condensadores usados normalmente se miden en MICROFARADIOS, una millonésima de un Faradio.

Los microfaradios se escriben algunas veces como " $\mu$  Faradio" donde la letra griega  $\mu$  es la abreviatura de "micro". Por ejemplo un gran condensador de 10.000 microfaradios puede estar etiquetado como "10.000  $\mu$ F". Los condensadores almacenan carga eléctrica, la cual es medida en **CULOMBIOS**. Un culombio de electrones son 6.242 billones de electrones. Una broma común en la práctica de laboratorio electrónico es cargar un gran condensador, digamos de 10.000 microfaradios, a más de 20 voltios. El condensador es entonces lanzado a un "amigo". ¡He, Pepe, cógelo! Pepe lo coge y recibe una gran sacudida al descargarse por sus dedos. Un desfibrilador para restablecer el ritmo cardiaco normal trabaja con este principio. Se carga un gran condensador a aproximadamente 400 julios de energía – esto es, 400 vatios por segundo. Entonces se descarga el condensador a través de grandes palas colocadas cruzando el pecho de la víctima. Ser desfibrilado es una horrible sacudida y puede ser fatal si se aplica mal. Nota que cualquier objeto conductor aislado de un segundo conductor por un aislador comprende un condensador. Por ejemplo, tu cuerpo es como un objeto conductor. Si estás calzando zapatos con suelas aislantes de goma y permaneces en un suelo metálico, eres ahora un condensador con respecto al suelo. Tu capacidad corporal puede ser típicamente de 50 picofaradios. Un picofaradio es una milésima de una milmillonésima de un Faradio. Esto suena trivial, pero no lo es.

Si la humedad es baja y tu cuerpo se carga al arrastrar tus pies en la alfombra de lana, tu cuerpo puede cargarse hasta un potencial de miles de voltios. Afortunadamente solo una tenue cantidad de carga se recoge en tu cuerpo, normalmente bastante menos de 1 microculombio. De otro modo podrías electrocutarte en lugar de ser, simplemente, sacudido cuando tocas un objeto metálico. Este fenómeno llega a ser importante cuando

se manejan circuitos integrados y transistores. La descarga de la capacidad de tu cuerpo en un chip puede arruinarlo instantáneamente. Pon siempre a tierra tu cuerpo antes de tocar chips y transistores, especialmente chips hechos con transistores de efecto de campo.

### **Los condensadores en paralelo se calculan como las resistencias en serie**

Si están colocados dos condensadores en paralelo, la capacidad de almacenamiento del par es la suma de los dos. Esto es fácil de visualizar. Si los condensadores son iguales, entonces el tamaño de las placas paralelas se dobla mientras todo el resto permanece igual.

$$\text{Capacidad total} = C1 + C2 + C3 + \dots \text{ etc.}$$

Cuando los condensadores están en serie, el cálculo recuerda el de las resistencias en paralelo. Los condensadores en serie tienen menos habilidad para almacenar carga, pero ganan aislamiento extra y pueden aguantar mayor voltaje. La relación de voltaje de un condensador se llama *voltaje de trabajo* o "*WV*".

$$\text{Capacidad equivalente} = 1 / (1/C_1 + 1/C_2 + 1/C_3 + \dots \text{ etc.})$$

La corriente que fluye en un condensador momento a momento mientras se está cargando puede ser calculada usando relaciones que están basadas en la ley de Ohm. Desgraciadamente, para expresar una fórmula que trabaje en todos los casos de voltajes cambiantes se requiere una ecuación diferencial. En general,

$$I = (dV/dt) / C$$

Donde t es tiempo y C = a la capacidad en faradios. "dV" significa "la diferencia de voltaje" y "dt" significa la diferencia de tiempo.

La vida es demasiado corta para que los aficionados consigan ir demasiado lejos en los cálculos a menos que te fascine. Afortunadamente raramente lo necesitamos. Hay casos especiales en los cuales podemos hacer cálculos más simples para lograr lo que queremos. Por ejemplo, desde el punto de vista de una corriente senoide AC, los condensadores se ven como resistencias. Esto es, el condensador toma una cantidad finita de tiempo para cargarse y descargarse. Por ello, cuando se aplica un voltaje senoide a un condensador, la corriente que fluye dentro y fuera del condensador estará limitada por cuanto voltaje ya está cargado en el condensador. En el otro extremo, cuando la frecuencia es infinitamente alta, el condensador tiene resistencia equivalente a cero "un corto circuito". En el extremo opuesto del espectro, para una corriente DC, el condensador se ve como un circuito abierto. Esto es, tendrá resistencia infinita. Después de todo, el condensador es solo un aislador separando dos conductores. Y si el voltaje cargado no cambia con la edad, no habrá corriente fluyendo dentro y fuera del condensador.

### **Reactancia capacitiva**

A frecuencias entre cero e infinito un condensador resiste el flujo de corriente senoide como si fuese una resistencia. Puedes calcular la resistencia equivalente o *reactancia capacitiva* como sigue:

$$\text{Reactancia en ohmios} = 1 / [2\pi (\text{frecuencia}) (\text{capacidad en faradios})]$$

$$Xc = 1 / (2 \pi f C)$$

Donde  $\pi$  es "Pi" o 3,1416

Por ejemplo, la reactancia de un condensador de 5  $\mu$  faradios a 50 Hz es:

$$X_c = 1 / [2 \pi (50 \text{ Hz}) (5 \mu \text{ F})] = 636 \text{ ohmios}$$

Podemos usar esta propiedad como de resistencia para atenuar señales senoides o hacer divisores de tensión. Por ejemplo, dos condensadores de 5 microfaradios en serie pueden dividir el voltaje de una onda senoide a la mitad.



A diferencia de un divisor comparable hecho de resistencias de 636 ohmios, la energía no puede ser disipada en los condensadores, así que no se calentarán y no malgastarán energía.

### Condensadores electrolíticos

Los condensadores mayores de 1 microfaradio son casi siempre condensadores electrolíticos. En el divisor de arriba, los pequeños signos + sobre los símbolos de condensadores significa que son condensadores electrolíticos. También significa que cuando los cableas en un circuito debes cablearlos de modo que la marca + esté orientada a la línea alta con la polaridad de cualquier voltaje DC medio que pueda ser aplicado al condensador. En el ejemplo de arriba, la polaridad no debería ser problema porque los condensadores solo están expuestos a voltaje AC. Un condensador electrolítico consigue alta capacidad por medio de dos ardides: Primero, el aislante es una capa de óxido bañada electroquímicamente en una lámina de metal de aluminio o tántalo. La capa de óxido sirve como aislador y puede ser extremadamente delgada. La capacidad es inversamente proporcional a la distancia de las placas, así que cuanto más delgado el aislador, mayor la capacidad. Ya que el aislamiento está vinculado al metal, no hay separación entre el metal y el aislante y el contacto es tan íntimo como es posible. El segundo ardid es que, si bien un polo del condensador es la lámina metálica, el otro polo es una solución electrolítica, un baño de sal. El fluido está en un extremadamente íntimo contacto con el aislante, de modo que la ranura efectiva entre los dos cuerpos conductivos es realmente fina, solo de unas pocas moléculas de espesor.

### Los condensadores electrolíticos deben ser cableados con la polaridad correcta

Ahora las malas noticias: **los condensadores electrolíticos están polarizados**. En otras palabras, deben estar orientados en el circuito de modo que un polo es siempre positivo y el otro es siempre negativo. Si el electrolítico se cablea al revés, la capa aislante de óxido será corroída por la corriente DC y el condensador se cortará. Cuando ocurre el corto, normalmente el condensador desahoga una nube de olor asqueroso, o en caso de condensadores de tántalo pueden incluso causar un fuego. **Es extremadamente excitante tener uno que se estropee en tu cara**. Por ello haz siempre un esfuerzo extra en asegurar que la polaridad es la correcta. Esto es especialmente vital en fuentes de alimentación DC donde el condensador está siempre sujeto a la misma polaridad.

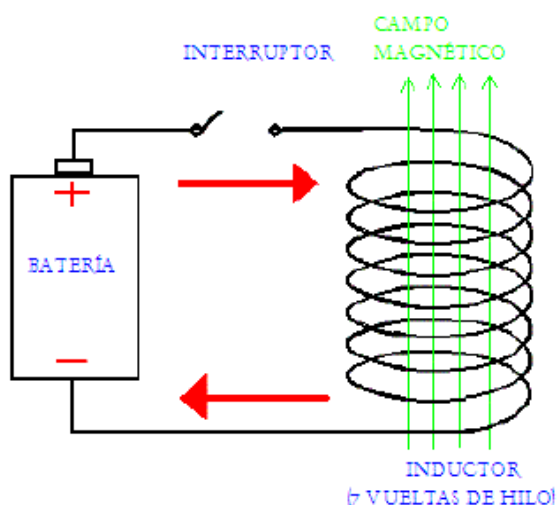
Afortunadamente, en circuitos de baja potencias está bien si la polaridad es invertida brevemente. Por ejemplo, si es usado un condensador electrolítico para excitar un altavoz Hi-Fi de alta potencia, el voltaje de audio señal es tanto positivo como negativo según pasa la señal de música. Pero cuando no hay sonido presente, el condensador debe estar orientado, de modo que el voltaje DC local tenga la polaridad correcta por el condensador. Hay también condensadores especiales llamados “*electrolíticos no polarizados*”. Están hechos de dos condensadores electrolíticos espalda con espalda. Generalmente son más del doble de grandes de un condensador electrolítico polarizado de la misma capacidad.

## INDUCTORES

Los inductores son la función opuesta a los condensadores. Recuerda que el voltaje que cruza un condensador no puede cambiar instantáneamente. De forma similar, **la corriente a través de un inductor no puede cambiar instantáneamente**. Cuando los electrones fluyen a través de un cable aparece un campo magnético en el espacio alrededor del hilo. Esta energía flota en el espacio que rodea al hilo. Ya que la energía es real, no aparece sin un costo. El precio pagado para establecer el campo es que la energía debe ser empleada en el cable para “cargar” el campo magnético antes que los electrones puedan pasar a través. Cuando la corriente comienza primeramente a fluir, el cable parece como una “resistencia” durante un momento. Luego, después que ha sido establecido el campo, esta seudo-resistencia cae a cero y la corriente directa fluye sin impedimentos. Esta propiedad de los cables se llama “*inductancia*”. A cable más grande, más inductancia tiene. La inductancia es medida en **Henrios**. Es llamada así por Joseph Henry, un físico inglés que describió primeramente este fenómeno. En las ecuaciones, la inductancia está representada por la letra “**L**”, lo cual no tiene mucho sentido pero no quedaban muchas letras libres.

### Diseño de inductor

El cuadro inferior muestra varias vueltas de hilo alrededor de un “*inductor*”. Una bobina de hilo como ésta tiene más inductancia que la que se podría esperar de una longitud recta del mismo hilo. Los campos magnéticos de cada vuelta se solapan y recogen en el centro de la bobina.



A más vueltas en una bobina, más inductancia se genera. De hecho, la inductancia es proporcional al cuadrado del número de vueltas. Por ello una bobina de siete vueltas como una de las de arriba tiene  $7^2$  o 49 veces más inductancia que una simple vuelta pueda tener. Nota que el campo magnético producido por esta bobina es un imán genuino. De hecho, elevará ficheros de hierro. ¡Grandes electroimanes como éste son usados en chatarrerías para elevar coches! A diferencia de un imán de nevera, este imán puede activarse y desactivarse usando el interruptor.

Si quieres construir un gran electroimán del tipo de chatarrería, una bobina de núcleo de aire como la de arriba no sería práctica. En el momento que hubieses arrollado suficientes vueltas para generar un campo lo suficientemente fuerte para elevar un coche, habrás necesitado kilómetros de hilo. Kilómetros de fino hilo tendría una enorme resistencia eléctrica. Esta no es la clase de resistencia llamada “impedancia” o “reactancia” sino solo la resistencia del cobre con el que se hacen los hilos normales. Para empujar grandes corrientes a través de una alta resistencia se toma una fuente de alimentación de alto voltaje y alta corriente. Si realmente hicieses eso, todas aquellas vueltas de hilo fino empaquetadas juntas en una bobina deberían arder hasta quemar. Como habíamos dicho arriba, potencia = corriente por voltaje. Una bobina de resistencia alta estaría en peligro de derretirse ya que la energía disipada en ella sería demasiado alta. Como demuestran los imanes permanentes, los campos magnéticos no requieren consumo de potencia para nada una vez ha sido establecido el campo. Solo se necesita una corriente para generar un campo magnético. En un imán permanente los electrones orbitando alrededor del hierro u otros átomos magnéticos proporcionan la corriente. No se necesita potencia externa para mantener esos electrones orbitando, de modo que un imán permanente puede generar el campo permanente. En teoría, un hilo superconductor puede arrollarse en un lazo cerrado para producir un imán permanente teniendo una corriente circulante a través del lazo infinitamente sin pérdida para formar un imán permanente. En la práctica, la inviabilidad de hilo superconductor a alta temperatura, alta corriente, hace este sueño impráctico. En lugar de ello, el hierro ordinario puede ser “renovado” para formar un imán incluso cuando no está cristalizado con todos los átomos magnéticos alineados en la misma dirección. ***Los electroimanes son construidos arrollando una bobina alrededor de una pieza de hierro.***

### ***La corriente a través de un inductor no puede cambiar instantáneamente***

En electrónica, la propiedad simple más importante de los inductores es que la corriente a través de un inductor no puede cambiar instantáneamente. El voltaje que cruza un inductor puede cambiar inmediatamente pero la corriente no puede cambiar hasta que el campo magnético que rodea el inductor ha sido aumentado o disminuido. Es decir, el voltaje debe cambiar a través del inductor para forzar un cambio en la corriente y su correspondiente campo magnético. En resumen, los inductores son lo opuesto a los condensadores. Como con los condensadores, la ley de Ohm trabaja con los inductores solo cuando el voltaje excitador es una onda senoide continua operando a una frecuencia constante. Los inductores se usan comúnmente en circuitos electrónicos de cuatro formas:

1. los inductores son usados para prolongar el flujo de corriente en una resistencia y mantener la corriente constante. Esto previene oleadas de corrientes que puedan de otro modo dañar otros componentes. Son usados en filtros de varias clases para regular voltajes y corrientes.

2. los inductores generan campos magnéticos que atraen hierro y producen movimiento. Consecuentemente, los inductores son un componente para relés, solenoides y altavoces.
3. los inductores, como parte de transformadores o actuando solos, son usados para cambiar niveles de voltaje
4. los inductores son usados con condensadores para formar circuitos resonantes. Los circuitos resonantes condensador/inductor son el corazón de la radio tecnología y serán discutidos posteriormente en detalle.

### **La inductancia es medida en Henrios**

La unidad de inductancia es el Henrio. Un henrio es un inductor relativamente grande. Un inductor tan grande casi siempre tiene un núcleo de hierro y suele ser usado en aplicaciones de baja frecuencia como fuentes de alimentación. A frecuencias de radio un microhenrio es una inductancia significativa. Como verás la mayoría de circuitos de radio usan inductores en el rango de 1 a 100 microhenrios. La habilidad de manejo de energía del inductor está clasificada en *amperios*. Por ejemplo, un pequeño inductor puede tener el valor de 1 milihenrio a 100 miliamperios. Si pones más de 100 mA a través de él, el cable puede quemarse o si tiene un núcleo de hierro, el hierro se puede saturar y la inductancia caerá dramáticamente a mucho menos de su valor de 1 mH. Los núcleos de hierro y la saturación se tratarán en más detalle brevemente.

### **Inductores en serie**

Cuando la corriente pasa a través de dos o más inductores en serie, la inductancia total será igual a la suma de los inductores. Cuando están colocados dos inductores iguales en serie, la corriente que pasa a través se dobla con muchos obstáculos, el flujo de corriente cargará los inductores a la mitad de rapidez pero doblará la energía del campo magnético que será almacenada.

Para calcular la inductancia equivalente de varios inductores en serie, simplemente suma las inductancias separadas.

$$\textit{Inductancia equivalente} = L_1 + L_2 + L_3 + L_4 + \dots \textit{ etc.}$$

### **Inductores en paralelo**

Cuando dos inductores iguales están en paralelo, la inductancia vista por el voltaje fuente será la mitad de la que fuese un inductor. Esto origina que se doble la corriente AC a fluir y la energía del campo magnético cambiará el doble de rápido y la mitad de grande.

Cuando los inductores son iguales en tamaño, la corriente AC que sacarán en paralelo obviamente es obvia. Pero cuando los inductores en paralelo tienen diferentes inductancias entonces necesitarás calcular la inductancia equivalente usando la fórmula:

$$\textit{Inductancia equivalente} = 1 / (1/L_1 + 1/L_2 + 1/L_3 + \dots \textit{ etc.})$$

Esto es, la resistencia equivalente es la inversa de la suma de las inversas de las resistencias. Si solo hay dos resistencias, entonces la fórmula es ligeramente menos enrevesada, pero si acaso más dura de recordar:

$$\text{Inductancia equivalente} = L_1 \times L_2 / (L_1 + L_2)$$

El cálculo del flujo de corriente senoide a través de los inductores y el voltaje que pasa por ellos puede ser hecho usando la ley de Ohm. Desgraciadamente, como con los condensadores, cuando la corriente no es una onda senoide constante, los cálculos son complicados porque el flujo de corriente depende del tiempo. Para hacerlo correctamente de un modo que trabaje bajo todas las circunstancias requiere una ecuación diferencial específica

$$\text{Voltaje (t)} = L \, dl/dt$$

Donde t es tiempo y L = inductancia en Henrios. ¿Por qué “L”? La inductancia podría haber sido “I” pero ya se entiende para corriente. Afortunadamente, los aficionados raramente necesitan hacer estos cálculos. Sin embargo cuando la corriente cambiante es una onda senoide, el voltaje o resistencia equivalente (*reactancia inductiva*) de un inductor es fácil de calcular.

### Reactancia inductiva

Desde el punto de vista de una onda senoide AC de corriente constante, los inductores se ven como resistencias. En un extremo, si la frecuencia es infinitamente alta, la resistencia AC equivalente es infinita. En el extremo opuesto del espectro, para una corriente DC, el inductor se ve como una gran pieza de hilo de cobre. Dicho de otro modo, para DC, un inductor perfecto tendría cero resistencia.

Para frecuencias entre cero e infinito, un inductor resiste el flujo de corriente senoide como si fuese una resistencia. Puedes calcular la resistencia equivalente o reactancia inductiva como sigue:

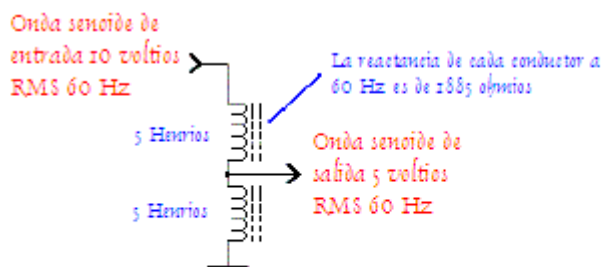
Reactancia en ohmios =  $2 \pi$  (frecuencia) (inductancia en Henrios)

$$X_L = 2 \pi f L$$

Por ejemplo, la reactancia de un inductor de 5 Henrios a 50 Hercios es:

$$X_L = 2 \pi (50 \text{ Hz}) (5 \text{ H}) = 1.571 \text{ ohmios}$$

Como los condensadores, los inductores pueden ser usados como resistencias para atenuar corrientes o divisores de voltaje. Por ejemplo, dos inductores de 5 Henrios en serie pueden dividir el voltaje de una onda senoide a la mitad. A diferencia de un divisor comparable hecho de resistencias de 1.571 ohmios, virtualmente no debería ser disipada energía en los inductores.



### Divisor de tensión hecho de inductores

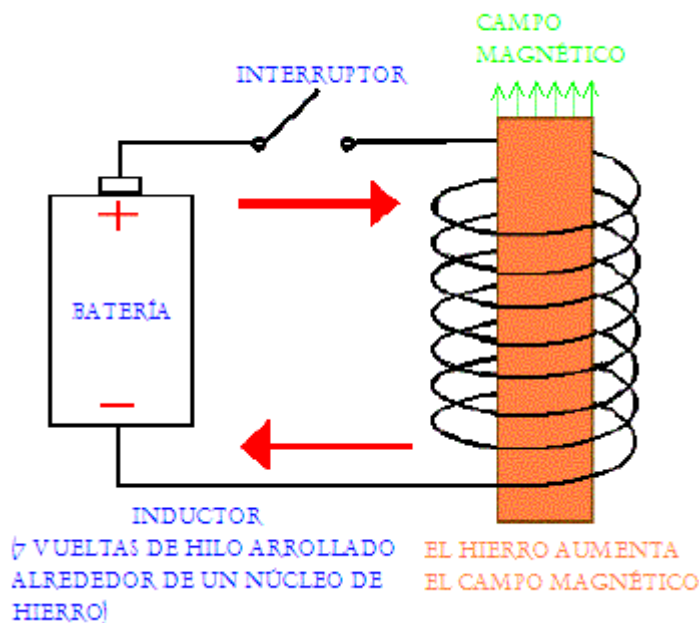
Si quieres una reactancia de 530 ohmios como los divisores de voltaje previos entonces puedes resolver la inductancia comenzando con 530 ohmios. Como puedes ver, reactancia más pequeña significa una inductancia más pequeña.



530 ohmios =  $2 \pi (50 \text{ Hz}) (L)$ ,  $L = 1,7 \text{ Henrios}$ .

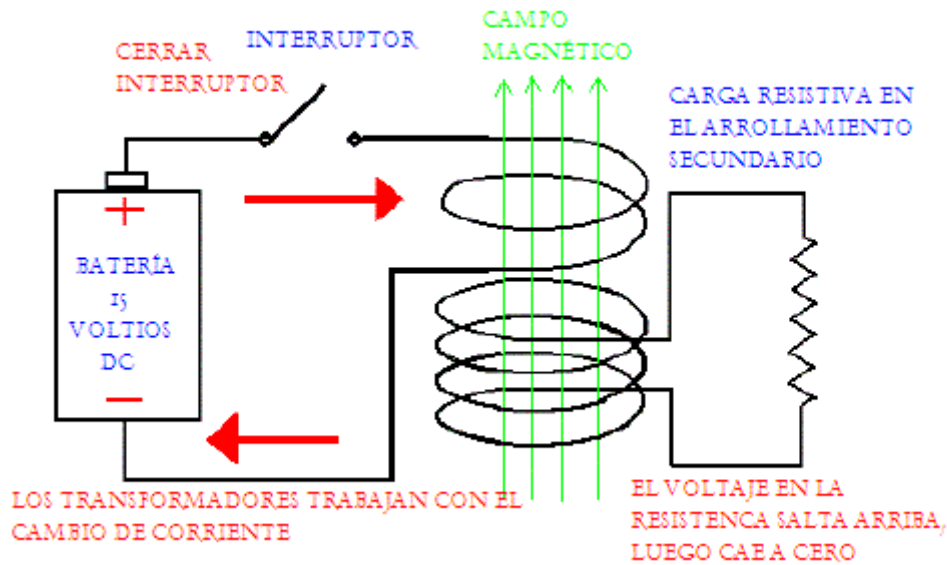
### Inductores con núcleo de hierro

Una barra de hierro colocada dentro de una bobina aumenta enormemente la inductancia y la energía del campo magnético en tramos de magnitud. Esto es como se hacen los electroimanes de alta fuerza. En el circuito divisor de arriba las líneas rayadas a continuación de los símbolos de inductores significan que el inductor tiene un núcleo de hierro. En la práctica, cualquier inductor más grande de 0,5 Henrios tendrá casi siempre un núcleo de hierro para conseguir tan alta inductancia. Puede ser que si la oportunidad de que la temperatura de los superconductores llegue a ser práctica, esto pueda cambiar. Pero por ahora gran inductancia significa núcleo de hierro.



### Transformadores

Los transformadores son dispositivos consistentes de dos o más inductores que comparten el mismo campo magnético. Supón que dos bobinas están colocadas próximas una a otra de modo que el campo magnético de una bobina pasa a través de la otra: *Un campo magnético cambiante acopla energía de una bobina a otra*. Si ponemos un voltímetro u osciloscopio a lo largo de la resistencia de la bobina secundaria, veremos un voltaje saltando desde cero, luego desvaneciéndose inmediatamente bajando a cero según el campo magnético en la bobina se estabiliza. Una vez se establece un campo magnético estático en ambas bobinas, no habrá voltaje pasando el arrollamiento secundario y resistencia.



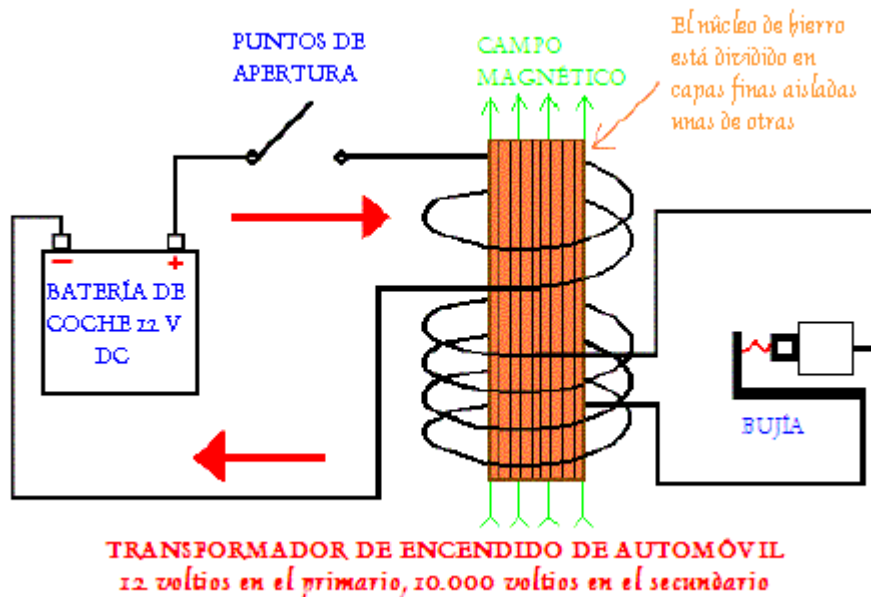
### Transformadores con núcleo de hierro

La colocación de un núcleo de hierro dentro de un transformador aumenta ampliamente la inductancia de los arrollamientos. Esto prolonga ampliamente la punta de voltaje observado que pasa la bobina secundaria.

Desgraciadamente, el hierro ordinario no solo genera campos magnéticos, también es un conductor de la electricidad. Como sabes, los arrollamientos de cobre son lazos de metal conductor. Mientras que el núcleo de hierro es una masa sólida de metal conductor. Consecuentemente, el hierro actúa como un manojo de lazos cerrados compitiendo con los arrollamientos de cobre para el flujo de corriente. Como resultado un transformador simple de hierro como el de arriba trabaja pobremente a menos que los cambios en la corriente sean muy lentos. Esto es, en tanto los cambios se produzcan lentamente, como activando manualmente un electroimán, entonces trabaja bien. Pero según el interruptor se lanza más y más rápido, más y más energía es malgastada en las corrientes circulantes dentro del hierro.

### Una bobina de chispa de automóvil

Subdividiendo el núcleo de hierro en láminas verticales de hierro mejora el problema de la circulación de corrientes. Esto fuerza a las corrientes a circular en pequeños lazos delgados que no malgastan tanta energía. La figura directamente abajo muestra un sistema de ignición simplificado para un automóvil. El interruptor en este caso son los puntos de ruptura del distribuidor. En los coches modernos, el interruptor es realmente un transistor, pero la función es la misma como en los antiguos distribuidores mecánicos. Ya que el motor puede detonar muchas miles de veces por segundo, las relaciones de cambio de las corrientes en el primario son justamente altas.



### El voltaje sube y la corriente baja

Una característica vital del transformador de encendido de un automóvil es que el voltaje que cruza el secundario debe ser extremadamente alto. Sin el alto voltaje, la chispa no saltaría por las bujías. *El voltaje se eleva teniendo más vueltas en el arrollamiento del secundario de las que hay en el primario.* Un uso importante para los transformadores es cambiar variación de voltaje (AC) subiendo o bajando por el aumento o disminución del número de vueltas del secundario.

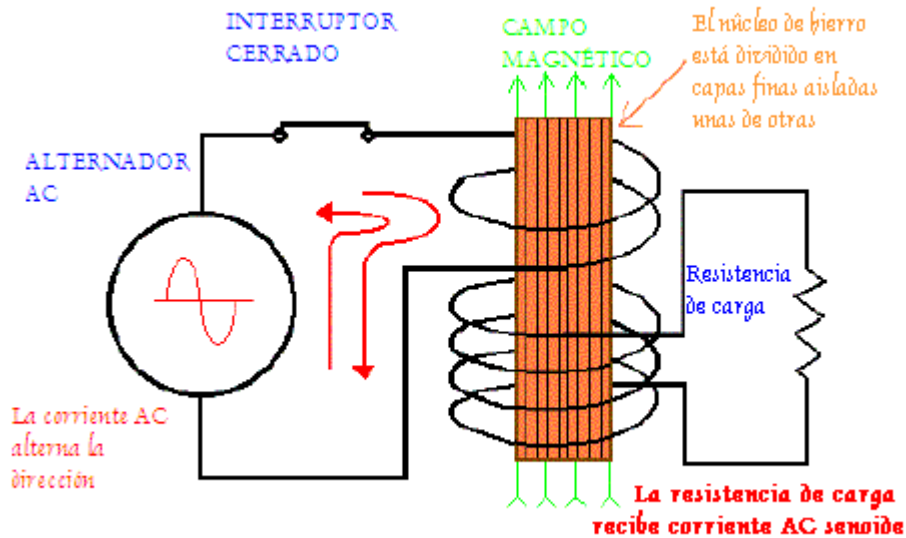
### La potencia sale del secundario igual (casi) a la potencia que entra en el arrollamiento primario

Un transformador transforma la relación de corriente a voltaje. En otras palabras, si el voltaje se sube, la corriente en el secundario será bajada proporcionalmente. La potencia de entrada y salida del transformador permanece la misma.

$$\text{Potencia de entrada} = (\text{voltaje de entrada}) \times (\text{corriente de entrada}) = \text{Potencia de salida} = (\text{voltaje de salida}) \times (\text{corriente de salida})$$

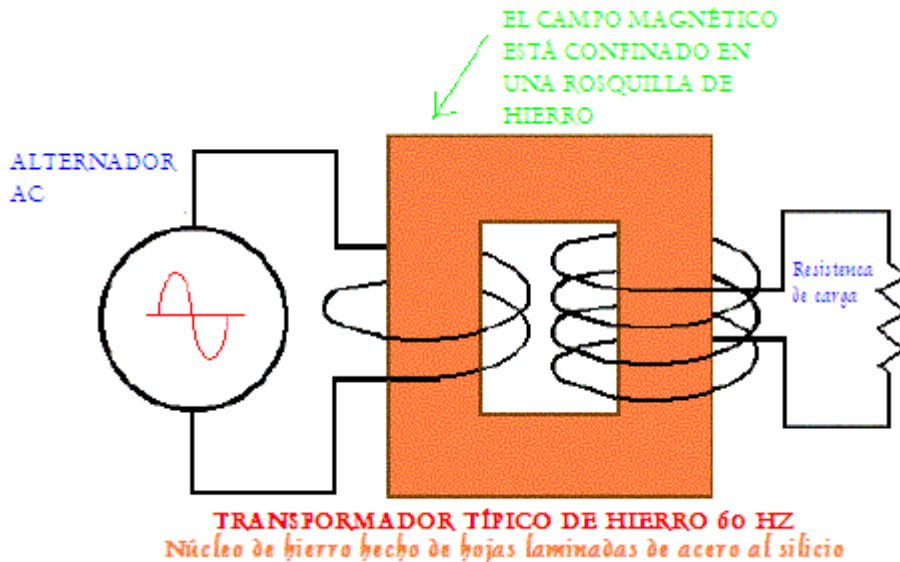
### Generación de corrientes senoides

Un alternador es un dispositivo que genera corriente AC a baja frecuencia. Cómo trabaja se discutirá en detalle brevemente. Pero por ahora vamos solo a usarlo para entregar un voltaje AC al primario de un transformador. En contraste con un simple interruptor y batería, el alternador genera corriente senoide alterna. Cuando la onda del alternador es alimentada en el arrollamiento primario de un transformador, el arrollamiento secundario tendrá una onda senoide continua en él, justo como el primario. El voltaje que aparece cruzando el secundario será proporcional a la relación de vueltas en el primario y secundario. Por ejemplo, como se trazó abajo, hay el doble de vueltas en el secundario que en el primario. Por ello el voltaje secundario será el doble de alto que el voltaje primario. De igual modo, la corriente secundaria será la mitad de grande de la corriente primaria.



### Los toroidales son transformadores de núcleo de lazo cerrado

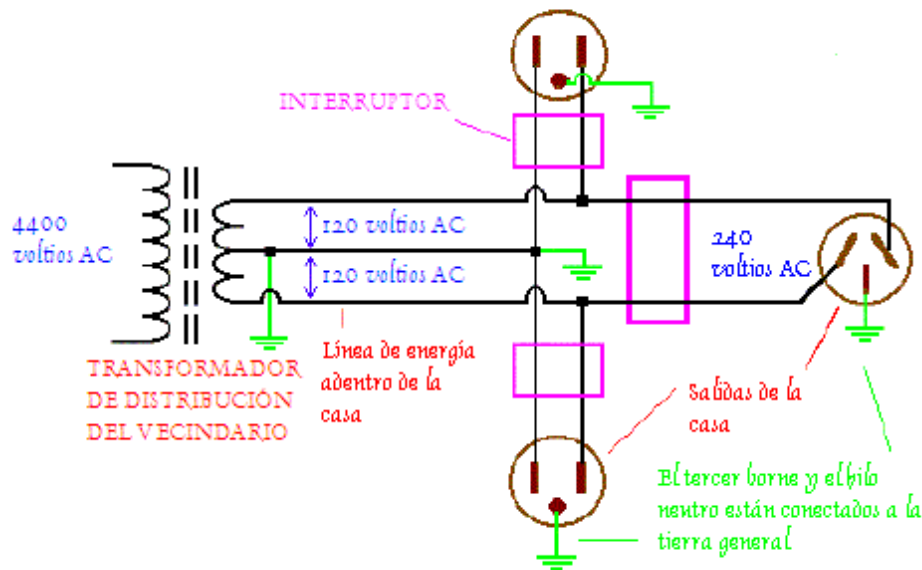
La mejor eficacia de acoplamiento se logra cuando el campo magnético está confinado en el núcleo de hierro y no se le permite rellenar el espacio alrededor del transformador. También, la cantidad de inductancia por vuelta de hilo que puede lograrse es la mayor cuando el núcleo de hierro es un lazo cerrado. En el esquema de abajo, las delgadas placas de hierro como rosquillas que hacen el núcleo están apiladas saliendo del observador y por ello no se muestran.



### Distribución de energía doméstica (en USA)

La energía eléctrica llega a nuestros hogares en una forma de corriente alterna de 240 voltios en tres hilos. Esta fuente de alimentación está referenciada a tierra. El punto de referencia no está en uno de los dos hilos vivos, pero está localizado a tierra a medio camino en voltaje entre los dos cables vivos. Usamos los dos hilos de 240 voltios AC para nuestras cocinas eléctricas y secadoras.

## DISTRIBUCIÓN DE LA ENERGÍA EN CASA



Sin embargo, la mayoría de nuestras luces y utensilios son alimentados con 120 voltios AC. Este voltaje se obtiene por derivación entre uno de los hilos “calientes” de 240 voltios y tierra. En tu caja de disyuntores encontrarás dos “*barras de contacto*” que son los terminales de 240 voltios. Otro contacto en el medio es el terminal de tierra. Los disyuntores grandes de 240 voltios grapan en los terminales exteriores. Los disyuntores más pequeños de 120 voltios abrazan los railes central de tierra y uno de los dos de 240 voltios. Hábil, ¿eh? Ahora puedes conseguir dos voltajes diferentes desde los dos cables de 240 voltios AC. La energía eléctrica llega a nuestros barrios a muy altos voltajes, 4.400 voltios o más. Grandes transformadores en las callejas convierten esta potencia bajándola a 240 voltios para varias casas del barrio. Estos transformadores reductores son aquellos grandes bidones negros en lo alto de los postes eléctricos. ¿Por qué no generar simplemente electricidad en la planta energética a 240 voltios AC? Porque el hilo de cobre tiene una resistencia significativa. Si altas corrientes viajan a través de kilómetros de cable, la energía será disipada en el cobre en lugar de ser entregada a los clientes. Usando voltajes AC muy altos, la alta potencia puede ser entregada con pequeñas corrientes y bajas pérdidas. Para largas líneas eléctricas cruzando el país el voltaje AC normalmente es de cientos de miles de voltios.

### Transformadores de baja frecuencia en el hogar

Los transformadores de la línea eléctrica de 230 voltios 50 Hz son comunes alrededor de la casa. La mayoría de utensilios que contienen electrónica tienen un transformador para bajar el nivel de voltaje a 12 voltios o menos. El transformador de hierro de lazo cerrado de arriba es el diseño básico. Normalmente los arrollamientos están colocados uno arriba del otro más que a lados opuestos de la rosquilla. También, hay normalmente dos agujeros en la “rosquilla” con los devanados de las bobinas en el poste central entre los dos agujeros. La seguridad es una ventaja importante de los transformadores. Los transformadores se suelen usar para aislar voltajes AC de tierra. Por ejemplo, si la corriente de entrada en el primario está referenciada a tierra, los dos hilos del secundario solo estarán referenciados el uno con el otro. Bueno, de acuerdo. Dependiendo del diseño del transformador, puede haber tanto como un miliamperio de corriente de fuga

si uno de los hilos está tocando a tierra. En un transformador bien diseñado, la fuga puede ser solo de unos pocos microamperios. Pero para todo propósito práctico, el voltaje AC en el secundario no está relacionado a tierra. Como probablemente estarás enterado, nuestra línea de voltaje AC doméstica está referenciada a tierra. La tierra es literalmente la tierra húmeda de tu jardín. Esto significa que si agarras una tubería de agua puesta a tierra con una mano e introduces un dedo en un enchufe con la otra, pasará una gran corriente a través de tu cuerpo y experimentarás una *electrocución*. Esto debe ser evitado a menos que estés cansado de vivir. Los radioaficionados tenemos muchas oportunidades de ser sacudidos, quemados o matados por alto voltaje. Pero en la práctica, probablemente el accidente serio más común para los aficionados es la caída de tejados y altas torres. Debemos ser más conscientes de la seguridad que los ciudadanos normales. Los transformadores aislados son solo un modo para que los aficionados tengamos menos accidentes.

### **Comparados con los condensadores, los inductores son relativamente “imperfectos”**

En electrónica los condensadores son usados más que los inductores. Una razón es que los inductores son más caros que los condensadores. Es arduo para una máquina arrollar hilos alrededor de diminutos núcleos, especialmente un núcleo de lazo cerrado. Otro problema con los inductores es que deben ser usadas longitudes significantes de hilo de cobre para construirlos. Este hilo inevitablemente tiene una resistencia significativa. Esto significa que todo inductor tiene realmente dos componentes: un inductor y una resistencia indeseada. En contra, los condensadores, especialmente los condensadores pequeños, se pueden aproximar a la perfección. Los condensadores esencialmente no tienen resistencia ni inductancia y sus propiedades son constantes sobre su rango operativo.

Las otras limitaciones de los inductores son las limitaciones de los núcleos de hierro. Como se apuntó anteriormente, las corrientes circulantes en el hierro disipan energía. Esta pérdida aparece como un calentamiento del núcleo de hierro y malgasta energía como si hubiese alguna resistencia en serie con el inductor.

### **Saturación del inductor**

Al fluir la corriente a través de los arrollamientos, el campo magnético “recluta” los campos magnéticos de los átomos de hierro para generar un campo magnético mucho mayor del que podría generar la bobina por sí. Esto trabaja bien hasta que todo el hierro ha sido reclutado. En este punto el hierro se “satura” y la bobina abruptamente ya no es capaz de generar más campo magnético que sus propios arrollamientos de cobre pueden producir. Como resultado, los inductores de núcleo de hierro tienen un limitado rango operativo. Inductores diminutos hechos de hilo extremadamente fino arrollado en núcleos de hierro del tamaño de una pasa pueden tener inductancias imprevistas. La desventaja oculta es que estas diminutas bobinas se saturan casi inmediatamente y la inductancia solo es válida a esencialmente corriente cero. ¡No es necesario decir que componentes como éste tienen utilidades limitadas! Bobinas pequeñas de bajas inductancias con hilo grueso y sin núcleo de hierro están más cerca a los inductores perfectos, pero sin el hierro, los campos magnéticos rodean las bobinas. Estos campos extraviados inducen corrientes en componentes cercanos. De nuevo, si un inductor acopla señales no deseadas en circuitos vecinos no es un componente ideal.

### **Histéresis del núcleo del inductor**

Otro problema con el hierro es la *histéresis*. Cuando la corriente en la bobina cesa, algo del magnetismo perdura en el hierro. Entonces, cuando el hierro es magnetizado en la polaridad opuesta, la energía debe ser empleada primero en restaurar el magnetismo a cero antes de ser magnetizado en la nueva dirección. Otra vez, esto es un gran desvío de un componente ideal.

### **Inductores para frecuencias de radio**

Los inductores y transformadores son vitales para los circuitos de radio. En los circuitos de radio las corrientes AC alternan no a 50 Hz o a miles de Hz, sino a millones de Hz. Los principios son idénticos a los explicados arriba, pero hay diferencias que pueden sorprenderte. Primero, en general, a más energía deba manejar un inductor o transformador, mayor debe ser éste. No obstante, el tamaño de un inductor determinado varía con la frecuencia. A bajas frecuencias, como 50 Hz, un transformador es comparable a achicar agua con un gran cubo. Ya que solo entrega agua 50 veces por segundo, el cubo debe ser grande para entregar un montón de agua. Ahora supón que el mismo agua es entregado con dedales en lugar de cubos. Si los dedales son llenados y vaciados millones de veces por segundo, se podría entregar la misma cantidad de agua como los cubos. De modo que *a altas frecuencias la potencia alta puede ser gobernada por transformadores diminutos*.

### **Núcleos de polvo de hierro**

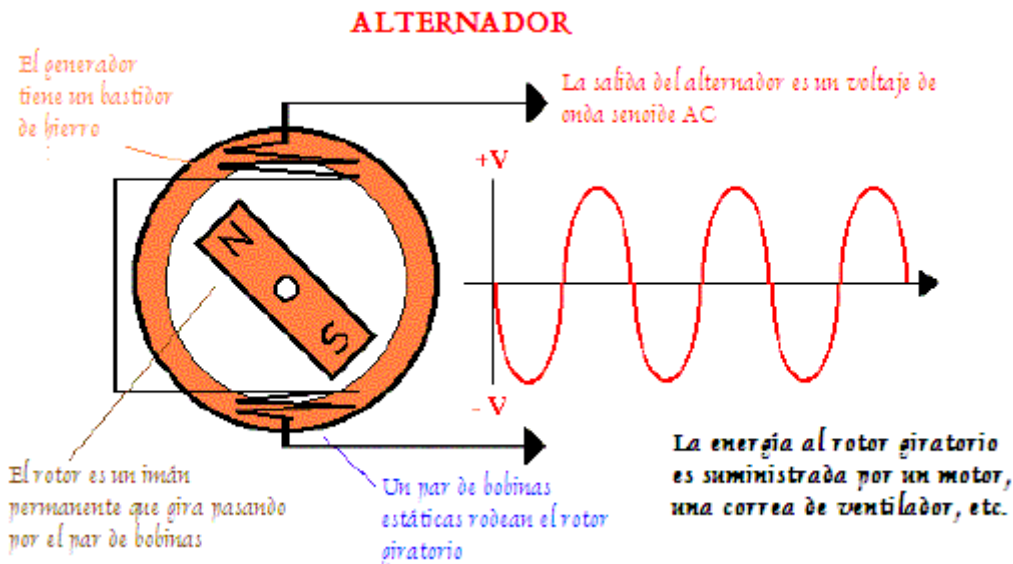
Desgraciadamente, muchos problemas de transformadores son acentuados con altas frecuencias. Por ejemplo, no hay suficiente largo para construir transformadores de núcleo de hierro con láminas de acero. Para altas frecuencias de radio el hierro debe estar puesto a tierra en un fino polvo y dispersado en cerámica. Hay dos clases de núcleos de polvo de hierro usados a altas frecuencias. Los núcleos de polvo de hierro ordinarios tienen un alto porcentaje de cerámica y relativamente poco hierro. Esto asegura bajas pérdidas en los núcleos y previene la abrupta saturación a picos altos de nivel de corriente. Las *ferritas* son un tipo sofisticado de núcleo de polvo de hierro que se parece mucho al vidrio negro pero tiene más hierro y mucho menos contenido de cerámica. A despecho de tener poca cerámica en la mezcla, las ferritas gobiernan aislar los granos vecinos de hierro unos de otros. Con ferritas pueden ser usadas inductancias mucho mayores a frecuencias de radio que de otro modo no serían prácticas.

Las ferritas y núcleos de polvo de hierro normalmente son en forma de toroides, anillos en forma de rosquilla. Este es el modo moderno para construir inductancias y transformadores de radio frecuencia. A frecuencias inferiores las ferritas suelen estar formadas en “núcleos de pote” que encierran y apantallan totalmente un inductor con ferrita. Esto confina casi totalmente los campos magnéticos de modo que no pueden interferir con los circuitos vecinos.

### **Ondas senoides – “Pura corriente alterna”**

El origen de la corriente senoide AC doméstica es un gigante alternador fuera de tu planta local de energía. Los alternadores son una clase de generador AC que pueden ser

imaginados como un transformador modificado en el cual uno de los arrollamientos es rotado mecánicamente por un motor u otra fuente de energía mecánica. Un alternador produce una salida de onda senoide pura simplemente por la rotación natural de eje de entrada. El “estator” es la parte estática del alternador. Consiste de un marco de hierro que rodea el eje de rotación. El estator tiene un par de bobinas montadas en lados opuestos de la cámara. Estas bobinas están enganchadas en serie de modo que los voltajes generados en cualquier momento son sumadas juntas.



El rotor es la parte central que rota. Como se dibuja aquí, el rotor consiste de una simple barra de imán. Realmente, el rotor es normalmente un electroimán, pero estoy intentando mantenerlo simplificado. Según los polos norte y sur del imán barren al pasar las bobinas, éstas generan voltajes de polaridad opuesta. Esto es, el voltaje negativo aparece en el terminal inferior mientras el voltaje positivo aparece en el terminal superior. Cuando el rotor gira a la alineación opuesta, la polaridad del voltaje se invierte. La onda senoide viene del ángulo cambiante del imán con respecto a las bobinas del estator. Para expresarlo en términos matemáticos, la salida de voltaje es igual al seno del ángulo más 90 grados.

***Voltaje a un momento dado = (Pico de voltaje) Seno (Ángulo +90°)***

Debido al desplazamiento de 90°, esta forma de onda realmente es una onda coseno, pero nadie la llama así. Cuando se ve abstractamente, los alternadores recuerdan mucho los transformadores AC como se describió arriba. Aunque hay una pequeña ranura de aire entre el rotor y el estator de hierro, el campo magnético viaja esencialmente en un lazo cerrado. El rotor es análogo al arrollamiento primario. En lugar de energía llegando por los hilos, la energía entra en el sistema mecánicamente. El movimiento del campo magnético crea la onda senoide según crece al pasar por las bobinas del estator.

### **Alternadores de automóvil**

Muchos alternadores, como el de tu coche, son más complicados. Tienen tres juegos de arrollamientos de estator apretujados en el mismo marco. Estos tres arrollamientos generan tres ondas senoides separadas fuera de fase. En tu coche estas tres salidas son rectificadas (convertidas a DC) por diodos semiconductores para producir 12 voltios DC. (Describiremos los diodos en el capítulo 4). La DC es usada entonces para cargar la



batería del coche. Los rotores de alternadores casi siempre están hechos de electroimanes. Están alimentados por “aros deslizantes” que ocasionan corriente DC desde fuera al movimiento del rotor. El uso de un electroimán para un rotor permite que el voltaje de salida del generador sea controlado variando la fuerza de la corriente que mantiene el campo magnético. Así es como el regulador de voltaje de tu coche mantiene la batería cargada pero no la sobrecarga.

Un voltaje senoide de un alternador obviamente tiene solo una frecuencia porque el eje de entrada solo puede girar a una velocidad, y debido al modo directo en que se genera la forma de onda, la onda senoide es tan natural como la fórmula matemática que la expresa. En contraste, la electrónica digital moderna suele generar ondas senoides “artificiales” reproduciendo voltajes dictados por una serie de números que representan una onda senoide. El producto final es una forma compleja de onda “en escalera” que recuerda una onda senoide.

### **Ondas senoides de RF**

En la tecnología de radio las ondas senoides naturales son universales en todo circuito. Por ejemplo, los voltajes en antenas de transmisión o recepción son ondas senoides. Los voltajes AC de radio frecuencia se llaman “*voltajes RF*”. Son generados por osciladores a transistor como ondas senoides puras. Pero a diferencia de la salida de un alternador, en los circuitos de radio suele haber múltiples ondas senoides corriendo en el mismo cable. Por ejemplo, una antena de recepción porta ondas senoides de TODAS las diferentes ondas de radio que la golpean. Mucha de la tecnología de radio trata los modos de seleccionar y filtrar una onda de entre una pandilla de ondas senoides.

Hasta ahora nos hemos introducido en la teoría eléctrica de baja frecuencia. Las frecuencias de radio son la misma cosa, pero como hemos visto, diferentes aspectos de la teoría llegan a ser más importantes según aumenta la frecuencia. En el siguiente capítulo pondremos las bases de un laboratorio de radio y estaremos listos para construir radios.

(página en blanco)

## PREPARANDO EL TALLER DE ELECTRÓNICA

### **La investigación y el desarrollo tomado como pasatiempo**

Construir un transceptor de radio a nivel de componentes, es realmente un acto de investigación y desarrollo. ¡Por eso resulta divertido! Lógicamente es más fácil que desarrollar proyectos nunca diseñados, pero concretar los detalles resultará duro, y al final estarás completamente satisfecho. Cuando lo tengas acabado, podrás “fanfarronear” sobre tu equipo, con los colegas de radio. Si llegado el momento tuvieras una estación de radio 100% autoconstruida te sentirás como alguien único entre otros radioaficionados.

Puedes aprender como llegar a hacer I+D estudiando los métodos de los grandes inventores. En América, sin duda, se nombra a Edison, como el más famoso de los inventores a lo largo de la historia. Él no está directamente relacionado con la invención de la radio, pero desarrolló muchos de los componentes usados en las radios del siglo XX. Asimismo muchas de las técnicas para el desarrollo de esos componentes fueron previamente desarrolladas en los laboratorios de Edison. Edison fabricó los primeros detectores de diodo de tubo de vacío, el altavoz, y el triodo de tubo de vacío, pero nunca fueron aplicados por él a la radio. Edison es mundialmente conocido debido a un buen montón de sus más importantes inventos. Sin embargo, la mayor contribución de Edison fueron sus métodos de investigación.

### **Persistencia**

Un periodista preguntó a Edison porqué él obtenía a menudo resultados en el perfeccionamiento de sus inventos, cuando otros experimentadores que comenzaban sobre la misma línea, nunca llegaban a materializar un dispositivo a nivel práctico. Edison contestó: -“Muchos inventores tienen una buena idea, e intentan una o dos versiones prácticas de su concepto. Cuando no funciona, enseguida se muestran “desangelados” y abandonan. La diferencia, es que yo nunca abandono.”-

### **Intentarlo todo y tomar notas minuciosas**

La más conocida historia acerca de la persistencia de Edison, fue su legendaria búsqueda del material idóneo para los filamentos de la bombilla incandescente.

Edison fue preguntado sobre si estaba desanimado por sus errores para encontrar un material apto, después de intentar cientos de sustancias. Contestó que no había habido errores, sino que ahora conocía cientos de materiales que no funcionaban.

El corolario del método de Edison, es que es esencial escribirlo todo al detalle. No es divertido escribir los detalles de los experimentos que no funcionan, pero quizás un año después, cualquiera que revise tus notas puede contarte esa sensación de haber vivido antes un experimento a medias, solo encontrando entre tus notas, lo que has intentado con anterioridad.

En el momento que descubras el “quid” de la cuestión, te parecerá tan profundo que creerás que jamás podrás olvidarlo. ¡No señor! Aunque tu memoria sea mucho mejor que la mía, meses después sobre un viejo libro de notas de laboratorio podrás revivir todo lo escrito allí, casi igual que en el momento de escribirlo.

### **Trastos viejos**

Edison fue preguntado acerca de que es lo que necesita un tipo corriente para llegar a ser un inventor. Él contestó: -“lo primero que necesitas, es un gran montón de trastos. No te puedes permitir el lujo de tirar tiempo y dinero, en ir a la tienda cada vez que necesites algo. A menudo el montón de trastos, te proveerá las piezas para intentar sacar una idea adelante. Si encargas piezas a cientos o miles de kilómetros de distancia, derrocharas semanas hasta cerciorarte que tu idea no funcionaba.”

### **Localiza el problema y modifícalo**

Un invento complejo como la bombilla incandescente, consta de varias partes. Las bombillas a simple vista parecen sencillas, pero ¿Qué tipo de cristal puede aguantar el calor que produce el filamento? ¿Qué tipo de material es el más adecuado para la construcción del filamento? ¿Cuál debería ser la resistencia del filamento, para ser compatible con la corriente de la red eléctrica? ¿De que forma varía la resistencia del filamento, en función de la temperatura que alcanza? ¿Cuál es el compromiso más adecuado entre tiempo de vida útil, e intensidad de luz? ¿Cuánto vacío es necesario, y como producirlo? Una vez sacado el aire de la ampolla. ¿Cómo sellarla? Las respuestas a todas estas preguntas y a alguna más, debieron ser contestadas antes de que Edison pudiera construir una bombilla de forma práctica, y que funcionara aceptablemente.

¿Habéis visto la película Gizmo? Gizmo, es una recopilación de pequeños “cortos” sobre inventores de principios del siglo XX, mostrando sus invenciones por vez primera. Resulta muy cómico ver una y otra vez como los inventores comenten los mismos errores. Cogen ideas en muchas ocasiones solo “de palabra”, y luego construyen un prototipo pulido, y de buen acabado, sin comprobar cada una de las piezas. Hacen la primera demostración de su aeroplano, barco a reacción, etc. delante de una cámara de cine. En algunos casos hasta habían llamado a la prensa. A buen seguro, que así cualquier fracaso sería mucho más humillante.

Mi invento –relativamente reciente- favorito, fue el avión de McCready, a base de “tracción humana”. En 1965, un patrocinador inglés llamado Cramer, ofreció un premio de ¡¡100.000 dólares!!!, al primer sujeto que pudiera volar sobre un obstáculo de unos 6 metros de altura, continuara trazando una trayectoria de cerca de 500 metros, para después volver volando sobre esa misma trayectoria, y acabar sobrevolando el primer obstáculo de 6 metros de altura nuevamente. El aeroplano debería estar accionado solamente por la fuerza de los músculos de su piloto. Durante cerca de 20 años, mucha gente inteligente intentó construir un aeroplano accionado a pedales. Una y otra vez, cometían el mismo error. Trabajaban durante meses construyendo bonitos aeroplanos, hechos a mano con madera de balsa. Luego en el primer vuelo, el avión se estrellaba haciéndose añicos, con su consiguiente reparación. Después de dos o tres intentonas de vuelo, sus constructores, habían gastado meses, e incluso años, y habían agotado su dinero y su entusiasmo.

Sin embargo McCready diseñó su aparato a base de tubos de aluminio, cables, cinta adhesiva y mylar. Diseñó su avión para que volara, se estrellara, y pudiera ser corregido y reparado con facilidad. Él voló su avión una o dos veces al día, corrigiendo los defectos que le iban surgiendo, hasta que estuvo en la línea correcta. Además se aseguró que no hubiera cámaras alrededor, mientras probaba y trabajaba.

### **Construye para funcionar nunca para embellecer**

Primero y ante todo, tu equipo deberá funcionar bien. Es normal sentirse un poco avergonzado por su tosca apariencia “casera”. ¡De ningún modo! Los equipos de radioaficionado de tipo comercial, han sido diseñados y re-diseñados varias veces antes de que los pudieras ver tú por primera vez. Más aún, los equipos comerciales van provistos de “displays”, cajas, radiadores, y a veces hasta circuitos integrados hechos “ex profeso”. Tú no puedes competir con su aspecto, además ni lo intentes. Así que ten orgullo de tu “tosco” prototipo.

Cuando ves diseños de equipos auto construidos en el ARRL handbook o en revistas especializadas, suelen ser bastante atractivos. Pero si lees cuidadosamente el artículo, te encontrarás con que la unidad que muestra la fotografía suele ser la número 5, o quizás la que hace 100. Probablemente no tengas tiempo de construir y volver a construir tu unidad cinco veces, hasta encontrarla atractiva. Por otro lado, si intentas copiar uno de esos diseños, tropezarás con que has de usar exactamente los mismos componentes que el autor utilizó, y a menudo eso no es posible, con lo cual te obligas a comprar un circuito impreso, ya diseñado, quizás piezas en “kit” procedentes de algún fabricante. Si intentases cambiar componentes, no podrías garantizar su correcto funcionamiento.

### **Busca chicos “puestos” para que te ayuden**

Esta parcela de sabiduría de Edison, puede ser de uso limitado, para los más elementales radioaficionados, pero puede resultar interesante. Edison fue el primer tipo que “estructuró” el proceso de I+D. Una vez adquirió respaldo financiero, contrató un equipo humano, para desarrollar sus proyectos. No intentó hacerlo todo él. La cantidad de inventos de Edison, pueden explicarse por el número del personal competente, que trabajaba para él. Edison y su laboratorio, estaba acreditado con inventos que representaban la experiencia de docenas de personas. Incluso para un compañero que trabaja día y noche, hay límites, sobre lo que este tipo puede llegar a hacer. Si tú eres una persona autodidacta, es importante que te auto limites a proyectos que puedas realizar. Asegúrate de usar libros para encontrar trabajos previos sobre proyectos parecidos. Aunque los auténticos “radiopitas” cacharrereros son un raro espécimen, el cacharreo es realmente divertido si sabes encontrar a alguien con quien compartir triunfos y problemas.

### **Suponer lo menos posible**

Edison buscó chicos con una correcta actitud acerca del I+D. Muchos aprendices tienen un gran don para salir airosos en las entrevistas, pero con demasiada palabrería poco útil. Uno de los trucos de Edison fue llevar a posibles empleados, a comer antes de contratarlos. Si ponían sal o pimienta en su comida, sin probarla primero, entonces entraban en un gran conflicto con él. El método de selección de Edison, era

probablemente extremo, pero ilustra una regla cardinal sobre investigación. **Nunca asumas un proyecto sin datos fiables para corroborar tu suposición o idea inicial.**

Por ejemplo: Yo supuse durante veinte años, que la resistencia en serie con el emisor de un transistor era importante para estabilizarlo térmicamente en un amplificador de radiofrecuencia. Así pues, yo pensaba que cualquier resistencia colocada en el emisor, inevitablemente reduciría la señal de salida en esa etapa. En otras palabras, pensaba que estabilidad y ganancia estaban sujetas a una relación de compromiso. Recientemente me tomé tiempo para probar distintos valores de resistencias dentro de un amplio margen de valores. Quedé asombrado tras comprobar que la máxima salida no se producía a cero ohmios, sino a un peculiar valor sobre los 300 ohmios en mi amplificador en concreto. Cuando realices experimentos como este, anota todos los detalles. Los querrás tener a mano en un futuro.

Muchos inventos resultaron fallidos por suponer cosas que han supuesto límites insalvables. Por ejemplo: Los que han intentado perfeccionar las armas de fuego, han estado limitados durante siglos, por el concepto de que las armas de fuego debían de ser disparadas por percutores de chispa. Si consideramos las dificultades para desarrollar rifles basándose en percutores de chispa, que resulten resistentes al agua, rápidos en el disparo, rápidos en la recarga, no es de extrañar que las armas de fuego permaneciesen inalterables durante 250 años. ¡Se hubieran podido salvar millones de vidas, de haber persistido esta fijación en el empleo de los percutores de chispa! En definitiva, una estrechez de miras en el campo de la investigación, no es necesariamente mala, para la sociedad, pero a buen seguro que restringirá notablemente la innovación.

### **La genialidad de ir probando**

Algo mágico ocurre, siempre que te sientas ante tu mesa de trabajo en el taller, e intentas hacer algo. Puedes pensar una y otra vez acerca del problema en tus ratos libres durante semanas, pero cuando estás cara a cara con el proyecto en la mesa del taller, las ideas surgen en tu cabeza como por arte de magia. Debido a esto, mucha gente –como Edison por ejemplo- fueron bien conocidos por trabajar sin descanso durante día y noche. Una vez se adquiere la inercia del trabajo, resulta un desperdicio parar. Aparte de que no podrás recordar todos y cada uno de los detalles cuando vuelvas a reemprenderlo, horas, días, o incluso semanas después.

En relación con las patentes, trabajo con el abogado Robert E. Harris, el cual siempre pospone todo hasta el último minuto. Yo bromeo con él acerca de esta falta de diligencia. Él con el semblante serio, me da como explicación de lo ocurrido alguna contestación como esta: “Lo hice intencionadamente” –Dice Bob- “Me di cuenta que en materia de presentar una solicitud de patente, necesito una concentración completa y nada me estimula mejor para eso, que acercarme al final del plazo de presentación” Para registrar una buena patente, debo tener todos los inventos previos en mi cabeza al mismo tiempo. Si solamente los tengo unas pocas horas, para días siguientes habré perdido detalles importantes.

“Por ejemplo supongamos que la solicitud de patente de Jones numero 14 eclipsa parcialmente la solicitud 12 propuesta por nosotros. Pero lo esencial del trabajo de Jones estuvo ya cubierta por la de Smit, cuya patente expiró recientemente. Así pues la solicitud de Jones está ya invalidada, y no debería ser aceptada a trámite. Y la parte original de nuestra solicitud numero 12 ahora vuelve a ser valida, porque nuestra solicitud es anterior, con lo cual lo que antes interfería con la solicitud de Jones, ya no

lo hace. Por esta razón el día anterior a la terminación del plazo, me recluyo y trabajo durante toda la noche, si es necesario”

### **Haz algo distinto cuanto te atasques**

Desgraciadamente, el trabajo sin descanso te hace ir a paso de tortuga cuando no tienes mas ideas significativas que intentar. Durante el tiempo que te mantengas sentado frente al problema estarás cerrado a solo pequeñas variaciones que intentar, así que las horas pasaran, y te encontrarás cada vez más cansado, y tus ideas se irán volviendo menos y menos creativas. Para escapar de este laberinto, levanta de la mesa de trabajo y haz otra cosa. Date un paseo, o toma una ducha, ve a casa, etc. Cuando no estás frente al trabajo, no podrás hacer nada con tus manos. Mientras te mantengas concentrado en torno al problema, tu cabeza continuará trabajando sobre el asunto incluso mucho después de dejar la mesa de trabajo. Como no puedes intentar realizar más pequeñas modificaciones sin verdadera inspiración, tu mente correrá por derroteros más profundos, y te encontrarás con que estarás pensando de un modo serio en conceptos radicalmente nuevos.

Por ejemplo, cuando Edison estaba buscando un material para el filamento de su bombilla incandescente, se atascó en la idea de usar un filamento de metal inerte. Un metal inerte, no podría reaccionar con el oxígeno, o los gases residuales, que se encontraran dentro de la ampolla. Si Edison hubiera aplicado su teoría del “pruébalo todo” hubiera probado todos los metales conocidos, incluido el tungsteno, que es el metal con el que actualmente se realizan los filamentos. Pero hay que pensar que quizás el tungsteno no estaba disponible hace 120 años.

Edison se empecino particularmente en el platino como material del filamento. Si, era caro, pero parecía trabajar muy bien y daba una brillante luz blanco-amarillenta durante unas cuantas horas. Desgraciadamente al final la sección del hilo de platino se volvía más delgada, y de repente se fundía estropeando así pues la bombilla. Un problema añadido lo suponía la baja resistencia del platino, que le obligaba a utilizar un largo y fino hilo, para poder hacer el filamento compatible a la fuente de 100 voltios que estaba utilizando.

Edison y su equipo, cayó en la cuenta de que, si pudieran detectar el repentino aumento de resistencia del filamento al comienzo de la fusión, podrían bajar la corriente, y así mantener el filamento intacto. En teoría un regulador de corriente en función de la temperatura podría permitir a la bombilla lucir indefinidamente y además hacerla inmune a los aumentos de tensión de la red. Así que el equipo dedicó un gran esfuerzo a desarrollar el regulador, pero éste no llegó a funcionar satisfactoriamente. Finalmente un día mientras estaba lejos del trabajo Edison pensó en reconsiderar la idea general de utilizar un metal como material para el filamento. Del metal volvió a los filamentos de carbón. El carbón era barato, tiene una resistencia inherente alta, y además no se funde. El carbón le proporcionó una respuesta práctica que pudiese utilizar, y al final empleó para sus primeras bombillas comerciales, filamentos de hilos de algodón carbonizados.

### **Desarrollando tu propio laboratorio básico de electrónica**

Antes de que puedas construir equipamiento de radioaficionado, necesitarás algunas herramientas y materiales básicos. Date cuenta, que además de los libros necesitarás dos tipos de herramientas, unas para un uso intensivo, y otras para usos más delicados o de

precisión. Si usas herramientas demasiado frágiles para todo, puedes estropear la herramienta. Si por el contrario usas herramientas demasiado grandes y poco adecuadas, puedes estropear el proyecto. La lista que se expone a continuación es incompleta, pero te ayudara a orientarte para comenzar

### 1. Compra un manual de la ARRL

Un aficionado a este hobby, no puede permitirse el lujo de contratar todo un equipo de empleados y asesores, pero puede pedir consejo a compañeros que hayan hecho esto mismo antes que él. La primera inversión que un nuevo radioaficionado debería hacer es un ejemplar del manual ARRL para el radioaficionado. Estos manuales son tan grandes como una guía de teléfonos. Son publicados todos los años, y la última edición contiene todo lo necesario para que entiendas toda la amplitud de nuestro hobby. También te proveerá de un buen manual de consulta sobre principios de electricidad básica, y muchas descripciones detalladas sobre construcción de proyectos “hágalo usted mismo”



Si, el manual de la foto de arriba esta caducado. Sin embargo, tengo dos objeciones a las ediciones del ARRL Handbook recientes. Primero son demasiado enormes, lo cual desalienta a determinadas personas, para sentarse, y leerlos con calma. La segunda objeción es que los mas recientes radioaficionados, cada vez menos construyen complejos receptores y transmisores. Así pues los proyectos de este tipo, no están descritos con detalle. De hecho leyendo mis ediciones más recientes del Handbook, tengo la impresión que construir complejos transmisores y receptores, es imposible para los radioaficionados. Esto no es del todo cierto, además es el motivo por el que me decidí a escribir este libro.

Cosa distinta es que la última edición del Handbook sea un magnifico libro para poseer. Cubre toda la última exótica tecnología y se puede usar como una enciclopedia. Para ser usado en la construcción casera, yo te recomendaría uno de los años 80's. Durante esta década, los radioaficionados estuvieron construyendo buenos equipos mediante transistores discretos. Handbooks de los años 70 y anteriores, describen proyectos que resultan innecesariamente primitivos. Los proyectos de los Handbooks de los años 90 y más recientes mayoritariamente contienen proyectos que utilizan circuitos integrados, los cuales no te enseñaran nada acerca de cómo trabaja el prototipo. Los autores de la época actual, no ofrecen expectativas serias para construir una estación de radioaficionado completa. Deberías encontrar una edición de los años 80, fácilmente adquirible en alguna de las numerosas convenciones de radioaficionados, o en algún mercadillo de radio. Naturalmente siempre se lo puedes comprar a algún radioaficionado cercano, que no esté interesado en la construcción casera.



2. Un soldador robusto de 100 vatios tipo pistola y uno de 25 vatios de punta fina tipo lápiz o pistola.

Necesitaras ambos. El soldador grande de pistola es importante para soldar líneas de antena y trabajos grandes. Un soldador de punta fina es esencial para soldar patillas de semiconductores delicados, como transistores y circuitos integrados.



3. Estaño de soldar 60/40 con alma de resina de sección fina y de sección más gruesa.

El estaño de soldar con alma resínica (60% estaño y 40% plomo) se usa para unir hilos y cables, donde la conducción eléctrica es el objetivo principal. La resina tipo “flux” está incluida en el interior del hilo de estaño. De esta manera nunca deberás aplicar ningún flux antes de realizar la soldadura. Existe estaño con un componente decapante ácido, pero es usado para uniones estructurales. No se recomienda su uso para soldadura eléctrica, debido a que este ácido continúa con la corrosión sobre los metales durante años. Eventualmente residuos ácidos en la soldadura, pueden dar como resultado pobres conexiones eléctricas. De todos modos un rollito de estaño de este tipo como el que usan los fontaneros, es conveniente que tengamos a mano. Tarde o temprano acabaremos por construirnos una antena o cualquier otro proyecto que nos obligue a soldar cobre con acero. Y cuando nada funciona, esto nos puede sacar de apuros.

4. Alicates de punta fina y alicates de corte para acodar y cortar terminales finos

Deberán ser de gran calidad, y tu mejor juego deberá ser tan pequeño como para reparar relojes. De hecho, si utilizas los modernos componentes de montajes superficial (SMD) también vas a necesitar pinzas de punta fina, para manipular los componentes. Estas delicadísimas herramientas se estropearan instantáneamente si intentas cortar con los alicates de corte cable de acero o acerado o si intentas soltar o apretar tuercas con los de punta fina. **Una regla imprescindible para estas herramientas es no usarlas jamás con componentes o cables más grandes de lo debido.** Unas pinzas hemostáticas (N.del T.: de las usadas habitualmente en cirugía) pueden ser útiles para sujetar pequeños componentes en el lugar donde deben ir soldados. (N.del T.: muy útiles también para desviar parte del calor al soldar semiconductores, colocándolas en las patillas, entre el componente y el punto de soldadura). Un destornillador de material no

conductor, será muy útil para el ajuste de trimmers y condensadores variables miniatura en situaciones donde el tornillo de ajuste metálico del trimer, se encuentra flotante con respecto a masa.

Las herramientas de mango amarillo del juego de la foto de abajo son unos pelacables, que se usan para quitar el aislante plástico de los cables. Una navajita, puede ser muy útil para este menester especialmente con el cable recubierto de Teflón. Estos tipos de aislamiento, no se quitan agradablemente con los pelacables convencionales y deben ser cortados y rascados con una cuchilla. Un juego de destornilladores metálicos de los de tipo “relojero” puede ser también muy útil



##### 5. Lentes de gran aumento y gafas de lectura.

Aún cuando tu vista sea mucho mejor que la mía, vas a necesitar una lupa de gran aumento para revisar tus soldaduras. A menudo gotitas de estaño residual o pequeños trocitos de restos de terminales cortados pueden cortocircuitar algunas pistas o soldaduras entre sí. En otras ocasiones una soldadura puede parecer buena a simple vista, pero una observación más minuciosa con la lupa puede mostrar que el componente no hace buen contacto, o que la soldadura es defectuosa. Estos problemas normalmente no pueden ser vistos simplemente a “ojo” y deberás invertir muchas horas para buscar la causa del problema, que localizarías rápidamente con una buena lupa. Rutinariamente yo observo cada soldadura que hago en un componente, antes de pasar a soldar el siguiente. Utilizo microscopios de bolsillo, una lupa de gran aumento y unas gafas de lecturas para este propósito.



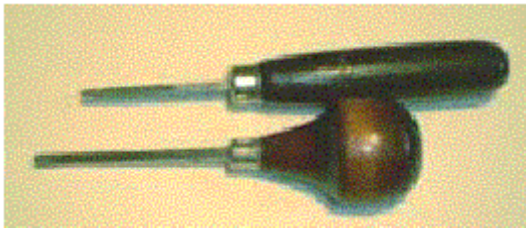
##### 6. Alicates de punta fina grandes, alicates de corte grandes y un juego de llavecitas fijas pequeñas.

También necesitarás versiones grandes de las mismas herramientas “delicadas” que hemos comentado arriba, para ser usadas cuando resulte apropiado. También son

necesarias las siguientes herramientas: Un tornillo de banco, un juego de limas, una sierra de arco, y una escariadora para el corte y la instalación de placas de circuito impreso y radiadores de calor.

#### 7. Un juego de gubias de tallar madera

“¿Un juego de qué...?” Te preguntarás. Las gubias de tallar madera son un tipo de delicadas herramientas parecidas a un formón o cincel con un mango. Yo las utilizo para cortar los trazos en las placas de C.I. en blanco. Te encontrarás que funcionan bastante bien para hacer prototipos de una sola placa. En mi opinión tallar un circuito impreso es un método superior a cualquier otro que haya visto en la construcción casera de placas de circuito de radiofrecuencia. (Otros colegas prefieren el método del Súper-Glue y el disco, descrito en el capítulo 6.)



#### 8. Taladro eléctrico.

El taladro eléctrico se usa para hacer agujeros en las placas de C.I. y en los radiadores. (N. Del T.: Yo personalmente prefiero un mini taladro eléctrico tipo Dremel o similar, y si es posible con su accesorio de fijación sobre banco. Esto hace la labor más rápida y segura, y además ahorraremos un dinero en las delicadas brocas que se utilizan para estos orificios)



#### 9. Machos de roscar.

Mejor que montar enteramente tu proyecto con tornillos y tuercas, encontrarás utilizar estos machos, para hacer roscas directamente en el aluminio y los radiadores, con un acabado más simple y profesional.



#### 10. Polímetro de calidad

Los polímetros digitales modernos, miden voltaje, corriente y resistencia. Incluso los más completos pueden medir frecuencia, conductancia, capacitancia, decibelios, temperatura y otros parámetros. Todos los multímetros están basados en voltímetros con una entrada de alta impedancia. Un Polímetro moderno de calidad tiene una resistencia de entrada (impedancia) de unos 10 millones de Ohmios. Esta alta impedancia es necesaria para que el instrumento de medida no cargue sobre el circuito a medir, y altere la medida que estas intentando tomar. Los multímetros antiguos (de instrumento de bobina móvil) tienen impedancias de entrada algo más bajas (de unos cuantos miles de Ohmios). Un multímetro de calidad tiene la ventaja de ser extremadamente preciso. Las medidas de voltaje o resistencia serán precisas incluso en varios decimales. **No escatimes con este instrumento.** Es el corazón de tu capacidad para medir magnitudes electrónicas. Si sospechas que vas a utilizar este aparato en el exterior, en el coche, o hasta en las alturas haciendo trabajos de antena, entonces puedes comprar uno de tipo mas barato, con el que puedas asumir los riegos de una posible rotura o maltrato.



#### 11. Un osciloscopio de alta calidad

El osciloscopio es otro de los cimientos de tu laboratorio. Las líneas en la pantalla te dirán cuando tu dispositivo funciona, y como de bien lo hace. Sin un “oscilo” estarás casi ciego. Quizás los más alucinantes logros de personas como Edwing Amstrong es que hicieron funcionar sus proyectos, deduciendo el funcionamiento de los circuitos a través de medidas secundarias. Por ejemplo, la corriente de placa en un amplificador de RF a válvulas, cae cuando entra en resonancia. Pero aun así, es mucho más fácil pegar

un vistazo a la señal con un “oscilo” y VER la senoide real, cuando el circuito esta sintonizado.



## 12. Frecuencímetro.

Tan pronto como construyas tu primer transmisor de aficionado, necesitaras probar, que el transmisor está trabajando dentro de las bandas de aficionado. Además se supone que las transmisiones de los radioaficionados deben estar circunscritas a una sola frecuencia, y no andar con excursiones de frecuencia en toda la banda. Por definición una señal senoidal pura, es una frecuencia única. Mi solución es monitorear la frecuencia, y comprobar la forma de la señal senoidal, justo en la base de la antena. Si se ve como una buena señal senoidal, la señal debe de ser ciertamente limpia.

También puedes hacer una estimación de la frecuencia de la señal, valiéndote de las marcas horizontales en la pantalla del osciloscopio, para medir cuantas marcas entran en un ciclo completo de la senoide. Con este método puedes saber la frecuencia con un 10 o un 20% de error. Desgraciadamente este sistema no es el más apropiado. Por ejemplo, si la frecuencia de transmisión de tu equipo es 7.05 Mhz., la onda completa comprenderá unos 0.142 milisegundos. No serás capaz de discriminar entre 0.142 y 0.143 y como consecuencia puedes salirte de la banda de 40 metros. Así que realmente necesitaras un frecuencímetro.

Algunos osciloscopios sofisticados, llevan incorporado un frecuencímetro que mide la frecuencia exacta de la señal. De todas maneras tendrás que comprar uno separado que te indique donde te encuentras con precisión de unos pocos Hertzios. Puedes comprar un buen frecuencímetro nuevo por 1800 Euros o más. O puedes comprar uno nuevo baratito por unos 180 Euros. Lo más apropiado sería uno de calidad de segunda mano, que incluso se puede encontrar por debajo de 100.



### 13. Un buen receptor de onda corta.

Además de utilizarlo, para escuchar a otros radioaficionados, un buen receptor de onda corta, de tipo comercial, puede ser usado como instrumento de laboratorio. Un receptor moderno, está muy bien calibrado, y esto hace posible que pueda sustituir al frecuencímetro en algunas aplicaciones. También es importante poder escuchar tu propia señal en un receptor, para poder estar seguro que ésta no tiene pequeños defectos que no puedan apreciarse en un osciloscopio. Como situación ideal, podrías tener los dos: un receptor, y un frecuencímetro.

### 14. Una fuente de alimentación de laboratorio.

Una fuente de alimentación de laboratorio, te proporcionará poder aplicar voltaje a un circuito cuidadosamente. Esto usualmente puede prevenir posibles daños a componentes debido a un error en el cableado o a otros problemas. Los indicadores te mostrarán cuanta corriente drena el circuito, y que voltaje le estamos aplicando. Esta antigua configuración de fuente, es en la actualidad substituida por la de tres fuentes “independientes” dentro de una misma caja. Por ejemplo puedes tener salida con voltajes e intensidades ajustables por un lado, y de otro lado salida 0-5v. fija para la alimentación de microprocesadores y circuitos CMOS, y también salida +12-0—12, para la alimentación de amplificadores operacionales. (N.del T.) *No sabía muy bien como traducir este párrafo.*



### 15. Un generador de R.F.

Esta es una herramienta que puedes necesitar en un momento determinado, pero si tienes todas las herramientas que hemos comentado, no es esencial. El generador de R.F. te permite inyectar una señal senoidal de amplitud y frecuencia conocidas, en un amplificador que estés ajustando. Cuando estés ajustando un receptor auto construido,

es gratificante poder disponer de una señal de pruebas conocida que pueda ser escuchada el tiempo que necesites.

#### 16. Medidor de capacidad (o mejor medidor L-C-R)

Aunque tampoco es esencial se puede usar un medidor de este tipo alimentado a baterías, para ordenar tus cajas de componentes usados, y proporcionar una indicación fiable de la capacidad de los condensadores. Yo lo encuentro extremadamente útil, para determinar los puntos de máxima y mínima capacidad en los condensadores ajustables tipo “trimmer”.



#### 17. Catálogos de proveedores de componentes electrónicos.

Necesitaras al menos 3 ó 4 catálogos de estos. Mis preferidos son los de la empresa RF parts, Jameco, Digi-Key, Newark, Mouser y Radio Sack. Afortunadamente tendrás una tienda Radio Sack cerca de casa para caso de que necesites un componente corriente con urgencia. (N.del T.: Aunque en España no disponemos de tanta variedad, podemos conseguir algún catalogo de RF parts, o de Surplus sales of Nebraska procedentes de USA. Aquí en España, podemos encontrar proveedores como Molgar, Repro ect. Incluso algunos comercios especializados editan catálogos muy completos con algunos de sus productos a la venta. Tal es el caso de Electrónica Gimeno, o Electrónica Burriana o Céspedes electrónica, todos ellos en Valencia. A buen seguro que por poco cacharrero que sea uno, todos conocemos algún comercio especializado en nuestra localidad o cerca de ella. Y si estamos muy aislados, siempre queda el recurso de utilizar Internet).



#### 18. Tu propia colección de trastos

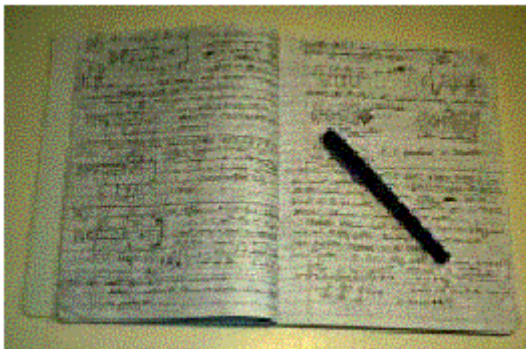
Tal y como dijo Edison, es importante recopilar piezas de deshecho, así no tendrás que estar continuamente esperando que te lleguen por correo. Considerando que un

condensador o un potenciómetro cuestan unos cuantos Euros, si son nuevos, es muy fácil que gastes cientos de Euros en un proyecto. Si tu no estas consiguiendo algunos de estos componentes de viejos televisores, o en mercadillos de radioaficionados, el proyecto te costará una fortuna, y lo que es peor avanzaras muy lentamente. Nunca hay que tirar una vieja radio o un ordenador sin primero haberlo desguazado para conseguir componentes usados.

Organiza tus componentes en cajitas, compartimentos o cajas previamente etiquetadas, y así las encontraras tan pronto las necesites. Si no puedes encontrar una pieza, cuando la necesitas, los trastos solo serán eso: trastos

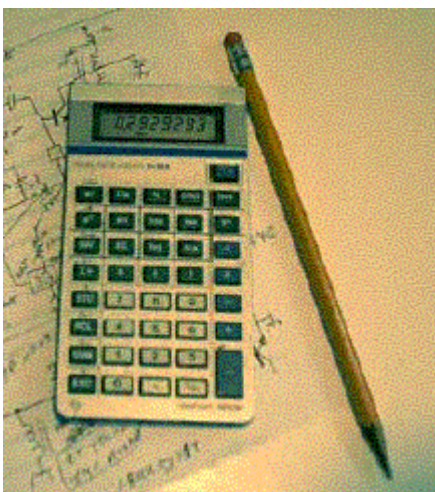
#### 19. Un bloc de notas de laboratorio

Tu memoria no es ni la mitad de buena de lo que crees. Escribe y anota todos tus experimentos, los triunfos, y especialmente los fracasos. El experimento que no funcionó es casi tan importante como el que funcionó a la primera.



#### 20. Calculadora

Probablemente ya tengas una calculadora adecuada a los sencillos cálculos de componentes que necesitaras hacer. Las raíces cuadradas van a ser las operaciones matemáticas más complejas que deberás realizar antes de poder hacer tu primer contacto con un equipo de radioaficionado auto construido.



Cuando estaba en la facultad de ingeniería, la era de la calculadora todavía no había llegado. Y nosotros, los futuros ingenieros caminábamos fanfarrones llevando colgadas de nuestros cinturones grandes reglas de calculo como si fueran espadas. Nos hacía



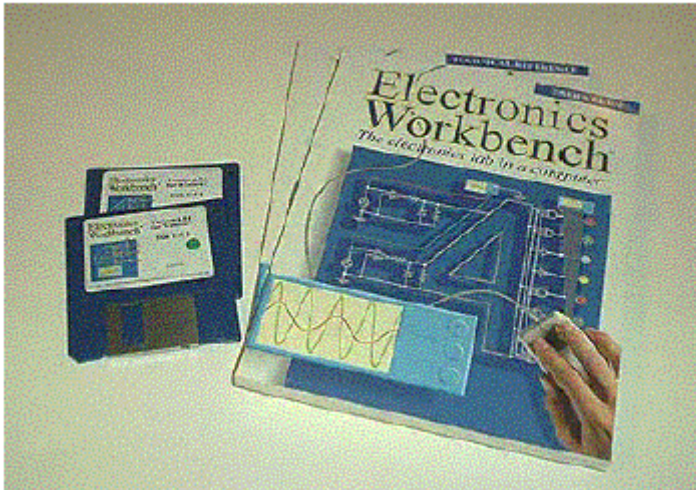
parecer muy modernos. Al sentarme en clase antes de un examen tenía que sacar la regla de cálculo de su funda y ceremoniosamente comprobar que la escala superior estaba perfectamente alineada con la inferior, usaba la hoja de mi navajita de bolsillo a modo de destornillador para ajustarla. Para mí este ritual era como el de un “marine” norteamericano comprobando su fusil, instantes antes de alcanzar la playa, durante una operación de asalto.

Para vosotros, mocosos, que no habéis utilizado las reglas de cálculo, estas antiguallas calculaban logaritmos, funciones trigonométricas, cuadrados y raíces cuadradas, en definitiva, hacían casi todo aquello que hoy puedes hacer con una sencilla calculadora científica. La desventaja de esta historia es que estas reglas no calculaban decimales. Así pues había que estar espabilado en “mates” para encontrar la respuesta correcta. Debíamos ser capaces de estimar la respuesta así que teníamos saber que tipo de magnitud podía ser, y donde debíamos poner el punto decimal. En otras palabras, debíamos saber que estábamos haciendo. Las reglas de cálculo aumentaron nuestras habilidades, no las substituyeron.

Cuando llegaron las calculadoras, de repente los estudiantes de ingeniería comenzaron a llenar sus exámenes escritos con números como escogidos al azar. Los principiantes pensaban que si ellos pulsaban los números, las calculadoras hacían el trabajo de pensar por ellos. Incorrecto. Las calculadoras no son tan diferentes de las reglas de cálculo. Los estudiantes deben aproximar el trabajo en sus cabezas, de esta manera sabrán, si están pulsando los botones correctos. Después que los estudiantes perfeccionaban la habilidad de aproximar los cálculos, las calculadoras comenzaban a ser una gran ayuda para la ingeniería.

### **Software para experimentadores**

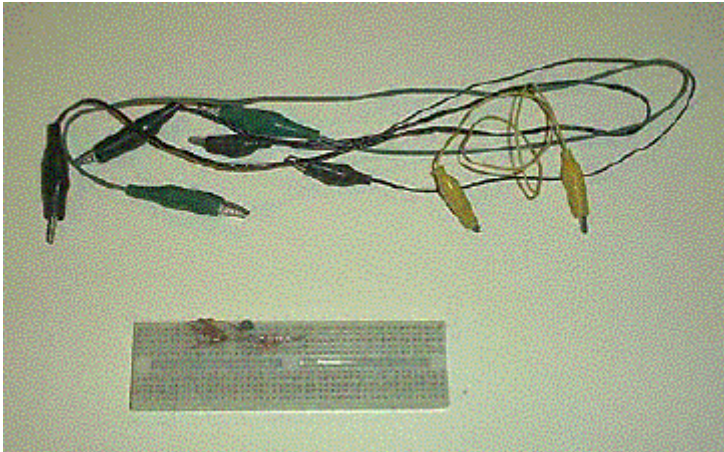
Dudaba si mencionar los programas de simulación de circuitos. Soy reacio de los autosuficientes ingenieros que no han soldado un cable en su vida. No me gusta nada la tendencia actual de incrementar la especialización a costa de una ignorancia en ámbitos más generales, que se está extendiendo a través de la industria técnica. Los programas de simulación, son mucho más que simples calculadoras. Son maravillosos, si tú puedes intuir lo que el circuito debería hacer antes de activar la simulación. Una vez que estés muy avanzado en la construcción de equipamiento de radioaficionado, probablemente estarás cansado de hacer las cosas al modo de la complicada “vieja usanza”. Hay muchos programas de simulación diferentes disponibles, que te permitirán simular un circuito en tu ordenador, antes de construirlo materialmente. Como muchas de las comodidades modernas, esto resulta ser realmente maravilloso. Pero estos programas deberán ser un complemento a las actuales pruebas reales sobre circuitos, de ninguna manera deben sustituirlas.



Yo utilizo un antiguo **“Electronics Workbench”** como programa de simulación, pero habrán probablemente más modernos y que trabajen tan bien como este, o mejor. El mío es solamente un programa que no simula muchos de los componentes como cristales o algunas clases de circuitos como los osciladores. Pero me gusta para utilizarlo en la simulación de filtros. Si en alguna ocasión necesito construir un filtro con una determinada frecuencia de corte, pero no tengo los componentes con los valores exactos, puedo simularlo, y ver de que manera afecta al funcionamiento final los cambios de los valores de los componentes, y como de críticos son los valores. Actualmente resulta más divertido probar circuitos con un mínimo de trabajo, casi es adictivo. De esta forma otros problemas en el diseño de mi circuito se convierten en obvios, tanto que no he de pensar en ellos.

Por ejemplo, construí un filtro para un transmisor de radioaficionado que fue diseñado para eliminar las interferencias en los receptores de televisión de los vecinos. (Ver capítulo 9.) Cualquier señal transmitida tiene pequeñas “espúreas” en este espectro de frecuencias. Esto significa que pueden ser fácilmente radiadas débiles señales en las frecuencias de los canales de televisión. Un filtro reducirá esos armónicos. Antes de construir mi filtro, me tomé el tiempo necesario para simularlo en el programa, y encontré que tal y como había planeado reducía severamente la interferencia en los canales 2, 3 y 4. Por encima de esos canales, la atenuación de la interferencia no llegaba a ser tan buena. Por la parte de arriba de los canales de UHF, no se producía ninguna gran atenuación. Una vez que vi el problema fue fácil añadir otra etapa de filtrado acoplada para asegurar que todos los canales de televisión estuviesen protegidos.

## Puntas de prueba y placa “prototipo”



Todos los talleres de electrónica tienen puñados de puntas de prueba, y unas cuantas placas para la realización de prototipos de manera temporal. Aunque yo las suelo utilizar rutinariamente, estoy dudando de su recomendación. **¡CUALQUIER CONEXIÓN ELÉCTRICA QUE NO ESTE SOLDADA NO PUEDE SER FIABLE AL 100%! Si, es cierto, estos chismes, a menudo funcionan, pero otras veces me he devanado los sesos en descubrir que componentes del circuito no funcionaban, cuando en realidad todos lo hacían perfectamente.**

Dejadme que os ilustre: En cierta ocasión, cuando estaba en las Fuerzas Aéreas, tuve que cablear algunos cartuchos explosivos de baja potencia en una carga de 1500 libras,(N del T.: Unos 670 kilos en total) para ser lanzada en paracaídas. Los “petarditos” se suponía que deberían explotar para que abrieran el paracaídas. Pasé el hilo desnudo y previamente raspado por los terminales tipo oreja de metal, luego arrolé el hilo una y otra vez alrededor del rabillo del terminal, el cual quedó lleno de hilo limpio y sin aislante. Luego lo encinte con cinta aislante, tanto el hilo que quedaba al desnudo, como los terminales, para mayor seguridad. Pensé que el hilo hacía total contacto eléctrico con los terminales. La carga cayó a lo largo de 350 metros, y se estrelló contra el suelo a un buen montón de kilómetros por hora. Los cartuchos, nunca llegaron a explotar. Repasé cuidadosamente el circuito eléctrico para detonar los cartuchos, y encontré sobre unos 3 voltios entre los terminales de los cartuchos. Desencinté rápidamente los terminales. Los cartuchos explotaron tan pronto como di un ligero tirón del cable. Después de esto, siempre soldé los terminales para aplicar a los cartuchos, y nunca más volvió a producirse un fallo.

### Alicates para grapar conectores y terminales.

¿Que hay acerca de estas herramientas especiales que se usan para grapar los cables a los conectores o a los terminales? Algunos terminales, están diseñados para ser unidos a los cables mediante estos alicates. Si, esta técnica es limpia y fiable a corto plazo. Sin embargo, según mi experiencia, los cables grapados se salen con facilidad, y después de varios años, a menudo dan problemas de “circuito abierto”. He visto docenas de fallos en equipos antiguos por esta causa. Personalmente cuando utilizo terminales de oreja, siempre los sueldo. Los terminales de este tipo que luego van atornillados en el circuito, proporcionan una conexión muy fiable. Sin embargo yo siempre los sueldo (aun en el caso de que estuvieran previamente crimpados) antes de atornillarlos.

**Conclusión.**

El equipamiento descrito en este capítulo, te permitirá comenzar. Cada uno tiene diferentes ideas, sobre como trabaja mejor, y que es o no esencial. Para lo que pueda servir, la lista relatada en estas líneas, describe muy bien mi taller.

# ONDAS HERTZIANAS EN EL SOTANO

El conjunto de receptores de radio a cristal y los transmisores a chispa del siglo 19 pueden verse simples y lejanos eliminados de la radioafición para ser contruidos. Si tú estas familiarizado con la electrónica básica y la historia reciente de la radio, no puedes entender nada de este ejercicio. Si eres un constructor jubilado de equipos de aficionado, por favor salta al siguiente capítulo. Por otro lado, si tienes una pequeña experiencia en electrónica, hay mundos de lecciones para ser aprendidas de la vieja tecnología.

Y si nunca construiste una simple radio anteriormente, aquí podrás encontrar diversión.

## La naturaleza de las ondas de radio

Antes de que construyamos transmisores y receptores, repasaremos las ondas de radio. Cuando comprendamos que son las ondas de radio, la tecnología para generar y recibirlas se hará más obvia. Una onda electromagnética es una oscilación en el espacio libre que es radiada fuera de su fuente a la velocidad de la luz. Se llama “*electromagnética*” debida a la energía de su campo eléctrico y magnético. La onda “*oscila*” o cambia sucesivamente entre esas dos formas de energía en su viaje.

### Propagación a través del vacío

Desde nuestras experiencias con electricidad magnética y estática, es difícil de visualizar como un campo eléctrico o magnético puede viajar cientos de kilómetros a través del vacío del espacio. En nuestra experiencia estos campos están estrechamente localizados alrededor del dispositivo que los genera. ¿Cómo puede un campo magnético existir aislado en el vacío, tal vez igual que la luz procede del átomo?

Supongamos que podemos de alguna manera generar mágicamente un campo magnético o eléctrico en el espacio, muy lejos del objeto más cercano. ¿Puede el campo permanecer en el espacio para siempre esperando que pase un objeto y ser influenciado por el campo?

Supongamos que hay un imán de frigorífico flotando en el espacio. El campo magnético del imán estará siempre en el espacio rodeando al imán, igual que ocurre en tu frigorífico. Como siempre, el campo magnético desaparecerá a una distancia habitualmente de un cuarto de pulgada. Sin embargo, si el imán desaparece bruscamente, la energía en el campo podría perder su “*envase*” o “*anclaje*” y desaparecer en el vacío.

El mismo escenario puede proponerse para un campo eléctrico: una batería de linterna que está flotando en el espacio, su fuerza eléctrica podría extenderse por ejemplo una pulgada en el vacío en un halo entre dos terminales de baterías. Nuevamente, si la batería desaparece bruscamente, la energía del campo eléctrico perderá su generador y se quedará atrapada en el vacío. Sin su soporte, podría esparcirse en todas direcciones.

**Las oscilaciones ocurren cuando dos formas de energía cambian rítmicamente de un lado a otro.**

Cuando los campos magnéticos y eléctricos desaparecen en el espacio, ¿a donde van?. James Maxwell expuso por primera vez hace más de un siglo, que los campos eléctricos y magnéticos están íntimamente relacionados. De esto resulta lo siguiente: ***un cambio o movimiento en el campo eléctrico genera un cambio en el campo magnético y viceversa.*** Como la energía continúa “esparciéndose” en todas las direcciones, la energía baila de una parte a otra entre estas dos clases de campos. Esta conexión no es “obvia” o intuitiva. Si así fuera, los griegos, chinos o egipcios podrían haberlos descrito y explotado hace tiempo.

**Osciladores mecánicos**

Muchos dispositivos físicos en nuestro mundo “oscilan”, pero la oscilación entre campos eléctricos y magnéticos no debe ser una sorpresa. Una oscilación en la naturaleza puede ser descrita como una energía que se transforma espontáneamente de una a otra forma de energía y que luego regresa nuevamente. Por ejemplo, un péndulo de reloj se balancea de un lado a otro, el péndulo adquiere energía cinética del movimiento y se balancea a través de la parte inferior de su arco. Entonces, cuando el péndulo se balancea cuesta arriba, la energía cinética es devuelta a la energía del potencial gravitacional. Cuando el péndulo alcanza lo más alto de su balanceo, momentáneamente se detiene completamente, y vuelve cuesta abajo. Cuando está en lo alto, la energía es toda “potencial”. La roca situada en el borde del precipicio no parece tener ninguna energía mientras no se le empuje al precipicio. El personaje que permanece en el fondo del precipicio puede testificar que la roca tiene plena energía cuando caiga al pie del precipicio. (Asumiremos, por supuesto, que sobrevivió.)



Repetimos, un péndulo oscilando conmuta su energía de un lado a otro entre energía cinética y energía potencial. Nota que la longitud del péndulo estabiliza la frecuencia de oscilación del péndulo. Esto es debido porque la gravedad es constante y las cosas

ligeras son igual de rápidas que las pesadas. Si ignoras la resistencia del aire, la frecuencia del balanceo del péndulo es determinada únicamente por la longitud del cuerpo del péndulo. Esto hace al péndulo bueno para mantener un reloj mecánico ejecutándose con uniformidad y precisión. Similarmente, una vez más la frecuencia de una onda de radio se estabiliza, no cambia su frecuencia en su viaje a través del espacio y regresa debilitada.

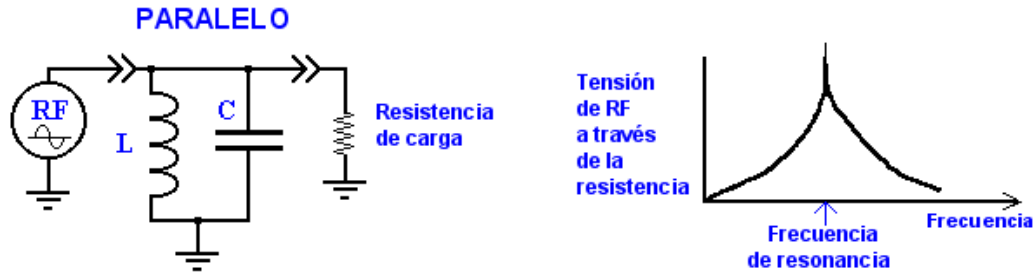


En resumen, el espacio libre (que literalmente es “nada”) puede soportar energía de campo magnético o eléctrico, pero solo temporalmente. Para ser mantenido, un campo magnético necesita ser generado por un dispositivo. **O puede ser generado por un campo eléctrico cercano colapsado.** Similarmente, cuando el campo magnético se colapsa, produce un campo eléctrico temporal en el espacio cercano. El resultado de este vaivén es una onda de radio viajando al exterior a través del vacío a la velocidad de la luz.

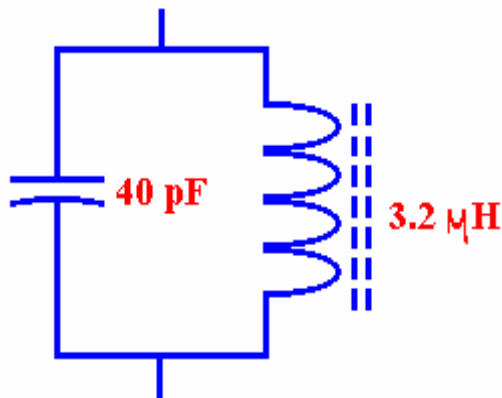
Para generar ondas de radio, necesitamos construir un dispositivo que produzca un decremento del campo eléctrico que generará un incremento del campo magnético cercano al generador. Una vez que hemos hecho eso, el campo magnético deberá generar un campo eléctrico en el espacio lejano y la onda de radio será lanzada. Alternativamente, podemos construir un dispositivo para generar un cambio del campo magnético y que generará un cambio en el campo eléctrico, etcétera.

Las antenas transmisoras están diseñadas para generar un cambio rápido del campo eléctrico, o alternativamente, un cambio rápido del campo magnético. La antena se sitúa fuera en una zona despejada con acceso libre al cielo. Los campos eléctricos o magnéticos alrededor de la antena crean lo opuesto a su campo y el resultado una onda de radio volando libremente. La misma antena trabaja bien para los receptores. Cuando las ondas de radio pasan como un rayo los elementos metálicos de la antena, se inducen corrientes eléctricas en la estructura igual que si fuera temporalmente un condensador o el devanado secundario de un transformador.

## EL circuito LC, el oscilador electrónico fundamental.



El componente más fundamental de todos los transmisores y receptores de radio es el **circuito resonante condensador/bobina paralelo**. Este circuito básico consiste en una bobina de hilo en paralelo con un condensador. Estos son llamados “circuitos LC” donde “L” es la letra usada cuando se calcula la inductancia y “C” por supuesto es para el condensador. Si la tensión de una onda senoidal de alta frecuencia se aplica a través del circuito paralelo LC, hay una frecuencia específica a la que el circuito LC resuena y aparenta ser un circuito abierto. Para resto de frecuencias el circuito LC se muestra como una carga o cortocircuito. El circuito LC atenúa o elimina la onda senoidal en todas las frecuencias excepto una. De esta forma una señal de radio puede ser “sintonizada” preferentemente sobre otra.



### CIRCUITO RESONANTE PARA 20M

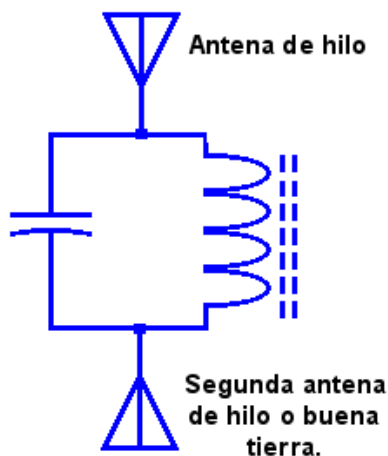
Por ejemplo, el circuito de arriba resuena en 14MHz, la banda de radioaficionado de 20 metros. La diminuta bobina es de 3.2 microHenrios. El condensador es de sólo 40 picoFaradios que es la 40 mil millonésima parte de un faradio. El circuito LC es una clase de oscilador eléctrico. Es análogo al balanceo de un péndulo o al rebote hacia arriba y abajo de un muelle mecánico. El oscilador LC tendrá el mismo ciclo de energía



que una onda de radio. Primero la energía se almacena en el campo magnético dentro y alrededor de la bobina. Durante la siguiente mitad del ciclo, la energía se almacena en campo eléctrico entre las placas del condensador. La energía alterna de un lado a otro entre esos componentes hasta que se disipa debido a la resistencia en los cables.

**Un circuito resonante LC paralelo con dos antenas forman un simple transmisor.**

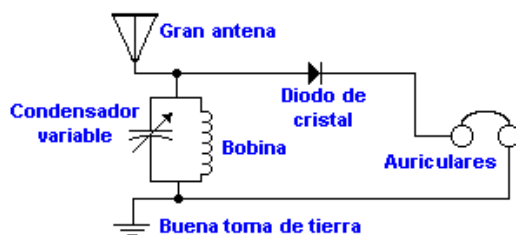
Una considerable energía puede también fugarse al espacio alrededor del circuito LC como ondas de radio. Sin embargo, una vez que conseguimos que oscile un circuito LC, estamos preparados en nuestro camino de generar ondas de radio. **Si nosotros simplemente añadimos hilo metálico al final del circuito LC paralelo, estos hilos forman una antena para acoplar el campo eléctrico alrededor del espacio libre.** En otras palabras, el simple circuito que se muestra abajo es un puro transmisor de radio.



Un receptor de ondas de radio puede ser construido de la misma forma. Imagínate dos circuitos LC paralelo idénticos con antenas se sintonizan para resonar en la misma frecuencia. Ahora imagínate que este segundo circuito está flotando en el vacío, tal vez a cientos de kilómetros del circuito transmisor. Cuando las ondas de radio radiadas llegan al circuito LC receptor, la componente del campo eléctrico en la onda de radio producirá un leve incremento de corriente en los hilos que cargan al condensador. Alternativamente, y dependiendo de la orientación de la bobina respecto a las ondas de radio, la componente magnética de la onda de radio inducirá un leve voltaje que aparecerá a través de la bobina. Esto es igual que si el inductor fuera el secundario de un transformador. Una vez que la onda de radio ha dejado de vibrar, una pequeña, minúscula oscilación permanecerá en el circuito LC receptor, sonando de un lado a otro entre el inductor y el condensador.

## RECEPTORES DE RADIO A CRISTAL

Un receptor de radio a cristal es un excelente primer proyecto. Tiene varias partes y son fáciles de comprender y construir. Los receptores de radio a cristal eran juguetes comunes cuando yo era un crío y mi primer proyecto electrónico fue la construcción de uno. Aunque de niños jugábamos con receptores a cristal, nosotros realmente no los comprendíamos. Cuando dejaban de funcionar, nosotros teníamos solo una vaga noción de como repararlos. Si tú compraste un receptor a cristal de juguete, yo nunca vi uno que tuviera remotamente explicaciones tan completas como lo que estás leyendo ahora. Comenzaremos con el receptor a cristal, luego podremos construir sobre lo que estamos leyendo para construir transmisores y receptores más elaborados.



Los receptores de radio a cristal tienen seis partes básicas. La antena por supuesto recoge la señal del aire. La combinación del inductor y el condensador se sintonizan la estación deseada. Esto es, el inductor y el condensador oscilan a la frecuencia de la estación deseada. El diodo de cristal rectifica la onda senoidal que está oscilando a través del circuito LC. Esto convierte la onda senoidal de alta frecuencia en frecuencias sonoras de baja frecuencia que pueden ser escuchadas en los auriculares.

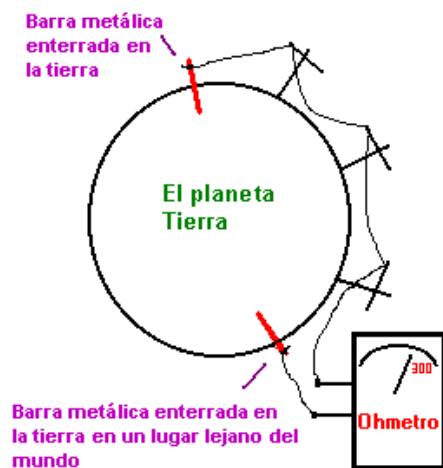
### La antena

Para los receptores de radio a cristal es fácil construir una antena de “campo eléctrico”. Es normal un hilo largo estirado de una ventana o en lo alto de un árbol. Una limitación de una única antena de hilo como esta es que, cuando la onda de radio genera un voltaje en el cable, la corriente que pudiese producir no tiene donde ir. Una simple antena de hilo es igual que el terminal de una batería. Si, la batería tiene una tensión, pero sin una conexión en el otro terminal del circuito LC, el flujo de corriente no tiene por donde circular. Para proveer un destino para la corriente nosotros podemos añadir una segunda antena. Alternativamente podemos conectar el receptor de radio a cristal a “tierra”.

### La tierra

“Tierra” eléctrica es una palabra que hemos leído desde jóvenes, pero la mayoría de la gente pasa su vida sin comprenderla. Yo sospecho que el término surgió durante los primeros tiempos de la comunicación telegráfica en 1840. De esto resultó que la tierra húmeda es bastante buen conductor. Si tú introduces dos barras de metal en la tierra en tu jardín y conectas una batería a las dos barras, la corriente circulará de una barra a otra. Para dos barras de unos 30 metros, la tierra ofrece una resistencia de unos 100 ohmios. De esto resulta que la mayoría de la resistencia eléctrica al flujo de corriente está alrededor de la barra metálica. Una vez que las corrientes se han enviado, la

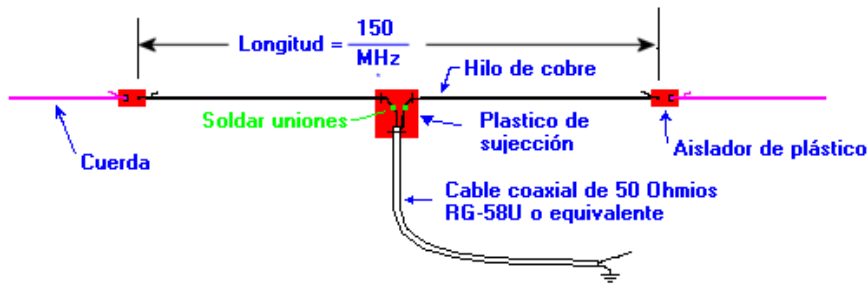
resistencia eléctrica solo se incrementa ligeramente conforme incrementas la distancia de separación entre las barras. Una barra de metal en un jardín en China y otra barra metálica en tu jardín en España solo tienen 300 ohmios de resistencia entre ellas. Esto era beneficioso para los telegrafistas lejanos porque solo tenían que llevar un único cable entre ciudades en vez de dos cables para completar el circuito cerrado. En la práctica, usando la tierra como un “hilo” inerte no es tan factible como llevar un segundo hilo, pero esto ilustra el concepto de tierra.



Una buena conexión eléctrica con tierra es un componente esencial del receptor de radio a cristal. La tierra más accesible para un receptor de radio a cristal o para una estación de radioaficionado normalmente es una tubería de cobre o una tubería de agua caliente. Para bajas frecuencias, como las emisoras comerciales de AM, las antenas eléctricas ideales son muy grandes. No es necesario decir que, la Tierra está habilitada para ser usada convenientemente como la mitad de una antena.

## Dipolos

Al contrario que en bajas frecuencias, en altas frecuencias, como televisión en VHF o radio FM, la longitud ideal de una antena eléctrica es de un metro aproximadamente. Aunque puedes usar una pica metálica introducida en tu césped para el camino de “tierra” en tu TV, es mucho más sencillo usar una segunda antena corta orientada 180° respecto a la antena “real”. Esta doble antena se llama “**dipolo**” y es el diseño de la antena más básicamente usada en la radioafición y antenas de TV. Aunque no es obvio, el conjunto de tubos metálicos delgados en lo alto de un tejado son justamente refinamientos de la “antena dipolo” básica. Una antena de radioaficionado común y versátil es el dipolo mostrado abajo. En general en la frecuencia más baja, el dipolo debe ser más grande para que pueda funcionar bien. Un dipolo típico de radioaficionado es el que se muestra abajo.

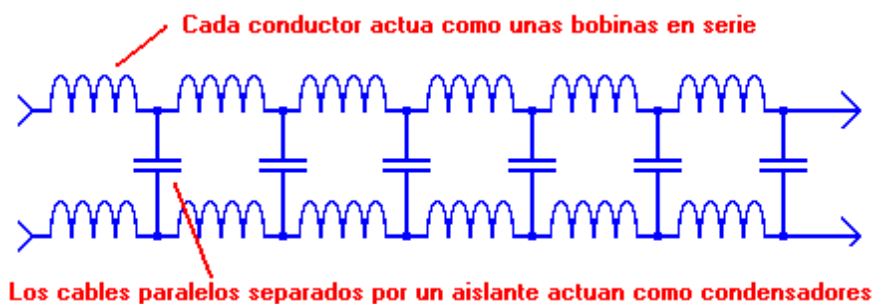


Para 40 metros la longitud es de 21.27 metros. La línea coaxial puede ser de cualquier longitud, pero cuanto más corta sea mejor.

## Líneas de Transmisión

En la antena dipolo de radioaficionado de arriba, los “brazos” se extienden en el espacio en direcciones opuestas y obstaculizan el paso del campo eléctrico. En general, a mayor altitud del dipolo por encima del terreno local, mejor recibirá el dipolo señales. Desafortunadamente, tu y tu radio están abajo en la tierra. Escalar hasta el tejado para escuchar al radio es un inconveniente, por no decir más. El problema de cómo llevar las señales de radiofrecuencia a la radio se resuelve con la “*línea de transmisión*”.

Una línea de transmisión es un par de cables paralelos separados por un aislante. Trabajan muy parecidamente a un tubo en un barco o la cuerda en un bote para hablar a distancia. En todos estos dispositivos, las vibraciones se transmiten hacia abajo en un camino estrecho con sorprendentemente pequeñas pérdidas de energía. Un estupendo ejemplo de una línea de transmisión mecánica puede ser la acequia de una granja llena con agua. Proveyendo el agua esta fluye lentamente, cuando tiras una gran roca en la acequia, la forma de onda procedente del impacto viajará cientos de metros antes de desaparecer. Una onda en la acequia se propaga sin cambios durante muchos minutos y viaja grandes distancias. En contraste, si tiras una roca en un estanque abierto, la onda se propaga en todas direcciones y rápidamente se desvanece.

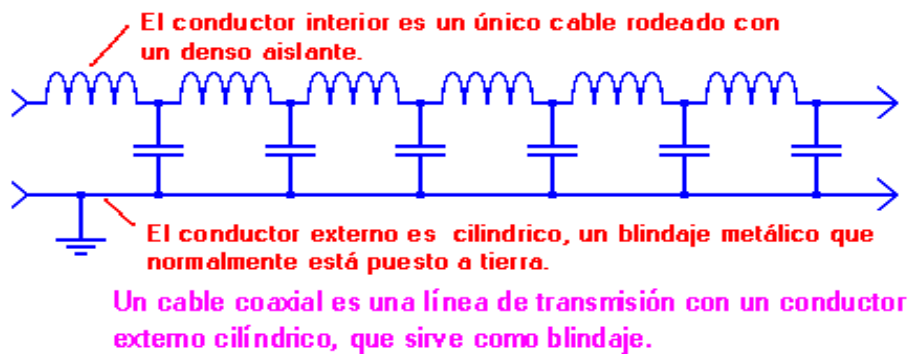


Una línea de transmisión de radio es un circuito resonante LC distribuido. Dijimos en el capítulo 2 que un simple cable tenía inductancia. Similarmente dos cables cualesquiera separados por un aislante forman un condensador, si hemos planeado fabricar un condensador o no. Consecuentemente, cuando llevamos dos cables paralelos aislados sobre cualquier distancia, se podrá medir una capacidad entre ellos y los cables tendrán un significativo aumento de inductancia. Para una onda de radio, esta construcción se ve como un amplio circuito LC sin final. Como la capacidad y la inductancia se cargan y

descargan, la oscilación no permanece fija, más bien se desplaza por el par de cables casi a la velocidad de la luz. Como tú puedes ver, la propagación en una línea de transmisión es análoga a la propagación a través del espacio libre, pero se propaga solo en una dimensión en vez de tres dimensiones. El campo eléctrico o voltaje genera una corriente y un campo magnético, que, sucesivamente, genera un nuevo campo eléctrico y así sucesivamente. Un ejemplo de una simple línea de transmisión consiste en dos cables paralelos como los cables planos de línea de TV de “300 ohmios” usados para alimentar viejos televisores.

### Cable coaxial

La línea de transmisión redonda y blindada usada para alimentar a los modernos televisores es un *cable coaxial*. En lugar de usar dos cables normales separados, el conductor externo de un cable coaxial es cilíndrico, un blindaje metálico que cubre completamente al conductor central. La inductancia del conductor blindado es mucho menor que la de un simple cable, pero mantiene las señales de radiofrecuencia en el conductor central evitando fugas externas. Mucho mejor, evita que nuevas señales procedentes de fugas lleguen al interior del cable coaxial e interfieran con la recepción de televisión.



La antena dipolo de radioaficionado descrita anteriormente usa cable coaxial tipo RG-58 para transportar las señales de radiofrecuencia hacia la casa. Tú podrás notar que el blindaje externo se conecta a tierra. Esto es casi siempre el caso con el coaxial. Tú puedes usar un cable coaxial de TV barato para tu transmisor de radioaficionado, pero encontrarás dificultades para trabajar con él. El blindaje externo de un cable coaxial barato es un papel de aluminio y es difícil de conectar mecánicamente y eléctricamente. En contraste, el blindaje externo de un coaxial de calidad un cable de cobre trenzado que es sencillo de cortar y soldar. También tiene una considerable resistencia mecánica.

### Impedancia de una línea de transmisión.

Una característica abstracta de las líneas de transmisión es, que una señal de radio viajando, la línea “se ve” como una resistencia de carga específica. Por ejemplo, el coaxial RG-58 aparenta a la señal de radio ser una resistencia de 50 ohmios. Esto no es, por supuesto, pero los niveles de tensión y corriente a lo largo del cable sugieren que así sea. En otras palabras, la tensión dividida por la corriente en puntos a lo largo de la línea

dará 50 ohmios. Otra razón para no usar cable de TV es que el cable de TV está diseñado habitualmente para 75 ohmios, mientras la mayoría de equipos de radioaficionado están diseñados para 50 ohmios.

En general, el espesor del cable y la separación de los dos conductores de una línea de transmisión, es la mayor característica de la impedancia. La cinta de transmisión plana, delgada y marrón que antiguamente se usaban comúnmente en las antenas de TV, tenía una impedancia de 300 ohmios. Algunas veces los radioaficionados usan una “línea de escalerilla” ancha cuyos conductores de cobre desnudos están separados por un par de centímetros o más de aire y varios separadores cerámicos. La línea de escalerilla presenta una impedancia de 600 ohmios. La línea de escalerilla es muy usada cuando la potencia del transmisor debe ser transmitida a grandes distancias para llegar a la antena. Debido a que la línea de escalerilla tiene o no un pequeño aislante en contacto con los cables, la pequeña disipación de energía en el aislante se reduce absolutamente al mínimo.

### **Diodos detectores.**

El diodo es el “*detector*” que convierte las ondas senoides de radiofrecuencia en ondas eléctricas de audiofrecuencia, preparadas para ser convertidas en sonido. El diodo es “una válvula de electricidad de un solo sentido”. En términos de fontanería, funciona igual que una válvula de comprobación. El símbolo esquemático para un diodo es una flecha apuntando a una barrera en posición vertical.

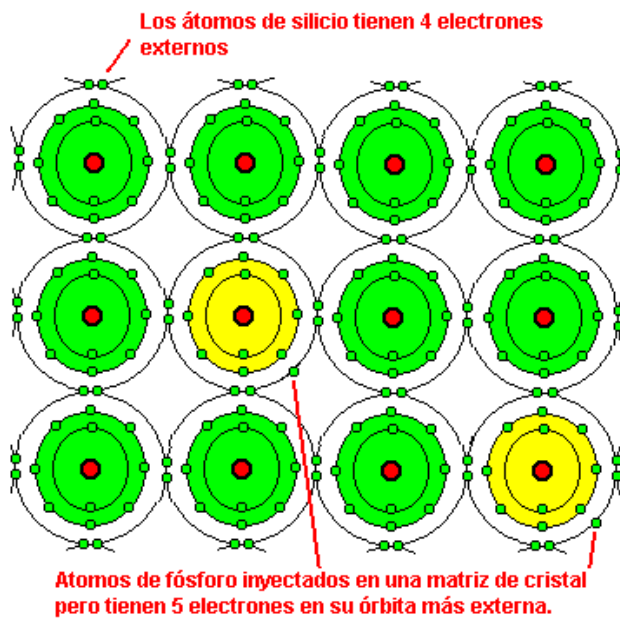
En electrónica, el convenio para *flujo de corriente “positivo” es de positivo a negativo*. Desafortunadamente, el flujo de electrones es de negativo a positivo. Pero, lo que está actualmente “fluyendo” de positivo a negativo es la ausencia de electrones. Confundido, ¿no? Yo sospecho que esta convención se estableció antes de que los electrones fueran comprendidos. Refiriéndonos al símbolo de un diodo, la corriente positiva se deja pasar si esta fluye en la dirección de la flecha. La corriente positiva será bloqueada por el diodo si esta intenta entrar al diodo por el lado de la barrera perpendicular.

Los semiconductores habitualmente mejoran la función de válvula-chequeadora de los diodos. Un semiconductor es un cristal de un elemento como el silicio o germanio que tiene una valencia química de 4. Esto es, durante las reacciones químicas este elemento puede coger 4 electrones, o ceder cuatro electrones. Como veremos próximamente, los semiconductores pueden ser creados haciendo cristales con elementos mezclados con valencias de 3 y 5, o pares de 2 y 6.

### **Semiconductores de tipo N**

Para mantener la simplicidad, supongamos que tenemos un cristal puro fabricado con silicio, que tiene valencia 4. si ponemos las puntas de prueba de algún multímetro (ohmímetro) entre este silicio puro, actuará como un aislante -no tendrá un flujo de corriente significativa. Sin embargo, si hacemos un nuevo cristal con un toque de impureza de fósforo dentro de él, de repente se volverá conductor. El fósforo tiene valencia 5 y es casi igual que el silicio en peso atómico. Estos medios que en reacciones químicas normalmente aceptan 3 electrones para completar su órbita externa con 8 electrones. Pero cuando un cristal de silicio se contamina con fósforo, los átomos aislados de fósforo están enlazados en un cristal rígido de silicio. El átomo de fósforo se fija en la matriz, pero tiene un electrón extra que está “perdido” y libre de moverse por

el cristal. El electrón no puede moverse por los átomos de silicio debido a que ellos están unidos con átomos de silicio cercanos, por lo que cada átomo de silicio tiene estabilidad en su órbita más externa de ocho electrones compartidos. Sin embargo, los electrones extra de fósforo pueden moverse hacia otros átomos de fósforo que todavía tienen perdido su 5º electrón. En otras palabras, ***un cristal de silicio con un poco de impureza de valencia 5 actúa igual que un metal***. El tiene electrones que están libres para migrar a través de cualquier sólido. Un semiconductor con electrones extra se llama ***semiconductor tipo N***.

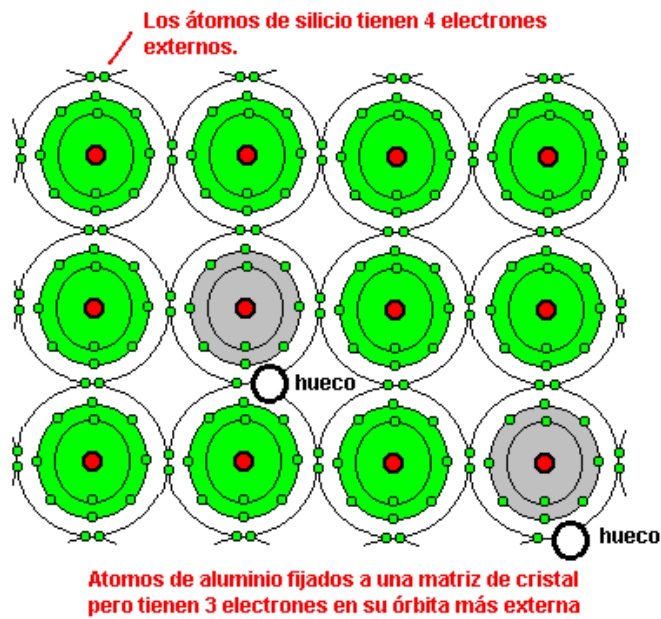


## SEMICONDUCTOR TIPO N

### Semiconductor tipo P

El semiconductor tipo P es un poco abstracto. En lugar de fabricar un cristal de silicio con impurezas de valencia 5, ahora supongamos que añadimos una impureza tal como aluminio, indio o galio con una valencia de 3. La impureza se fija dentro de la matriz de cristal, pero necesita uno o más electrones para alcanzar un equilibrio de 8 electrones compartidos con los átomos de silicio más cercanos. En otras palabras, este semiconductor tiene “***agujeros***” en la matriz del cristal que pueden ser cubiertos por electrones que pasan a través de ellos. Ahora cuando tú pones las puntas de prueba de un multímetro entre un semiconductor P, conducirá igual que el semiconductor tipo N. Sin embargo, el mecanismo de conducción es diferente. Con el semiconductor tipo P, la punta de prueba metálica que toca el cristal aporta todos los electrones libres que fluyen a través del cristal. Estos electrones están moviéndose de hueco en hueco para cruzar el cristal.

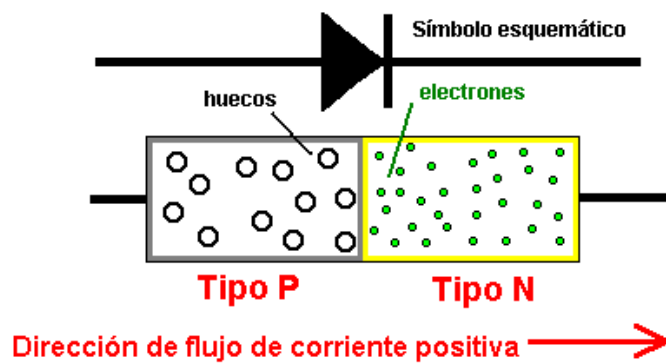
Igual que el fósforo, los átomos de aluminio están por lo menos con el mismo peso atómico y tamaño que el silicio. Los átomos de aluminio se fijan perfectamente en la matriz del cristal de silicio.



## SEMICONDUCTOR TIPO P

### Los diodos son uniones P-N

Los diodos semiconductores están contruidos poniendo semiconductor tipo P en contacto con semiconductor tipo N. En otras palabras, para que los electrones fluyan a través del diodo, los electrones deberán entrar por el cristal tipo B y entonces moverse a través de la unión al tipo P ellos completan el viaje saltando de hueco en hueco.



"Positivo al conductor P"

## DIDO SEMICONDUCTOR P-N

"positivo al conductor P"

OK. Ahora vamos a invertir las puntas de prueba del ohmímetro. Ahora vamos a poner la punta de prueba positiva contra el semiconductor tipo N y la punta de prueba negativa

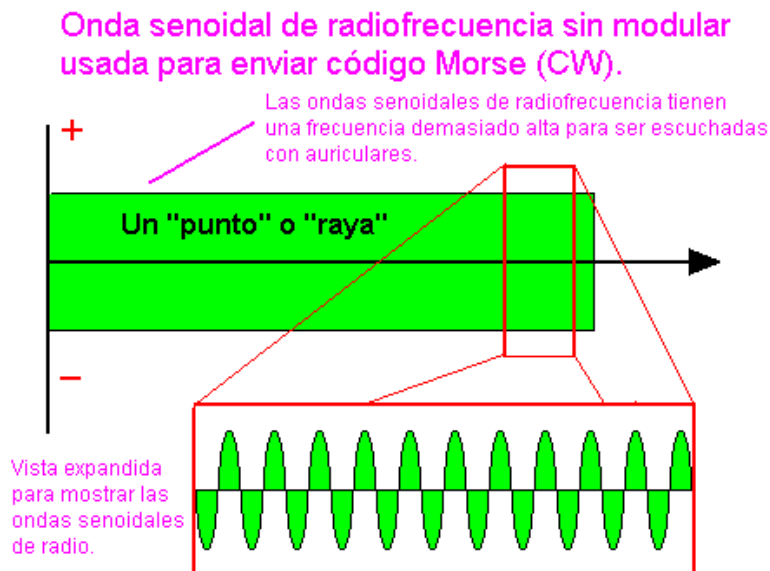


contra el tipo P. Los electrones no fluyen por la punta de prueba metálica hacia el semiconductor tipo P. No hay problema por ahora. Por el otro lado del diodo los electrones extra del silicio tipo N están siendo atraídos o “succionados” a la punta de prueba positiva metálica. Así la conducción parece que comienza bien, pero no por mucho tiempo antes de que los electrones extras en el silicio tipo N sean repelidos a lo largo de la unión P-N. Todos estos restos son repelidos por átomos con valencia 5 que ahora actúan igual que el silicio puro. Toda esta región actúa como silicio puro y la conducción se detiene.

Pero ¿por qué no pueden saltar los electrones que están migrando a través de los huecos del semiconductor tipo P a través de la barrera P-N y moverse sobre los átomos de valencia 5? La razón es la misma. Los electrones que emigran han llenado todos los huecos en el tipo P y el cristal también se ha vuelto como un falso silicio puro que es un aislante. Cuando se piensa sobre los diodos PN, recordad, “**positivo al conductor P**”

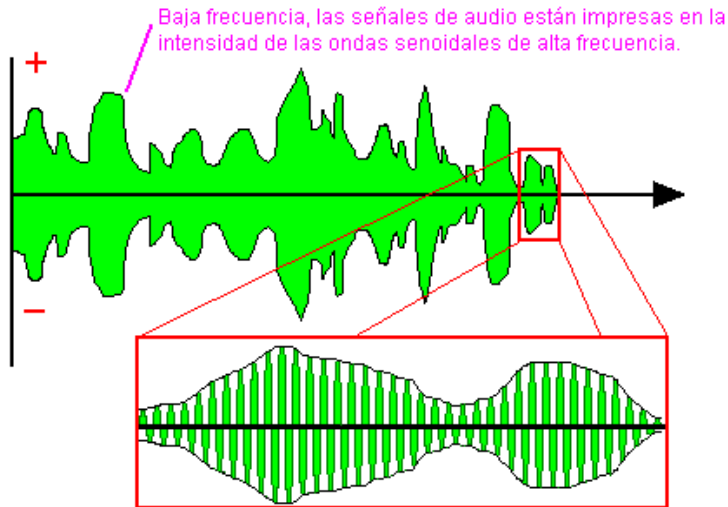
### Detección de señales de radio AM con un diodo

En amplitud modulada, (AM) la señal de audio hablada está impresa sobre la señal de radio variando la AMPLITUD de la señal de radio. Un transmisor de AM literalmente incrementa y disminuye la potencia de salida del transmisor a la vez que la voz y la música son retransmitidas. El dibujo de abajo muestra una señal de radio sin modular del tipo usado para enviar código Morse. La onda senoidal de radiofrecuencia mantiene la misma amplitud durante todo el tiempo que el transmisor está activado. Debido a que la onda senoidal mantiene la amplitud durante los “puntos” y “rayas”, las señales en código Morse son conocidas como *onda continua* o “CW”.



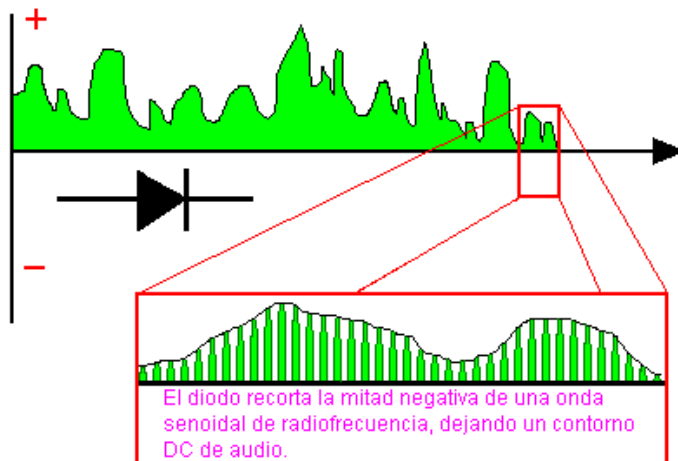
En una **transmisión de radio AM, (520 KHz a 1.600MHz)** una gráfica de la señal de RF se ve igual que la gráfica psiquiátrica Rorschach. Pero por supuesto el perfil de la señal de audio está actualmente puesta sobre cientos de miles o millones de ciclos de ondas senoides de RF.

## Modulación de Amplitud de una onda de radio



El diodo detector recupera la señal de audio “cortando” una de las dos polaridades de la señal de RF. Las corrientes senoides tienen polaridad positiva y negativa. Los diodos solo permiten la conducción en una dirección. Por tanto, cuando la corriente de una onda senoidal de radiofrecuencia pasa a través del diodo, una de esas polaridades no pasará y será eliminada. Lo que queda es una serie de estrechos, pulsos de corriente continua, todos con la misma polaridad.

## DETECCIÓN A DIODO DE UNA MODULACIÓN DE AUDIO EN UNA ONDA DE RADIO



Este proceso de detección, que también se llama *rectificación*, produce una variación de la señal DC que puede ser pasada a través de un auricular para convertirla en sonido. Físicamente, un diodo moderno es normalmente un diminuto cilindro de cristal, típicamente de 7 milímetros de longitud con dos cables alargados en los extremos - ¡no

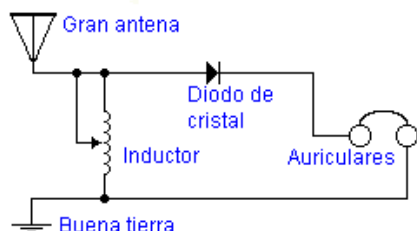
son fáciles de ver! Como se describirá mas adelante, es más divertido fabricar un diodo con un mineral sulfúrico, o con unas cuchillas de afeitarse o con imperdibles.

## Auriculares

Una vez que el diodo ha generado las variaciones de corriente DC representando la señal de audio, se necesita un dispositivo para convertir la corriente en sonido. El modo clásico de hacer esto es usar un auricular magnético. Como describiremos más abajo, un auricular es un electroimán que atrae un delgado diafragma metálico y hace que vibre en el tiempo con la voz y la música.

## Un práctico receptor a cristal

Un receptor de radio a cristal puede ser extremadamente simple. A continuación se presenta un esquema:



### Lista de componentes de un receptor a cristal:

**Gran antena** - 15 metros de cable colgado en un árbol puede ser ideal. O usa el dipolo para 40 metros descrito anteriormente. Para esta aplicación, usa todo el dipolo montado como si fuera una sola pieza de cable. Conecta el conductor central y la malla trenzada del cable coaxial juntos y fija el "hilo" resultante a la "gran antena" ubicada arriba.

**Buena tierra** - Una conexión firmemente fijada a una tubería de agua de cobre de casa puede ser ideal. Alternativamente, puedes usar una segunda longitud de cable colgada en algún otro árbol. El segundo cable debe estar lejos del primer cable. Yo casualmente tengo un dipolo para la banda de aficionado de 30 metros en mi jardín trasero. Uso mi dipolo para 40 metros como "antena" y el de 30 metros como "tierra". O como una antena puede ser conocida en esta aplicación, el dipolo para 30 metros se vuelve como "contraantena".

**Inductor** - Enrollar unas 20 vueltas de hilo de cobre desnudo sobre un tubo largo de cartón. Los tubos de cartón del papel de aluminio son las formas clásicas de las bobinas para este propósito. En general, cuanto más grande sea el diámetro de la bobina, trabajará mejor. Yo creo que las bobinas grandes trabajan mejor porque la bobina está actuando como una antena magnética, igual que en un circuito LC sintonizado. En otras palabras, una bobina de gran diámetro atrapa más componente del campo magnético

procedente de la onda de radio. Para sintonizar el receptor a cristal, tú necesitas montar un deslizador o una pinza cortocircuitadora que permita acortar un poco la bobina.

**Diodo de cristal** - Es agradable construir tu propio diodo como se describirá a continuación. Sin embargo, para comenzar, usa uno ordinario, un pequeño diodo de silicio tal como el 1N4148 o el 1N914, que está disponible en Radio Shack.

**Auriculares** - Puedes construir un auricular procedente de componentes comunes como se describe más adelante. Esto será divertido y educacional, pero más tarde o más temprano necesitarás comprar un buen par. Tú puedes comprar cualquier auricular pasado de moda de alta impedancia (2000 ohmios) o modernos auriculares de baja impedancia (8 ohmios). Los modernos son extremadamente eficientes, confortables para llevarlos puestos y tener sonido hi-fi. Los auriculares de alta impedancia son históricos y poco más se puede decir en su favor.

\*\*\*\*\*

## Construir diodos detectores

Mi experimentación con receptores a cristal como adulto comenzaron un día cuando hacía senderismo por Jamestown, Colorado. Estaba atravesando una mina abandonada de color amarillo vacía. Los restos de la mina son las más amarillentas, sulfatadas, rocas polvorientas que constan de granito agotado o metamorfoseado. De repente frente a mi cara hay trozos de brillante, mineral sulfúrico negro, que era el motivo para la mina. Sin una prueba, yo no conozco exactamente que es este metal, pero se puede apostar que es una mezcla de sulfitos de plata, plomo, y puede que zinc, una raya de arsénico, estaño y cobre. Puede incluso ser resto de oro telúrico esos cristales. Galena, es que sulfito de plomo, es el material usado en receptores de cristal de los viejos tiempos para hacer diodos detectores. “¡Caramba! ¿me preguntaría si yo puedo fabricar un receptor de cristal con este mineral?”.

Me parece que una vez vi una película de guerra en que un prisionero de guerra en un campo de concentración nazi hace una radio con un alambre de espino, una cuchilla de afeitar y papel de plata procedente de un envoltorio de chicle. Bien, eso es Hollywood, pero tal vez un receptor puede construirse sin usar componentes específicamente fabricados para radios. Me encontré que tenía un receptor de radio a cristal de juguete que databa por lo menos de 1950 en mi ático, lo recogí y lo probé. El “diodo” consiste en un diminuto trozo de galena gris sobresaliendo de un pequeño charco de soldadura solidificada. El polo positivo del diodo es un “pelo de gato”, una pieza de hilo de cobre delgado clavado contra el cristal.



La foto de arriba muestra mi receptor a cristal con los tres componentes caseros. Un circuito LC resonante es vital para seleccionar la banda de radio AM (u otra banda). No es realmente necesario un condensador de sintonía en las frecuencias de radio AM. Una gran bobina, de por lo menos 5 centímetros de diámetro con 20 a 60 vueltas enrolladas en un tubo de cartón, tenía suficiente capacidad entre espiras para resonar en la banda de AM. Desde un punto de vista físico, el circuito en un esquema “práctico” es funcionalmente igual que un circuito que contiene un condensador variable entre la bobina.

### ¿Dónde está el condensador variable?

Un condensador consiste en dos piezas de metal separadas por un dieléctrico. Si enrollas un gran aro de hilo alrededor de un tubo de cartón, entonces hay capacidad entre una espira de hilo y todas las espiras cercanas. “Pero, ¡detente! ¡Eso no puede ser! ¡Hay un cortocircuito entonces!” dirás tú. Sí, estás en lo cierto. Pero si miras un circuito LC en conjunto, la bobina es un reino de “cortocircuitos” a través del conjunto del condensador y vemos que funciona bien. La parte difícil sobre la física es que tú tienes que aprender a pensar abstractamente. Un conjunto de fenómenos se ve borroso e inconsistente. Nosotros estamos forzados a “sentir” que trabaja y que no. La espira de hilo se ha dicho que tiene “**capacidad intraespiral**” que actúa igual que si tuviéramos un condensador separado entre cualquier cosa, honrada.

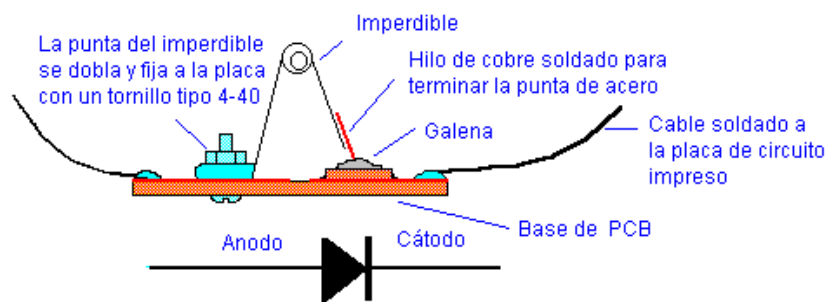
De todas formas, sin un condensador variable, no tendrás formas de sintonizar estaciones en particular. Puede añadirse una derivación en el bobinado para sintonizar una estación. Un “derivador” es un modo para acortar una parte del inductor. Usando este método tú puedes toscamente (muy toscamente) seleccionar las estaciones más fuertes en la parte alta o baja de la banda de AM. Sin embargo, si prefieres usar un condensador variable, casero o de otra forma, está a tu disposición. Encontrarás que sintonizar un receptor de radio a cristal es poco sistemático, no importa como lo hagas.

El diodo de cristal rectifica la tensión de radiofrecuencia resonante en el circuito LC y los auriculares la convierten en sonido. Algunos receptores a cristal también tienen un filtro de señal de audio o condensador “integrador”. Este condensador, de unos 0.01 microfaradios, está situado entre los auriculares. Sin embargo, en mi receptor a cristal, no tiene ningún uso útil, y lo quité. Quitar componentes es un gran camino para saber lo que hacen.

Intenta quitar el circuito LC y conecta el diodo y el auricular a la antena y tierra. En toda mi casa yo podía oír débilmente estática que sonaba como ruido de línea eléctrica. Eso implica que las líneas eléctricas generan las mayores señales de AM en todo el espectro de radio. En cualquier caso, sin el circuito LC, yo no escucho estaciones de radio.

### El diodo de cristal Jamestown

Para hacer mi detector a cristal de mineral sulfúrico, fundí un charco de soldadura de unos 95 milímetros de ancho en un trozo de placa de circuito impreso. Entonces usé pinzas para presionar un poco de metal en el charco para que, cuando endureciera, la mitad del cristal estuviera expuesta. Seguidamente soldé una diminuta vuelta de hilo de cobre encima de la plataforma en la placa para un bigote de gato.



Un imperdible presiona el bigote de cobre sobre la galena.

He fabricado un anillo de cobre cortando el final de una tubería de cobre de ¼ de pulgada que sirve como un profundo “cubo” de soldadura en el que yo puedo poner la galena. Mi primer diodo usaba vueltas de fino hilo de cobre como “bigotes de gato”. El cobre no era suficiente elástico para empujar en el cristal con suficiente fuerza para un rendimiento fiable. Bob, NORN, me dijo que cuando él era un niño, usaba imperdibles como bigotes de gato. Efectivamente, el muelle de carga del imperdible producía abundante fuerza y resolvía el problema mecánico.

### ¿Dónde está la unión P-N?

Si eres una persona atenta, te preguntarás “¿Dónde está la unión P-N con las impurezas introducidas en el semiconductor puro y todo eso?” De esto resulta que un diodo puro puede hacerse mezclando juntos materiales bastante inferiores. Por ejemplo, un cristal de galena puro consiste en un conducto y sulfuro que tienen valencias 2 y 6, que dan de media 4. Pero hay también otros átomos en un típico mineral de galena. Esas impurezas,

como la plata o cobre tienen valencias de +1 (mas 1), mientras otros metales de transición como el estaño tienen valencias de 2 o 4. Vamos a asumir que debido a la impureza de arsénico (valencia 5), mi metal es un semiconductor de tipo N. Pero ¿dónde está el semiconductor de tipo P? Resulta que si presionas un metal un metal contra un semiconductor de tipo N, los iones del metal migrarán a varias micras dentro del cristal de tipo N y harán una diminuta región de tipo P circundando el punto de contacto del “bigote de gato”.

Como puedes esperar, la desventaja de tales diodos puros es que la unión P-N es bastante frágil. Esto es, la función de válvula de chequeo solo trabaja con tensiones muy bajas y corrientes extremadamente pequeñas. La unión P-N es fácilmente destruible si pones una gran tensión inversa entre la unión o intentas pasar grandes corrientes a través suya.

### **El acero al carbono es un semiconductor**

Cuando pongo mi nuevo diodo con el bigote de gato del imperdible en el receptor de radio a cristal, estaba en un silencio sepulcral – nada. No importa como moviera la punta afilada de acero sobre la galena, los auriculares estaban muertos. Sucedió que la aguja golpeó el estaño en el filo de la galena y el cristal volvió a la vida con música de la KBCU, nuestra estación local de AM más fuerte. Al principio estaba perplejo. La aguja de acero rectificó bien contra la soldadura o contra el cobre. La señal era sin embargo solo 2/3 de fuerte de lo que era con el diodo cobre-galena, pero era mucho más fácil de ajustar.

Resulta que el “acero” es un semiconductor compuesto de hierro-carbono. La superficie de acero endurecido es un cristal, sin embargo no es radicalmente diferente del cristal de galena (sulfuro de plomo). El carbono tiene valencia 4, igual que el silicio o el germanio. Pero, si deseas construir un receptor a cristal para tus hijos, no tienes que buscar galena. Usa un imperdible presionando cobre o estaño.

Otra sorpresa para mí fue que las uniones de cobre con cobre, estaño contra estaño, o estaño con cobre también rectifica y produce débiles señales. El contacto entre dos superficies metálicas debe ser extremadamente débil – casi intocable. Este fenómeno es pobre para hacer receptores a cristal, pero es una advertencia sobre malos contactos en equipos electrónicos. **Las uniones de soldaduras frías y tornillos perdidos pueden llenar tu circuito con accidentales diodos.**

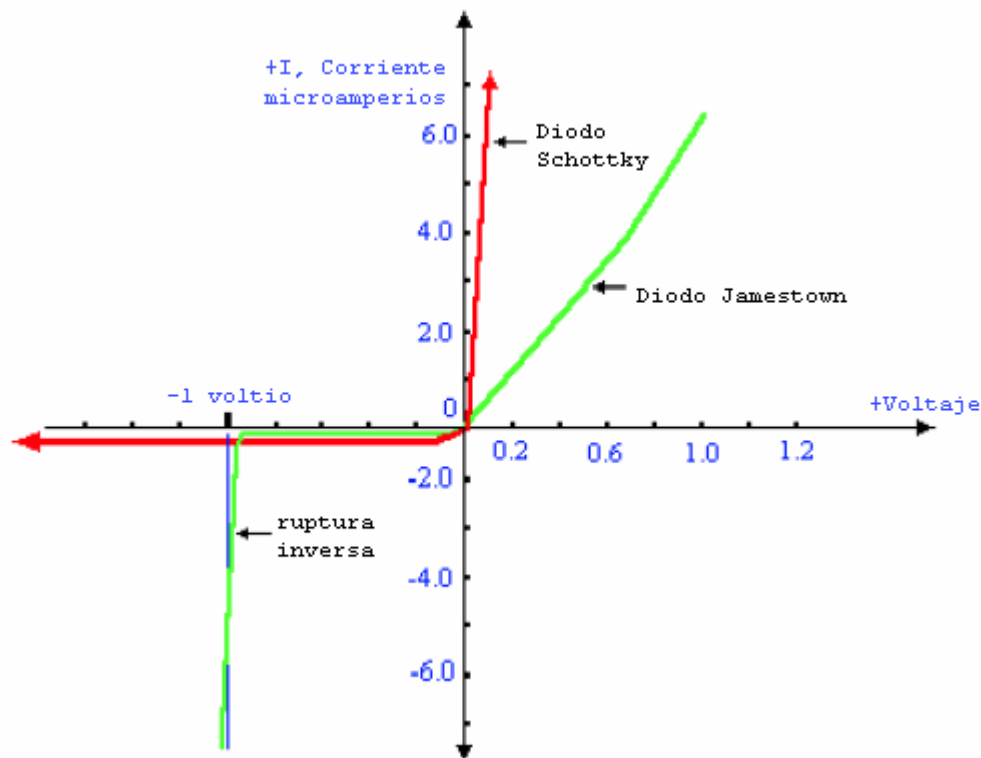
Intenté medir la característica voltios/Amperios de un diodo de cobre/acero. Y como puedes suponer, se ve como un cortocircuito en un ohmímetro. Lo estudié cuidadosamente con un multímetro de alta impedancia y con resistencias en serie de 10 megaohmios, pero aún se veía como un cortocircuito. Yo creo que aprendí que **el mundo de la detección de RF es bastante misterioso.** Por lo menos la leyenda sobre los POW en la segunda guerra mundial haciendo radios con alambre de espino y hojas de afeitar comenzaba a tener sentido. El alambre de espino debía ser el semiconductor.

Como se muestra en el diagrama de construcción del diodo, yo usé una soldadura de núcleo ácido para fijar una pieza de hilo de cobre al final de la aguja. Ahora el punto de contacto de mi diodo es entre el semiconductor galena y cobre que es distinto del semiconductor acero a semiconductor mineral sulfúrico. Yo conecté mi receptor a cristal en el conductor central del coaxial del dipolo para 40 metros y mi estación a tierra. Arañé el bigote de cobre alrededor del cristal sulfúrico y de repente estaba nuevamente escuchando nuestra estación local. Usando unos auriculares comerciales de

8 ohmios, la señal era casi extremadamente fuerte. No es nada divertida la KBCU es mayormente música rap.

### Características Voltios-Amperios de los diodos de autoconstruidos

Una vez que tuve mi bigote de gato ajustado, el diodo Jamestown era igual de fuerte como el diodo del receptor a cristal de 1935. Intenté sustituirlo por uno moderno, un diodo Schottky. Los diodos Schottky son habitualmente usados como detectores en equipos relativamente modernos. Me sorprendí al descubrir que los Schottky modernos producen grandes señales como los diodos de cristal, pero no mejores. Si estos diodos funcionan igual, ¿cómo comparar sus características voltios/amperios?



Curvas Tensión/Corriente para el diodo Jamestown y un diodo Schottky comercial.

Con grandes tensiones y corrientes, (miliamperios), el diodo Schottky actúa como podrías esperar: Deja pasar grandes corrientes (miliamperios) por encima de los 0.2 voltios de tensión directa y de fuga sólo 100 nanoamperios con tensión inversa. Note que si el Schottky fuera “perfecto”, la línea roja podría ser recta hacia lo más alto del eje vertical, y recta encima del eje horizontal hacia la izquierda. Sin embargo con muy bajas corrientes, microamperios, el Schottky comercial era más cercano a la perfección con una transición cercana a cero voltios.

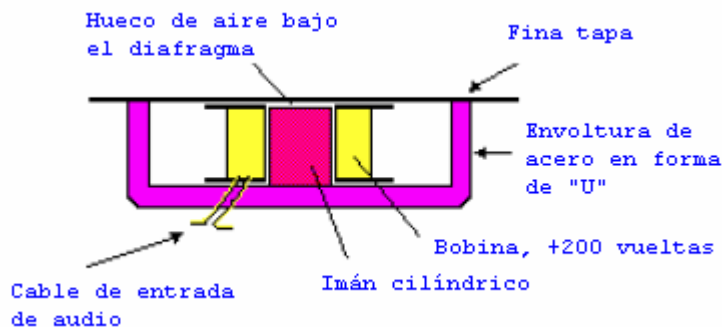
En contraste, con grandes corrientes el diodo Jamestown se comportaba como una resistencia en ambas direcciones. No me resultaba evidente que el diodo pudiera rectificar nada. Las curvas anteriores muestran el comportamiento de ambos diodos con pequeños niveles de corriente, microamperios, usando una carga de 1 megahomio (un



millón de ohmios). Para pequeñas corrientes, los diodos Schottky y Jamestown fueron ambos enormemente no lineales en el punto cero amperios, cero voltios. La sorpresa para mí fue que, para tensiones inversas el diodo Jamestown rompe abruptamente a menos un voltio. No es sorprendente su conducta si bien en ambas direcciones con “baja” resistencia de 10K ohmios de carga. Esta abrupta ruptura inversa se llama “**ruptura de avalancha**”. Cuando esto ocurre con grandes corrientes es habitual destruir el diodo. Como se puede ver en el capítulo 8, algunos diodos llamados “**Diodos Zener**” están diseñados para romper a una tensión específica sin ser destruido.

### El auricular Caribú.

Construir mi propio auricular fue la parte más dura de mi receptor a cristal. Un auricular usa una núcleo de hilo de alta impedancia para hacer un campo magnético proporcional a la señal de audio. El campo cambiante empuja y tira contra un delgado diafragma de acero para producir vibraciones de sonido. Incluso si decides construir uno de estos receptores a cristal, te recomiendo enormemente que compres un buen par de auriculares como los que tendrás para tu equipo de radioaficionado. También, con auriculares comerciales el habla y la música será perfectamente clara y fuerte, incluso con un imperdible como diodo.



### El auricular Caribou

Una sección transversal de mi auricular casero se muestra arriba. Su construcción es básicamente igual que unos anticuados auriculares de alta impedancia. Seguramente el sonido es débil. ¿Qué esperas de un diafragma de auricular realizado con una fina tapa de estaño? La bobina tiene cientos de vueltas de hilo #36 (AWG) devanado en un núcleo de papel. Dentro de la bobina hay un imán cilíndrico que cogí de un viejo altavoz. Una pieza de una envoltura de acero conduce el flujo magnético alrededor de los bordes de la tapa. La fuerza magnética sostiene la tapa. Para completar el circuito magnético, la fuerza magnética se concentra en el hueco entre la fina placa de acero y el imán.



Receptor de radio a cristal mostrándose el auricular auto construido. Se ha quitado el diafragma metálico.

Yo empecé usando un pequeño imán procedente de un viejo altavoz, pero este se sentía como un fraude. ¿Podría Heinrich Hertz haber utilizado un altavoz de imán? De todas formas, me pareció que el imán no era esencial. ¿Por qué no podría la bobina magnetizar un hierro común? Intenté sustituirlo una gran tuerca de acero del mismo tamaño. Seguramente, funcionó, pero el sonido era demasiado débil para ser audible en un receptor de radio a cristal. Sin embargo, cuando enchufé el auricular autoconstruido con la tuerca de acero en mi radio de onda corta, era asombrosamente ruidoso. No es Hi-Fi, eso sí, pero es fuerte. No, para un auricular sensible se necesita un imán para superar la histéresis.

### **Histéresis**

¿Qué es la histéresis? te preguntarás. Cada vez que se magnetiza el hierro con una bobina con corriente continua (DC), un minúsculo “dominio magnético” en el hierro se alinea para hacer un gran campo magnético. Pero cuando la corriente continua (DC) se corta, algunos de los dominios magnéticos siguen alineados y dejan un campo residual. Para magnetizar el hierro en dirección opuesta, una corriente de polaridad opuesta debe primero superar el campo residual. Esto significa que la histéresis interfiere con la sensibilidad de señales débiles. Dado que los receptores de radio a cristal son autoalimentados por las ondas de radio, la sensibilidad es vital. Se necesita un imán para sobrepasar la histéresis y el balance del campo magnético de modo que funcione siempre en una dirección. Podría magnetizar el hierro con una bobina para corriente continua (DC), pero entonces siendo un purista, necesitaría construir una batería de

fabricación casera. Y necesitaría fundir y sacar mis propios cables de cobre. (Olvidaros de lo que dije).

Tuve una inspiración repentina. Cavé alrededor en mi colección de rocas y encontré un trozo de mineral de magnetita procedente de la mina en Caribou, Colorado. La magnetita es un óxido específico del hierro,  $Fe_2O_4$ , que conserva un campo magnético. Trabajé la magnetita con mi amoladora de banco en un pequeño imán cilíndrico. Desafortunadamente, la amoladura y el calor arruinaron el magnetismo. Sin embargo, fijándolo a un gran imán permanente, fui capaz de poner mi magnetita en un fuerte campo magnético. Entonces lo golpeé firmemente contra mi yunque. Créalo o no, aquél abuso restauró el campo magnético. ¡Contemplan! – la radio completada con la roca del condado de Boulder y el rollo de papel higiénico.

¿Cómo se mejora? Bien, francamente el auricular casero es patético y necesita un montón de I+D. El sonido es muy fuerte cuando lo conectamos en una radio real, pero instalado en el receptor a cristal, apenas puedo escuchar la música rap. Sin embargo si tengo un diafragma de acero más fino, un auricular para cada oído, acoplado la impedancia óptima, una mejor artesanía y otros refinamientos, se puede aproximar a un auricular comercial. En otras palabras, para escuchar en serio, comprad un buen auricular! Y, después de que juegues con cristales caseros, te sugiero que compres algunos diodos de silicio. Los diodos tipo 1N914 o 1N4148 trabajan muy bien en esta radio. **Ellos no trabajan mejor que el diodo hecho con metal sulfúrico**, pero son más pequeños, más resistentes y no necesitan ser enroscados.

\*\*\*\*\*

## RECREANDO EL EQUIPO DE RADIO DE HERTZ

La mayoría de lo que he leído sobre la historia de la radio fue escrita por no-ingenieros. Ellos describen el revolucionario aparato inventado por nuestros héroes usando viejos términos de radio como “resonancias de la tierra”, “eter”, y “cohesores”. Ellos nos decían a cuan lejos transmitían, pero solamente nos dan las pistas más débiles sobre cómo el chisme trabajó realmente. ¿Era un transmisor de chispa? ¿Un alternador de alta velocidad? ¿Qué demonios era, de cualquier modo, un “oscilador Tesla”?

En 1884 James Maxwell publicó cuatro ecuaciones que cuantificaron y conectaron el magnetismo con el fenómeno eléctrico. Estas ecuaciones también predijeron la existencia de las ondas de radio. El cambio magnético y los campos eléctricos se relacionaron el uno al otro con funciones senoidales. Así pues, una vez que los físicos tuvieron las ecuaciones listas, no fue un salto demasiado enorme para concluir que una onda senoidal da forma a los campos eléctricos y magnéticos pudiendo generar el uno al otro en una oscilación y la energía de la radio podría propagarse a través del espacio.

En 1889 Heinrich Hertz, un profesor de física en la Universidad de Bonn, Alemania, fue el primero en demostrar las ondas de radio en el laboratorio. Por supuesto podría haber hecho esto en 1884, o 1887, dependiendo la página web que visites – ¡ah, la gloriosa era de la información!

Eso es fascinante, pero ¿**Cómo** pudo él demostrar las ondas de radio? Usando la tecnología de 1880, eso no podría haber sido sencillo. ¿Cómo sabía él que estaba detectando ondas y no acoplamientos magnéticos de una bobina a otra? O si su “antena” era capacitiva, ¿cómo sabía que no estaba observando un acoplamiento capacitivo? **Si**

*yo fuera escéptico sobre la existencia de ondas de radio, pero si yo comprendiera las implicaciones completas de las ecuaciones de Maxwell, podría ser convencido si yo pudiera ver la comunicación a través de una distancia mayor a una longitud de onda. Un mínimo de una longitud de onda significa que “la presunta onda electromagnética” puede cambiar la energía de un campo magnético a eléctrico y volver nuevamente por lo menos una vez. Por supuesto, yo también podría desear ver evidencias de ondas estacionarias y una forma de medir la frecuencia.*

### **Demostrando las ondas hertzianas**

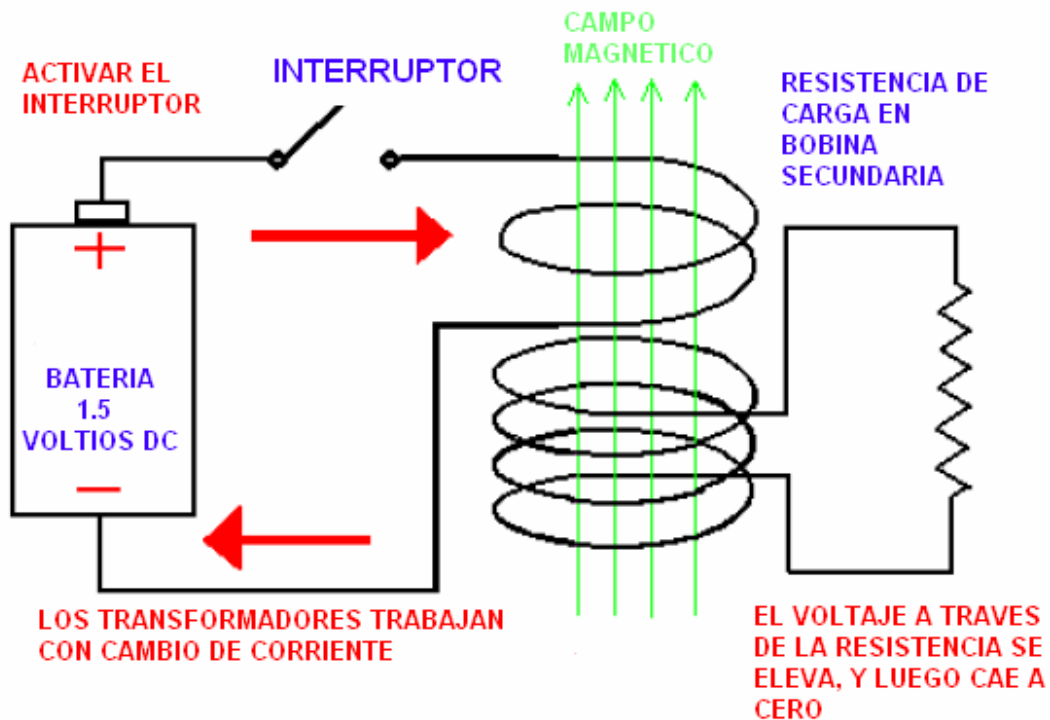
Supongamos que tú eras Heinrich Hertz en el año 1884 y Maxwell acaba de predecir la existencia de las ondas de radio. Usando componentes disponibles en tu época, ¿cómo podrías generar ondas hertzianas y nombrarlas en lugar de Hertzios? Si tú eres capaz de generar ondas de radio, ¿cómo podrías demostrar a un escéptico que tú lo has hecho? Hertz dirigió esta hazaña y aparentemente su demostración fue convincente. De lo contrario la unidad de medida para la frecuencia podría no haber sido los “Hertzios”. Un Hertzio equivale a un ciclo (una oscilación completa) por segundo.

Cuando tuve mi primera idea de jugar a ser el Dr. Hertz, yo no estaba capacitado para encontrar una descripción de sus aparatos. Eso era una buena cosa porque me forzó a inventar mi propio método para demostrar las ondas Hertzianas. Si tú sabes bastante de electricidad para estar capacitado a ocuparse del desafío, entonces saque su hardware de 1880 y construya un transmisor y un receptor que transmita por lo menos una longitud de onda. Si no sabes como empezar, siga leyendo.

### **Transmitir y recibir tan simplemente como sea posible.**

El único detalle del aparato de Hertz que encontré descrito era el que detectaba su onda por medio de un aro de cable. El cable tenía una corriente y tensión tan grande inducidos en él por las ondas de radio que una chispa visible saltó a través del espacio en el círculo del cable. Guau! Debía haber sido una fuerte señal de radio que pudiera inducir toda esa energía en un aro de alambre. Y si la señal era tan grande, ¿a qué distancia del transmisor tenía que estar el aro? Yo supuse que la intensidad de la señal tenía que ser grande y el aro tenía que ser muy cerrado, como 30 o 60 centímetros

Si fuera un escéptico que ya supiera sobre los transformadores de Faraday, yo no podría ser convencido por esa demostración. ¿Cómo sabría yo que las ondas de radio se habían propagado a 30 centímetros de distancia al aro? Quizás todo lo que viera fuera un gran campo magnético que llega de una bobina a otra.



¿Quizás el ayudante de Hertz era justamente un transformador?

Un transformador es un dispositivo *magnético* que trabaja transmitiendo un campo magnético variante de una bobina a otra. Las bobinas (inductores), convierten la energía de una corriente eléctrica moviendo a través de un hilo en energía de campo magnético que permanece inmóvil en una nube como una región alrededor de la bobina. Si una segunda bobina está cerca de la primera bobina estará dentro de la “nube” magnética, entonces si se cambia el campo magnético, después se generará un campo eléctrico en la segunda bobina.

Los inductores almacenan energía magnética en el espacio alrededor de ellos, siempre que circule corriente a través de la bobina. Pero cuando la corriente deja de fluir, la energía magnética queda “atrapada” en el espacio. La energía magnética entonces vuelve a la bobina e induce una tensión en esa bobina que pueda forzar la corriente a un flujo continuo en una dirección. Es decir, la tensión inducida intentará mantener el estado del campo magnético y la bobina igual. Si la corriente se da por buena, entonces el campo magnético se colapsará completamente y la energía se disipará en la bobina y en cualquier circuito conectado a ella. Pero si la primera bobina está en circuito abierto e incluso los altos voltajes no pueden restaurar el flujo de corriente, entonces el campo se colapsará en la segunda bobina. Si la tensión inducida está disponible, causará una corriente que fluirá en la segunda bobina para mantener el campo. O, como en el caso del detector de aro de Hertz, la tensión inducida causó una gran chispa saltando a través del espacio donde estaba la resistencia localizada arriba.

### **Pero yo pensé que los transformadores siempre fueron de hierro.**

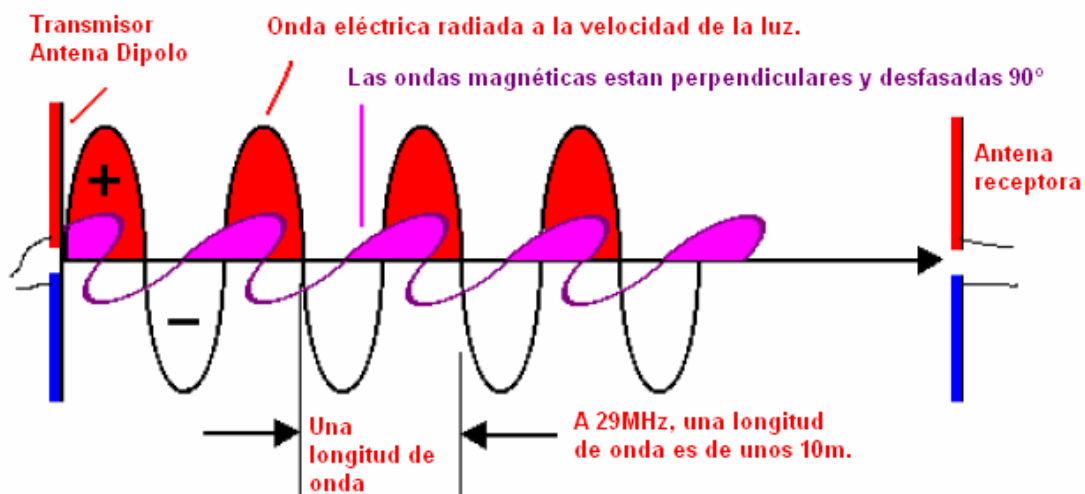
Puedes pensar que los transformadores no son débiles bobinas de aire sino cosas grandes de hierro como grandes cilindros de acero en el poste de energía eléctrica que hay en el callejón detrás de tu casa. Sí, esas cosas de acero son transformadores pero están diseñados para líneas eléctricas de baja frecuencia. Una frecuencia de radiodifusión en AM está en una frecuencia del orden de un millón de Hz, mientras la compañía eléctrica suministra corriente a 50Hz. Por lo tanto, en vez de tener aire entre las dos bobinas, los transformadores eléctricos tienen hierro. El campo magnético de la bobina magnetiza el hierro temporalmente. Reclutando hierro y doblándolo en un imán incrementa el campo magnético mil veces o más.

Con un enorme campo magnético almacenado en el hierro, el transformador eléctrico puede transmitir cantidades de energía con solo 50 cambios de dirección por segundo. Un transformador similar sin núcleo de hierro podría transmitir la misma cantidad de energía, pero tendría que repetir el ciclo del campo magnético quizás mil veces más para transferir la misma cantidad de energía total.

Yo estoy consiguiendo adelantar mi historia, pero ¿por qué supones tu que la compañía eléctrica no usa 1 millón de Hertzios y no elimina todo ese hierro? Después de todo, a un millón de Hertzios la tensión de RF todavía podría ser un riesgo de quemadura, pero no podría electrocutar a nadie y sería considerablemente más segura. Desafortunadamente, a un millón de Hz las líneas eléctricas podrían actuar como antenas y radiar energía en el cielo en vez de entregarla en tu casa.

### **¿A cuanta distancia se debería transmitir para demostrar la existencia de las ondas Hertzianas?**

Para estar seguros de que las ondas son Hertzianas y no solamente campos magnéticos, yo podría ser impresionado con la demostración si el detector (el receptor) estuviera retirado a una longitud de onda. Una longitud de onda es la distancia que una onda de radio viaja durante el tiempo que completa un ciclo de un campo magnético, al campo eléctrico, y vuelve al campo magnético.



La velocidad de la luz es de 186.000 millas por hora, o 300.000.000 metros por segundo (un metro es aproximadamente 39 pulgadas). Una longitud de onda es la distancia a la que una onda viaja mientras convierte durante un ciclo la energía magnética en eléctrica. La longitud de onda de la banda de radioaficionado de cuarenta metros (7MHz) es obviamente 40 metros. Resulta esto típico, las longitudes (totales) de las antenas para los transmisores de radio son media longitud de onda o un cuarto de longitud de onda. En 40 metros, un monopolo vertical típico es un cuarto de onda o 10 metros (33 pies) de altura. La banda de aficionado de 10 metros se extiende desde los 28.0MHz a los 29.7MHz.

¿Cual es exactamente la frecuencia en Hertzios para la banda de radioaficionado de 10 metros?. Para convertir la longitud de onda a frecuencia, dividir los metros por segundo de la velocidad de la luz por la longitud de onda:

$$f = c / \lambda$$

Donde **f** representa la frecuencia, **c** representa la velocidad de la luz y  $\lambda$  representa la longitud de onda.

Velocidad de la luz / longitud de onda = Frecuencia en Hz.

300.000.000 metros/segundo / diez metros = frecuencia de 30 Millones de Hz (30MHz)

Recuerda que la banda de radio de AM se extiende desde los 550.000 Hz a 1.7 MHz. El canal 2 de televisión comienza en los 54MHz. La banda de radioaficionados de 10 metros está aproximadamente entre la banda de radio de AM y la TV.

Volviendo a la demostración Hertziana, si deseo transmitir una longitud de onda, en 40 metros, mi aro tendría que estar a 40.23 metros de mi transmisor. Francamente, yo no creo que el aro detector de Hertz trabajara a esa distancia. Y si así fuera, yo podría ser arrestado por usar un transmisor tan potente. Por regla general, la FCC no se opondrá a experimentos como éste si las ondas de radio no pasan de los 15 metros de distancia para fuerzas de señal fácilmente detectables. Por otra parte, yo podría usar una banda alta de radioaficionado como los 10 metros. Ahora yo sólo tengo que llegar a 10 metros de distancia. Esto es mejor, pero el aro sigue estando a más de 30 centímetros de distancia. Si me voy a las frecuencias de UHF, la longitud de onda puede reducirse a 30 centímetros, pero esas frecuencias son difíciles de generar y de medir con la tecnología de 1884. Yo tengo entendido actualmente que Hertz utilizó 4 metros de longitud de onda para sus demostraciones.

### **Diseñando el transmisor para 10 metros.**

Por motivos de simetría yo usé circuitos LC idénticos para mi transmisor y receptor. Para imitar un poco lo que yo sabía sobre los aparatos de Hertz, usé un aro de hilo de unos 30 centímetros de diámetro. Yo conocía por experiencia que ver chispas en el lado del receptor era desesperanzador, así que hice también en el receptor un circuito LC que sabía que podría atrapar una oscilación procedente del transmisor.

En este punto, tú puedes comenzar desde el año 1880. Todo depende de cómo seas de purista para jugar el juego histórico. Yo usé para un condensador un condensador variable moderno. De esa manera, podría ajustar la capacidad y sintonizar la oscilación para una frecuencia en particular. Si deseara ser un purista, no sería difícil hacer un condensador de fabricación casera hecho con hojas de metal con papel para el aislamiento entre las placas. Personalmente, yo estaba seguro de que tal condensador funcionaría. Pero no deseé pasar horas haciendo uno.

Mi primer problema era como iniciar la oscilación en el transmisor LC. En teoría, poniendo en cortocircuito una batería a través del aro, cargaría el aro con una gran corriente limitada sólo por la resistencia interna de la batería. Entonces cuando quitara la batería, el campo magnético de la bobina descargará forzando una tensión que aparecerá a través del condensador. El aro entonces cortocircuitará al condensador y la oscilación comenzará.

Igual que el condensador variable, este proyecto irá más rápido si usas herramientas modernas para cerciorarte de que tus componentes están trabajando. Por ejemplo, para ver si mi transmisor era realmente un transmisor, usé un receptor para la banda de radioaficionado sintonizado en los 10 metros. Seguramente, cuando chasqueo la batería en los terminales del condensador, puedo escuchar un clic en el altavoz del receptor. Y cuando sintonicé el condensador, pude conseguir alcanzar el volumen máximo de sonido agudo en un ajuste específico de condensador. Por supuesto, si esto fuera 1880, yo tendría que hacer todo esto por suposición, prueba y error. Todos estos viejos tipos fueron fuertemente maldecidos.

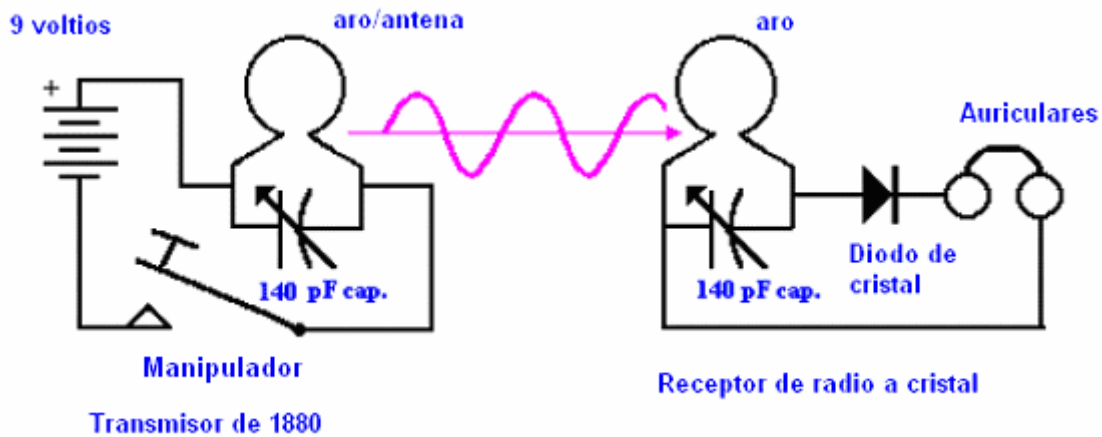
### **Diseñando el receptor**

El siguiente problema era como detectar cuando el aro del receptor estaba oscilando debido a las ondas del transmisor. ¿Qué usar como detector? La solución de 1889 podría ser usar un detector llamado **“cohesor”**. Los detectores cohesores fueron desarrollados para la telegrafía con hilos. En el tiempo en que una señal que se propagaba kilómetros abajo en un hilo telegráfico, la señal era a menudo demasiado débil para cerrar un relé mecánico. Los cohesores fueron usados para “amplificar” una señal débil de código Morse. Un cohesor era un pequeño frasco con limaduras de hierro o carbón. Cuando aparecía una diminuta tensión a través del frasco con limaduras, la resistencia de las limaduras caía precipitadamente. Esta caída de resistencia entonces permitía pasar la suficiente corriente a través de las limaduras y disparaba un relé llamado “sonador”. El sonador hacía un sonido de clic-clack que los operadores de telegrafía reconocían como un punto o una raya. Usando un cohesor, una señal débil podía conducir un sonador que no podría funcionar directamente. Para inicializar el cohesor para cada pulso, el pequeño frasco estaba montado en el sonador para que la vibración pudiera agitar las limaduras y lo mantuviera trabajando.

Desafortunadamente, los cohesores son dispositivos para baja frecuencia. Ellos son adecuados para “detectar” una señal DC en un hilo telegráfico que cruza un país. Yo dudaba que pudiera ser útil para usarse para pequeñas señales de radiofrecuencia. Siendo perezoso, no construí uno para descubrirlas. Además, mi detector de cristal hecho con piedras locales ciertamente está de acuerdo al criterio de 1880. Decidí construir un receptor de radio a cristal para 10 metros.



¿Qué hay de los auriculares? ¿Son de la tecnología de 1880? Sí, apenas. Alexander Bell construyó su primer teléfono en 1879. Usó un auricular diseñado igual que el dispositivo descrito anteriormente. Actualmente, para mi receptor de 10m usé unos viejos auriculares comerciales de alta impedancia en vez del auricular autoconstruido. No podía permitirme perder ninguna sensibilidad.



### El comunicador más simple para 10 metros

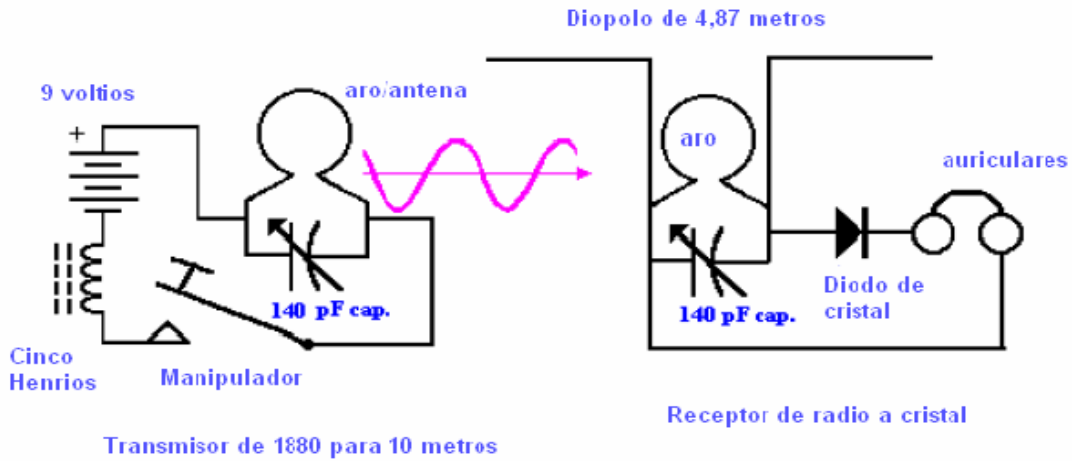
Empecé con una antena/inductores de aro de unos 30 centímetros de diámetro para ambos receptor y transmisor. En vez del interruptor de chispa de Hertz, puse un condensador variable de 140pF entre ambos aros para tener circuitos LC sintonizados.



Receptor de radio a cristal para 10 metros.

Para cargar el circuito LC, usé un primitivo “generador de chispa”. Toqué los terminales de la batería a través del circuito LC mientras escuchaba en el receptor a cristal. Posicioné el receptor a cristal a una distancia de 30 centímetros del aro del transmisor. No podría ser una “radio” comunicación, pero por lo menos me diría si estaba en la pista adecuada. Generé chispas en el lazo del transmisor mientras sintonizaba el condensador. Cuando estaba sintonizado, podía obviamente oír repentinamente

chasquidos en los auriculares. Estaba sorprendido de cómo de crítica era la sintonía. El aro grande tenía una relativa baja inductancia, así que el condensador tenía un rango de sintonía sobre los 30MHz. La sintonía tenía una forma muy penosa para los estándares modernos, pero el ajuste era crítico. En cualquier caso lo logré en un rango de 30 centímetros del aro del transmisor. Asombroso! Bien, es mucho más lejos que el área de acción del imán de un refrigerador.



Transmisor de chispa mejorado & receptor

Añadiendo un gran inductor con núcleo de hierro en serie con la batería, conseguí una chispa más grande, más sostenible y una señal mucho más alta en el receptor a cristal. El inductor era el primario de un transformador de filamento con núcleo de hierro que tenía en mi caja de los trastos. El secundario del transformador fue dejado en circuito abierto. Realmente, intenté con varios devanados de transformadores e inductores hasta que encontré uno que me dio la mayor chispa visible. La batería tenía seis acumuladores alcalinos en una batería de plástico procedente de Radio Shack. Mi manipulador telegráfico fue hecho con dos piezas de circuito impreso separadas una de otra por una pieza de madera (Ver Capítulo 9.)



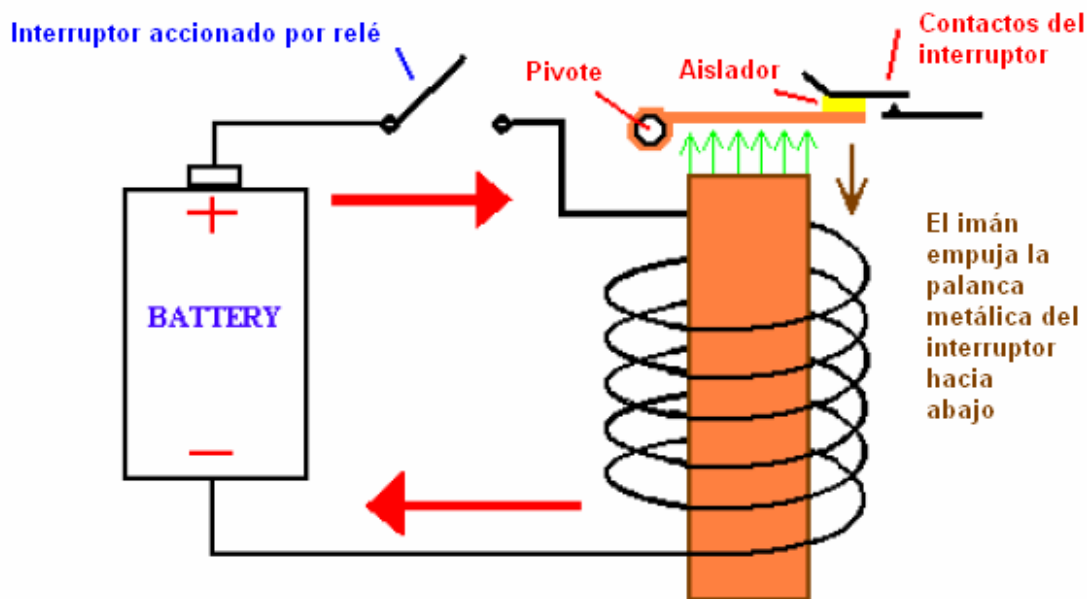
Transmisor de chispa para 10 metros.

Recluté a mi XYL para que escuchara en los auriculares mientras yo movía el transmisor por la habitación. (Las esposas son conocidas como “XYL” en el código Morse. XYL proviene de “former young lady”). ¡Ahora que tenía el inductor y una chispa más grande, conseguí alejarme a una distancia de 3 metros! Le comenté a Katie que ella estaba haciendo el mismo trabajo que el asistente de Marconi, Mignani. Cuando Mignani escuchó repetidamente la “S” en Morse, pegó un tiro al aire con un rifle. “Pero ¿Dónde está mi rifle?” preguntó ella.

### **Un relé para manipulación automática**

Desafortunadamente, una longitud de onda a 29 MHz son 10 metros y yo seguía demasiado cerca. Hummmmm...

¿Cómo conseguir los últimos 7 metros? Primero añadí un relé para manipular el inductor. Sí, había relés en 1880. El relé no tenía nada que hacer con la extensión de la distancia, pero me permitía continuar haciendo experimentos sin tener a Mignani escuchando por mí. Ya sabes, disparar el rifle y todo eso.



## CONSTRUCCION DE UN RELE

Un relé es una bobina/electroimán enrollada alrededor de un núcleo de hierro. Un trozo de bisagra de acero está suspendido por un resorte cerca del núcleo de hierro. Cuando la corriente pasa a través del electroimán, la bisagra de acero es atraída por el hierro con un “clic” audible. La bisagra, sucesivamente, cierra mecánicamente un interruptor que puede ser completamente independiente del circuito del electroimán. De esta manera, una corriente puede controlar un circuito independiente. En mi transmisor los contactos del interruptor en el relé vienen a ser mi “generador de chispa”. Cada vez que el interruptor se abre, una gran chispa salta a través de los contactos del interruptor, no es tan diferente de la chispa de la bujía de ignición de un automóvil.

Usando un relé, yo puedo usar mi manipulador de telegrafía electrónico, un “bug” pone “puntos”, al manipulador del transmisor automáticamente. Este “bug” casero se describe en el Capítulo 9. Si tú no tienes uno de esos, tendrás que tener tu manipulador “Mignani” en tu trasmisor. Con el transmisor generando una señal continua, yo puedo mover el receptor alrededor de mi casa. La señal escuchada es igual que el ruido de ignición de un automóvil que algunas veces escuchas en tu radio de AM.

### **Más alcance = mayor, grandes antenas mas grandes baterías**

Puedo fácilmente incrementar el alcance del transmisor usando más baterías y más grandes y una bobina en serie de mayor tamaño. Si realmente busco extender la cobertura, puedo añadir un dipolo diseñado para 10 metros y ponerlo en el aire a unos 15 metros de altura. De hecho, esto es exactamente lo que hicieron los hombres de aquella época, ellos fabricaron grandes antenas y transmisores. Sin embargo esto era en 1880, no en el 2002. El problema con usar una longitud de onda de 10 metros es que, si incremento la efectividad de mi transmisor, puedo fácilmente escucharlo con mi receptor de cristal a 10 metros de distancia. Desafortunadamente, otra persona puede

también escucharla en Australia. Eso sería malo puesto que los transmisores de chispa han estado prohibidos desde 1927.

La mejora más sencilla que podía hacer al receptor era añadir una antena dipolo de 5 metros. El dipolo consiste simplemente en dos hilos de 2.5 metros soldados en las placas del condensador de sintonía del receptor. El dipolo se orientó perpendicularmente a la trayectoria directa del transmisor. Eso se hizo. Ahora yo puedo evidentemente escuchar la señal procedente del sótano en la segunda planta de mi casa, a unos 15 metros de altura. ¡Esto estaba bien más allá de una longitud de onda de distancia! ¡Guauuuuu!

### **Buscando ondas estacionarias**

Para medir la longitud de onda, puse una “antena transmisora” de hilo largo de unos 15 metros de longitud a través del piso y los superiores. Reduje las baterías del transmisor de 9 voltios a 3 voltios. Entonces encendí el transmisor. Quité el dipolo de receptor y usé el aro del receptor como “punta de prueba”. Caminando a lo largo del hilo, yo podía oír picos y nulos en recepción cada 2 metros a lo largo del cable. Lo que estaba escuchando eran “ondas estacionarias”. Cuando la corriente de RF llegan al final de un hilo abierto, rebotan hacia atrás a lo largo del hilo. Las ondas retornantes cancelan y refuerzan las ondas salientes haciendo los máximos y mínimos que yo escuchaba. Un gran número de picos significa que la longitud del hilo es diferente a una longitud de onda y las ondas estacionarias son complicadas. Si el hilo fuera exactamente una longitud de onda, yo debería escuchar solamente dos máximos –justamente las dos jorobas de una onda senoidal.

Engañé después. Puesto que sabía que la frecuencia era 29 MHz, calculé cual debería ser la longitud del hilo para una longitud de onda. Sintonicé el hilo exactamente a esa distancia e intenté nuevamente. Como se esperaba, había un único mínimo en el centro del hilo. La señal sinusoidal se reflejaba de un lado a otro desde un extremo del hilo al otro, con un mínimo, el paso por cero, en la mitad. Cuando las reflexiones no vienen uniformes, tú obtienes múltiples máximos y mínimos.

Por supuesto, conocer la respuesta antes de tú comiences no es lo que experimentó Hertz. Él tuvo que resolver todos los detalles por el camino difícil. También, saber la respuesta antes de tiempo predispone el resultado. El alineamiento exacto y la distancia del aro receptor respecto al hilo era crítico, hay una posibilidad de escuchar lo que yo deseaba oír. La artesanía y la honestidad escrupulosa son esenciales cuando se hace ciencia. Mi medidor de frecuencia obviamente necesita más trabajo.

\*\*\*\*\*

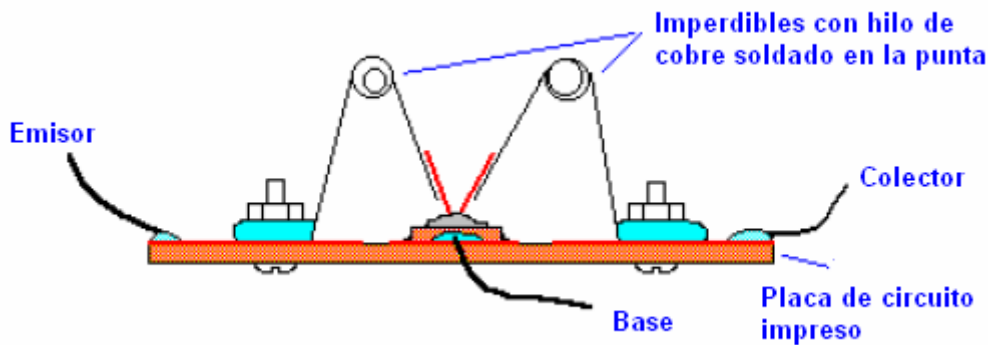
## **TRANSISTORES CASEROS**

Aquí hay otro proyecto del que puedes disfrutar. También le introducirá a los principios básicos de los transistores bipolares. Schockley y Bardeen inventaron los primeros transistores mientras trabajaban para los Laboratorios Bell en 1947. En realidad, leí que los principios básicos para los transistores de efecto de campo fueron descritos en patentes Alemanas de los años 1930. Sin embargo, los transistores de efecto de campo

no fueron desarrollados en componentes útiles hasta los años 1970. Primero usaremos uno de esos en el capítulo 6, pero serán analizados aquí.

El propósito de un transistor es “amplificar” pequeñas señales o controlar grandes corrientes o tensiones usando pequeñas señales de control. Los transistores pueden amplificar una pequeña señal que es audible solo con unos auriculares sensibles y la hace suficientemente fuerte para hacer funcionar un altavoz ensordecedor en un estadio en un concierto de rock. Alternativamente, un transistor puede usar una pequeña señal de control para activar una enorme corriente y tensión. Por ejemplo, un ingeniero en una planta de energía puede pulsar un teclado en un ordenador con una fracción de un miliamperio de corriente fluyendo a través del interruptor. Esta acción es amplificada y los resultados son megavatios de energía en cientos de miles de voltios fluyendo en dirección a la ciudad.

### El transistor casero

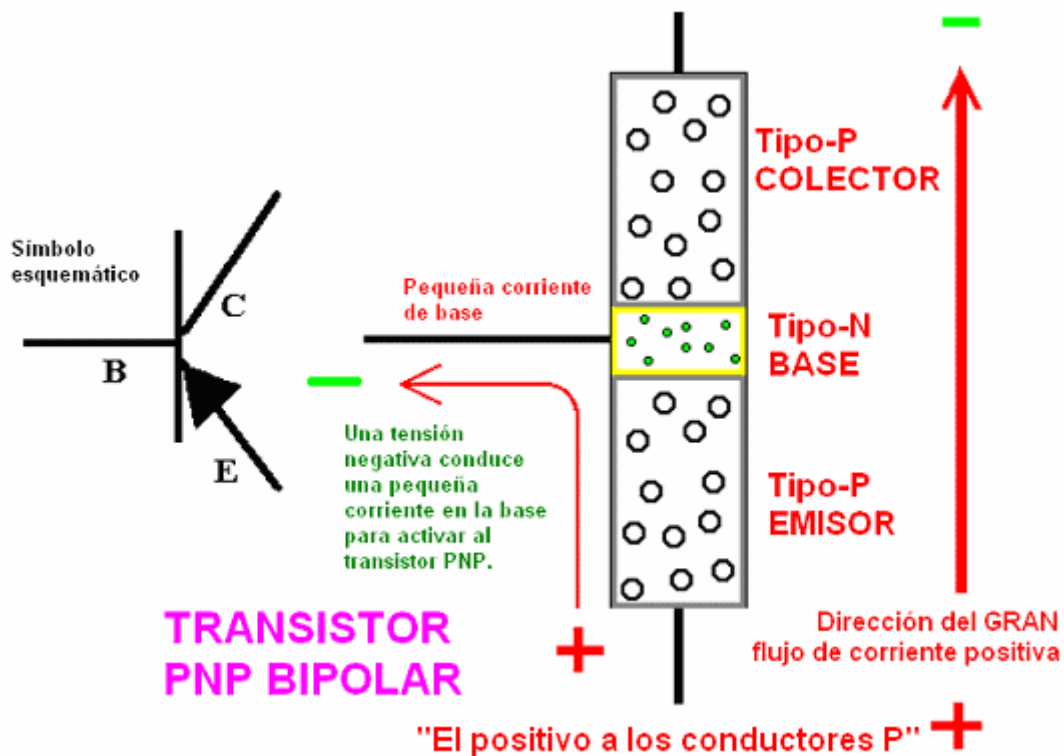


### Un transistor de punto de contacto

El primer transistor bipolar fue de tipo “punto de contacto”. Eran como el diodo de galena descrito hace poco. Después de que mis diodos trabajaran tan bien, me preguntaba si podría fabricar un transistor.

### Construcción idealizada de un transistor bipolar PNP

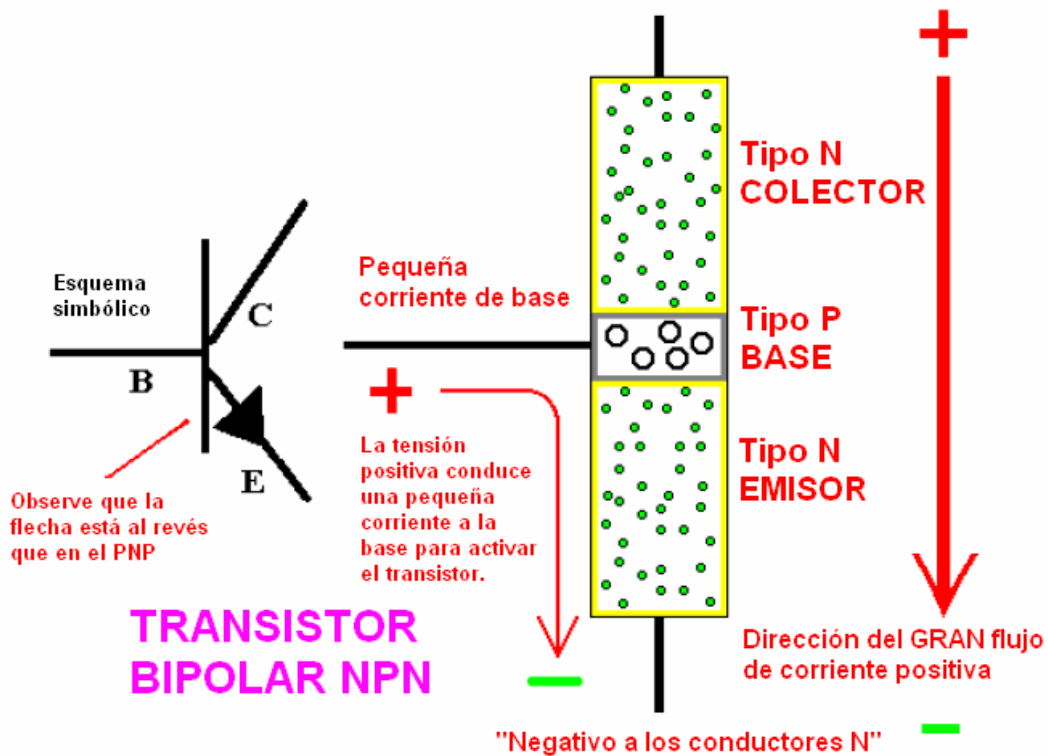
La unión de un transistor “**bipolar**” consiste en dos diodos fabricados con el mismo cristal semiconductor. En el experimento anterior, yo intenté usar galena como semiconductor de tipo N. los diodos están conectados mutuamente de modo que parezcan como un circuito abierto entre los terminales llamados “emisor” y “colector”. Los dos puntos de cobre se suponen que tocan la galena muy juntos, esa es la pequeña región de semiconductor entre los dos puntos que puede ser balanceada por la corriente de base. La corriente de base se supone que convierte eléctricamente la región del semiconductor en conductor y así activar los dos diodos en oposición.



En teoría, el metal de los puntos de cobre está difundido en la superficie del cristal y crea una pequeña región de semiconductor tipo "P" donde el cobre toca al semiconductor. Desafortunadamente el "emisor" y "colector" son idénticos y no están optimizados para sus diferentes papeles como son los transistores bipolares comerciales. También intenté fabricar un transistor de cobre/acero/cobre, pero sin ninguna tensión de ruptura medible, actuaba igual que un cortocircuito. Mirando hacia atrás me imagino que era bastante obvio.

### Transistores NPN

Una hábil ventaja de los transistores bipolares es que ellos pueden construirse de dos formas. Invertiendo los semiconductores tipo P y tipo N, un transistor NPN puede construirse para que funcione exactamente igual que un transistor PNP, excepto que todas las polarizaciones y direcciones de corriente se invierten. La ventaja de tener dos polaridades es que los circuitos pueden a menudo simplificarse usando ambas clases en el mismo circuito. En la práctica, los transistores NPN son generalmente algo más robustos y menos probables a fallar con altas cargas de energía. Por esta razón, las etapas amplificadoras de potencia son casi siempre dispositivos de tipo N. Por otra parte fabricar un transistor NPN sin toscos cristales e imperdibles es intrínsecamente difícil!

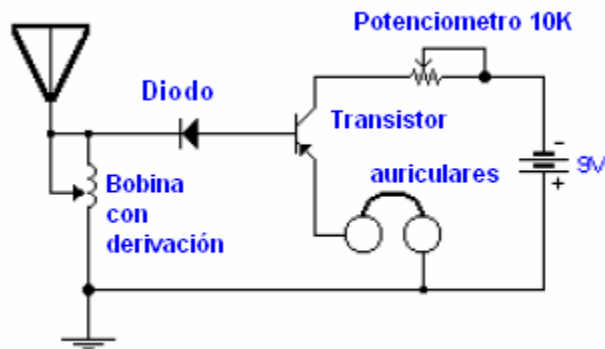


### Probando la ganancia del transistor PNP casero

Medí las características estáticas voltaje/intensidad de mi galena, en el punto de contacto del transistor pero no mostraba ninguna ganancia con corrientes estáticas DC incluso en la gama de los microamperios. Antes de dejarlo, pensé que podría probarlo como un amplificador en el receptor de radio a cristal. Quizás yo podría demostrar la ganancia en el “sutil mundo de la detección de RF”.

Decidí que mi “transistor” probablemente trabajara como un “seguidor de emisor”. En un seguidor de emisor, no hay ganancia en tensión, solo amplificación de corriente. La carga, los auriculares, podría situarse entre el emisor y la cara positiva de la batería. Eso podría adaptar la impedancia entre la alta impedancia del detector y la baja impedancia (8 ohmios) de mis auriculares comerciales. Debido a que el diodo de galena se destruye típicamente con 1 voltio de tensión inversa, yo usé una batería de 9 voltios con un potenciómetro de 10K en serie así puedo limitar la tensión en el colector a 1 voltio o menos.





Esquema de radio Rock

Cuando moví la patilla del emisor por el cristal, una fuerte estación apareció repentinamente en los auriculares. Desconecté la batería. Seguramente, la música era mucho más fuerte con la batería conectada.

### Un accidental micrófono de cristal

Con la batería puesta, pero el diodo de señal desconectado, escuché un tenue “grito de concha marina” –ya sabes, igual que un micrófono en directo. Golpeando suavemente en el chasis del transistor, escuché el sonido raspante muy amplificado en los auriculares. Me pareció haber construido un “¡micrófono de cristal!”. Cambié el transistor autoconstruido por un verdadero transistor PNP, un 2N3906, que amplifica igualmente pero que no tiene la característica como micrófono.

### Transistores reparables

Mientras escuchaba una estación de radio, incrementé lentamente la tensión de la batería disminuyendo la resistencia del potenciómetro de 10K. Como la tensión DC colector-emisor ascendía rápidamente, el volumen se incrementaba más y más. Monitoricé la tensión DC media colector-emisor con un voltímetro de alta impedancia. Entonces de repente la tensión y el sonido desaparecieron. Disminuí la tensión nuevamente, pero el sonido no volvió. Que pena! Soplé a mi transistor! No sudaba. Arañé la patilla del colector del transistor en el cristal hasta que encontré un nuevo “dulce sitio” y volví al asunto. ¡Transistores reparables! Ahora hay un concepto. Después de varios intentos encontré un dulce punto con una tensión de 5 voltios antes que el transistor muriera.

Ahora que tenía un amplificador en mi receptor de radio a cristal, cambié el auricular comercial por el “auricular Caribou” autoconstruido que describí anteriormente. Tú puedes recordar que este auricular fue construido con un trozo de mineral de magnetita y una pequeña tapadera de lata para el diafragma. Seguramente, el sonido era lo suficientemente fuerte para entender las palabras actuales, distinto a la lejana música.. ¡El progreso!

### **¿Es esto ganancia o qué?**

En la imparcialidad, la mayoría de la “ganancia” o amplificación que observé fue conducida por la corriente DC al auricular que ayuda a superar la histéresis de los componentes de acero en el auricular. Cambié el transistor por una resistencia variable de modo que la batería fuera la única función que controlara al auricular. Eso producía sonido extra, especialmente para el auricular autoconstruido que tenía un imán muy débil. Después de cambiar la resistencia y el transistor de un lado a otro, el transistor era claramente más fuerte, unos 5dB (decibelios) en mi multímetro.

Mientras perdía el tiempo con los puntos de contacto, pronto arruiné el cristal. Bajo el microscopio podía ver cobre esparcido en la superficie de la galena. Cuando construí recambios, nunca trabajaron tan bien. Pasé otra mañana intentando demostrar concluyentemente ganancia construyendo un oscilador de RF. Nunca conseguí ver nada de él, aunque por supuesto el transistor PNP real trabajaba bien.

### **En conclusión**

Sí, Virginia, tiene transistores caseros. Pero la ciencia que no es reproducible no es ciencia. Sin una mejor tecnología de base, mis transistores caseros no tienen futuro excepto quizás como micrófonos. ¡Oh, bien. Mantener las ideas y los sueños!

# SALIENDO AL AIRE

### Decidir que hacer primero

¡Conseguir la licencia de aficionado!

Si vas a construirte tu propia estación, necesitaras una licencia para transmitir. Lo más rápido es ponerte en contacto con algún radioaficionado vecino. El o ella, te dirán lo que tienes que hacer. Si no es posible, ponte en contacto con la Unión de Radioaficionados Españoles URE, [www.ure.es](http://www.ure.es). Ellos te orientarán con los libros adecuados y te guiarán al radio club más cercano, donde encontrarás más gente con quien reunirte y compartir tu afición.

### Dando forma a nuestra estación

Muchos radioaficionados se muestran felices al comprar un maravilloso transceptor de última hora, lo enchufan y empiezan a hablar. Por el contrario, un creciente número de radio-aficionados está construyendo transceptores de baja potencia, llamados transceptores "QRP".

"QRP" significa "disminuya su potencia" en código Q. En términos modernos significa transceptores que entregan menos de 5 vatios de potencia en antena. Los aficionados al QRP son a veces, radioaficionados que desean probar algo más aventurero y auténtico.

Muchos entusiastas del QRP compran transceptores en kit que incluyen placas ya listas para montar. El montaje consiste en seguir unas instrucciones, colocar los componentes en su posición correcta y soldar los terminales. Estos kits desarrollan la destreza en la soldadura y enseñan como son los componentes. Desgraciadamente, enseñan poco sobre como funciona el circuito.

Unos pocos aficionados empiezan con circuitos de alguna revista o manual. Siguiendo el esquema, construyen su propia versión del circuito. Compran sus componentes o los sacan de sobrantes y raramente usan el mismo componente usado por el autor del artículo. Un QRPpista de este tipo trabaja a base de sudor y reconstrucciones. Esto suena cansado, pero tienes la compensación de que ¡estas aprendiendo algo! Frustración inicial, persistencia y triunfo es a lo que un QRPpista de este tipo está acostumbrado.

### Reglas del juego

La construcción de tu propia estación es una especie de juego. *Nuestros oponentes son el escaso tiempo libre que tenemos y los criterios de estabilidad en frecuencia actuales.*

Mi principal fantasía es ser capaz de construir un equipo con materiales sobrantes y diseñar mis circuitos. Esto es demasiado. Uso componentes discretos, busco por los materiales obsoletos y compro componentes a través de catálogo o en tiendas locales. Para el diseño de los circuitos, pido prestados bloques de los manuales de la ARRL y otras publicaciones. Luego, incorporo estos bloques en mi proyecto.

Después de jubilarme disponía de tiempo, saque mis manuales y estudie un plan para la construcción casera de equipos. Rápidamente encontré mi primer obstáculo: los circuitos integrados. Al observar un esquema de un receptor moderno, vemos que la antena está conectada a un chip llamado "Amplificador RF". Después la señal llega a otro chip llamado "Mezclador". El mezclador recibe una señal de oscilador local de un chip llamado "sintetizador de frecuencias". La salida del mezclador llega a un filtro a cristal encerrado en una caja metálica. En resumen: Los equipos modernos son diagramas de bloques, soldados sobre una placa de circuito impreso. Yo creo que la tecnología de 1980 es la más adecuada. Aparecen pocos circuitos integrados en los esquemas. Y para los más puristas, que los hay, se pueden sustituir por componentes discretos. En resumen, intento usar sólo transistores y componentes pasivos. De esta manera aprendo como funciona el circuito y construir equipos razonablemente modernos. Los únicos componentes especiales que suelo usar son los reguladores de voltaje integrados. Para conseguir la máxima estabilidad en frecuencia, el voltaje aplicado a los osciladores debe ser muy estable y esto no se consigue con componentes discretos. Otros dispositivos que uso son los amplificadores operacionales integrados. Un amplificador operacional es una serie de transistores que funcionan como si fueran un "transistor perfecto". Se necesitarían muchos transistores para conseguir el mismo rendimiento. Mi regla es esta, si ya he probado que puedo construir el equivalente de un circuito integrado con componentes discretos, siento que ya tengo el derecho a usar ese tipo de circuitos integrados.

He aprendido como funcionan los circuitos gracias a mis reglas. ¡Y por suerte, cuando lo he hecho, he sentido que lo he hecho yo solo! No tiene por que usar mis reglas, crea las tuyas.

### **Planificando tu estación**

Un buen comienzo sería un simple receptor o un transmisor QRP. (Ver capítulos 6 y 7)

Sin embargo, antes de salir al aire con tu transmisor, también necesitarás:

- Una licencia de radioaficionado.
- Una fuente de alimentación de 12 VDC. (Capítulo 8.)
- Una antena (Ver el final de este capítulo, Capítulo 5)
- Un acoplador de antena (Capítulo 9)
- Una llave telegráfica para transmitir telegrafía. (Capítulo 9)
- Equipamiento básico de pruebas para comprobar los equipos (Capítulo 9).

Lo siguiente será:

Un receptor sensible y selectivo para todas las bandas de aficionados (Capítulo 13).

Un amplificador lineal o de clase B (Capítulo 12). Aunque el QRP es divertido, en ciertas ocasiones necesitarás más potencia. Con una estación potente, serás escuchado por muchas más estaciones, y no serás despedido con un 73 rápidamente.

Hay dos maneras de conseguir una señal mayor. Con una mejor antena, alta ganancia (direccional) o mayor altura sobre el suelo. La otra manera es con un amplificador lineal (o de clase B) para conseguir 50 vatios o más.

Un filtro Pasabajos. (Capítulo 9). Si dispones de un amplificador en clase B, es una buena idea construir un filtro pasabajos, para asegurarte que los armónicos de tu señal no interferirán televisores o teléfonos cercanos.

VFO. Pronto te darás cuenta que depender de un cristal para desplazarte en frecuencia es incómodo y pronto querrás construir un oscilador de frecuencia variable (VFO) para reemplazar los cristales. (Capítulos 10 y 11).

Generador de Banda Lateral Única. (Capítulo 15) Durante tus años de radio, en ciertas ocasiones necesitarás usar la fonía (voz) para poder hablar con muchos amigos.

De lo contrario estarás atascado hablando con viejos como yo. Pocos radioaficionados han construido su propio equipo de SSB, por lo tanto, si tú lo consigues, entrarás en un muy exclusivo club de radioaficionados cacharreros.

### Separa y conquista

Construir una estación entera de radio con componentes discretos es un proyecto enorme. El secreto para disfrutar es construir piezas cuidadosamente diseñadas que puedan probarse y disfrutar con ellas enseguida. El tamaño del desafío dependerá de por donde empieces. Si eres un ingeniero jubilado, como yo, el trabajo empieza por encerrarte en el sótano, limpiar el banco de trabajo y empezar. Si todavía trabajas, tu tiempo libre para el proyecto, será de unas pocas horas a la semana. Si nunca has trabajado como técnico en electrónica, y no tienes conocimientos de electrónica, el camino hasta llegar a ser un constructor de equipos de radio será largo. Si careces de experiencia en electrónica y dispones de poco tiempo libre, la mejor manera de empezar será comprando un equipo QRP en kit.



La estación 100% casera del autor.

No está carente de defectos, ni es la última tecnología, pero habla y se divierte con todo el mundo. Por supuesto, el osciloscopio y el frecuencímetro no son de construcción casera.

Mucha gente intenta hacer mucho en poco tiempo. Esto puede quedarse en un montón de horas empleadas en trastos inútiles que no hacen nada excepto generar calor y humo. Un plan es pensar en pequeños proyectos que te harán sentirte orgulloso en poco tiempo. Averigua que te atrae dentro de la radio y concéntrate en ello. Tus ambiciones ya crecerán conforme vayas consiguiendo tus sueños. Planéalo cuidadosamente.

### **Escoge una banda de HF**

Hace cuarenta años era práctico construir un transmisor simple para varias bandas. Desgraciadamente, hoy un transmisor de radio debe cumplir unas normas muy estrictas en cuanto a estabilidad en frecuencia. Actualmente, el gobierno solo está interesado en que permanezcas dentro de tu banda con un ancho de banda razonable. Incluso algunas estaciones se quejaron si tu señal se desvía más de 100 Hz por minuto. Este grado de precisión es difícil de conseguir, pero es más fácil si empiezas con controles a cristal y para una sola banda. Más tarde podrás expandir tu potencial según te lo permita tú tiempo, conocimientos y entusiasmo.

Existen diez bandas en HF y diecisiete más entre VHF, UHF y microondas. Además un operador puede emitir libremente por encima de 300 GHz, con potencia limitada. Al aumentar la frecuencia, los principios básicos son los mismos, pero los métodos de construcción cambian radicalmente y la precisión y la destreza necesarias alcanzarán cotas muy altas. Este libro va a tratar solamente las bandas de HF, ya que para el cacharreo en altas frecuencias (VHF y más altas) son necesarios equipos de pruebas caros y un buen conocimiento de los principios de construcción en HF. En otras palabras, camina antes de correr.

### **40, 30 y 20 metros**

Según mi experiencia, las bandas más fáciles de construir, son las de 40, 30 y 20 metros (7 MHz, 10 MHz y 14 MHz). Las señales son fuertes y suelen estar abiertas durante casi todo el año. Es fácil hablar con gente de todo el país en estas tres bandas. Hablar a lo largo de todo el planeta es relativamente fácil en 30 y 20 metros. Las antenas óptimas son relativamente pequeñas. En 40 metros (7 MHz) un dipolo mide 20 metros, mientras que en 20 metros (14 MHz) mide 10 metros. Una antena vertical para 20 metros mide 5 metros de altura. Una típica casa suburbana suele medir 15 metros de alto, por lo tanto es fácil poner un dipolo para 40 metros dentro de la propiedad.

### **40 metros (7.000 a 7.100 KHz)**

Es una gran banda para contactos en telegrafía (CW) por todo el país. Los norteamericanos tienen permitido operar de 7.000 a 7.300 KHz. La parte superior de la banda (de 7.200 a 7.300 KHz) está disponible para estaciones comerciales de onda corta. Además de 7.050 a 7.100 KHz suele estar llena de estaciones en fonía. De 7.100 a 7.150 KHz se pueden escuchar estaciones noveles norteamericanas transmitiendo a baja velocidad. Desgraciadamente es raro encontrar más de una o dos estaciones en el aire.

Por consiguiente, la mayoría de los radioaficionados usamos el segmento inferior de 50 KHz (7.000 a 7.050 KHz) para la telegrafía. La banda de 40 metros se puede usar por el día para contactos locales en fonía, pero por la noche es difícil.

### **30 metros (10.10 a 10.15 KHz)**

Es similar al segmento de CW de 40 metros. Tiene un ancho de solo 50 KHz y no está permitida la fonía. Normalmente, hay 4 o 5 estaciones en el aire. Es una banda horrible para los cacharrereros. La potencia máxima en esta banda es de 200 vatios, por lo tanto es una buena banda para el DX (estaciones lejanas). Es difícil competir con estaciones kilováticas y con gigantescas antenas direccionales. Una ventaja es que los concursos no están permitidos en 30 metros. Los radioaficionados suelen participar en concursos de fin de semana, para ver cuantas estaciones puede uno contactar en 24 horas. Todas las bandas excepto 30, 17 y 12 metros aparecen llenas de gente pasando letras. Es aburrido si no estas participando en el concurso.

### **20 metros (14.0 a 14.350 KHz)**

La banda de 20 metros es la más popular. Es ancha y suele estar abierta las 24 horas del día durante todo el año. Normalmente hay cientos de estaciones. De hecho, en esta banda es necesario un receptor con gran selectividad para poder mantener una conversación. Si eres capaz de copiar CW a alta velocidad, es fácil escuchar estaciones lejanas (DX) en la parte baja. Es difícil conversar con estas estaciones. Gran parte de la banda esta llena de potentes estaciones en fonía. Es difícil construir una estación que compita en el segmento de fonía, en la parte alta de la banda.

### **17 metros (18.068 a 18.168 KHz)**

Esta es una buena banda para CW y fonía. Está escasa de estaciones de fonía. Sin embargo, suelen escucharse estaciones de CW en la parte baja de la banda.

Cuando las condiciones son buenas, muchas de estaciones en CW, son estaciones DX del otro lado del mundo. No es mi primera elección para un transmisor QRP de CW, pero aparte de algunas estaciones de telegrafía, no hay nada equivocado en 17 metros.

### **15 metros (21.000 a 21.450 KHz)**

La banda de 15 metros es algo más difícil de trabajar que la de 20 metros, pero es una excelente banda para los principiantes. Es una banda larga, con un ancho de 450 KHz. No está excesivamente concurrida, pero hay bastantes estaciones. 21.150 KHz es un buen lugar para encontrar operadores de CW principiantes. Entre 21.040 y 21.060 KHz es donde muchos operadores de CW en QRP suelen pasar el rato. Hay transceptores QRP para 15 metros controlados a cristal, que suelen estar fijos en esta frecuencia. Cuando tú velocidad de copia llegue a las 20 palabras por minuto, te puedes mover a la parte baja de la banda donde se encuentran numerosas estaciones DX y operadores de CW de alta velocidad.

Conforme subimos de frecuencia, se necesita extremar las precauciones en la construcción y la sintonización de las antenas. Te darás cuenta de que tú receptor de construcción casera es un poco menos sensible que el de 20 metros y tú transmisor no producirá una onda tan limpia como producía el de los 20 metros. En cambio, una antena vertical para 15 metros tiene una altura de solo 3,35 metros y el dipolo tendrá una longitud total de 6,7 metros. Otra razón para elegir la banda de 15 metros es que un dipolo para 40 metros (o una vertical) puede trabajar bien en ambas bandas (40 y 15 metros). Esta simple antena resuena en ambas bandas.

Algunos radioaficionados tienen sus antenas para 15 metros dentro de sus áticos o por el techo de sus casas. Cuando estaba en el instituto, un amigo mío, Al Beeper, K0KZL, tenía una antena para 15 metros por dentro de su habitación. Usaba como aisladores tubos fluorescentes los cuales brillaban al pulsar el manipulador. Si, la señal de Al sería mucho más fuerte si su antena hubiera estado fuera atada a un árbol a 6 metros de altura, pero su antena interior era suficiente para hacer contactos por todo el país (USA).

### **Apertura de bandas y “sunspots” (manchas solares).**

La desventaja de los 17 metros y otras bandas más altas, es que a menudo no están abiertas. Cuando las manchas solares son escasas, la parte superior de la atmósfera terrestre está poco ionizada y las señales de radio pasan directas a través de la ionosfera hacia el espacio. La banda de 15 metros suele estar cerrada durante meses, especialmente en verano. Durante estos periodos lo único que escucharás es el silbido de la estática. Por otro lado, durante estos periodos se puede usar la banda para comunicaciones locales. Cuanto más alta sea la frecuencia, más frecuente será que esté cerrada la banda. Las bandas de 10 y 12 metros son incluso más irregulares.

### **10 y 12 metros.**

Encuentro más fácil construir convertidores de recepción para estas dos bandas que para 15 metros. Sin embargo, construir los transmisores es más difícil. Mi amplificador final y mis antenas son difíciles de acoplar. Me costó muchos intentos y muchas modificaciones, conseguir más de unos pocos vatios de salida en 10 metros. Por ejemplo, mi relé conmutador de transmisión-recepción refleja demasiada potencia para trabajar adecuadamente en estas bandas (alta ROE). Tuve que quitar el relé y usar una antena independiente para el receptor. Sin embargo cuando conseguí sacar 2 vatios en 10 metros, pude hablar fácilmente con otros continentes. En este sentido, creo que la banda de 10 metros es la mejor banda para QRP. Aunque como dije, los meses pasan sin escuchar nada salvo la estática.

Cuando estaba en el instituto, mis compañeros y yo construimos unos walkie-talkies para 10 metros. Sacaban un cuarto de vatio (250mW) sobre una antena con bobina de carga. Una de mis más grandes emociones fue hablar desde Colorado, con un amigo en New Jersey. Pero eso no es nada, mi amigo Bob (N0RN) hablaba desde la calle con un amigo en Marruecos. Cuarenta años después aún recuerda su indicativo, CN8NN.

### **6 metros**

Esta es una banda enorme de 50 a 54 MHz. Se parece a los 10 metros en el sentido en que con unos cuantos vatios puedes hablar alrededor del mundo. Algunos años, el último fin de semana de Junio, se llena de estaciones de todo el mundo. El inconveniente es que raramente está abierta. Podrás estar escuchando durante meses hasta que consigas escuchar estaciones. Con buena destreza, es posible construir equipos para esta banda usando la tecnología descrita en este libro. Sin embargo, no lo recomiendo hasta que no te aburras de los 10 metros.

### **80 y 160 metros**

80 metros (3,5 a 4 MHz) y 160 metros (1,8 y 2 MHz) son bandas anchas y poco usadas.



Los transmisores más fáciles de construir son para estas bandas. La banda de 80 por la noche, esta llena de estaciones de fonía, pero pocas estaciones de CW se oyen. Es difícil construir buenos receptores para estas bandas, debido al alto ruido atmosférico. Además si tu receptor no está bien filtrado, puede saturarse por las señales de estaciones comerciales de AM. Con un moderno transceptor de gama alta podrás escuchar docenas de estaciones, mientras que con un simple receptor escucharás unas pocas. Durante el día, estas bandas solo son buenas para contactos locales. Por la noche, si el ruido de tormentas no es muy alto, habrá muchas estaciones de todo el país.

Otro inconveniente de estas bandas es que se necesitan grandes antenas para un buen rendimiento. Para 80 metros una vertical medirá 20 metros y un dipolo unos 40 metros. Para 160 metros las antenas medirán el doble que estas. Puedes usar antenas con bobinas de carga y acopladores, pero sin una buena antena tu señal es difícil que salga del país. Disponiendo de una antena grande te sorprenderás de ver como con tu transmisor QRP puedes hablar por todo el país en 80 metros.

### **60 metros**

Desde el 4 de Julio del 2003, se puede operar en fonía (USB) en cinco canales estrechos de esta banda. Esta banda es ruidosa y a veces veras como algún canal está ocupado por alguna estación comercial de radio teletipo (RTTY). Es interesante, pero francamente es problemática para un novato.

En resumen, recomiendo empezar en CW en 40 metros y/o 15 metros. Un dipolo para 40 metros funciona bien en ambas bandas y los equipos son relativamente fáciles de construir. Con ambas bandas se puede hablar con facilidad con todo el continente. En 15 metros tienes oportunidad de trabajar estaciones DX con un equipo mínimo y una poca pericia.

### **Transmisiones de fonía**

Para un cacharrero moderno, construir un transmisor de fonía es un proyecto difícil. Actualmente, los transmisores de amplitud modulada (AM) son fáciles de construir y aún son legales para radioaficionados. Para convertir un transmisor de CW en un transmisor de AM, todo lo que tienes que hacer es introducir la señal de fonía en la alimentación del último paso amplificador. Ocasionalmente se pueden escuchar estaciones AM en 10, 80 y 160 metros, pero en general, la AM es poco usada por los radioaficionados.

El recambio actual de la AM es la fonía en banda lateral única (SSB). La SSB es similar al principio de la AM, pero requiere un tercio del ancho de banda de una señal de AM. La banda lateral se puede ver como ver media señal de AM con la portadora suprimida mediante potentes filtros. Esto permite que quepan muchas más estaciones y se consigue una transmisión tres veces más efectiva. La señal SSB se puede generar a una frecuencia fija y luego trasladarla a la frecuencia deseada mediante un mezclador. Para mantener la pureza, todos los amplificadores de la cadena de transmisión deben operar perfectamente en modo lineal, para que la modulación no quede distorsionada.

En el último capítulo de este libro se describe un generador de banda lateral. Un equipo casero para fonía en banda lateral es definitivamente, un proyecto avanzado. Francamente, a mí me costó mucho trabajo y muchos meses gastados en este proyecto. Tuve que reconstruir algunas etapas del transmisor varias veces. Quizás un proyecto de

este tipo se debe iniciar cuando esperes tener mucho tiempo libre. Después de trabajar en un transmisor de SSB te darás cuenta que el viejo código Morse no es tan malo.

Por el contrario, un receptor de banda lateral única es sencillo. Un filtro hecho con un cristal sencillo y asequible, es todo lo que necesitas para recibir una voz clara y limpia. El receptor descrito en el capítulo 13 funciona muy bien en SSB.

### **Comunicaciones de alta calidad al instante**

Quizás después de leer todo lo anterior, decidas que tu objetivo es hablar con gente por radio, lo más pronto posible. Para ti, construir equipos está en un segundo plano. Si esto te describe talmente, puedes comprar un moderno transceptor de HF y conseguir la licencia tan pronto como sea posible. Los equipos comerciales modernos combinan el transmisor y el receptor en una unidad. Muchos bloques de circuitos en un transmisor y en un receptor son casi idénticos, se repiten. Por lo tanto, un transceptor usará esos circuitos en transmisión y en recepción.



Yo recomiendo comprar un transceptor que sintonice todas las bandas de HF (9 bandas). Si compras un transceptor moderno usado, el precio estará por debajo de 1000€ Con ello tienes una completa estación mucho más sofisticada que la que podríamos construir tú o yo con años de esfuerzo. Incluso si aún no dispones de licencia para transmitir, puedes comprar algún tipo de receptor. Con él, por lo menos puedes escuchar las emisiones de Onda Corta (SW). Realmente, la escucha es más de la mitad de la diversión. Muchos equipos comerciales pueden recibir todo el espectro de la onda corta de 1.6 a 30 MHz. Esto incluye todas las emisiones comerciales, estaciones extranjeras y emisiones meteorológicas. Escucharlas hará que los estudios para conseguir tu licencia sean mucho menos teóricos. Si quieres practicar con un transmisor casero y no dispones de licencia, puedes practicar con una carga artificial en lugar de antena. Si no dispones de un acoplador de antena, es divertido usar bombillas como carga y ver como se encienden al transmitir. Ver capítulo 9.

Alguna vez he pensado en comprar un transceptor moderno. La ventaja de estos es que puedes empezar a practicar cualquier modo de comunicación del que hayas oído hablar. Por ejemplo, es posible reprogramar el Yaesu FT-1000MP para usar la nueva banda de 60 metros simplemente pulsando una combinación de botones. Como es de esperar, casi todos los operadores de 60 metros usan un FT-1000MP. El problema es que los manuales de funcionamiento te hacen usar el equipo como un juego de niños.

Si, una vez pensé en comprar uno, pero no es satisfactorio para mí. Una vez leí el manual y probé las funciones que me interesaban, el equipo empezó a aburrirme. Conozco mucha gente con grandes equipos llenándose de polvo en sus casas. No los

han enchufado en meses, incluso años. Por el contrario, si tu objetivo es trabajar todos los trescientos treinta y pico países del mundo, necesitarás el mejor equipamiento posible. Construir tú equipo es ir demasiado lento durante años o décadas. ¡Tú decides!

### **Persiguiendo un sueño**

Cuando estaba en el instituto, hace más de 40 años, la televisión era algo exótico. Aunque mucha gente tenía televisores, casi nadie tenía una cámara en su casa. Empleé cientos de horas construyendo y experimentando con cámaras de TV. Sólo uno de mis cinco proyectos de cámara funciona actualmente. Después cuando crecí, mi esposa me compró una fantástica cámara que hoy es un gran bostezo. La familiaridad y la facilidad de adquisición engendran gran cantidad de aburrimiento.

### **Walkies de VHF y UHF**

Los equipos comerciales más baratos y sencillos son los walkies para 2 metros (144 MHz) y/o 70 cm. (432 MHz). Estos equipos son un poco más aventureros que un teléfono móvil, pero para mí son útiles. También requieren de una licencia de operador.

Otra característica de estos equipos, es que la transmisión está limitada a la línea visual. Es decir, si estás en una ladera de una montaña y quieres hablar con alguien al otro lado, necesitarías un repetidor que debería estar en lo alto de la montaña para que estuviera visible para los dos y para cualquiera que quiera hablar con vosotros.

El último juguete de este tipo son los "IRLP". Es una red de repetidores o nodos de VHF y UHF conectados a Internet. La idea es usar tu walkie para hablar con cualquier nodo del mundo. Un repetidor en Boston, Australia o Berlín, enviará tú señal de VHF como si fuera una señal local. Los operadores de estos sitios te escucharían y te contestarían como si vivieran en tu ciudad. Este sistema es muy usado para la charla coloquial y no para concursos y gente interesada en coleccionar tarjetas QSL.



Un transceptor de mano para 2 metros (walkie-talkie) con paquete de baterías separado.

Personalmente, uso mi walkie de 2 metros, como una radio de emergencia para las excursiones. Honestamente, creo que un móvil sería más útil en caso de emergencia, pero soy muy pobre para comprar uno. Muchos poseedores de walkies de VHF los usan como radios de CB para hablar con la gente de alrededor. En general, la calidad y el

alcance es bastante superior al de las radios de CB. Por el contrario, la banda ciudadana (CB) es otra manera “rápida y sucia” de estar en el aire sin obtener una licencia.

Si te compras un walkie, compra también un paquete o dos de baterías extra. En casos de emergencia he reemplazado las baterías recargables internas del paquete por pilas alcalinas. Aunque no son recargables, las pilas alcalinas almacenan más energía y toleran mejor las temperaturas frías, que las recargables.

### **La radio de HF contra la de VHF y UHF**

Para los radioaficionados serios, el rango de frecuencias se divide en dos mitades, HF entre 1,8 y 30 MHz y VHF de 50 MHz para arriba. Muchos radioaficionados de HF disfrutan con los comunicados a larga distancia en fonía o CW. También hay modos de packet radio y transmisión de imágenes a velocidad lenta, que parecen un e-mail con un MODEM muy lento. RTTY y PSK-31 son modos que se parecen a la mensajería instantánea por Internet.

Hay dos tipos de operadores en VHF / UHF. Algunos solo disponen de un walkie, pero unos pocos radioaficionados de UHF son extremadamente técnicos y experimentan con la alta tecnología. Estos pueden trabajar televisión de aficionados y transmisiones usando satélites.

Como mi esfuerzo por construir una cámara de TV, todo lo que hagas con gran esfuerzo es mucho más gratificante que seguir a la multitud. Así que no debería ser una sorpresa, que para algunos chicos técnicos, la mayor diversión en VHF se consigue intentando contactar con estaciones distantes usando sustitutos de la ionosfera como los satélites, la luna, una aurora o meteoritos cayendo. En lugar de usar repetidores, estos chicos consiguen sus objetivos usando estos exóticos sustitutos.



### **Construyendo una antena**

Cada estación de radio necesita una antena y construir una debería ser tu primer proyecto. La recepción de onda corta con un receptor moderno puede ser adecuada con solo unos pocos metros de cable conectados al conector de antena. Muchos receptores comerciales de onda corta disponen de antenas magnéticas en su interior. Estas pequeñas antenas son adecuadas para escuchar potentes estaciones como “La Voz de América”, “Radio Alemania”, “Radio Moscú”, o la “BBC”.

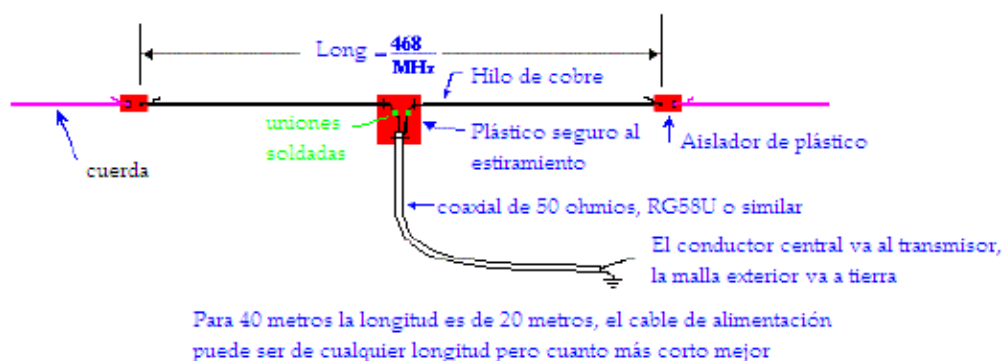
Las estaciones de aficionado están limitadas por ley a 1000 vatios de potencia, y la mayoría solo emiten con 100 vatios o menos. Esto significa que los radioaficionados emiten con cientos de veces menos de potencia y por lo tanto, una gran antena es necesaria para escucharlos. Cuanto más baja sea la frecuencia, más grande deberá ser la antena. Una buena antena transmisora para HF debe tener una longitud de al menos un cuarto de onda y debe estar lo suficientemente alta para enviar las señales hacia el horizonte con los menos obstáculos posibles. Aunque para recepción puede ser suficiente una antena pequeña y cercana al suelo, una antena grande y alta trabaja mejor para ambos casos.

## El hilo largo

La antena más simple y versátil es el hilo largo. Como su nombre indica, se trata de un trozo de cable de una longitud de un cuarto de onda o mayor. Por ejemplo, para 40 metros debe ser de al menos 10 metros y debería estar sujeta a un árbol o a otro sitio lo más alto posible. En general, si tú conectas una longitud indeterminada de cable al transmisor, no resonará correctamente y deberás acoplarlo con un transformador de impedancias llamado acoplador de antenas (o transmatch). Afortunadamente, el acoplador de antenas es un dispositivo muy simple y puede construirse en un par de horas. El acoplador está descrito en el capítulo 9.

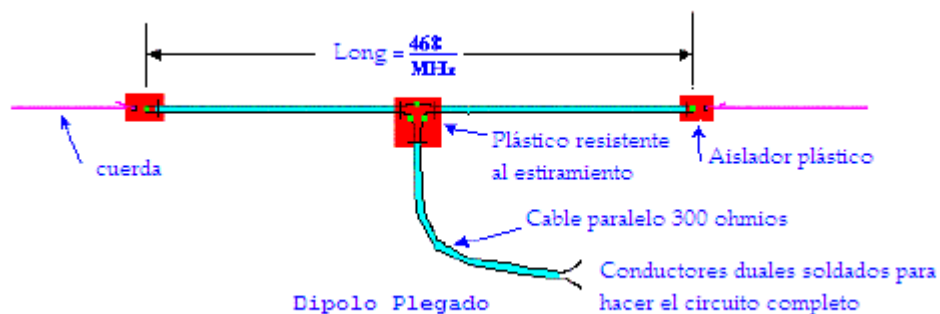
## El dipolo de 40 metros

Si yo sólo pudiera tener una antena, esta es la que construiría. Esta simple antena trabaja bien tanto en 40 metros, como en 15 metros (7 MHz y 21 MHz). Como se explicará después, se le pueden añadir más brazos para trabajar en otras bandas. La ventaja del dipolo es que tiene una impedancia cercana a los 50 Ohmios que se adapta fácilmente a cualquier transmisor. Aún así, aunque el acoplador sigue siendo útil, la antena transmitirá muy bien sin él.



## ¿Donde consigo los materiales?

En las tiendas de radio tienen cable coaxial RG-58, aisladores y cable multifilar que son perfectos para construir dipolos. Yo normalmente me construyo mis aisladores con algún pedazo de plástico o con tuberías de plástico de las que venden en las ferreterías. Si dispones de árboles, un tejado o algún objeto alto donde puedas sujetar la antena, estas de enhorabuena. Sujétala lo más alto que puedas.



## El dipolo plegado

Los dipolos de construcción casera se dividen en dos tipos, los normales y los plegados. Cuando era joven y pobre, mi dipolo favorito era el dipolo plegado, hecho completamente con cable paralelo para TV de 300 Ohmios. Los pares de conductores de los tres brazos del dipolo se unen entre ellos para completar el circuito en un aro. Yo tengo una antena cortada para 40 metros y la uso para 40 y 15 metros. Incluso la he usado perfectamente en 75 metros para nuestras ruedas locales. Otra ventaja del cable paralelo de 300 Ohmios es que se puede sacar por cualquier ventana ligeramente abierta sin hacerla polvo y sin tener que hacer agujeros en la pared o el marco de la ventana.

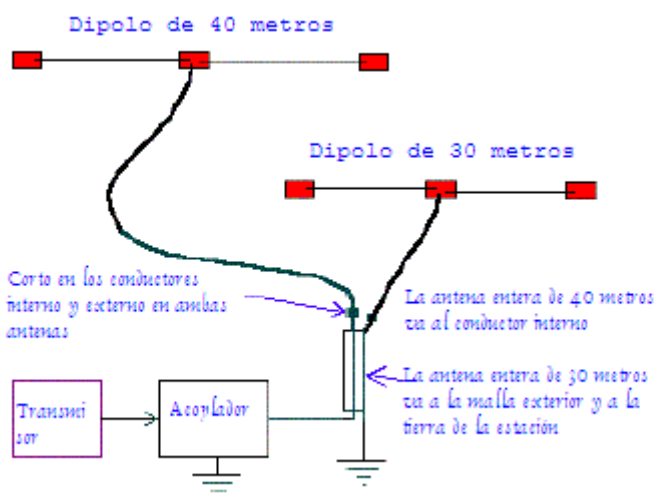
Si, ya lo sé, las antenas balanceadas de 300 Ohmios necesitan un “balun” y un acoplador para adaptarlas a la impedancia del transmisor.

Cuando era un feliz y estúpido novato, conecté directamente esta antena a mi transmisor de válvulas en clase C con salida en  $\pi$ , y trabajó bien, gracias a Dios. Después, cuando aprendí como funcionaban las antenas balanceadas, compré un balun. Me disgusté cuando observé que no se notaba ninguna mejoría en su funcionamiento.

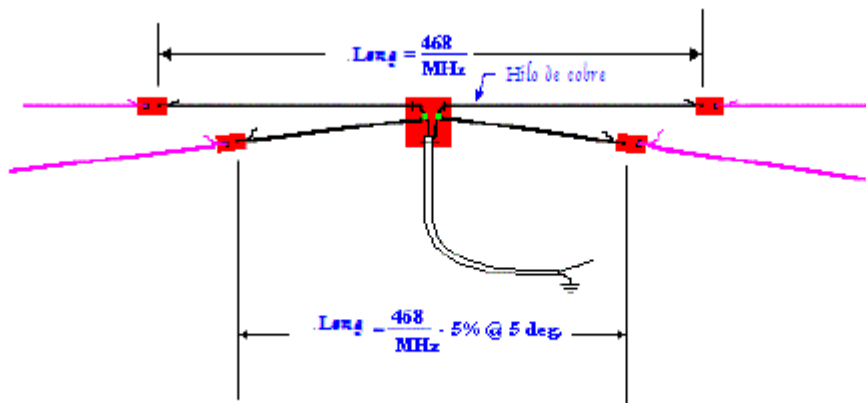
## Dipolos multibanda

Hoy en día, dispongo de cuatro bandas más de HF que hace 40 años, y no puedo resistir el probarlas todas. Cualquier banda que no puedo trabajar debe ser maravillosa, ¿a que sí?. Tengo un dipolo para 40 metros en un lado del jardín y otro para 30 metros detrás. Aunque dispongo de sitio para una antena Zepp para 80 metros, tengo pereza de montar una. Jack Ciaccia, WM0G, usa las canaletas y tubos de desagüe de su casa como antena de hilo largo para 80 metros. Suena como una solución terrorífica. Desafortunadamente, mi pereza creció cuando empezó a hablarme sobre el espinoso campo de radiales. En otras palabras, se suponía que tenía que cavar largas zangas por el césped en varias direcciones en las cuales poner los cables para el plano de tierra.

Hace varios años, la banda de 80 metros estaba muy “caliente”, con docenas de estaciones en CW cada noche. Yo estaba impaciente por salir al aire. Intenté conectar mi dipolo para 40 metros, pero habían cientos de voltios al final del coaxial (la impedancia del transmisor es un pelín alta en 80 metros). Después de muchas horas llamando y esperando, nadie me contestó. Estaba claro que era la hora de un mejor plan.



¡Entonces se encendió la bombilla del cerebro! ¿Por qué no usar el dipolo de 40 junto con el coaxial de bajada como hilo largo? Como contra-antena, primero usé la tierra de mi estación, que es un cable gordo de cobre conectado a una tubería de agua. Con esto cargaba mejor que antes, pero aún no trabajaba demasiado bien. Después conecté el dipolo de 30 metros junto con su bajada, a la tierra de la estación. Viola! De repente conseguí una antena para 80 de baja impedancia que acoplaba maravillosamente. Solo había un pequeño defecto: mi esposa bajo corriendo y me digo que salía por todos los canales de la TV. Bueno, por lo menos podía salir en 80 cuando ella se acostaba. Yo creía (rogaba) que las interferencias se limitaran a mi casa. Mi teoría era que estaba cargando la instalación eléctrica de mi casa y la TV está inmersa en el campo cercano a la antena. Recientemente, compramos un nuevo y más moderno televisor. Parece que no le afectan mis señales ni en 80 metros ni en cualquier otra banda de HF.



### El dipolo multibanda

Cuando intenté salir en 20 metros con mi dipolo para 40 metros, tenía un problema de alta impedancia, similar al anterior. Sin embargo, usando el acoplador descrito en el capítulo 9, podía trabajar a mis amigos. Consultando el "ARRL Handbook", añadí un elemento para 20 metros convirtiendo mi dipolo de 40 metros en un dipolo bibanda. Una fórmula sencilla para calcular la longitud de estos brazos secundarios, es  $468/\text{frecuencia en MHz}$  menos el 5%. Cada brazo está separado de su vecino 5 grados. Esto bajó la impedancia hasta cerca de los 50 Ohmios, y fue suficiente.

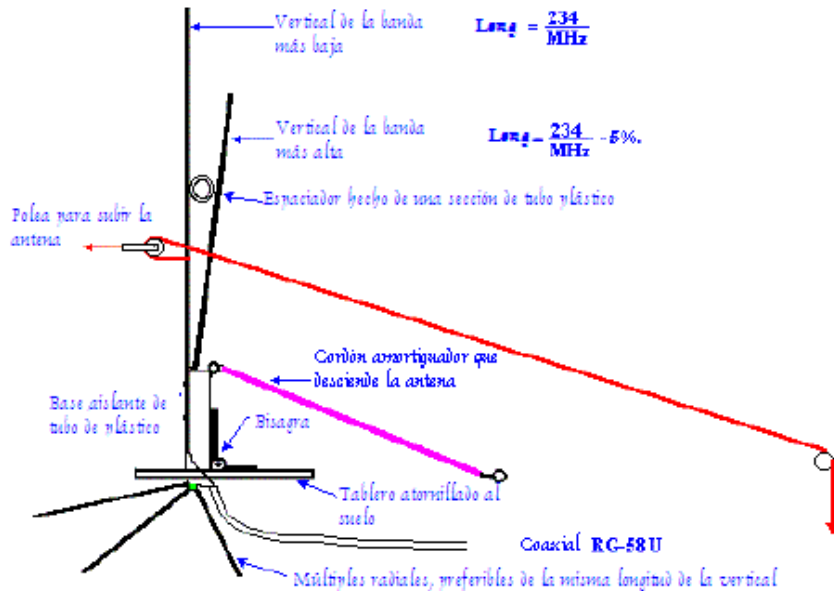
Imagínate que quieres añadir a este dipolo, elementos para otras bandas como 30, 17, 12 y 10. Si, es posible. Steve, W0SGC, construyó un dipolo de 5 bandas de esta forma. El Handbook no lo recomienda ya que como cualquier sistema multibanda, tiende a radiar cada armónico que genere tu transmisor. En otras palabras, funciona demasiado bien. Por el contrario, se recomiendan sistemas tribanda como 30/17/12 metros o 40/20/10 metros. Observa que no hace falta añadir un elemento para 15 metros ya que el de 40 ya funciona bien en 15 metros. De ahí que un sistema tribanda para 40, 20 y 10 sería en realidad cuatribanda.

La longitud del tercer dipolo se calcula como el segundo. Supongamos que deseas añadir al dipolo anterior para 40 y 20 metros un tercer brazo para 10 metros (28,1 MHz). La longitud sería  $468/28,1$  menos el 5%. Del mismo modo, estos brazos también estarían separados del de 20 metros, 5 grados.

Una desventaja, o posiblemente una ventaja del dipolo, es que transmite la energía perpendicularmente al cable. Por lo tanto, es algo direccional. Por ejemplo, si quieres

hablar con África o el Polo Norte, tú dipolo deberá estar orientado de este a oeste. Si tienes posibilidad de elegir el sitio para colocar la antena, este dato es algo a considerar.

### Vertical con barra de cortinas (riel)



Antena vertical dual, para dos bandas, abatible para protegerlas de los rayos.

Yo quería antenas para 10 y 15 metros que fueran más altas y menos direccionales que mis dipolos. Empecé con una vertical para 15 metros consistente en una barra de cortinas de 3,35 metros sujeta a mi chimenea. Puse cuatro radiales finos de hilo por el tejado en cuatro direcciones. Funcionó bien la primera vez que la puse. Lo divertido de esta antena es que cuando le dices a alguien que estas usando una vertical hecha con un riel de cortinas, te dicen que si ya has construido un reactor nuclear con tu lavadora. Psicología interesante. Obviamente, hay gente que nunca ha construido nada por si sola.

### Antenas con trampas

Después de esto, intenté añadir los 10 metros, añadiendo un circuito resonante LC sintonizado para 10 metros a 2,50 metros de altura en la vertical. La idea es la siguiente, si se añade un circuito resonante LC (trampa) a la distancia correcta, la trampa evitará que la corriente RF pase por ella. En otras palabras, para frecuencias más altas, la trampa hace que la antena parezca más corta de lo que es en realidad. Después de construir la trampa para 10 metros, tuve que ajustar las distancias por encima y por debajo de la trampa docenas de veces. Incluso con un acoplador no podía conseguir acoplarla bien en ninguna banda. Esto me enseñó que las antenas con trampas caseras son complicadas.

Habrás observado que en un circuito resonante LC los valores de L y C no son fijos. En otras palabras, el circuito LC resonará a la frecuencia deseada según el cálculo:



$$\omega = 1 / (LC)^2$$

Donde  $\omega = 2 \times \pi \times$  frecuencia

L = inductancia y C = capacitancia

$$2 \times \pi \times \text{frecuencia} = 1 / (LC)^2$$

Desgraciadamente, los valores de L o C importan en una trampa. Esto es debido a que el condensador y la bobina, cambian la fase de la corriente y el voltaje y afectan a la reflexión de las ondas a través del cable. Para diseñar las trampas correctamente, las distancias por encima y por debajo de la trampa, junto con los valores de L y C, tienen que trabajar en conjunto para que todo parezca una resistencia de 50 ohmios a la vista de la onda de radio. Buena suerte!"

Yo no he encontrado un método práctico para hacerlas y los manuales no ayudan mucho, a no ser que copies exactamente un diseño de trampa. Al final, apliqué el mismo principio del dipolo doble como antena multibanda visto antes. Añadí una segunda vertical separada unos 5 grados y sobre un 5 % más corta que si hubiera estado sola. Añadí dos radiales más de hilo cortados para 10 metros, pero no estoy convencido de que sean necesarios. Una vez más, funcionó perfectamente a la primera.

Cuidado: recuerda que la antena vertical empieza en el punto exacto donde el conductor interno se separa de la malla exterior. Un error muy común es ignorar el conductor interno que se añade a la longitud efectiva de la antena. La he usado también en 12 metros con éxito. Para mi sorpresa, también funcionaba en 17 metros, aunque la ROE no era la idónea. En otras palabras, cuando hay ondas estacionarias en la antena debidas a una longitud no correcta, utiliza voltaje extra para conseguirlo. Probablemente estaba perdiendo potencia en 12 y 17 metros.

### **¡Boom! ¿Que pasa con los rayos?**

Observando los palos de metal en mi tejado, parecían más pararrayos que barras de cortina. Probablemente sea un paranoico, pero he tenido malas experiencias con los rayos. Cuando era un novato, los fusibles de mi equipo saltaron durante una tormenta. Un amigo mío tiene un osciloscopio frito y un agujero en su techo. En las cimas de las montañas, he sentido escalofríos y hemos bajado de la montaña galopando aterrorizados. Una vez tuve el deber sombrío de llevar víctimas de rayos. Los rayos asustan al diablo, y esa vertical era para mí como un desastre esperando a suceder.

Mi solución fue la bisagra en la base y la cuerda mostradas en la figura de arriba. Durante el verano, elevo la antena tirando de la cuerda. Un punto importante es que la polea tira hacia arriba cuando yo tiro de la cuerda hacia abajo. Intente hacerlo directamente con la cuerda hacia arriba, pero el par es muy alto y no podía levantar la antena del tejado.

Los cepillos de metal hacen que el ataque de un rayo sea menos probable

Una nueva aproximación a la prevención de los rayos es eliminar el exceso de carga de un metal vulnerable, antes de que pueda atraer al rayo. Es conocido desde hace muchos

años, que los rayos son atraídos por los objetos altos como las antenas verticales de radio. La carga eléctrica y el alto voltaje se acumulan en los objetos puntiagudos. Por lo tanto, era lógico pensar que teniendo el extremo superior redondeado dejaría de atraer los rayos. Estudios recientes han demostrado que la punta redondeada hace el ataque del rayo más probable. Se pusieron palos de metal con diferentes puntas en una montaña y se registraron los ataques de los rayos. Al contrario de lo esperado, las puntas redondas recibieron mas impactos de rayos.

Como la carga aumenta antes del ataque del rayo, el voltaje aparece en la parte superior del palo. Si al palo se le acopla un punto afilado o un conjunto de ellos, como un cepillo metálico, la carga se escapa rápidamente hacia el aire. La descarga no es instantánea como un gran arco eléctrico, sino como una pequeña corriente, una descarga de corona que continúa durante unos minutos. Esta pequeña descarga libera la suficiente carga para reducir el voltaje estático y hacer menos probable el ataque del rayo. Para conseguir esto, la vertical fue puesta a tierra, para que la corriente tuviera otro camino. Para permitir el paso de la corriente continua sin interferir con la corriente de RF, conecté un gran choque de RF entre la vertical y los radiales. El choque debía de ser de 2,5 milihenrios para cientos de miliamperios. Francamente, los rayos aun me asustan. Así que aun con cepillos metalitos o no, continuo bajando mi antena durante el verano, cuando no la uso.

## Capítulo 6

# CONSTRUYENDO UN QRP CASERO

Entre la gente que he trabajado, el QRP parece el proyecto casero más común, después de la construcción de antenas. El presente capítulo describe el diseño de un sencillo equipo QRP. Yo uso mi QRP solo, o para excitar un amplificador final de 25 a 50 vatios.

Es verdad que antes de construir un transmisor, necesitas un receptor. Desgraciadamente, un receptor selectivo para todas las bandas de aficionado es complicado de construir y mucha gente no tiene el tiempo ni el entusiasmo para hacerlo. (Ver capítulo 13). Este artículo describe la construcción de un receptor para 40 metros simple, solo 5 transistores, el cual he usado junto con un transmisor QRP para hablar con otros colegas. Este receptor trabaja mejor durante las horas en las que los 40 metros no están repletos. También puede ser usado para la práctica de recepción de código Morse.



### Un módulo QRP para 40 metros

El transmisor QRP de la foto de arriba, está diseñado exclusivamente para 40 metros. Los 12 voltios de alimentación se introducen a través del cable con conector que se ve a la derecha. El manipulador telegráfico se enchufa al conector BNC marcado en azul que se ve en lateral de la caja de aluminio. La salida de antena es el conector marcado en rojo que se ve a la izquierda.

La frecuencia de transmisión del módulo QRP está controlada por un cristal de cuarzo. Es ese rectángulo plateado que se ve enchufado a la derecha del frontal. El mando más a la derecha, es un condensador variable para ajustar o empujar la frecuencia del cristal unos 3 Khz. Como explicaremos en el capítulo 10, con un VFO se puede cubrir toda la banda, pero es difícil de construir. Yo no recomiendo empezar con un VFO. Tú necesitas éxitos no frustraciones.

## Comienzo simple

El QRP más simple es un oscilador controlado por cristal. Normalmente tiene de una a tres etapas amplificadoras para conseguir una potencia de medio vatio a 5 vatios. Con esto estarás rápidamente en el aire. Desgraciadamente, el control por cristal significa que deberás gastar unos 18 dólares en cristales para tus frecuencias favoritas en cada banda. Debido a que el oscilador tiene un margen estrecho, tú normalmente sólo podrás hacer llamadas CQ. Por pura casualidad, siempre parece que las otras estaciones que llaman CQ están fuera del margen de tu cristal.

## La “unidad central” transmisora

Tú puedes usar el pequeño transmisor mostrado arriba. Sin embargo, es mejor montarlo en un chasis más grande equipado con un interruptor de puesta en marcha, luces indicadoras, relé de antena y otros detalles. Aquí abajo muestro el montaje de mi transmisor entero.



La “unidad central” transmisora, es una caja que contiene tus módulos de transmisión.

El indicador de aguja grande indica la corriente consumida por el amplificador final. Es de ayuda para saber cuanta potencia está consumiendo el transmisor. A la izquierda en la parte inferior se ve el interruptor principal de alimentación y el conmutador de Transmisión / recepción. También hay LED's indicadores para saber que interruptores están activados. El botón grande rojo, es un pulsador de “spot”. Con este pulsador se puede sintonizar el transmisor con otra estación sin necesidad de estar transmitiendo. El tamaño de la unidad central, dependerá de tus planes y ambiciones. Como habrás observado, mis planes son muy grandes. Con el tiempo le añadirás más bandas, un

VFO, fuentes de alimentación y operación en banda lateral, incluso una gran caja puede ser demasiado pequeña. Mi anterior unidad era muy pequeña, por eso hice esta muy grande para evitar agobios.

### **Métodos de construcción para HF, construye tus propias placas**

En los tiempos de las válvulas de vacío, construíamos transmisores con cableado al aire. En su interior había muchos cables en muchas direcciones. Los transistores generan alta potencia con menos voltaje y grandes corrientes. Por lo tanto, la inductancia del cable debe mantenerse lo más baja posible. Esto significa que debes construirlo con una placa de circuito o tu transmisor no funcionará.

Por ejemplo, una vez conecté la salida de un amplificador para 15 metros a la base de la siguiente etapa, mediante un cable desnudo de 10 cm. de longitud. Si esto hubiera sido con un circuito a válvulas, podría haber funcionado bien. Pero para las altas corrientes de los transistores, el cable funciona como un choque de RF, es decir, el cable dificulta el paso de corriente, como si fuera una bobina. Deslizando una sonda de osciloscopio por el cable, pude observar una caída de voltaje del 80% desde la salida del primer amplificador a la base del siguiente. Por el contrario, una pista ancha impresa en una placa actúa como un cable coaxial, es decir, tiene una impedancia muy baja. Con una placa de circuito, la misma excitación para la siguiente etapa, sería del 100 % y no del 20 %.

Si has desarrollado tu propio método de construcción de placas de circuito, puedes saltar hacia delante. Pero si nunca has hecho esto antes, léelo.

## **HACIENDO PLACAS PARA PROTOTIPOS DE CIRCUITOS DE RF**

### **Herramientas y materiales**

Normalmente uso placas para circuitos impresos de doble cara. Estas placas tienen una fina capa de cobre por los dos lados de una hoja de fibra de vidrio. Sueldo los componentes en una sola de las caras. La cara de cobre de la otra cara, distribuye la capacidad por todo el circuito. Creo que esto añade estabilidad al circuito.

### **Las pistas en una placa actúan como líneas de transmisión**

Una línea de transmisión como el cable coaxial que distribuye la señal de TV, es muy eficiente. Como se ha explicado en el capítulo 4, el vivo del coaxial actúa como una inductancia repartida que está rodeada por la capacidad repartida entre el vivo y el aislante exterior. Es decir, un cable coaxial es un circuito LC repartido. El voltaje y la energía no se disipan, como se podría esperar. De hecho, las únicas pérdidas que ocurren son las pérdidas por calor en el aislamiento y la pequeña pérdida que pueda haber por la resistencia del vivo, como cualquier cable de cobre.

Una placa de doble cara puede diseñarse para que funcione como un circuito cableado con trozos de coaxial. Los componentes se montan en un lado mientras que el otro lado es masa. Cada pista tiene una pequeña cantidad de inductancia y una pequeña cantidad de capacitancia con respecto a la otra cara de la placa. El resultado es que las señales no resultan afectadas durante su recorrido por las pistas. Sería interesante construir el mismo amplificador de RF en una placa de una cara y otro igual en una de doble cara,

para ver las diferencias en el rendimiento. Estoy convencido que la doble cara funcionará mucho mejor, pero nunca he hecho este experimento.

En microondas, las pistas están expresamente diseñadas para funcionar como líneas de transmisión para la frecuencia exacta que se esté usando. Las dimensiones exactas para estas pistas se calculan para obtener el máximo rendimiento. Afortunadamente para nosotros, los circuitos de HF no requieren tanto cuidado en su diseño.

### **Circuitos impresos**

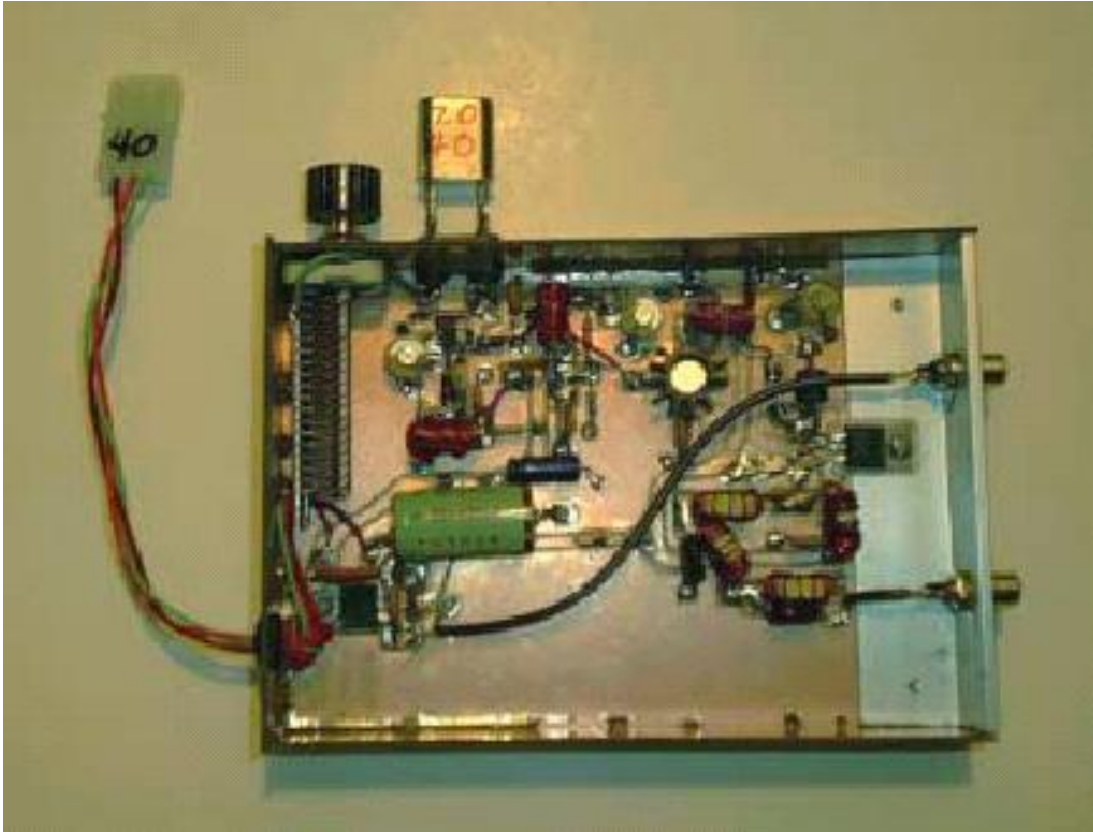
Existen por lo menos cuatro formas de hacer placas caseras para RF. Al principio hacia las placas impresas con la solución de cloruro férrico. Es lento, sucio y trabajoso. Imprimir placas de circuito es un arte que no es fácil de conseguir. Puedes grabar poco o pasarte dentro de una misma placa. Si tienes éxito tendrás un resultado similar a un producto comercial. Desgraciadamente, cuando usas una plantilla de un manual o una revista, supones que podrás conseguir las mismas piezas que usó el autor. ¡Buena suerte! Las piezas que compres, pueden no coincidir con los agujeros de la placa. Para mí, la peor limitación de los circuitos impresos es que no puedo construir y experimentar a la vez. Si necesito añadir otro componente u otra etapa, no voy a tener suerte. En el cacharreo, la clave del éxito es construir y probar una etapa a la vez.

### **Placas hechas con gubia**

Mi método favorito para hacer placas para RF consiste en tallar las pistas en una placa de doble cara con una pequeña gubia de tallar madera. La gubia es un formón con una punta ahuecada con un ancho de entre 3 y 6 milímetros.

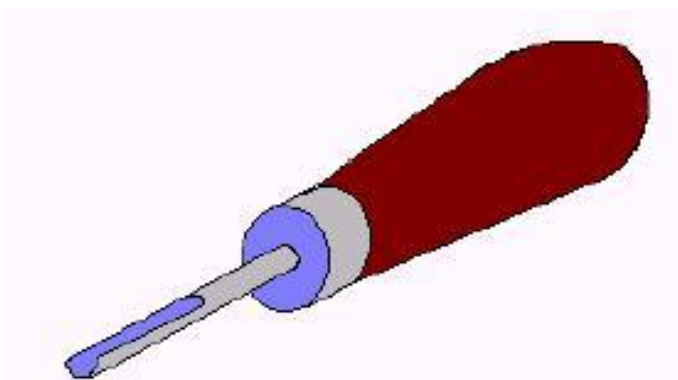


Dos pequeñas gubias de tallar madera



Esta placa QRP fue hecha con el método de la gubia. Casi todo el cobre visible es masa. El angular de aluminio de la derecha, sirve de disipador de calor para el transistor de salida.

Cuando empujas la gubia sobre la placa con un ángulo alto y retuerces tu muñeca hacia los dos lados, la gubia excava una pequeña zanja sobre el cobre. Nota: mantén tu codo alto y la gubia no patinará sobre la superficie hacia tu mano. Obviamente, dos zanjas aíslan una tira de cobre que servirá como cable o pista. A menudo suelo aislar pequeñas islas en las cuales soldaré patillas de algunos componentes. Normalmente suelo soldo los componentes a la superficie en lugar de taladrar agujeros para cada patilla.



Observar la punta ahuecada de la gubia para madera

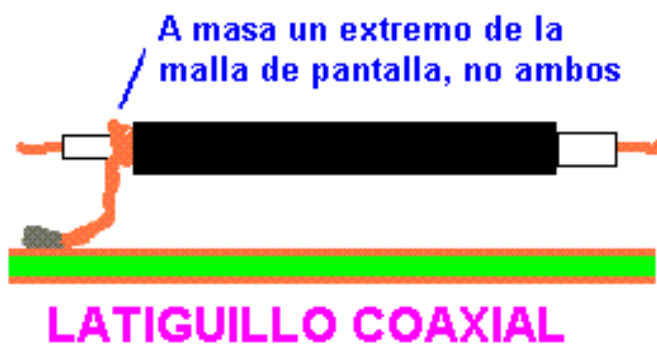
## Placas para circuitos integrados

Una gubia para madera sirve para circuitos de RF con componentes discretos, pero no es práctica para circuitos integrados. Para los circuitos integrados uso placas perforadas y cablecillos. Hay un ejemplo de este tipo de construcción en el capítulo 7. Otro método para trabajar con circuitos integrados sería mediante zócalos para cada tipo de circuito integrado. Estos tienen terminales que conectan con cada pin del integrado, en los cuales puedes soldar puentes para conectarlo a tu placa casera. Para trabajar con integrados de montaje superficial SMD se pueden utilizar pequeñas placas aisladas.

## Puentes con cable coaxial

Si es necesario, puedes usar cables largos para conectar punto a punto, pero para ello debes usar cable coaxial. A veces conduzco una señal de RF de un extremo a otro de una placa sin ninguna pérdida apreciable de potencia o voltaje. Si no hay sitio para una pista ancha, uso un trozo de cable fino RG-174.

Otra aplicación de los puentes con coaxial es apantallar contra la RF una señal de audio o un cable de alimentación. Si conduces un cable a través de la placa llena de corrientes de RF, la señal de baja frecuencia quedará contaminada con señales de RF, al llegar al extremo final. Por ejemplo, en la placa del transceptor QRP visto anteriormente, la señal continua de key es transportada por la placa mediante un cable coaxial. Debido a la disposición de los conectores en el chasis de mi transmisor, el conector para el manipulador queda en el lado contrario de la placa. El manipulador deberá conmutar el Mosfet de conducción a no-conducción. Para apantallar esta corriente continua de baja potencia se ha usado cable coaxial, como se ve en la foto.



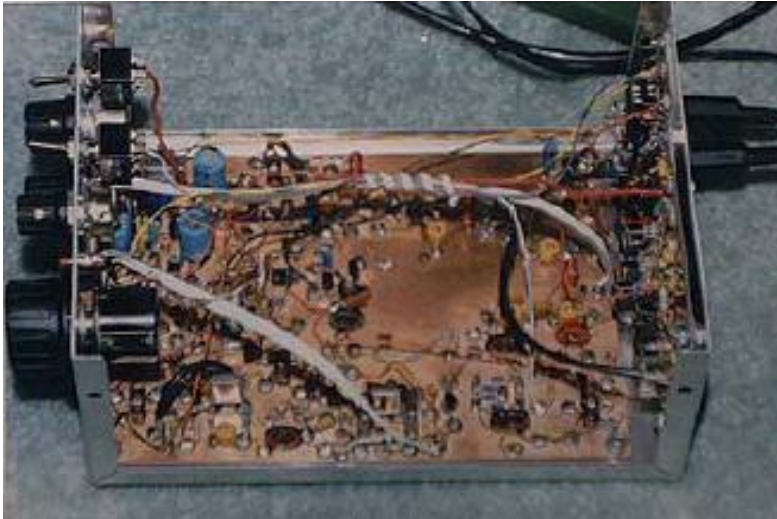
Sólo se deberá conectar a masa la pantalla del cable en un extremo. El error más común cuando se usan puentes coaxiales en una placa, es conectar a masa los dos extremos de la pantalla. Esto introduce una corriente circular que puede actuar como una espira de cable en un transformador. Esta corriente podría recoger corrientes desviadas y sería peor el remedio que la enfermedad.

## Placas con discos y pegamento rápido

Otro método para construir placas de RF es el método del disco y el pegamento “super-glue”. Se cortan pequeños discos o tiras de placas de circuito impreso. Estos discos o tiras se pegan a la placa mediante pegamento rápido para formar nodos de conexión y



pistas. Una ventaja de este método sobre el método de la gubia es que la capa de masa no está interrumpida. Es decir, cuando sueldas una patilla de un componente a masa sabes que toda la placa es masa, y no solo zonas o tiras de masa. Una capa continua de cobre significa que no habrá ninguna diferencia de voltaje entre cualquier zona de la placa. Cuanto más alta sea la frecuencia o el nivel de potencia, más importante se vuelve esta ventaja.



Mike Fitzgibbon, N0MF construyó este transceptor QRP casero mostrado en la foto superior usando la técnica del pegamento. Encontré a Mike en el aire cuando estaba usando este transceptor. Entrega alrededor de un vatio en antena y usa un receptor super-regenerativo para poder captar señales débiles como la mía.

### **Método del “insecto muerto”**

Este método se parece al del pegamento en que la placa queda como una lámina continua de metal usada como masa. Las pistas no están cortadas o impresas en el metal. En lugar de usar discos pegados en la placa, las patillas que no van a masa se sueldan juntas, por encima de la placa, según sea necesario. Al estar los circuitos integrados y transistores patas arriba, parecen insectos muertos con sus patas en el aire. Por supuesto, deberás mantener las patillas tan cortas como sea posible. Para corrientes bajas, la inductancia de las patillas no es un problema. Encuentro perfecto este método, para etapas de baja potencia (menos de 100 milivatios), pero no lo recomiendo para amplificadores de potencia RF.



### Método “insecto muerto” contra método de la gubia

Cuando pasas a la “Alta potencia”, superior a 100 milivatios, debes reducir al mínimo la inductancia de los terminales, usando pistas anchas sobre la placa. Una vez monté una etapa amplificadora de potencia para 10 metros usando el método del insecto muerto muy compacto. Funcionaba bien y me dio medio vatio de salida. Aunque era un éxito, lo reconstruí usando el método de la gubia, y pasó a entregarme 1 vatio de salida, con un aprovechamiento del 100 %. Cuando tengo que conectar un terminal de potencia de RF a través de la placa, corto una pista ancha en la placa, o uso un trozo de coaxial. Por ejemplo, para corrientes de RF de 10 amperios, mis pistas deben ser de 1 cm de ancho o más. Si estoy justo de espacio, suelo usar un rectángulo de placa de circuito impreso en un lateral a modo de cable de baja inductancia.

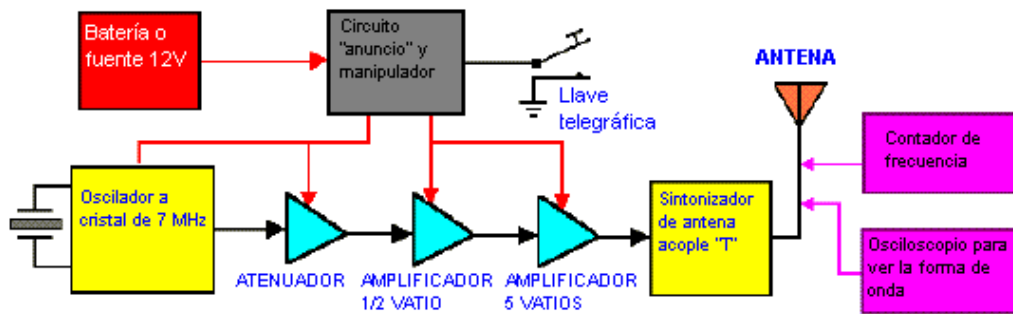
### Cajas hechas con placa de circuito impreso

A menudo es necesario apantallar un circuito del resto del circuito. Algunos circuitos necesitan estar completamente encerrados en un contenedor metálico de manera que no radie o reciba señal hacia algún o de algún circuito próximo. Un circuito construido mediante la gubia, puede ser apantallado formando con los bordes una caja; soldando tiras anchas de placa alrededor de la periferia de la placa. Como la superficie de cobre suelda muy bien, es fácil introducir el circuito en una caja sólida abierta por su parte superior. Como el método de la gubia no necesita de agujeros en la placa, el circuito queda completamente aislado por cinco lados.

Para hacer una tapa para la caja, pliega una fina lámina de aluminio o cobre dándole forma de caja con poco fondo, de manera que encaje sobre la parte superior de la caja. Esta tapa deberá quedarse sujeta simplemente por presión.

### Un transmisor completo controlado por cristal

El diagrama de bloques inferior muestra los módulos básicos de un transmisor QRP entero desde la batería hasta la antena.



**DIAGRAMA DE BLOQUES DE TRANSMISOR QRP 5 VATIOS DE 7 MHZ**

La mala noticia es que hay muchos bloques de circuito. Dos de los módulos de la derecha son el osciloscopio y el frecuencímetro, son instrumentos de prueba que necesitas para asegurarte que estas operando en la banda correcta. Son piezas que casi seguramente deberás comprar. Mi fuente de alimentación preferida es una simple batería de coche. Es recomendable, pero no imprescindible, regular la tensión de la batería sobre los 11 voltios. De esta manera, el transmisor siempre tiene la misma tensión de alimentación aunque la batería se esté cargando o esté descargada. También puedes construirte o comprar, una fuente de alimentación para enchufar a la red. Construir una fuente de 12 voltios y 10 vatios es muy fácil. Pero más adelante necesitarás fuentes de 100 o 200 vatios que son más complicadas de construir y volverás a la batería de coche. Las fuentes de alimentación se verán en el capítulo 8.

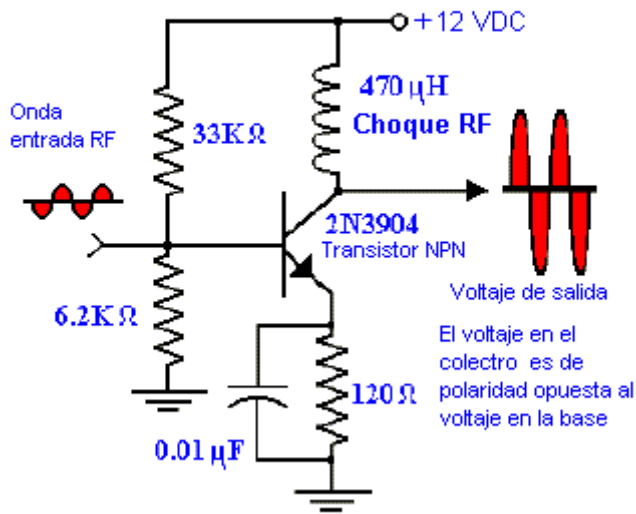
El receptor no aparece en la imagen superior, pero se supone que utiliza una antena independiente. Si conectas tu antena al transmisor y al receptor simultáneamente, el receptor puede quedar dañado. Accesorios como el manipulador telegráfico, el “keyer” y el acoplador de antena en T se verán en el capítulo 9.

### **Amplificadores y osciladores**

Para generar una señal radioeléctrica, lo primero que necesitamos es un oscilador. Una bujía genera ondas de radio equivalentes a golpear una campana. En las bandas de aficionado modernas, necesitamos una continua y pura onda sinusoidal, que seria el equivalente a un órgano. Pulsas el manipulador y aparece un tono puro que no para. De hecho, este es el origen del termino “continuous wave” o CW de la telegrafía. Ya te habrás contestado tu mismo a la pregunta ¿qué hay de continuo en pulsar un manipulador telegráfico?

Las ondas continuas en frecuencias de megahercios se generan muy fácilmente usando osciladores electrónicos. Un oscilador de onda continua es un amplificador que recibe realimentación desde su propia salida. Para poder entender el oscilador, necesitamos ver el funcionamiento de los amplificadores con transistores bipolares.

## AMPLIFICADOR A TRANSISTOR



### ¿Qué es un amplificador lineal?

El circuito de arriba es un amplificador RF transistorizado simple basado en un transistor NPN. Si lo prefieres, puedes invertir todas las polaridades y usar un transistor PNP y también funcionaría. Este amplificador está diseñado para ser lineal. Lineal significa que puede amplificar pequeñas o grandes señales, de la misma forma, sobre un amplio margen de frecuencias. Es decir, aunque está diseñado para RF, este amplificador es de alta fidelidad y es equivalente a los amplificadores de audio que puedes encontrar en un receptor de radio FM. También se le llama al amplificador lineal, “Amplificador de Clase A”.

Como ya vimos en el capítulo 4, un transistor bipolar puede ser visto como una estructura constituida por la unión de dos diodos o dos uniones PN. Cuando un diodo es polarizado directamente, (positivo a la zona P) circula corriente a través del diodo. Sin embargo, la corriente circulará sólo cuando se supere la tensión de polarización directa, que es de unos 0,6 voltios. Igual que en el diodo, cuando se utiliza un transistor NPN, no ocurrirá nada hasta que el voltaje en la base no supere los 0,6 voltios. Cuando esto ocurre, una pequeña corriente de base convertirá la región semiconductor tipo P, en conductora. Una gran corriente circulará libremente de colector a emisor. En el transistor 2N3904 usado en el esquema anterior, la ganancia del transistor es tal que la corriente que circula será 100 veces mayor que la corriente de base.

Supongamos que queremos amplificar una onda sinusoidal, que consta de semiciclos positivo y negativos. Un amplificador a transistor simple tendría la base conectada a la entrada. Este amplificador amplificaría la parte superior del semiciclo positivo por encima de 0,6 voltios. El resto de la onda estaría por debajo del umbral de conducción. La función de la resistencia de 33 Kohmios es poner el transistor a mitad de camino. Ahora cuando la onda aparezca en la base, la parte negativa de la onda hará que conduzca menos, y la cuando llegue la parte positiva de la onda el transistor conducirá más.

### **¿Qué hace la bobina “choque” de 470 microhenrios?**

El choque produce un voltaje de salida sin gasto de energía. Podríamos haber usado una resistencia, pero esta gastaría energía y se calentaría. Este amplificador está diseñado para generar una alta tensión de RF. La salida será el voltaje que alcanza el colector del transistor. La corriente que circula a través de la bobina no está haciendo nada útil realmente aparte de la caída de tensión entre los 12 voltios de la fuente y el colector. Por consiguiente, usaremos una bobina de alto valor para las bandas de aficionado. La RF no podrá pasar por el choque, pero sí podrá pasar la alimentación de corriente continua. La inductancia es lo suficientemente alta de manera que durante un semiciclo la corriente a través de la bobina no puede cambiar. Así, aparecerá un alto voltaje de RF en el colector y se gasta poca energía.

### **Estabilizando el punto de operación del transistor**

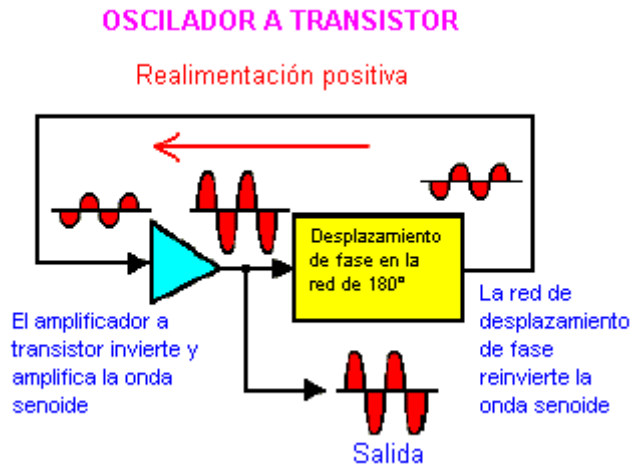
La resistencia de 33 Kohmios es el componente que pone al transistor “a medias”. Polariza al transistor inyectando una pequeña corriente hacia la base. La resistencia de 120 ohmios proporciona una pequeña realimentación negativa para que el transistor no se ponga demasiado duro cuando se pone caliente. Como la corriente continua circula por la resistencia de 120 ohmios, aparecerá una tensión en el emisor por lo que decrece la tensión de base a emisor. Esta resistencia, sin ser muy alta, sirve para polarizar el transistor y hacerlo más estable ante los cambios de temperatura.

Si eliminas esta resistencia y conectas el emisor a masa, el amplificador seguirá funcionando, pero el transistor se notará caliente al tacto. La resistencia de 6,2 Kohmios le asegura un camino para irse, y poner al transistor en corte, a la carga de la base del transistor. También estabiliza el punto de operación y asegura que el circuito funcione cada vez que lo construyas.

### **Condensadores “bypass”**

¿Para qué se pone un condensador de 0,01 microfaradios (uF) en el emisor? Este es un condensador “bypass”. Un amplificador de RF puede ser visto como dos circuitos sobrepuestos. Un circuito establece los voltajes de corriente continua y las corrientes necesarias para una operación lineal estable. El otro circuito maneja las señales sinusoidales de RF que modulan los voltajes y corrientes estáticos. Como vimos anteriormente, la corriente continua pasa a través de la resistencia de 120 ohmios ocasionando una caída de voltaje entre emisor y masa. La corriente de RF al pasar por la misma resistencia produce una señal de RF en el emisor. Este voltaje debe restarse al voltaje del colector y por lo tanto hace decrecer la señal de salida. Debes recordar que el voltaje a través de un condensador no puede cambiar instantáneamente. El condensador “bypass” se elige de manera que aunque se cargue con la tensión continua, en bandas de aficionado el voltaje en el condensador, no cambie. Para un condensador de estos valores (uF) las fracciones de un microsegundo a las que oscila la señal de RF son insignificantes. El resultado es que en el emisor tendremos un voltaje cero para la RF y toda la tensión de RF aparecerá en el colector. Otra manera de ver el condensador “bypass” es como un cortocircuito para la RF sin afectar a la corriente continua.

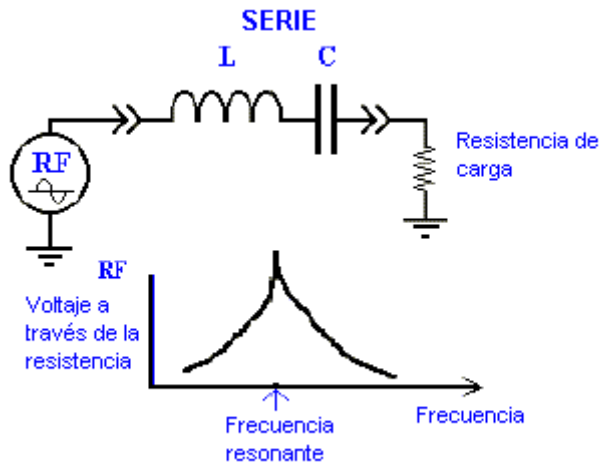
## Cómo se convierte un amplificador en oscilador



Tú ya sabes que un sistema de megafonía se convierte en un oscilador de audiofrecuencia cuando pones el micrófono cerca del altavoz. Esto produce una horrible y terrorífica oscilación (acople). Los osciladores electrónicos funcionan introduciendo una parte de la salida en la entrada.

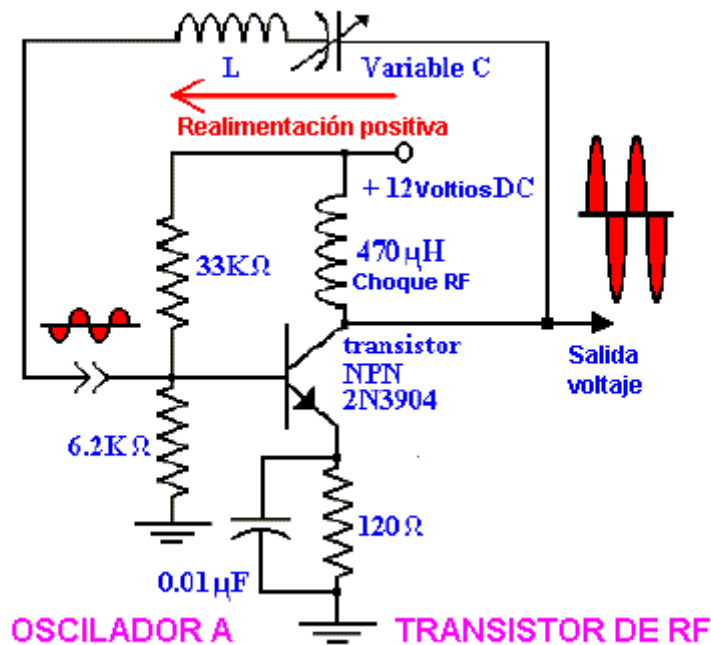
Observa que un amplificador transistorizado de una etapa invierte la polaridad de la señal de entrada. Al aumentar el voltaje en la base disminuye el voltaje en el colector. Por lo menos en teoría, si introducimos la salida de este amplificador en la entrada, la polaridad opuesta de la salida, cancelaría cualquier señal que empezara a formarse en la entrada. Por esta razón, si deseas construir un oscilador, la señal sinusoidal necesita ser invertida en fase antes de realimentar la base del transistor.

La necesidad de un circuito inversor de fase nos da la oportunidad de usar este circuito inversor como un filtro, de manera que restrinja la oscilación a solo una frecuencia. Ya te has encontrado con los circuitos resonantes L-C en paralelo. Un circuito L-C en serie atenúa todas las frecuencias excepto su frecuencia de resonancia. Un circuito L-C serie puesto entre el colector y la base de un transistor amplificador oscilará en una frecuencia específica definida por los valores de la inductancia y la capacitancia del circuito serie L-C.



### Circuito resonante L-C serie

En el capítulo 4 vimos una introducción a los circuitos resonantes paralelos. El circuito resonante serie también resuena a una determinada frecuencia y puede ser usado de la misma manera. El circuito resonante paralelo aparece como una resistencia infinita o una impedancia infinita a una frecuencia específica, cortocircuitando todas las tensiones de RF de frecuencia aplicada distinta a la de resonancia. Por el contrario, el circuito resonante serie aparece como una resistencia cero (cortocircuito) a la frecuencia de resonancia. Como se ve en la figura superior, sólo circula una frecuencia de RF hasta la resistencia de carga. Para todas las demás frecuencias, aparece como una inductancia grande o como una capacidad pequeña.



## **Un oscilador a transistor en funciones**

El circuito de la figura superior oscila en el margen de 1 a 30 MHz, dependiendo de los valores de L y C. Desgraciadamente, si lo construyes, encontrarás este oscilador muy inestable para su uso en radio de aficionados. Sin embargo, produce una oscilación potente. Una vez consigas que funcione, podrás observar la importancia de la resistencia de polarización de 33 Kohmios. Cuando desconectes esta resistencia, el oscilador seguirá oscilando como si nada hubiera pasado, bueno casi nada. Si miras bien en tu osciloscopio verás al comienzo de cada semiciclo una distorsión. Sin esta resistencia, el transistor queda en corte cuando la entrada cae por debajo de 0,6 voltios.

Ahora apagamos por un momento la fuente de alimentación, y la volvemos a encender, y veremos que el oscilador no funciona. La salida será solo una línea recta en tu osciloscopio. Sin la resistencia de 33 Kohmios, el amplificador no puede ver su propia salida que es solo ruido de muy poca tensión, y el oscilador nunca arranca. Esto es debido a que el ruido está por debajo del umbral de los 0,6 voltios. Monta de nuevo la resistencia de 33 Kohmios y verás como la oscilación reaparece de nuevo inmediatamente.

Un amplificador no lineal, sin polarización, recibe el nombre de “Amplificador Clase C”. Son útiles para amplificar señales de telegrafía CW que son mayores que la caída de tensión de la base. La excitación para un amplificador de clase C debe ser mayor que 0,6 voltios, de otra forma no funcionará. Clase C no es útil para amplificar voz o música ya que el umbral de 0,6 voltios, corta una parte de la onda y la distorsiona.

## **Osciladores a cristal de cuarzo - La clave para la moderna estabilidad**

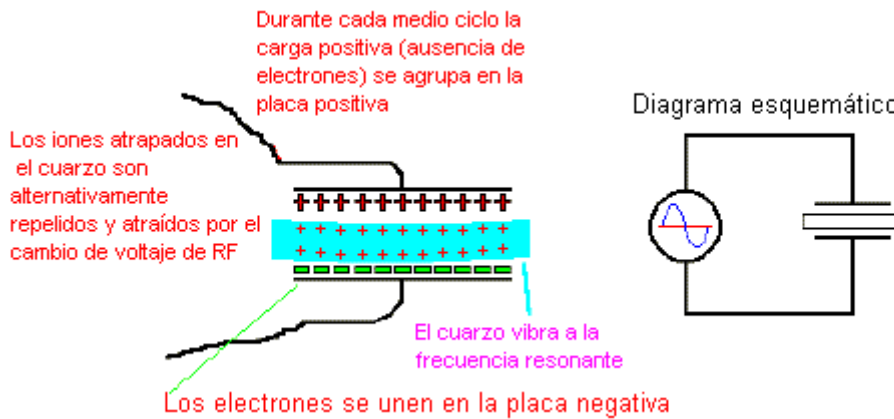
Los relojes de muñeca electrónicos usan cristales de cuarzo para obtener relojes baratos de precisión que rivalizan con los viejos cronómetros mecánicos que en su día fueron vitales para la navegación.

Análogamente, los televisores a color utilizan cristales como bases de tiempos de manera que el separador de colores pueda separar adecuadamente el rojo, el azul y el verde. Los ordenadores también utilizan cristales para poder correr adecuadamente.

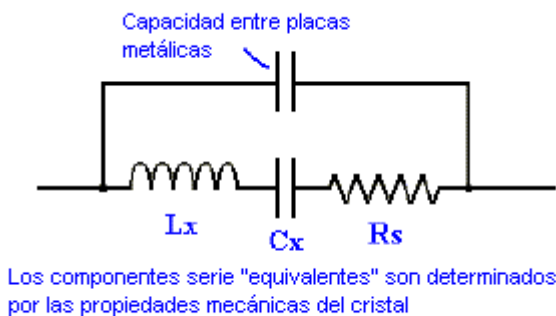
El cuarzo es un cristal de dióxido de silicio natural y cristalino. El vidrio corriente es también cristal de dióxido de silicio, pero los átomos están dispuestos en una estructura amorfa, algo así como una pila sin orden de envases de leche que han caído de un camión. Por el contrario, el cuarzo tiene una estructura cristalina regular, como si los envases estuvieran apilados. El cuarzo no es perfectamente puro, ya que contiene átomos contaminantes atrapados en la estructura del cristal. Estos iones contaminantes no convierten al cuarzo en semiconductor. El cuarzo natural proveniente de Brasil y otros lugares, se encuentra como cristales claros con caras planas y estructura uniforme. Este material puede cortarse y pulirse hasta quedarse en una fina hoja plana cortada en pequeños cuadraditos. Cada cuadrado se monta entre dos placas de metal como si formaran un condensador con el cuarzo como dieléctrico.

Cuando se aplica voltaje al cuarzo los iones del metal cargados contaminan el cuarzo y son atraídos por las cargas de las placas. La fina capa de cuarzo se dobla hacia adelante y hacia atrás con los cambios de polaridad del voltaje. Si el voltaje es un voltaje de RF los cambios de polaridad son de millones de veces por segundo y el cristal vibra a esa frecuencia.





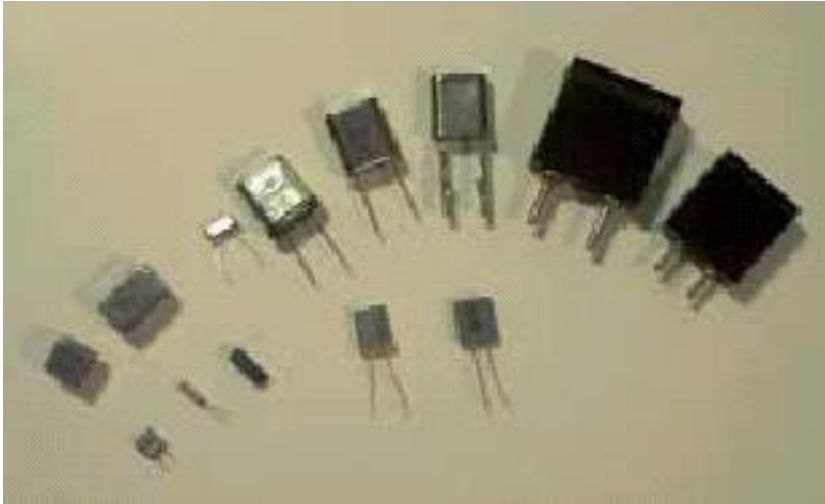
Cuando se aplica un voltaje de alterna al cristal, este vibra más fácilmente a la frecuencia proporcional a la masa y las dimensiones físicas del cuarzo. Es decir, cada cristal puede ser cortado para vibrar a una frecuencia específica. Como es de esperar, los cristales más grandes vibraran a las frecuencias bajas y los cristales finos vibraran a frecuencias altas. Aunque el cristal oscila a millones de vibraciones por segundo, la vibración es mecánica y parece un instrumento musical. Al igual que un instrumento musical, los cristales también tienen sobretonos o frecuencias armónicas más altas. Los cristales de sobretono oscilarán a frecuencias altas de 100 MHz o más.



### Circuito equivalente de un cristal

Los cristales de cuarzo oscilan mecánicamente pero simultáneamente oscilarán eléctricamente. Los cristales de cuarzo actúan como un circuito serie L-C. Son equivalentes a los componentes LC que usamos para sintonizar un oscilador. Las capacitancias e inductancias equivalentes  $C_x$  y  $L_x$  dependen de las dimensiones físicas del cristal. Imagínate el cristal de cuarzo como un circuito L-C extremadamente estable. El cristal tiene una resonancia serie y una resonancia paralelo. Si la galleta de cuarzo fuera un vidrio corriente, la capacitancia tendría probablemente el mismo valor.

Observa la resistencia  $R_s$  en serie con  $C_x$  y  $L_x$ . Esta resistencia es el equivalente eléctrico al rozamiento mecánico que tiene lugar al flexar el cuarzo. Esta resistencia produce calor y si este es importante, expandirá las dimensiones de las piezas mecánicas y ocasionará un desplazamiento en frecuencia. En general, cuanto más grande sea el cristal, la temperatura subirá más lentamente y la frecuencia variará más lentamente.

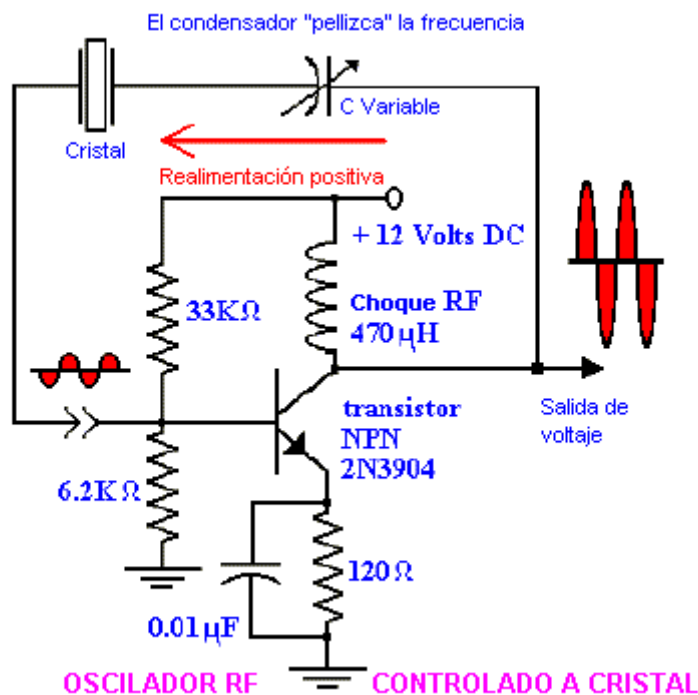


Un surtido de cristales de cuarzo para control de frecuencia

En la figura tenemos varios cristales típicos. En la esquina superior derecha tenemos dos viejos cristales grandes. Estos son muy buenos y están funcionando desde hace más de 50 años. Los tres cristales del centro son del tipo HC33 y son de construcción moderna. También en el centro tenemos dos cristales de tamaño medio HC49 que se usan para microprocesadores. Estos son buenos, pero a menudo no se encuentran para la frecuencia deseada.

A veces es necesario encargar cristales HC49 a medida, de compañías como ICM por un coste de 18 dólares cada uno. Los pequeños cristales de la izquierda, pueden ser usados con precaución. Los cristales pequeños se calientan fácilmente y patinan. Los cristales en forma de bote cuadrado o rectangular que se ven más a la derecha, son conjuntos completos de oscilador controlado a cristal. Se usan para trabajar con ordenadores no para RF. De hecho, nunca he encontrado un oscilador de estos que no se ponga caliente como una pistola y patine como si estuviera loco. Aunque los hayas probado, no uses osciladores empaquetados.

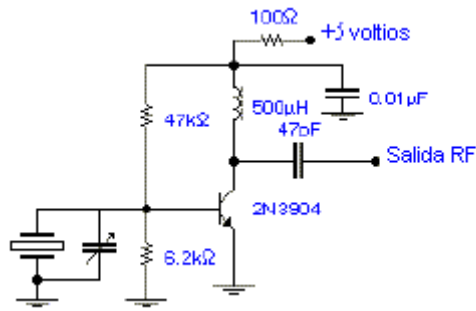
### **Circuitos comunes de oscilador a cristal**



Puede haber una docena de circuito osciladores a cristal. El circuito de la figura anterior es prácticamente igual al crudo oscilador LC visto anteriormente. El condensador variable te permite desplazar la frecuencia del cristal un kilohercio o más por encima y por debajo. Este circuito es completamente funcional y puedes verlo en algunos proyectos caseros. Si, si lo deseas puede quitar el condensador variable. Sin embargo, no es muy buena idea aplicar grandes voltajes sinusoidales directamente al cristal. Por ejemplo, si quitas el condensador variable, el voltaje de colector quedará aplicado directamente sobre el cristal. Demasiada tensión de RF en el cristal puede calentarlo y hacer que patine. El calentamiento del cristal causará una oscilación en la frecuencia que empezará a caer en el momento que enciendas el oscilador. En casos extremos, como puede ser en un oscilador con válvula de vacío, el voltaje puede romperlo o arruinar el cristal. Por todo ello, aunque este circuito es sencillo de explicar, no suelo usarlo.

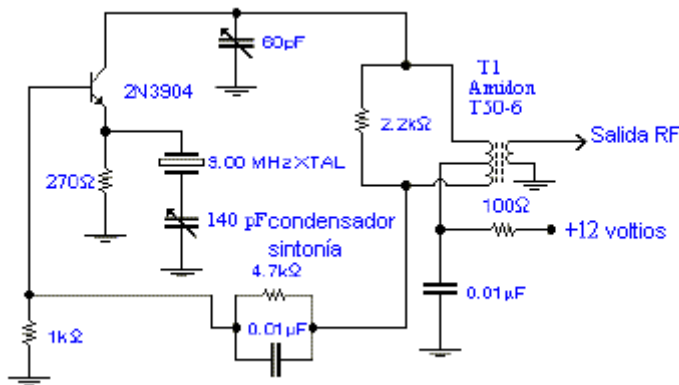
### Cristales cortados para serie y para paralelo

Los llamados cristales cortados para serie, están diseñados para ser usados con un condensador en serie con el cristal, como hemos visto en la figura anterior. Esto significa que cuando este cristal tenga un determinado valor de condensador en serie, oscilará exactamente en la frecuencia marcada en la caja del cristal. De lo contrario, puede estar desplazado un kilohercio o más. De igual manera, los cristales cortados para paralelo, están diseñados para funcionar con un valor determinado de condensador en paralelo, como se ve en la figura siguiente.



El oscilador de la figura anterior tiene el cristal conectado a la base del transistor. Además tiene un condensador en paralelo con el cristal. Cuando pongamos en marcha el oscilador, la frecuencia de salida puede estar desplazada alrededor de cientos o incluso miles de hercios. Ajustando el condensador, el oscilador puede dar la frecuencia exacta que deseamos.

### El mejor es el Butler



Un oscilador Butler a cristal

Probé todos los osciladores de mi tranceptor y descubrí que algunos no tenían el desplazamiento por temperatura al encenderlos. El más estable era un oscilador Butler como el de la figura anterior. Observa que el cristal y su condensador están en paralelo con la resistencia de emisor. Realmente no se porqué, pero este circuito es estable al momento de encenderlo. Puede ser debido a que el cristal no está conectado a la unión PN de la base que es la que se calienta. De cualquier manera, los Butler patinan menos de un hercio o dos por minuto. Dos de mis osciladores mostraron un desplazamiento cero durante el primer minuto.

Uno de ellos, el BFO de mi receptor, estaba en el mismo hercio media hora después. Ahora se como se supone que debe funcionar el control a cristal. Incluso no es necesario meter estos osciladores en cajas estancas metálicas. Montado en una placa al aire, es increíblemente estable.

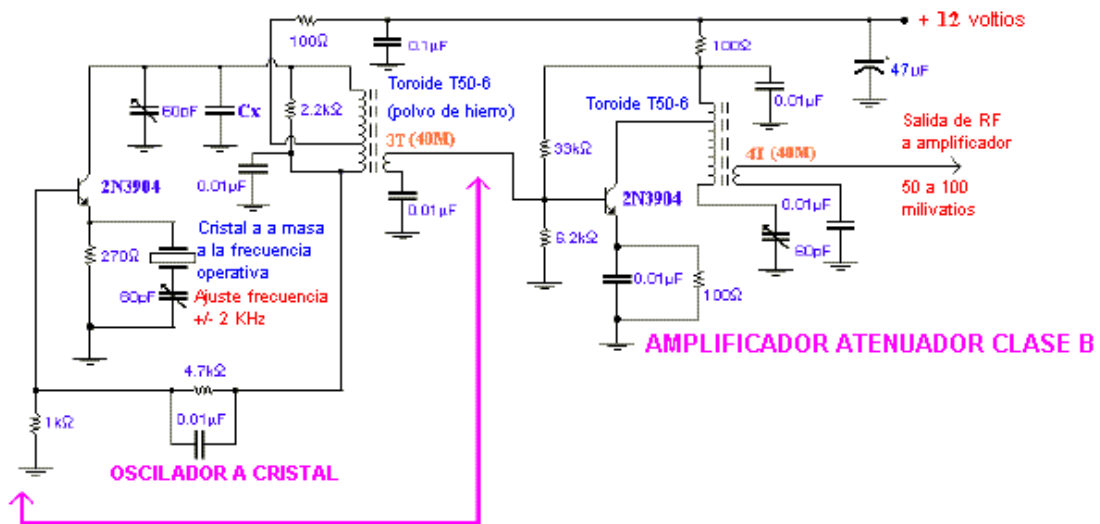
Dependiendo de donde se vaya a usar, el Butler tiene la ventaja que el condensador en serie baja más la frecuencia que el oscilador con cristal en la base mostrado anteriormente. En un ejemplo de tranceptor comercial moderno en el Handbook del 98,

había una versión de un oscilador Butler. Este oscilador se anuncia como con bajo ruido de fase, sin decir nada sobre la característica de buena estabilidad.

Muchos equipos modernos usan circuitos osciladores anónimos con circuitos integrados como el NE602. Entre otros circuitos, estos integrados contienen osciladores. Para cablearlo solo tienes que conectar un cristal en los pines correspondientes. ¡Sólo el cielo sabe lo que hay allí!. Pero me imagino que esto sólo nos importa a nosotros, los cacharreadores.

## El circuito QRP para 40 metros

El circuito mostrado más abajo es el corazón del transmisor QRP. El oscilador situado a la izquierda, es un oscilador Butler. El amplificador de RF, mostrado a la derecha, es similar al del ejemplo mostrado anteriormente, pero está sintonizado con un circuito L-C para una banda específica. Asimismo, su salida es un transformador que adapta la alta impedancia de salida (alrededor de 600 ohmios) a los 50 ohmios de la antenna.



### El oscilador a cristal y el buffer (separador)

El esquema de arriba muestra las etapas osciladora y separadora de un transmisor QRP. Este circuito saca 1/8 de vatio y puede ser usado directamente. Por supuesto, tendrás que usar una antena terrorífica para que te oigan. La potencia que consigas obtener de este circuito, dependerá del cristal que uses.

Yo usé un cristal grande, del tipo HC33, con el cual, mi QRP (incluyendo el amplificador final) sacaba 15 vatios a 12 voltios, en lugar de los 5 vatios. Cuando lo hice trabajar con baterías (9 voltios), ponía en antena 7 vatios.

El oscilador Butler procede de un proyecto del ARRL Handbook de 1986, y lo he usado con éxito muchas veces. El amplificador separador sintonizado, forma parte de un diseño del Handbook de 1979. Este amplificador básico produce una alta ganancia en voltaje y también puede usarse como filtro activo sintonizado. Cuando está acoplado a

un secundario de baja impedancia, como en este ejemplo, funciona como amplificador de potencia.

Construir este QRP consiste en varios pequeños proyectos. Construye el oscilador y consigue que funcione, antes de montar el amplificador separador. Lo más importante es que funcione, no su tamaño ni si queda bonito. Al construir un proyecto, utiliza circuitos que entiendas y piezas que tengas.

El esquema anterior no incluye un listado de piezas detallado. Los listados de piezas están muy bien, pero sólo si puede comprar exactamente todas las piezas. Los fabricantes y distribuidores cambian cada año, por lo que es muy frustrante indicar un fabricante en concreto. Las bobinas son las únicas piezas críticas. Deberán ser de polvo de hierro y estar diseñadas para el margen de frecuencias adecuado. Para trabajar con una marca de toroides como Amidon, Micrometals, etc., necesitas el valor de inductancia  $A_L$  para poder calcular el número de vueltas. Este proceso se explicará más tarde en este capítulo.

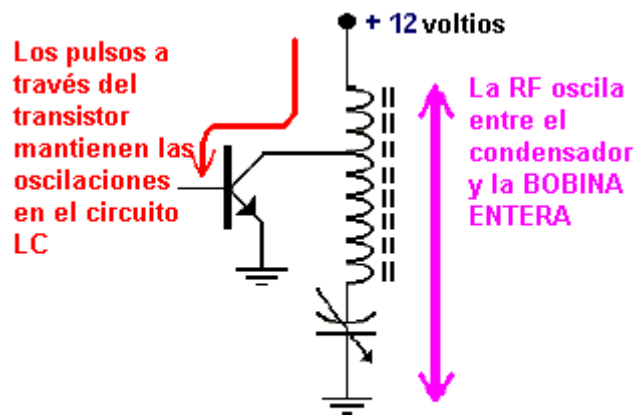
### Características de las bobinas para el oscilador QRP

Banda	Tipo Toroide	Vueltas Primario	Vueltas Secundario
80 Mts	T 50-15	41 con toma a 1/3	4 y 5 vueltas
40 Mts	T 50-15	30 con toma a 1/3	3 y 4 vueltas
	T 50-2	51 con toma a 1/3	5 y 7 vueltas
30 Mts	T 50-6	36 con toma a 1/3	7 y 9 vueltas
20 Mts	T 50-6	28 con toma a 1/3	3 y 4 vueltas
17 Mts	T 50-6	22 con toma a 1/3	3 y 5 vueltas
15 Mts	T 50-6	22 con toma a 1/3	3 y 5 vueltas
12 Mts	T 50-6	16 con toma a 1/3	3 y 3 vueltas
10 Mts	T 50-6	16 con toma a 1/3	3 y 3 vueltas

El número de vueltas no es crítico, está bien si sintoniza con el condensador variable en su posición central. (Los toroides son Amidon)

### Bobinas toroidales

El circuito que hemos visto usa bobinas sobre forma toroidal para los bobinados primarios de los transformadores. La toma se hace a 1/3 desde el extremo más cercano a la alimentación. La corriente continua circula hacia el primario y tras un tercio de vueltas deja el bobinado y se dirige al transistor, el cual conduce cada medio ciclo y cortocircuita la corriente a masa. El extremo opuesto del primario se conecta al condensador variable formando un circuito resonante LC. En este extremo de la bobina no hay salida para la corriente continua. Por lo tanto, 2/3 de la bobina se usan sólo para la oscilación resonante de las corrientes de RF. Es decir, gran parte de la inductancia se dedica a oscilar a una frecuencia determinada.



**EL INDUCTOR CON DERIVACIÓN FORMA UN CIRCUITO SINTONIZADO CON ALTO Q**

Cortos pulsos de corriente continua sobre 1/3 de la bobina sirven para acompañar la oscilación y mantenerla. Es comparable a un adulto empujando a un niño en un columpio. El adulto únicamente empuja brevemente en un extremo del arco que realiza el columpio. El sistema de péndulo del columpio produce la mayor parte de la oscilación. Esta toma intermedia de la bobina hace que la oscilación sea mucho más grande que con una bobina sin ella. Además, la oscilación está mucho más confinada a una frecuencia, es decir, el Q o calidad del circuito resonante, es mucho más alto.

### Un error que se suele cometer



El dibujo anterior muestra la manera correcta y la equivocada de bobinar una bobina con toma intermedia. Una bobina de este tipo se supone que es una bobina simple con un cable externo conectado en un punto a lo largo de la bobina. Es decir, la bobina debe ser construida de principio a fin en la misma dirección. En el dibujo la bobina correcta tiene tres vueltas en una dirección y tres vueltas más en la misma dirección.

Si la dirección del bobinado cambia en la toma intermedia, la inductancia de la primera mitad quedará cancelada por la inductancia de la segunda. Es decir, el dispositivo de la derecha no tiene ninguna inductancia. No es una bobina, solamente es un cable.

### **“Q” = es igual a calidad**

Las bobinas y condensadores tienen un factor de calidad llamado “Q”. Es igual a la reactancia de un dispositivo dividida por su resistencia. La reactancia es la propiedad que tienen los condensadores e inductancias de oponerse al flujo de corriente alterna y actuar como una resistencia. Las inductancias constan de una longitud de cable de cobre formando una bobina. Debido a la resistencia del cobre, la resistencia de una bobina puede ser considerable, incluso sin tener en cuenta la componente reactiva. Por lo tanto, las inductancias tienen normalmente un Q bajo. Por el contrario, la resistencia de un condensador es despreciable, y por tanto su Q será normalmente alto. En los condensadores electrolíticos, el dieléctrico disipa energía y aparece como una resistencia, con lo cual disminuye su Q.

### **Multiplicadores de frecuencia**

Por supuesto, los amplificadores con bobina con toma intermedia, se pueden usar como multiplicadores de frecuencia. Supongamos una onda de 7 MHz en la entrada. Supongamos ahora que el circuito resonante LC está sintonizado a 14 o 21 MHz. Cuando este funcionando, en tu osciloscopio verás una onda de 7 MHz en el colector. Sin embargo, la bobina entera y el condensador están oscilando a un múltiplo de la frecuencia de entrada determinada por el circuito LC. Para usar la frecuencia más alta, coger la señal mediante un condensador pequeño, unos 5 pF, entre la bobina y el recortador. Un condensador más grande cargaría demasiado el circuito LC y terminaría con la oscilación. Alternativamente, la alta frecuencia puede obtenerse también con un secundario de una o dos vueltas sobre la bobina.

### **Si la inductancia y la capacitancia se llaman reactancia, ¿qué es la impedancia?**

Impedancia es la suma o total de todas las reactancias y resistencias de un circuito. Cuando decimos que un circuito tiene una impedancia de 100 ohmios estamos diciendo que el conjunto de todos los componentes del circuito actúa como una resistencia de 100 Ohm a una determinada frecuencia. Por ejemplo, como mencionábamos antes, la mayoría de las antenas, receptores y transmisores de radio de aficionado, están diseñados para trabajar con impedancias de carga de 50 Ohm.

### **Adaptación de impedancias**

Si necesitas transferir potencia de un circuito a otro, y no dispones de una fuente de voltaje ideal, conseguirás la mayor transmisión de potencia si adaptas la impedancia de la carga con la impedancia interna de la fuente de voltaje. Es decir, las fuentes de voltaje reales tienen una resistencia interna que limita la energía que puedes extraer de la fuente. Por ejemplo, una batería nueva tiene una baja impedancia interna. Por el contrario, una batería muerta tiene una resistencia en serie con el voltaje, que limita la potencia que se puede obtener de la batería. Sin embargo, incluso con una batería cercana a su muerte, puedes maximizar la transferencia de potencia, adaptando la resistencia de la carga a la resistencia interna, independientemente de lo elevada que esta sea.



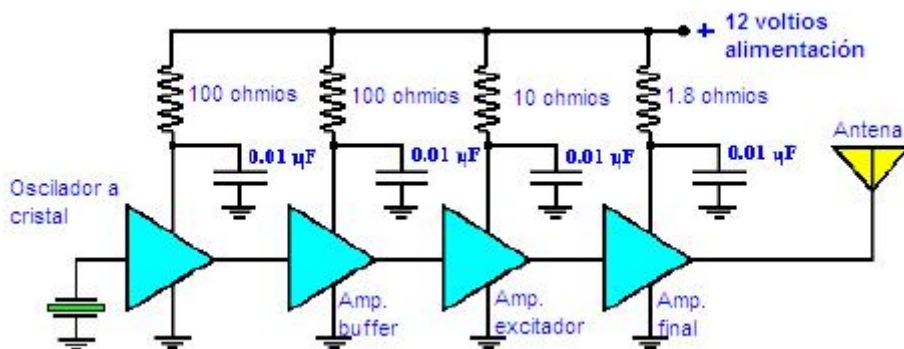
## El desacoplamiento entre la etapa buffer y la alimentación

La etapa buffer es la que sigue al oscilador. La función del buffer es aislar el oscilador del amplificador o amplificadores finales. Los cambios en la carga de salida de un amplificador, pueden llegar hasta la entrada de este y afectar al oscilador. Esta realimentación produce súbitos cambios de frecuencia y contribuye al “gorjeo”. El gorjeo es un cambio de tono de la señal en Morse que hace que suene como un pájaro. La manera de evitarlo es añadiendo un amplificador buffer entre el oscilador y el amplificador final.

Idealmente, toda comunicación entre una etapa amplificadora y la siguiente es a través del camino entre el transformador de salida y la base de la siguiente etapa. Desgraciadamente, existen otros caminos por los que se comunicarán dos etapas, a través de la alimentación o a través de pistas de masa. Puedes minimizar la comunicación por masa usando grandes pistas de masa, o usando una capa entera de cobre, como hemos visto en la construcción de placa de circuito.

La comunicación por la alimentación es más difícil. Supongamos una gran onda sinusoidal generada por un amplificador final. Al aumentar la corriente a través del transistor de salida, esta gran corriente carga el voltaje de alimentación y puede hacer que caiga. El amplificador (excitador) que alimenta al amplificador final pierde alimentación justo cuando la necesita para proveer el aumento de corriente. El resultado de esta interacción es que la onda puede temblar y volverse inestable. En un osciloscopio, la onda pierde el foco y se vuelve borrosa. Un frecuencímetro leería por debajo de la frecuencia del cristal y se volvería inestable. La inestabilidad se puede evitar en gran medida desacoplando cada etapa como se ve en la figura siguiente:

### DESACOPLE RC DE FUENTE DE ALIMENTACIÓN

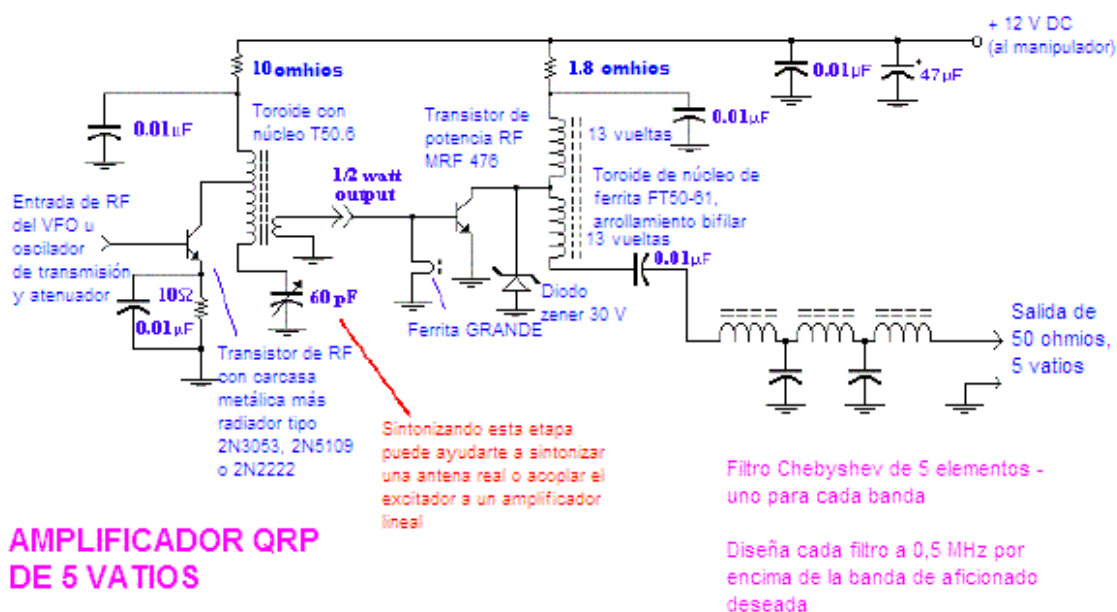


La resistencia y el condensador de cada etapa ralentizan los cambios de voltaje de alimentación en cada ciclo. Esto evita que estos cambios pasen a las etapas anteriores. Cuanta menos corriente pase por la etapa, más resistencia se necesitará. Si quitamos estos circuitos RC, nuestro QRP funcionará bien sólo si disponemos de una fuente estabilizada de 12 voltios. Sin embargo, si usamos una fuente débil, como baterías viejas, será difícil obtener una onda de salida limpia.

## Los pasos finales para QRP

Yo estaba sorprendido por la gran señal que conseguí obtener de mi oscilador usando cristales HC-33. Si usas cristales HC-49, la potencia de salida será probablemente menor y se necesitará el primer paso del amplificador de dos etapas descrito a continuación. En mi caso, cuando enchufé mi QRP a 12 voltios, conseguí una salida de 15 vatios.

Ehhh, el QRP son potencias de menos de 5 vatios. Por esto, alimenté mi circuito con 9 voltios procedentes de 6 células alcalinas y conseguí 7 vatios de salida. No tendrás ningún problema en conseguir suficiente potencia de este pequeño transmisor.



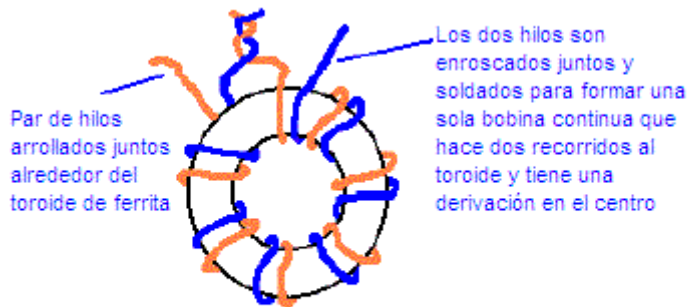
Amplificador de dos etapas para QRP

Los últimos dos de los cuatro pasos a transistor de nuestro QRP están reflejados en la figura. El primer paso es sintonizado y funciona como buffer tras el oscilador. Dependiendo del número de vueltas de las bobinas de los pasos sintonizados, estos podrán funcionar en dos o más bandas. Por ejemplo, con 27 vueltas en el primario, puedes cubrir de 20 a 10 metros. Tendrá que hacer la toma intermedia a 1/3 del número total de vueltas, en este caso, 9 vueltas. El secundario tendrá unas 6 vueltas. La entrada de un amplificador a transistor, es normalmente de baja impedancia. Por lo tanto los transformadores reducirán el voltaje y aumentar la corriente, para adaptar la impedancia.

El buffer que sigue al oscilador es un clase A ya que está polarizado con una resistencia de 33K. El circuito RC del emisor mantiene estable al amplificador clase A de manera que no varíe con el aumento de temperatura. La clase A es mejor cuando los niveles de señal son pequeños. En los dos amplificadores de arriba, el primero (sintonizado) funciona en clase C. La variación de la tensión de entrada debe ser mayor que el voltaje base-emisor (0,6 voltios). Este clase C funciona a altos niveles de potencia, de manera que necesitas un transistor mayor, 2N3053, 2N2222 o equivalentes. Estos transistores

tienen un encapsulado parecido a una pequeña lata que ayuda a disipar el calor. Además se le suele acoplar un radiador similar a un sombrero, para disipar mejor el calor. Busca en tu catálogo disipadores, y encontrarás un buen surtido.

### Transformadores bifilares



#### TRANSFORMADOR ARROLLAMIENTO BIFILAR

El transformador para la etapa final de banda ancha es un transformador bobinado bifilar. Este transformador de banda ancha no está sintonizado y trabajará en cualquier banda de HF. El núcleo toroidal es un T50-61 de ferrita, en lugar de polvo de hierro. La ferrita produce mucha más inductancia que la que puedas conseguir con un núcleo del mismo tamaño de polvo de hierro como el T50-6. Es decir, el factor  $A_L$  es mucho mayor en un núcleo de ferrita. La alta inductancia significa que la señal de entrada al transformador pasará hasta la salida antes de que el inductor tenga tiempo de cargarse. No hay nada resonante en este transformador.

Aunque el transformador está construido con dos hilos paralelos, los dos están juntos constituyendo un bobinado que orbita por el toroide. Los transformadores de este tipo son una especie de transformadores con toma intermedia. La impedancia puede ser reducida o aumentada conectando la salida a toda la bobina, para altos voltajes o sólo a la mitad de la bobina.

Antes de bobinar uno de estos, examina detenidamente el dibujo. Sólo funciona cuando se construye exactamente como en el dibujo. Hay una forma realmente fácil para echar a perder todo el trabajo. Si conectas uno de los cables consigo mismo, este cable se convierte en una vuelta que disipará la mayor parte de la energía de RF. Por ello, antes de soldar el bifilar al circuito, usa un ohmímetro para confirmar que los tres terminales tienen cero ohmios entre ellos. Si descubres que la toma intermedia es un circuito abierto con respecto a uno de los dos cables, lo has montado mal. Yo he cometido este error dos veces y gaste mucho tiempo en descubrirlo.

### Amplificadores sintonizados contra amplificadores de banda ancha

El transmisor QRP descrito anteriormente utiliza dos pasos amplificadores sintonizados con trimers y un amplificador final de banda ancha que no necesita sintonización. Los amplificadores sintonizados casi siempre funcionan, esto es una gran ventaja. El inconveniente de los amplificadores sintonizados es que la sintonización puede ser crítica y puede no cubrir toda la banda. Sintonizar todos los pasos de un transmisor es

una mala idea. Cuando la batería de mi coche se descarga, a veces mi señal puede chocar en medio de un CQ. En mi osciloscopio puedo ver una pérdida de amplitud y distorsión en la onda de salida. La estación que este contactando dirá que mi señal se está rompiendo.

Otra desventaja de los pasos sintonizados es que cuando sintonizas otro paso, por desplazamiento de la fase de la onda, estarás también ajustando el acoplamiento de impedancias con los pasos siguientes. Funciona como un acoplador acoplando una antena. Confieso que realmente no lo entiendo, pero el fenómeno es real y ocurre.

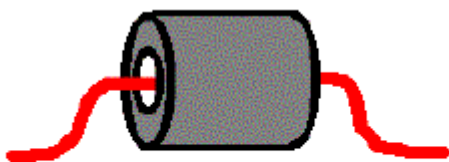
Por el contrario, por los amplificadores de banda ancha pasa cualquier señal que reciban. Por ello, si todos tus pasos son de banda ancha, no funcionará, aunque hagas un maravilloso trabajo adaptando impedancias en cada paso. Cuando un amplificador de banda ancha está desacoplado pasa a funcionar en “modo ruido”. Es decir, tú metes una onda en la entrada y el amplificador pone una ráfaga de ruido que contiene sólo una imagen fantasmagórica de la onda que esperas amplificar. Si no dispones al menos de un paso sintonizado, no tendrás nada que ajustar cuando el paso final pase a “modo ruido”.

La etapa de salida de nuestro QRP es un amplificador multibanda que utiliza un filtro Chebyshev de cinco elementos, para suprimir los armónicos de alta frecuencia de la onda de salida. Los filtros Chebyshev se explicarán posteriormente. Los valores de los componentes del filtro se encuentran en tablas y fórmulas en los “ARRL Handbook” de 1986 y siguientes. Este amplificador de banda ancha es un circuito universal que puedes añadir a tu bolsa de los trucos. Por ejemplo, en mi QRP de 10 metros, utilicé dos pasos de banda ancha en serie para aumentar la potencia de 3 a 9 vatios. El primer paso utiliza un 2N3053 y no necesita su propio filtro Chebyshev.

### **Transistores de RF caros**

El amplificador final utiliza un transistor Motorola MRF476, con un precio de unos 10 dólares. Existen cientos de transistores más baratos, que pueden entregar 5 o 10 vatios a frecuencias de HF. Desgraciadamente, los otros que he probado necesitan de 24 a 80 voltios de tensión de colector, para entregar la misma potencia. La virtud de los MRF's de Motorola es que entregan mucha potencia en HF para una alimentación de 12 voltios. Esto es muy bueno para mí, a pesar del precio.

### **Chocos de RF con perlas de ferrita**



#### **CHOQUE DE RF EN CUENTA DE FERRITA**

Observa el choque de RF de la base del MRF476. Consiste simplemente, en un cable recto que pasa a través de una perla de ferrita. Esto elimina bajas frecuencias de la salida y convierte una onda de salida caótica en una onda limpia. Este componente tan

simple, se podría ver como un cortocircuito a masa, pero aunque lo utilices en 80 metros, el choque es vital y no reduce la potencia de salida. Si te parece ilógico, desuelda el choque y observa la onda de salida.

---

## CONQUISTANDO LAS BOBINAS

### **Normalmente, las bobinas son el problema**

Cuando reúnes las piezas para construir cualquier proyecto típico, puedes descubrir que las piezas más difíciles de encontrar son las bobinas. “¿Dónde puedo comprar un Miller n° 233?”. O puede ser que en el listado de piezas aparezca, “6 vueltas sobre un núcleo toroidal Stackpole 4-12”. ¿Quién compra núcleos toroidales Stackpole? ¿Dónde encuentro un catálogo? Entonces piensas, ¡ya lo sé! He encontrado un núcleo parecido al de la foto, ¡voy a usarlo! Con este optimismo, estarás bien encaminado para construir un trasto inútil cuyo destino será el trastero.

Por el contrario, los condensadores no suelen constituir ningún problema. Si en el encapsulado se lee 330 pF ese debe ser el que es. Los condensadores electrolíticos pueden ser un poco tramposos. Debes tener en cuenta la polaridad correcta y hay unas cuantas normas para saber cuando debes usarlos. Pero en términos generales, los condensadores son fáciles. Un simple capacitómetro te contará todo lo que desees saber sobre cualquier condensador no etiquetado que encuentres en tu chatarra.

Todos los que hemos construido alguna bobina, hubiéramos deseado que nuestros multímetros tuvieran escalas de inductancias. Lo siento. Los medidores de inductancias de mano son escasos. Y si tienes uno, probablemente no te dirá mucho sobre pérdidas del núcleo, fugas de inductancias, saturación y resistencia del bobinado.

### **Un poco de matemáticas es tan bueno como un inductómetro**

Normalmente, los humanos odiamos las matemáticas. Sin embargo, unos simples cálculos y las características de los núcleos toroidales, son herramientas que te permitirán construir la inductancia exacta que necesites. ¡Tus circuitos LC resonarán en la banda correcta, tus filtros atenuarán y dejarán pasar las frecuencias correctas, y tus equipos funcionarán!. La habilidad para construir la inductancia correcta es tan vital como el soldador, un buen osciloscopio y un frecuencímetro.

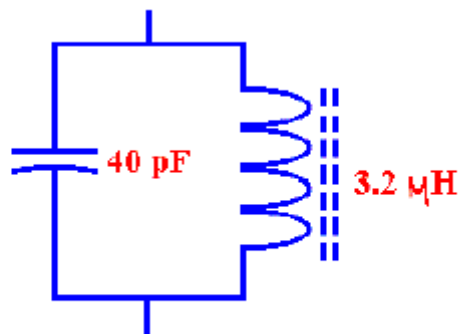
## Circuitos LC. ¿Qué tamaño de bobina necesito?

La radio tecnología está basada en circuitos LC. Seguramente, muchos circuitos utilizan dispositivos piezoeléctricos como cristales, que solo actúan como circuitos LC. La parte C es bastante fácil, simplemente como un valor de un condensador. Pero, ¿qué tamaño de bobina necesito?

$$\omega^2 = 1 / LC \quad \text{donde } \omega = 2\pi \text{ (frecuencia en Hercios)}$$

L = inductancia en Henrios

C = capacitancia en Faradios



CIRCUITO RESONANTE 20 METROS

Supongamos que estas construyendo un paso amplificador a transistor que tiene un circuito resonante tanque LC. Tu trimer tiene un rango de 5 a 60 pF. Necesitas una inductancia que resuene con tu condensador, digamos por ejemplo en la banda de 20 metros, en 14,1 MHz. Diseñaremos la bobina para que resuene con 40 pF por ejemplo. De ese modo, puedes ajustar la frecuencia si es necesario. Usando la siguiente fórmula:

$$(2 \times 3.1416 \times 14.1 \times 10^6 \text{ Mhz})^2 = 1 / (40 \times 10^{-12} \text{ Faradios}) L$$

Resolviendo L:  $L = 3.18 \times 10^{-6}$  Henrios o 3.18 microhenrios

Ahora que ya sabemos el valor de nuestra bobina, necesitamos bobinar el hilo sobre una forma toroidal.

### Usando núcleos de polvo de hierro CWS (Amidon)

Hay muchas marcas de calidad que suministran núcleos de ferrita y de polvo de hierro. Me gustan las formas Amidon simplemente por que sé donde comprarlas, en [www.bytemark.com](http://www.bytemark.com) o en [www.coils.com](http://www.coils.com). El factor más importante es que el núcleo tenga un factor de inductancia conocido  $A_L$ , de manera que puedas calcular cuantas vueltas necesitas para una inductancia determinada.

## Ferrita contra Polvo de hierro

Los núcleos de ferrita tienen un alto contenido en hierro y producen una alta inductancia para un número determinado de vueltas. En proyectos de aficionado, la ferrita se suele usar para bobinas de un valor muy alto, es decir, se usan para choques de RF y transformadores de ondas. Por ejemplo, los transformadores de salida de los amplificadores lineales de banda ancha, están hechos normalmente con ferritas. El amplificador final del circuito QRP anterior utiliza un toroide de ferrita T50-61. Las ferritas no se suelen usar casi nunca en circuitos resonantes LC.



Por el contrario, los núcleos de polvo de hierro, contienen mucho menos hierro y más cerámica. Se suelen usar para circuitos resonantes de alto Q y filtros. Observa que los núcleos de polvo de hierro están codificados con colores para definir su permeabilidad. Por el contrario, todas las ferritas son simplemente negras.

Primero: selecciona el tipo de toroide apropiado para la frecuencia y potencia que se vayan a utilizar. Hay muchos grados de núcleos diseñados para diferentes rangos de frecuencias. Para circuitos resonantes o filtros en bandas de aficionado, normalmente uso el tipo 6 de polvo de hierro (código de color amarillo y negro). Para las bandas más bajas de HF (80 y 60 metros) suelo usar el tipo 2 (rojo / negro) o el tipo 15 (rojo / blanco). Estos me dan más inductancia para el mismo número de vueltas y me permiten utilizar un cable de mayor diámetro (menos resistencia). Los de polvo de hierro tipo 17 (amarillo - azul) se utilizan por encima de 30 MHz. El tipo 26 (amarillo – blanco) es para frecuencias muy por debajo de las bandas de aficionado. Se ven muy a menudo en fuentes de alimentación.

El nivel de potencia es proporcional al tamaño del toroide. He tenido mala suerte con tamaños pequeños como el T-37. Producen poca ganancia y son complicados de bobinar. No los uses a menos que te obligue el espacio. Por otra parte, el tipo T-50 funciona bien desde circuitos de recepción hasta unos pocos vatios en QRP. El tipo T-

68 es bueno para 10 o más vatios. Los tipos T-106 y T-200 manejan 200 o más vatios y se utilizan en filtros de salida en amplificadores lineales de potencia.

Segundo: calcular el número de vueltas necesarias para una inductancia determinada. El grosor del hilo será el más gordo que nos permita el número de vueltas en el toroide. No te vuelvas loco con cables finos. Por otra parte, para baja frecuencia, una inductancia alta significa muchas vueltas de hilo. La bobina funcionará mejor usando el mayor diámetro de hilo que quepa en el toroide sin superponer vueltas. Para cada tipo de núcleo, existe una constante  $A_L$  que es proporcional al cuadrado del número de vueltas.

El número de vueltas =  $100 (\text{Inductancia en microhenrios} / A_L)^{1/2}$

Por ejemplo, usando un T-50 tipo 6 diseñamos una inductancia de 3 microhenrios:

El núcleo T-50-6 tiene una constante  $A_L = 40$ . Observa que los cálculos se hacen en microhenrios.

$$\text{Número de vueltas} = 100 (3,18 / 40)^{1/2} = 28 \text{ vueltas}$$

Nota: la fracción  $1/2$  de la potencia es una manera de decir “raíz cuadrada de “

Deberás conseguir 28 vueltas de hilo de galga 30 aislado sobre el núcleo. Si no te cabe, utiliza un hilo más fino, por ejemplo galga 34. Si el hilo no cubre toda la totalidad del núcleo, usa un hilo más gordo, por ejemplo galga 26.



## Calibrando los condensadores Trimer

Utilizo condensadores variables pequeños, Trimers, para sintonizar los tres pasos primeros de mi módulo QRP. Tienen el tamaño de un grano de uva y se ajustan con un pequeño destornillador. El problema que tenemos con estos dispositivos es que no sabes a que capacidad están ajustados con solo mirarlos. Debido a que el destornillador de ajuste da vueltas y vueltas sin parar, no hay manera de saber cuando están en su máximo o en su mínimo.

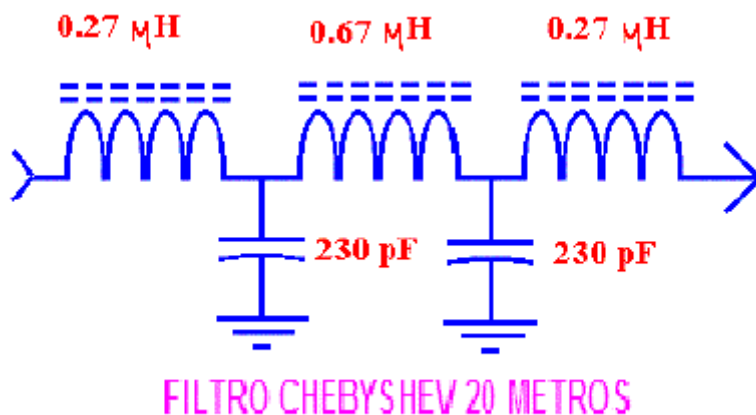
Supongamos que sintonizas un paso amplificador y encuentras el punto de máxima señal en una determinada posición. Si sabes que este punto es el de mayor capacidad, probablemente necesitarás más capacidad para conseguir el mayor rendimiento. Puedes conseguir esto soldando un pequeño condensador de 30 pF en paralelo con el trimer. También puedes añadir unas pocas vueltas más en la bobina. Por otra parte, si sabes que el punto de máximo rendimiento coincide con el mínimo de capacidad, puedes deducir que el bobinado primario del transformador tiene demasiadas vueltas y necesitarás reducirlas.

Mi solución es medir la capacidad con un capacímetro y marcar los puntos de máxima y mínima capacidad en el trimer. Con mis trimers cerámicos, el máximo es de 60 pF y el mínimo es de 7 pF. Utilizo un rotulador indeleble de punta fina para marcar el punto de máxima capacidad. El mínimo estará a 180 grados del máximo. Idealmente, cuando tengo el amplificador ajustado a máxima señal, el trimer debería estar por la mitad del margen del trimer. Esto significa que tengo un buen paso amplificador y puedo mejorar el circuito LC más adelante.





## Filtros Chebyshev



Los circuitos LC son vitales para sintonizar etapas amplificadoras. Muchos amplificadores modernos son no sintonizados o lineales, y sólo necesitan un filtro para evitar los armónicos. La etapa de salida de casi todos los lineales transistorizados tiene un filtro Chebyshev de 5 elementos para evitar los armónicos por encima de la frecuencia de operación. Los Handbook de la ARRL tienen muchas, muchas explicaciones detalladas sobre el diseño de filtros Chebyshev de diferentes tipos. Muchos chicos echan un vistazo a estas páginas y piensan, “que demonios, voy a resolver todo esto”. Por otra parte, normalmente necesitarás un filtro paso bajo de 5 elementos y así es como tienes que hacerlo:

Primero: ¿Qué impedancia necesitas? Supongamos que es 50 Ohm, que es la más común.

Segundo: ¿Para qué frecuencia? Supongamos que deseamos atenuar todo por encima de la banda de 20 metros, esto es 14,350 MHz.

Tercero: Calcular la capacidad y la inductancia normalizadas para el filtro:

$$\text{Capacidad } C_S = 1 / 2 \pi (50 \text{ Ohm}) (14,350) = 222 \text{ pF}$$

$$\text{Inductancia } L_S = 50 \text{ Ohm} / 2 \pi (14,350) = 0,55 \text{ microhenrios } (\mu\text{H})$$

Cuarto: Multiplicar los valores normalizados de L y C por los factores para cada uno de los cinco elementos. Los valores de los cinco elementos serán:

$$L1 = 0,4869 L_S = (0,4869) (0,55 \mu\text{H}) = 0,27 \mu\text{H}$$

$$C2 = 1,05 C_S = 1,05 (222 \text{ pF}) = 230 \text{ pF}$$

$$L3 = 1,226 L_S = 1,226 (0,55 \mu\text{H}) = 0,67 \mu\text{H}$$

$$C4 = 1,05 C_S = 1,05 (222 \text{ pF}) = 230 \text{ pF}$$

$$L5 = 0,4869 L_S = (.4869) (0,55 \mu\text{H}) = 0,27 \mu\text{H}$$

Para los condensadores, 220 pF es valor que funcionará bien.

### **Disipador de calor para el transistor de salida**

Utiliza un gran disipador metálico en el MRF476 y mantenlo frío. Nunca he dañado ninguno, incluso con más de 15 vatios RF de salida. Sin embargo, supuestamente el transistor sólo puede disipar 3 vatios, por lo tanto se debería respetar esta característica. La parte metálica del MRF476 es el colector del transistor y debe mantenerse aislado de la masa del disipador. Para ello se utilizan aisladores de mica junto con grasa de silicona.

### **Protección de sobrevoltaje mediante zener en la salida del transistor**

El zener de 30 voltios protege a nuestro MRF476 en caso de operación en circuito abierto. El diodo zener no parece esencial, pero tampoco hay que despreciar su función.

### **Conectores para tu módulo QRP**

Normalmente utilizo conectores de audio RCA para las conexiones de RF entre módulos de HF. Si, deberíamos utilizar conectores especialmente diseñados para RF como los BNC. Sin embargo, los conectores de audio son más baratos, más fáciles de montar y no se aprecia diferencia en el rendimiento siempre que el nivel de potencia esté por debajo de 10 vatios y para frecuencias por debajo de 30 MHz. Después de todo, los conectores de audio tienen sólo dos veces la capacidad (4 pF más) de una longitud igual de cable coaxial. Probablemente, los 30 MHz sea la frecuencia más alta que permite el uso de conectores de audio, especialmente para niveles altos de potencia. Los conectores de borde de tarjeta son otra forma de unir los módulos. Por ejemplo, yo utilizo este tipo de conectores para enchufar filtros Chebyshev y así poder cambiar de banda fácilmente. Puedes utilizar pistas anchas y conectar varios pines en paralelo sin preocuparte por la inductancia y la resistencia que serán bajas.

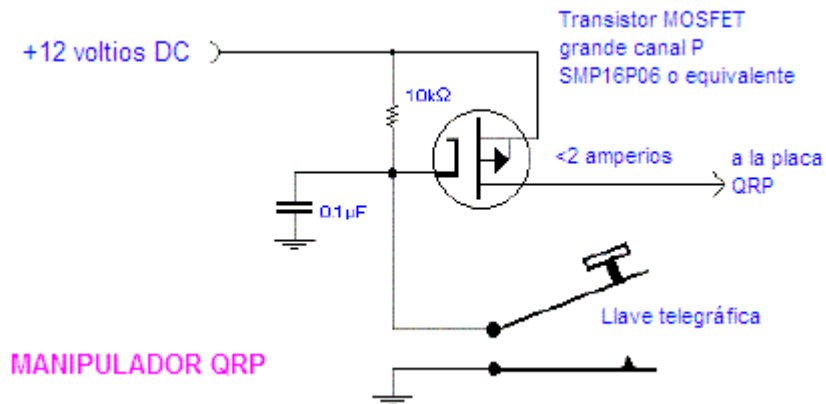
\*\*\*\*\*

### **Manipulando transmisores de CW**

Algunos diseños QRP colocan el manipulador en serie con el emisor de un transistor en un paso amplificador anterior al amplificador final. Para transmitir se pulsa el manipulador conectando el emisor a masa. Cuando el operador desea muestrear su señal para saber donde está su transmisión con respecto a otra estación, enciende la fuente de alimentación, pero no pone en funcionamiento el transmisor. Sin excitar el paso final, el oscilador y el buffer producen una carga (sin sobrecargar) de señal sobre el receptor.

Supuestamente, un amplificador sin corriente de emisor o sin excitación de base, no puede emitir una señal. Esto suena bien y hace tiempo se utilizaba mucho con las válvulas. Desgraciadamente, a los transistores no les importa y proporcionan radiofrecuencia de cualquier manera. El condensador en los extremos del manipulador o incluso la capacidad del coaxial que va al manipulador, proporciona suficiente corriente alterna para producir paso de corriente a través del emisor y excitar el paso de salida. Lo único que he conseguido con la manipulación por emisor ha sido disminuir la amplitud de la señal entre puntos y rayas. Si la manipulación la hacemos con el oscilador estando los otros pasos activos, funciona bien mientras el oscilador está excitando.

Desgraciadamente, cuando levantas la llave, los pasos posteriores, a menudo, autooscilan a la frecuencia que les parece.



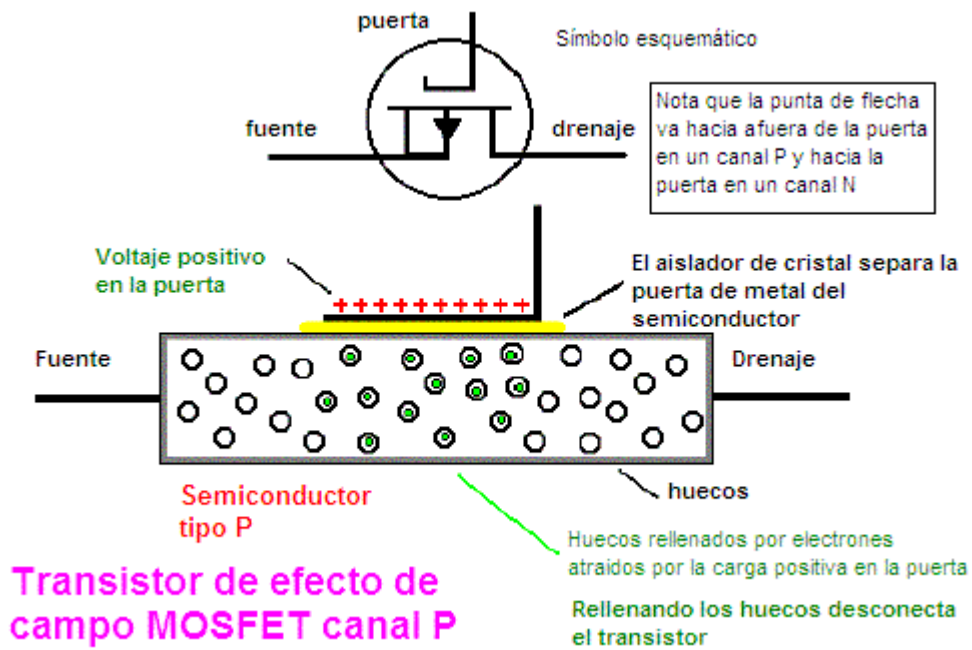
### Un MOSFET de canal P manipula la corriente de alimentación.

Me gusta manipular el transmisor mediante la manipulación de la corriente de alimentación. Este circuito no es elegante pero funciona. En transmisores QRP muy pequeños, como los metidos en cajas de caramelos Altoids, aparece el manipulador en serie con la alimentación. Esto funciona, pero para manipular 10 o más vatios de corriente continua, es mejor para los contactos del manipulador, interrumpir la corriente con un interruptor de estado sólido (transistor). Yo utilizo MOSFET de canal P. La resistencia y el condensador en el circuito de puerta suavizan la interrupción, para evitar que suene el manipulador. Este circuito debe funcionar ya que nunca he oído ningún clic a pesar de que lo uso desde que abandoné las válvulas.

---

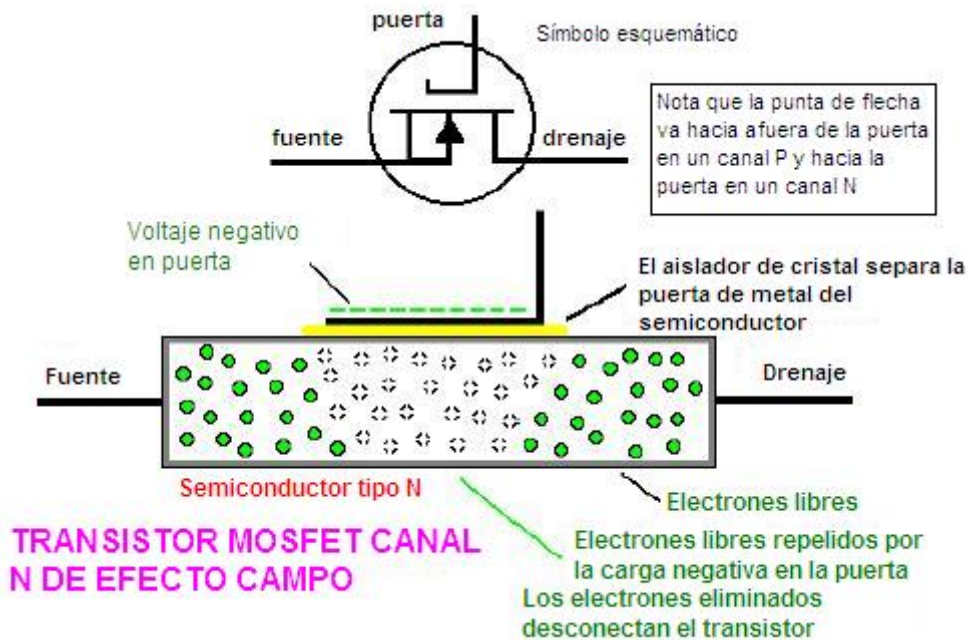
### Transistores de Efecto de campo MOSFET

Tú te preguntarás, ¿cuál es ese transistor extraño llamado MOSFET? Los transistores de óxido de silicio de efecto de campo, funcionan de manera distinta a los bipolares que vimos en el capítulo 4. Afortunadamente son fáciles de entender. Un transistor MOSFET consiste en un trozo de material semiconductor tipo P y tipo N unidos como un condensador. La capa semiconductor tiene una región muy estrecha en el centro que también funciona como una placa de un condensador. La otra mitad del condensador es la puerta de control, la cual está aislada del transistor mediante una fina capa de vidrio. La puerta de control es la mitad de un condensador donde el canal semiconductor actúa como la segunda placa. La puerta de control es similar a la base de un transistor bipolar. Cuando se aplica voltaje al condensador (es decir, entre la puerta y el material semiconductor), la carga se acumula en la superficie conductora alrededor del aislante de la puerta. Cuando esto se produce, cambia la densidad de iones en el semiconductor y por tanto, cambia su conductividad.



### MOSFET canal N

Al igual que los transistores bipolares, existe una versión complementaria que funciona con polaridades inversas, sustituyendo el material semiconductor tipo P por tipo N.



### MOSFETs de empobrecimiento

Un MOSFET simple, como el mostrado anteriormente, está normalmente a la mitad. Es decir, cuando el voltaje de puerta es cero, el transistor tiene una resistencia de unos 300 Ohmios. Este tipo de MOSFET recibe el nombre de tipo empobrecimiento. Cuando se

aplica un voltaje de polaridad de puerta, el transistor se pone en conducción completa. Cuando se aplica la otra polaridad, todos los agujeros se rellenan o todos los electrones libres son expulsados y el transistor se vuelve aislante. Es decir, si el semiconductor es tipo N, el exceso de electrones es expulsado del cristal y el cristal se vuelve aislante. Los MOSFETs de empobrecimiento se usan normalmente en aplicaciones de baja potencia y en receptores.

### **MOSFETs de enriquecimiento**

Este tipo de MOSFETs han sido diseñados expresamente para aplicaciones de potencia. Cuando el voltaje de puerta es cero con respecto al surtidor, el transistor está en corte. Los transistores SMP16P06 o el IRF9541, MOSFETs canal P usados en este libro, son del tipo empobrecimiento. Esto significa que cuando la llave telegráfica está abierta, el transmisor QRP está completamente apagado. Cuando bajamos la llave, el MOSFET pasa a conducir y enciende el QRP. Los MOSFETs de potencia como estos vienen equipados con un diodo interno para proteger el transmisor contra cambios de polaridad. Cuando un MOSFET es correctamente polarizado, el diodo de protección aparece como un circuito abierto y no interfiere. Pero si invertimos la polaridad, el diodo se pone en conducción, cortocircuita el trozo de material semiconductor del MOSFET y evita que se quede frito.

Comparándolos con los transistores bipolares, los MOSFETs tienen dos grandes ventajas:

1. No hay uniones PN en un MOSFET. Esto significa que no hay uniones PN que se puedan romper, o desestabilizarse por temperatura. Son la mejor opción para aplicaciones de alta potencia, debido a que son difíciles de romper.
2. MOSFETs son dispositivos controlados por voltaje. Una vez se establece un voltaje en la puerta, no se requiere un paso de corriente para mantener el estado de conducción del transistor. Son ideales para aplicaciones en fuentes de alimentación y para controlar grandes corrientes continuas. También se pueden usar en amplificadores de audio de alta potencia. Los MOSFETs de potencia, como el canal P usado para controlar el transmisor QRP, son muy útiles para amplificadores de potencia de alta frecuencia. La capacidad de entrada significa que para cada variación del voltaje de entrada, se debe cargar y descargar. Para muy altas frecuencias, el circuito excitador necesita aplicar y retirar corriente decenas de millones de veces por segundo. Esto convierte a los MOSFET de potencia como el anterior, en inutilizables para transmisores de alta potencia para RF.

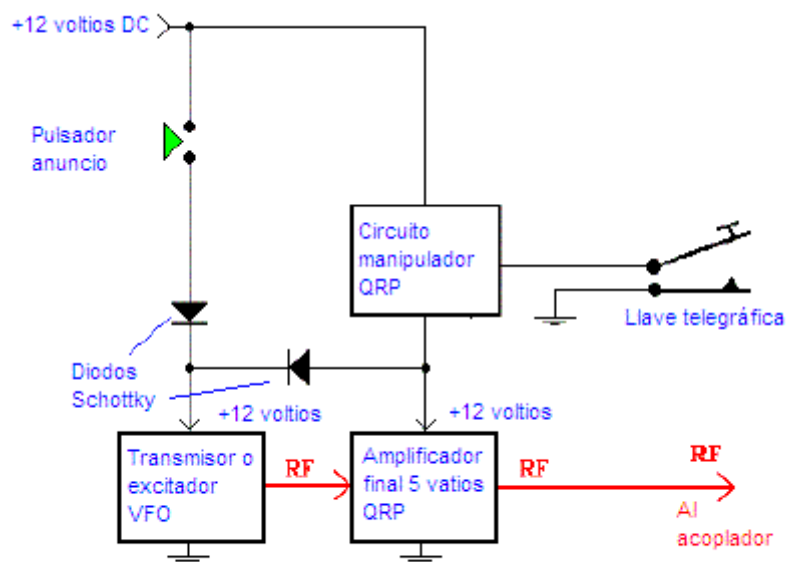
Por ejemplo, de vez en cuando en la revista QST aparecen esquemas de transmisores de 20 a 50 vatios, utilizando MOSFETs de alta potencia. El problema es que no los recomiendan para bandas de aficionado por encima de 40 metros. Por encima de esta frecuencia, la potencia necesaria para entregar la corriente de excitación, tiene que ser muy alta, con lo cual casi se iguala con la potencia de salida. En los últimos años se han desarrollado MOSFETs especialmente diseñados para RF que pueden utilizarse en transmisores de 100 de megahercios. Sin embargo, son muy caros y no he visto ningún transmisor diseñado con ellos.

Nombres como HEXFET y V-MOS son ejemplos de diseños sofisticados de MOSFETs.

## Interruptores para “anuncio” (muestreo de cómo estamos saliendo)

Suponte que oyes una estación llamando CQ y quieres contestarle. ¿Cómo puedes saber si tu cristal y tu condensador variable pueden alcanzar esa frecuencia? La respuesta es con un interruptor de anuncio. La idea es arrancar el oscilador de manera que puedas escuchar tu propio transmisor en el receptor, pero que tu señal no salga al aire hasta que estés preparado. Utilizando el interruptor de anuncio, alimentas el oscilador y posiblemente el buffer, pero no los amplificadores. Esto se consigue separando la alimentación en dos cables, uno para el oscilador y el segundo para el amplificador.

En el circuito de abajo, los diodos se utilizan para alimentar el oscilador desde cualquiera de los dos cables. En verdad, el diodo en serie con el interruptor de anuncio no es realmente necesario, ya que al abrir el anuncio el oscilador estará apagado siempre que el transmisor esté en reposo. Sin embargo, el voltaje aplicado al oscilador será el mismo si hay diodos en ambas líneas de alimentación.



### MANIPULADOR QRP CON BOTÓN ANUNCIO

El pulsador de anuncio enciende el oscilador y la etapa buffer a través de un diodo de potencia Schottky capaz de manejar 100 miliamperios o más. Luego, cuando el manipulador activa el amplificador final, el oscilador recibe alimentación de un segundo diodo Schottky conectado a un keyer con un MOSFET canal P. He gastado muchas horas intentando conseguir estas funciones sin grandes MOSFETs y diodos, pero no lo he conseguido. Inténtalo. Quizás seas más listo que yo.

## Accesorios y comprobaciones en tu QRP

Construir fuentes de alimentación para tus módulos QRP, viene explicado en el capítulo 8. Otros accesorios importantes como el manipulador y el acoplador de antena se discuten en el capítulo 9. En este mismo capítulo se explica como comprobar tu QRP.

## Capítulo 7

# UN RECEPTOR PARA LA PRÁCTICA DE TELEGRAFÍA

Este capítulo describe como construir un simple receptor de “conversión directa” para la banda de radioaficionados de 40 metros en telegrafía (CW). Este receptor puede ser usado para escuchar estaciones de CW y también en Banda Lateral Única (SSB, fonía) estaciones de radioaficionados y de radiodifusión extranjeras. Cuando se combine con el transmisor de CW QRP descrito en el capítulo 6, podrás usarlo para hablar con otros radioaficionados.

La principal virtud de este receptor es su simplicidad. El diseño básico sólo tiene 5 transistores y es ideal como primer proyecto. Puede ser alimentado con una batería de 9 voltios. De cualquier forma, una batería de 12V hecha de pequeñas pilas tipo AA, durará mucho más y se escuchará con mayor volumen en los auriculares.

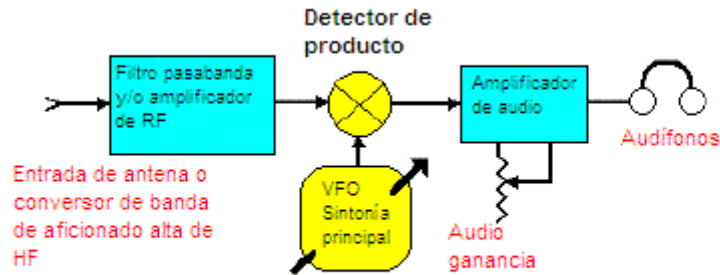


Tiene una buena sensibilidad y estabilidad. Desgraciadamente, debido a los modernos estándares de selectividad de los receptores, la selectividad es pobre para recibir CW. Durante las noches, en la banda de CW de 40 metros, escucharás demasiadas estaciones a la vez y será difícil escuchar una sola estación. Añadiendo el filtro de audio de 700 Hz descrito al final de este capítulo mejorará notablemente. También, si tienes una potente estación de radiodifusión de AM cercana, puedes construir un filtro paso bajo para evitar la interferencia. El filtro es la pequeña caja que se ve a la parte derecha del receptor.

Cuando seas capaz de hacer una primera valoración de la selectividad así como la sensibilidad del receptor, desearás comprar un receptor comercial o empezar a trabajar con un receptor superheterodino como el descrito en el capítulo 13. Es posible conseguir el mismo rendimiento que un receptor **superheterodino**, pero esto requerirá filtros de audio superselectivos, canceladores de la frecuencia imagen y otras mejoras que yo nunca probé. Si estás interesado, ¡adelante!

## Receptores de conversión directa

Un receptor de conversión directa (RCD) tiene cuatro bloques básicos. Un filtro pasa banda, un oscilador de frecuencia variable por tensión (VFO), un mezclador o “detector de producto” y un amplificador de audio.



## RECEPTOR DE CONVERSIÓN DIRECTA

La sintonía de un RCD se consigue con un oscilador de frecuencia variable, llamado VFO (variable frequency oscillator). La señal sinusoidal que genera el VFO es mezclada con las señales de radio entrantes en un amplificador especial llamado **detector de producto**. Las señales que oímos por los auriculares son aquellas que distan de la frecuencia del VFO una frecuencia dentro del rango audible, esto es, entre 20 Hz y 2.5 KHz. La diferencia de frecuencia la escucharemos como una señal musical, el tono de 700 Hz del código Morse.

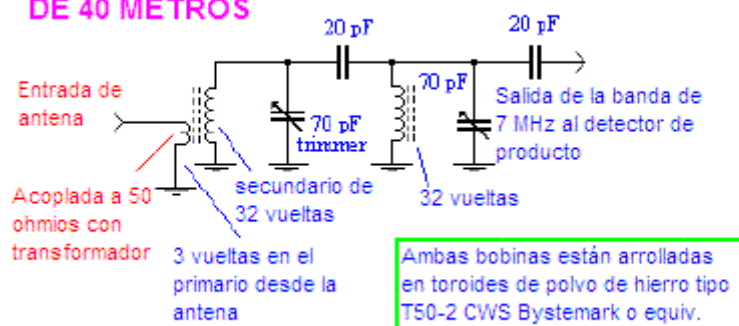
La diferencia de frecuencia es filtrada, amplificada y entregada a los auriculares. ¡Sencilla radio! Considerando las pocas partes que tiene, asombra lo sensible que es. Medí la sensibilidad del mío y descubrí que podía detectar fácilmente señales de 0.5 micro voltios en 40 metros.

## El filtro de entrada

El detector de producto tiene unas características ligeramente parecidas al diodo. Esto significa que es propenso a actuar como una radio de galena y detectar señales fuertes presentes en la antena, que no están cerca de la frecuencia del VFO. Por consiguiente, las señales que entran por la antena deben ser filtradas primero para restringir la entrada sólo a señales cercanas a los 7 MHz. Como podrás recordar de tus experiencias con radios de galena, la selectividad de un simple filtro de entrada LC es muy limitada. Sin embargo, un simple filtro puede evitar mucho ruido de fondo producido por fuertes señales de estaciones comerciales de AM y onda corta, que operan cerca de los 7 MHz.



## FILTRO PASABANDA PARA LA BANDA DE AFICIONADO DE 40 METROS



El filtro de entrada consiste en dos circuitos sintonizados LC. La entrada, que viene de la antena, está cableada como un transformador de RF que adapta la alta impedancia del filtro y la alta impedancia del detector de producto con la baja impedancia de la antena. Se supone una impedancia de antena aproximada a los 50 Ohmios, típica de un dipolo con bajada de cable coaxial. El transformador eleva diez veces el voltaje de RF usando una relación de vueltas 1:10. Si el receptor se fuera a usar con la alta impedancia de un cable largo o una antena de látigo, el terminal de entrada se conectaría directamente al trimer utilizando un pequeño condensador de bloqueo.

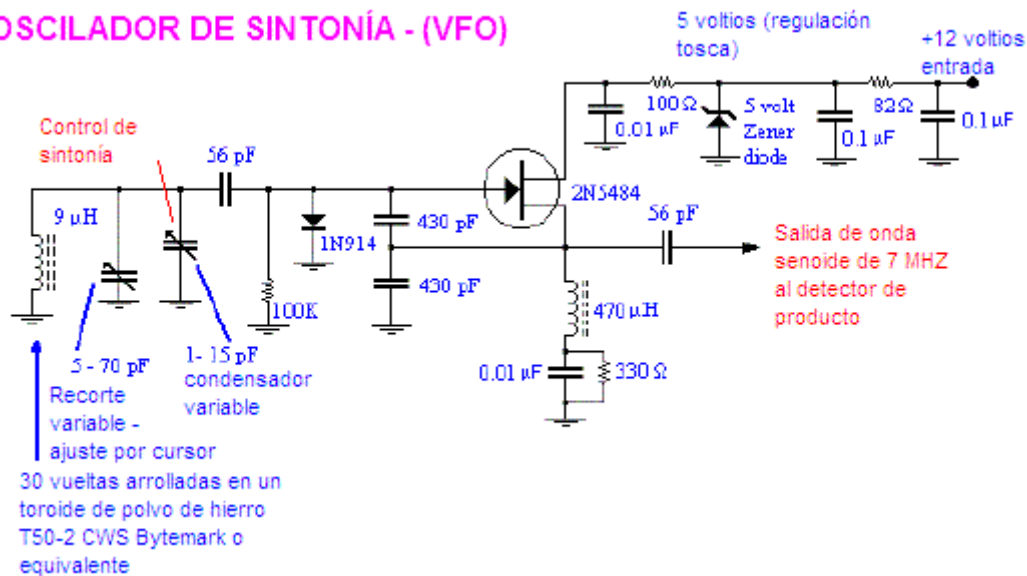
Al escuchar señales de telegrafía en 40 metros ajustaremos el trimer hasta que estas se oigan más fuertes y desaparezca el ruido producido por las estaciones de fonía. Si este filtro no es suficiente para eliminar las señales de las estaciones locales de AM, utilizaríamos el filtro pasa altos que se describe más adelante en este capítulo.

El filtro de entrada también puede incluir un amplificador de RF. Sin embargo, seguramente no será muy útil en 40 metros debido a que el ruido atmosférico por debajo de los 20 metros es muy molesto. Por el contrario, si quisiéramos construir un receptor para 20 metros o bandas más altas, el amplificador de RF mejoraría la sensibilidad. Los amplificadores de RF de entrada serán descritos en el capítulo 13.

### El Oscilador sintonizado de RF (VFO)

El circuito inferior muestra un oscilador sintonizado también llamado oscilador de frecuencia variable (en inglés VFO). Como se muestra, los valores de bobina y condensador sintonizan la banda de 40 metros, y las bandas de onda corta por encima y por debajo de los 7 MHz. El circuito es un oscilador sintonizable, comparable en sus funciones al oscilador controlado a cristal del transmisor QRP visto en el capítulo 6. En lugar de un cristal de cuarzo, el control de la frecuencia lo tiene un circuito LC sintonizable, con un ancho de algunos cientos de KHz. Este VFO es demasiado basto para controlar la frecuencia de un transmisor. Patinará mucho y la gente no querrá contactar contigo debido a tu inestable señal. Sin embargo, como estas escuchando 1 KHz de audio a la vez, el desplazamiento de 100 Hz es muy poco significativo. En el capítulo 10 veremos como fortalecer el VFO para utilizarlo en transmisión.

## OSCILADOR DE SINTONÍA - (VFO)



## TRANSISTORES JFET

Este oscilador sintonizable utiliza un transistor de efecto campo (JFET). Estos son ideales para los VFO's. Al contrario que en los bipolares, la corriente principal del JFET circula de drenador a surtidor y no atraviesa ninguna unión PN. Las uniones PN varían con la temperatura, por ello, los VFO's construidos con transistores bipolares tienden a patinar más que los construidos con JFET's. Los JFET funcionan de manera similar a los MOSFET, aunque la puerta de control es una unión PN en lugar de un fino condensador. Los MOSFET de potencia se vieron en el capítulo 6 como una forma de controlar la alimentación del QRP.

## Uniones PN

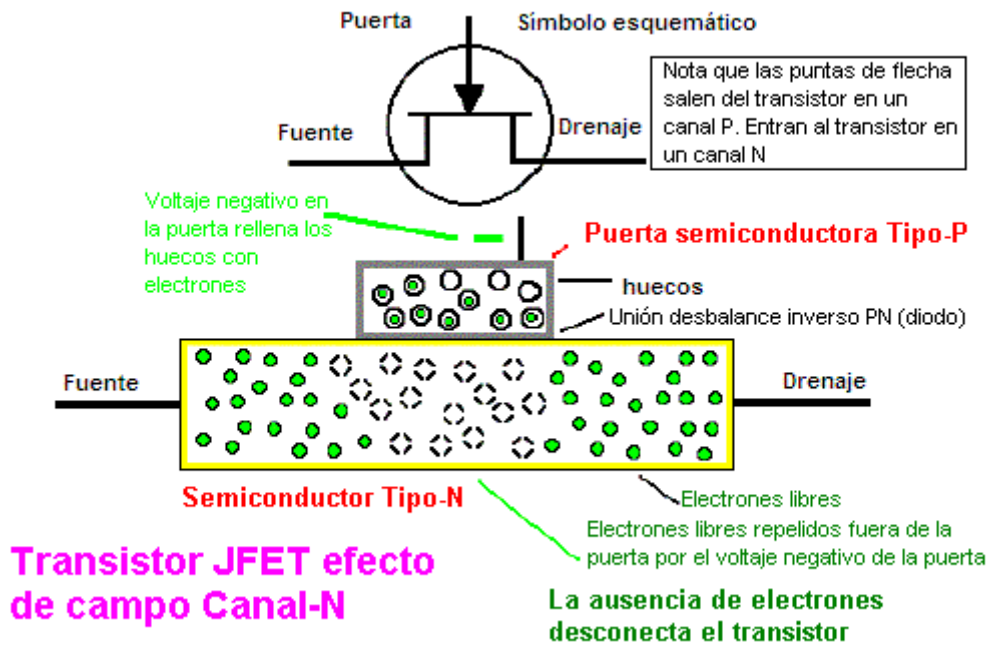
Como vimos en el capítulo 4, una unión semiconductor PN conduce cuando se aplica un voltaje positivo al tipo P. Inversamente, no conduce cuando el positivo se aplica al tipo N. En la radio de galena manejábamos corrientes muy pequeñas (microamperios). Los diodos comerciales manejan corrientes mucho más grandes, miliamperios o incluso amperios. Con estos diodos la conducción no empieza hasta que se alcance el umbral, que en un diodo de silicio está en 0,6 voltios. Para un diodo Schottky comercial estará en 0,2 voltios. Por lo tanto, si aplicamos un voltaje positivo al tipo P por debajo del umbral, por ejemplo 0,1 voltios, la corriente será muy inferior a una miliamperio, y el diodo estará realmente en no-conducción.

## Las uniones PN pueden actuar como un condensador

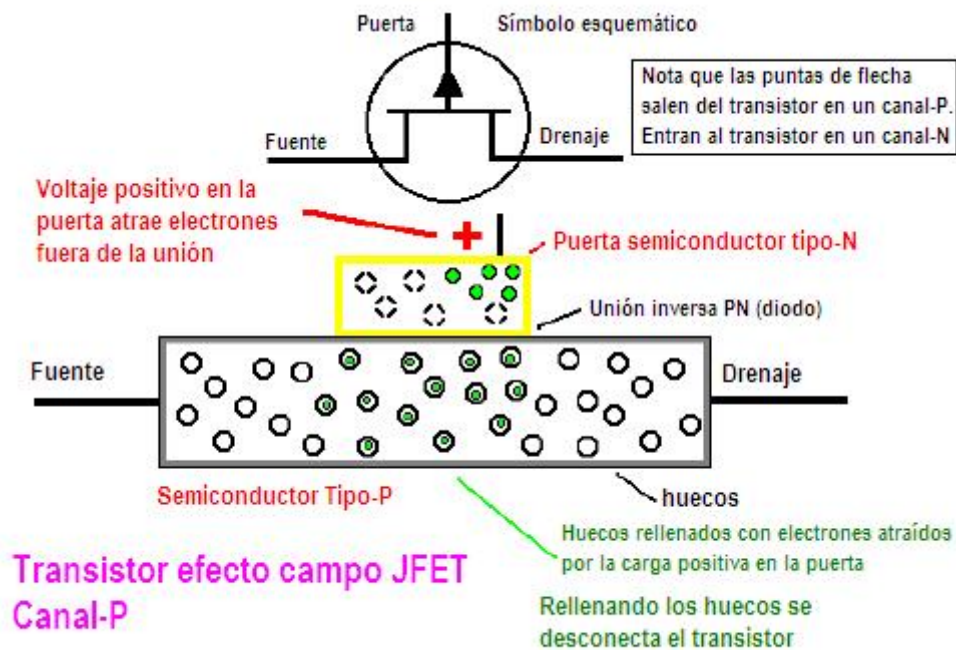
En un MOSFET, se evita que la corriente de base pase al canal principal, por medio de una fina capa aislante de vidrio. En un JFET, la puerta se asemeja a un diodo polarizado directamente sin llegar a conducir hasta que se supere el voltaje de 0,6 voltios. Con cero voltios en la entrada, el JFET está ya parcialmente en conducción. Es decir, con cero voltios en la puerta está operando ya como un amplificador de clase A, sin necesitar ninguna resistencia de polarización como ocurría con los bipolares.

**Los JFET funcionan con voltajes de entrada inferiores a 0,6 voltios.**

El JFET se pone completamente en conducción (esto es, se satura) cuando el voltaje de puerta se aproxima o supera los 0,6 voltios. Observa que el diodo evita que el voltaje de puerta supere los 0,6 voltios. Para poner el JFET en corte, se debe aplicar un voltaje inverso a la base, de manera que los portadores, electrones o huecos (según el tipo de canal) se reduzcan. Por ejemplo, en un JFET canal N el transistor pasa a corte cuando la puerta se vuelve negativa con respecto al surtidor del transistor.



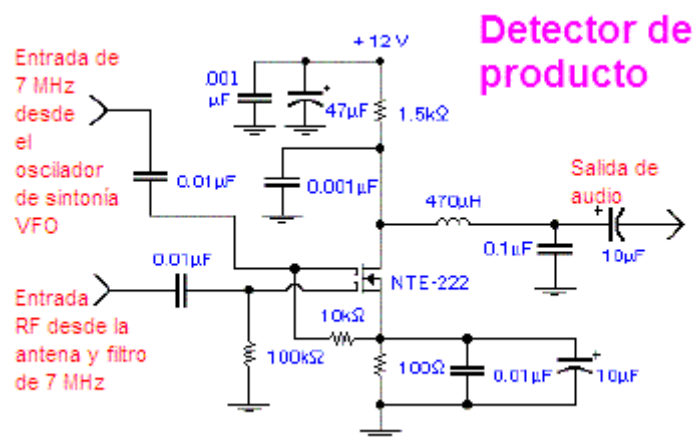
Como es de esperar, los JFET canal P son la imagen inversa en cuanto a construcción y polaridades. Para poner en corte un canal P, se utiliza voltaje positivo para polarizar en inversa el diodo de puerta.



### El detector de producto

Este proyecto de receptor utiliza un detector de producto. Este amplifica y mezcla la señal del VFO con la señal que viene de la antena. La mezcla resultante es amplificada y mandada hacia el amplificador de audio. La única componente de audio de las señales que salen del mezclador es la diferencia de las radio señales entrantes, y esta es la que el amplificador mandará a los auriculares.

El detector de producto descrito a continuación utiliza un MOSFET canal N de doble puerta. Un MOSFET de doble puerta funciona igual que uno de una sola puerta, pero como su nombre indica, tiene dos puertas de control modulando la corriente que circula de drenador a surtidor. Con dos puertas, este MOSFET es muy útil para mezclar dos señales separadas, debido a que la salida es la mezcla amplificada de las dos entradas. Se pueden construir mezcladores y detectores de producto con MOSFET y JFET de una puerta, pero con los de dos puertas, ambas entradas son amplificadas a la vez.



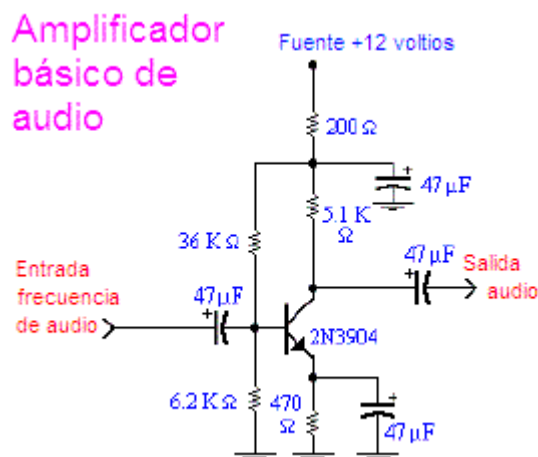
Las puertas del MOSFET son pequeños condensadores y tienen una impedancia de entrada muy alta. El amplificador es un montaje en surtidor común, que implica que el surtidor esté a masa. Esto también implica que la resistencia de carga (1,5 Kohm) estará

en el lado del drenador. Debido a que la salida deseada es una señal de audio, la impedancia de carga es una resistencia y no una bobina como en frecuencias de radio. Para trabajar con frecuencias de audio, una bobina tendría que ser enorme, y para esta aplicación tendría pocas ventajas sobre la resistencia. El choque de 470 microhenrios y los condensadores de 0.001 y 0.1 microfaradios actúan como un filtro para eliminar cualquier resto de RF de la salida de audio. Sin este filtro, el amplificador de audio actuaría como un rectificador de todas las señales fuertes que llegan al detector de producto, en lugar de la deseada señal de audio.

Los diseños modernos utilizan circuitos integrados mezcladores. Personalmente, prefiero los MOSFET de doble puerta en lugar de los misteriosos circuitos integrados. Suelo usar los NTE221, NTE222, NTE454 o NTE455. Además, cualquiera de la serie 3N como el 3N140, también funcionaría. Desgraciadamente son difíciles de encontrar en los catálogos modernos.

### El amplificador de audio

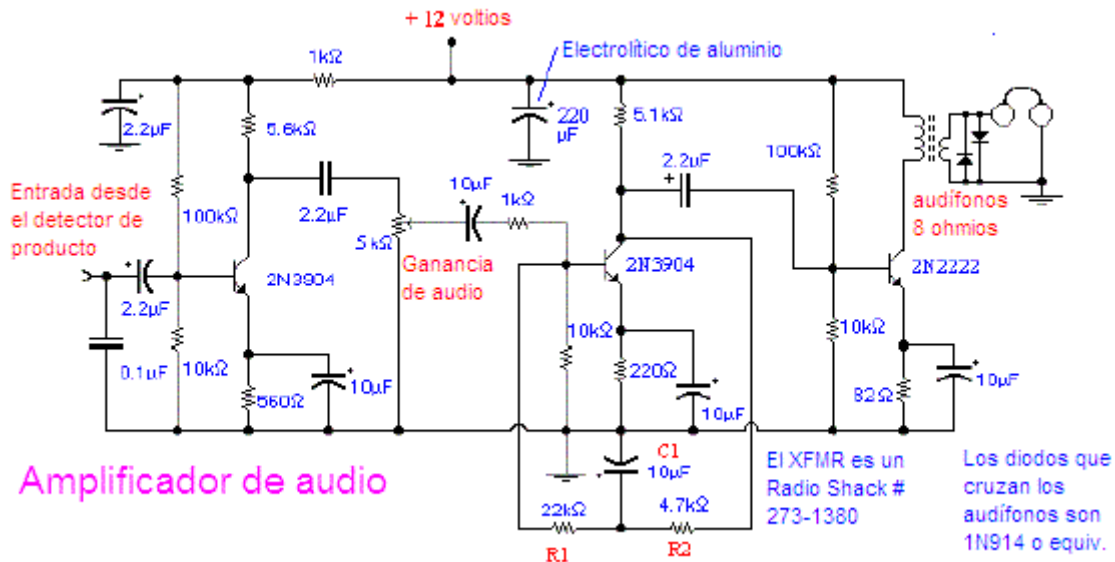
A la salida del detector de producto tenemos una señal audible que necesita ser amplificada antes de llegar a unos auriculares o un altavoz. De nuevo, muchos diseños publicados en revistas, hacen uso de circuitos integrados denominados amplificadores de audio. Yo los he usado y suelen funcionar bien. Pero por supuesto, no aprendo nada experimentando con ellos.



El esquema anterior muestra un amplificador lineal básico para audio acoplador por RC. Si observas detenidamente los valores de los componentes, verás que es similar al amplificador de RF clase A utilizado como buffer en el capítulo 6. La diferencia está en los mayores valores de los componentes y la ausencia de inductancias. Se utiliza una resistencia de 5,1 Kohm como carga en lugar de la inductancia que aparecería en un amplificador de RF. Observa que la resistencia de 36Kohm pone al amplificador en funcionamiento parcialmente, por ello las ondas de audio se moverán entre 0 y 12 voltios. De otra manera el amplificador sólo amplificaría señales positivas por encima de 0,6 voltios. Sin la polarización, las semiondas negativas serían eliminadas y el sonido estaría muy distorsionado.

La resistencia de 200 Ohm y el condensador de 47 microfaradios aíslan el amplificador de la fuente de alimentación, y con ello hacen menos probables las autoscilaciones. Sin estos componentes, seguramente funcionará bien y no apreciaras ninguna diferencia.

Mi amplificador de audio es una versión modificada de un ejemplo del Handbook de 1986. Se trata de tres amplificadores en serie acoplados directamente por RC. El diseño original tenía más componentes que no entendía. Cada componente que no entendía lo quitaba, así aprendo yo. El amplificador estaba muerto cuando lo encendí por primera vez.



### Control automático de ganancia para audio

Estaba liado con la red de realimentación de baja frecuencia formada por R1, R2 y C1. No entendía que tipo de filtraje de baja frecuencia intentaba conseguir el diseñador. Cuando el circuito parecía muerto, coloqué estos misteriosos componentes en el circuito y los auriculares volvieron a la vida. Esta red pone el amplificador en funcionamiento para señales débiles y lo apaga para señales fuertes. Es una especie de control automático de ganancia (AGC).

Recuerda que para poner un transistor bipolar en conducción, la señal de entrada debe ser mayor que 0,6 voltios, para que circule corriente hacia la base. En un amplificador clase A se añade a la base una tensión continua, de manera que el voltaje de base sea superior a 0,6 voltios, con lo cual, siempre está en conducción. La red de baja frecuencia ajusta la polarización para señales débiles o fuertes. Cuando las señales son débiles, el segundo transistor queda en corto (apagado), así que la tensión de colector será alta y no cambia. Esta tensión de colector circula hacia C1 a través de R2. El voltaje en C1 polariza la base a través de R1, directamente, aumentando la sensibilidad del transistor. Por el contrario, cuando las señales son fuertes, la corriente de colector circula y por tanto la tensión de colector a masa será baja. Este voltaje polariza el transistor para que conduzca menos.

## Protegiendo tus oídos de las señales fuertes

Este amplificador de audio es capaz de reventarte los oídos cuando encuentres alguna señal fuerte. Por lo tanto es imprescindible añadir un circuito para limitar el voltaje que llega a los auriculares a menos de un voltio. Primero lo hice con dos diodos zener de 5 voltios invertidos uno respecto al otro. En la práctica, con los modernos altavoces de 8 Ohm, un voltaje de 1 voltio tiene suficiente volumen. Normalmente utilizo dos diodos de silicio normales 1N914. Estos evitan que los voltajes positivo y negativo superen los 0,6 voltios y con ello protegemos nuestros oídos.

## ¿Cuánto Hi-Fi será?

El circuito original está salpicado de condensadores de desacoplo de 0,1 microfaradios como si el diseñador estuviera intentando asesinar todos los sonidos agudos, llevándolos a masa. Cuando estaba intentando conseguir más ganancia, quite estos condensadores. El amplificador funcionaba bien sin ellos, pero el sonido agudo de la estática me irritaba. Monté de nuevo los condensadores, con lo que esperaba que sonara más grave y más débil. Sin embargo, la eliminación del penetrante sonido de estática, justificaba la pérdida de ganancia. ¡Experimenta!

El diseño original no tenía el condensador de emisor de 10  $\mu$ F. Al no tenerlo, la ganancia es menor, debido a que un cierto voltaje de señal cae en la resistencia de 220 Ohm. Como no quería desperdiciar más ganancia monté el condensador y la ganancia aumentó notablemente. Este condensador no tiene ninguna desventaja apreciable.



## Construcción mecánica

Construí mi receptor en una caja hecha con trozos de placa de circuito impreso soldadas. Es el mismo tipo de construcción descrito en el capítulo 6. Los latiguillos de cable coaxial RG-174 conectan el filtro opcional de 700 Hz que describiremos posteriormente. Sólo un extremo de la malla debe estar soldada a masa, para que cumpla su función de evitar que se induzca RF.

El mando de sintonía debe ser mecánico del tipo vernier para que cubra toda la banda de 40 metros y sea fácil sintonizar las señales. Alternativamente, se puede utilizar un pequeño condensador variable, de 1 a 10 pF. De esta manera, la mayor parte de los 180 grados de rotación útil se dedicará para la banda de CW . Otra solución es utilizar dos

condensadores variables en paralelo, el grande sintonizaría la banda entera y el pequeño, conectado en paralelo sería para el ajuste fino.

### **La alimentación del receptor**

El receptor funcionará bien con 9 voltios y 10 miliamperios. Sin embargo, cuando el voltaje baja por debajo de 8 voltios, el volumen y la sensibilidad caen bruscamente. Por tanto, si utilizas pequeñas pilas alcalinas funcionará bien durante 1/3 de la vida útil de las pilas.

Para conseguir el máximo de las pilas alcalinas, necesitas que sea capaz de funcionar, incluso por debajo de 2/3 del voltaje inicial, por ello el receptor tendría que funcionar bien con menos de 6 voltios. Yo recomiendo fabricarse una batería de 12 voltios con pilas AA. Algunas compañías venden soportes de batería para 6 u 8 pilas, consiguiendo 9 o 12 voltios. Si estas usando el transmisor QRP descrito en el capítulo anterior, puedes alimentar el receptor de la misma fuente de alimentación.

### **Escuchando el VFO**

Al utilizar el receptor con mi transmisor, me di cuenta que escuchaba el VFO de mi transmisor sobre las estaciones que quería llamar. Para observar esto, cogí un trozo de cable coaxial e improvisé un conector de señal VFO en la caja débilmente acoplado al transmisor. El receptor no tenía conexión directa al VFO. Con un pequeño cable en este conector, tenemos una antena que transmite la débil señal del VFO.

.....

### **Analizando las limitaciones de la conversión directa**

Debido que estos receptores tienen casi toda su ganancia en el amplificador de audio, se supone que tendrán tendencia a la microfónica. Es decir, se supone que serán sensibles a las vibraciones. Al tocar un mando o golpear la mesa, deberías escuchar el golpe amplificado en los altavoces. Yo, en cambio, no observé microfónica alguna.

### **Un receptor de conversión directa detecta ambas bandas laterales a la vez.**

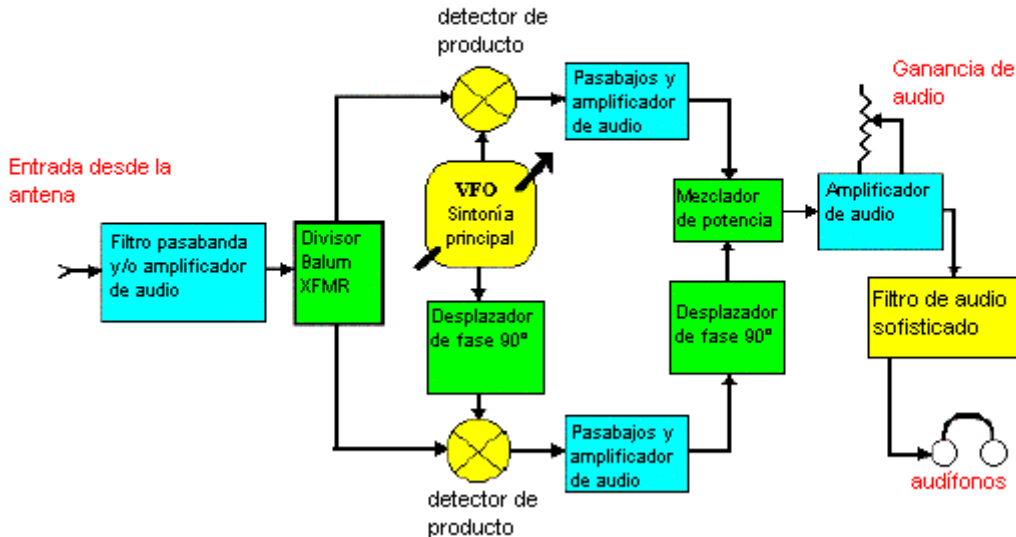
Desgraciadamente, el detector de producto mezclador, detecta la banda lateral superior y la inferior simultáneamente. Esto es perfecto para escuchar estaciones de radio en AM, pero supone una muy mala selectividad en una banda de CW repleta de estaciones. Un buen receptor para CW debe tener un ancho de banda de 500 Hz o menos. Un receptor simple de conversión directa tiene un ancho de 10 Khz o más, dependiendo del filtro de audio.

Aunque el filtro de ayuda es de gran ayuda, el principal problema es que estás escuchando audio de las dos bandas laterales a la vez. Por ejemplo: supongamos que tienes un filtro de audio muy agudo para tonos entre 600 y 700 Hz. Escuchas una estación de 650 Hz muy bien, pero estarás confundido por una señal que estará a 1,3 Khz en la banda lateral opuesta. Esto es,  $2 \times 650 \text{ Hz} = 1,3 \text{ Khz}$ . Cuando respondas a un



CQ, esta confusión te pondrá difícil saber en que banda lateral estará escuchando la otra estación, ya que tú lo escuchas por dos sitios (las dos bandas laterales), pero él sólo te escucha por uno.

### Moderno receptor de conversión directa de rechazo de imagen



Un receptor de conversión directa más sofisticado elimina una banda lateral, mediante el uso de dos receptores. Una banda lateral es cancelada desplazando la fase de la señal del VFO y desplazando también la señal de audio resultante, para eliminar una banda lateral. Además de tener que construir dos receptores simples, debes construir un sofisticado filtro de audio. Personalmente, decidí que la mejor opción era el receptor superheterodino.

### Interferencias de estaciones comerciales de AM

En mi ciudad, tenemos una estación de radio comercial de AM que emite alta potencia durante todo el día. Conectando un osciloscopio a mi dipolo de 40 metros, observo un pico de 1,75 voltios de RF en el cable, incluso con una resistencia de 50 Ohms conectada a la antena. Esto representa ¡31 milivatios de potencia!. No me extraña que mi radio de galena fuera tan chillona.

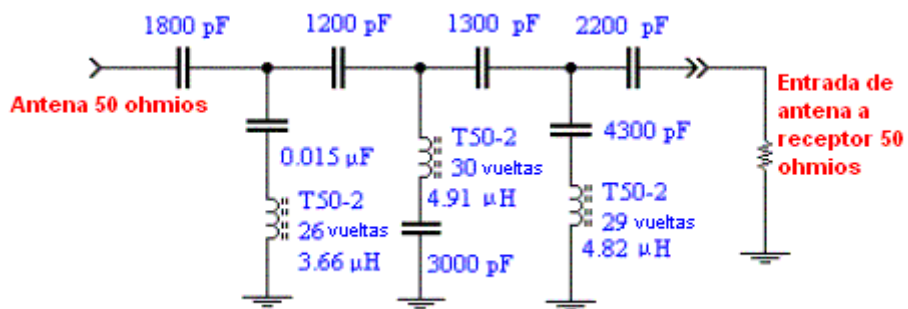
Potencia = Voltaje (RMS) al cuadrado / resistencia de carga

Voltaje RMS = Voltaje de pico x 0,707

Potencia =  $(1,75 \times 0,707)^2 / 50 = 31$  milivatios

Las señales de radioaficionados que intentaba escuchar, quedaban mezcladas entre la tormenta de voltajes procedente de la estación de AM. Aunque podía escuchar estaciones, de fondo siempre podía escuchar la música rap. ¡Necesitaba un filtro mejor!

En el Handbook de 1986 encontré un buen filtro, funcionó a la primera y rebajo el voltaje en mi antena a 0,15 voltios de pico, sin afectar a las señales de la banda de 40 metros.



Un filtro contra las comerciales de AM

### Un filtro de audio de 700 Hz, porque necesitas uno

Muchos radioaficionados utilizan transceptores que automáticamente escuchan 700 Hz por encima o por debajo de su frecuencia de transmisión. Este desplazamiento es ajustable, pero siempre entre 500 y 1000 Hz. Por convenio, en las bandas de HF por encima de 30 metros, los radioaficionados escuchan por encima de la frecuencia de transmisión. De 40 metros para abajo, el desplazamiento es por debajo de la frecuencia de transmisión. Este convenio tiene su origen en el método usado hace 40 años para generar la banda lateral única. El viejo diseño de banda lateral única ya no se utiliza, pero el convenio se mantiene. La única excepción es la nueva banda de 60 metros, en la que se utiliza la banda lateral superior (USB).

En resumen, cuando intentas contestar a un colega llamando CQ, debes asegurarte que estas escuchando la misma banda lateral que él. En un receptor de conversión directa escuchas la señal telegráfica por encima y por debajo de la frecuencia de transmisión. Si ajustas el batido en la banda lateral equivocada, transmitirás 1,4 KHz (2 x 700 Hz) más lejos de donde está escuchando el otro, con lo cual nunca te oirá.

Por ejemplo, en 40 metros, sintonizando la banda hacía arriba, escucharías primero el código Morse en el lado de debajo de la frecuencia de transmisión. Esta es la banda lateral inferior (LSB). Si seguimos para arriba, la señal va bajando de tono hasta que desaparece, para seguir sonando después, primero en un tono bajo y subiendo de tono conforma vamos sintonizando la banda. Cuando lleguemos al mismo tono de la LSB estaremos en la banda lateral superior (USB).

Si deseas contestar a un CQ de otro colega, escucha la banda lateral inferior (en este caso, 40 metros). Ahora pulsa el botón de anuncio (“spot”) y sintoniza el trimmer de tu transistor hasta que los dos tonos sean iguales.

Si tienes un oído musical podrás acoplar los dos tonos con más facilidad. Resumiendo, buscando un CQ en la banda de 40 metros, sintonizas hacia arriba la banda. Para poner tu transmisor en la frecuencia de un CQ al que vas a responder, con el botón “spot” ajustaríamos el transmisor hacia abajo.

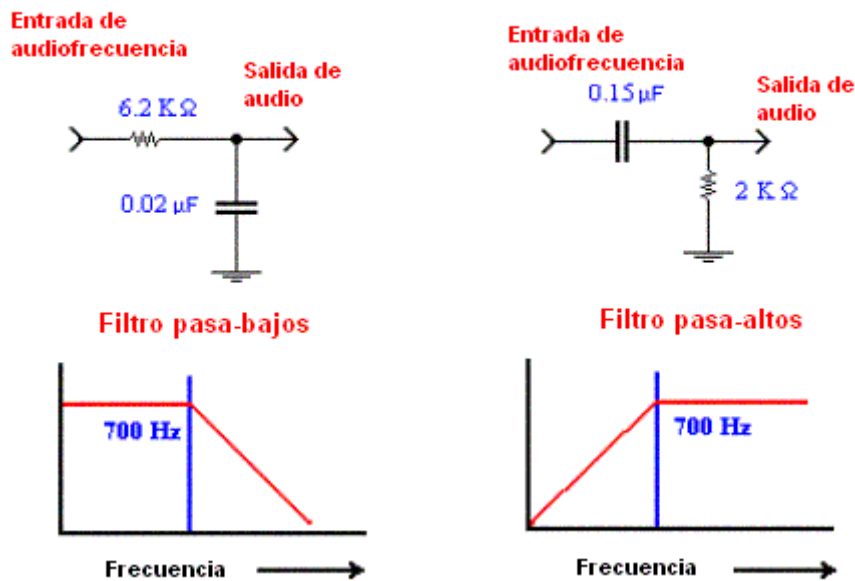
Los equipos ultramodernos utilizan en recepción unos filtros de audio exquisitamente estrechos. Por ello, mucha gente sólo te escuchará si el tono de transmisión no se diferencia mucho (200 Hz como mucho) de su frecuencia de recepción. Incluso con filtros digitales se puede reducir este margen a unos pocos Hercios.

### **Un filtro de audio analógico**

Si dispusiéramos de componentes ideales, la mejor forma de construir un filtro analógico de audio sería utilizando bobinas y condensadores como si se tratara de un filtro de RF. Podríamos incluso imaginar que existen cristales para frecuencias de audio para construir filtro super precisos.

Desgraciadamente, en la realidad, estos componentes no existen. A estas frecuencias tan bajas, las bobinas serían grandes y caras. En la practica se utilizan resistencias y condensadores. Estas redes RC no resuenan, pero atenúan unas frecuencias más que otras. Un condensador grande carga más lentamente que uno pequeño. Al combinarlo con una resistencia tenemos un filtro que atenúa bien altas frecuencias o bien bajas frecuencias.

## Filtros 700 Hz pasa-bajos y pasa-altos



### Filtro Pasa Bajo

Como hemos visto arriba, con una simple resistencia y un condensador tenemos un filtro pasa bajos cuando cogemos la señal del condensador. Si el condensador es grande, las frecuencias altas quedarán cortocircuitadas a masa. Recuerda, el voltaje a través del condensador no puede cambiar instantáneamente.

Por el contrario, un condensador pequeño será insignificante para las bajas frecuencias que tienen tiempo suficiente para cargar el condensador durante cada semiciclo. La resistencia carga el circuito y la corriente circula hacia el condensador. De manera similar, durante el próximo semiciclo, la resistencia tendrá una resistencia suficientemente baja para descargar completamente el condensador y dejarlo listo para el siguiente semiciclo.

### Filtro Pasa Alto

Cuando se invierten la resistencia y el condensador y la salida se coge de la resistencia, el filtro RC se convierte en un filtro pasa altos. Las altas frecuencias pasan a través de un condensador como si no estuviera allí. El condensador se asemeja a un cable sin caída de voltaje en sus extremos. A altas frecuencia no hay tiempo para cargar. A bajas frecuencias la carga del condensador se completa y la caída de voltaje en los extremos del condensador alcanza el voltaje total de la señal de entrada. Estos filtros RC tienen una frecuencia particular llamada punto de ruptura en donde el condensador se vuelve insignificante. Un solo filtro RC atenúa el voltaje de la señal 10 veces (20 dB) para un desplazamiento en frecuencia de 10 veces desde el punto de ruptura.

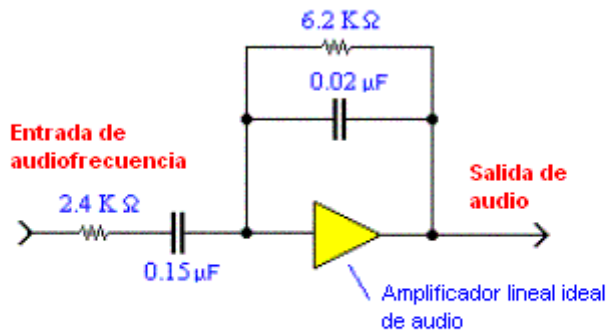
### Compensar la atenuación

El problema de los filtros RC es que la resistencia atenúa todas las frecuencias, no sólo las que queremos. Sin embargo, si combinamos la red RC con un amplificador de audio

lineal, podemos compensar la atenuación. Amplificando la salida, restauramos la fuerza de la señal, en las frecuencias deseadas, a su valor original.

Filtro Pasa Banda = Red RC más amplificador

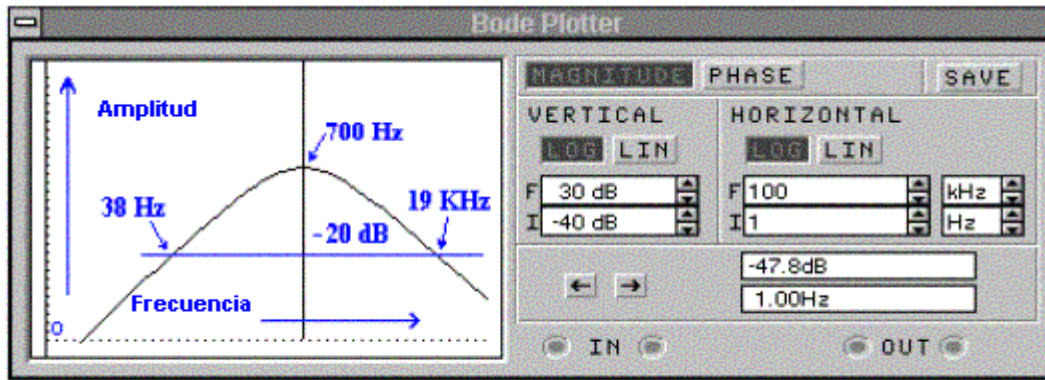
Para construir un filtro pasa banda necesitamos combinar un filtro pasa bajo con un filtro pasa alto y amplificar el resultado. El circuito de abajo es un filtro de audio de una sola etapa RC, que acentúa los tonos de 700 Hz y atenúa, más o menos, los tonos por encima de 800 Hz y por debajo de 600 Hz.



### Filtro pasa-banda 700 Hz simple etapa

En este filtro, las R y los C no están colocados como esperarías. Sin embargo, si analizas cuidadosamente como pasan las señales a su través, trabajan igual como en los circuitos separados descritos anteriormente. Es decir, atenúa las frecuencias por encima y por debajo de 700 Hz sin afectar relativamente a estos. La red RC de entrada (2Kohm y 0,15 μF) atenúa las bajas frecuencias, ya que no pueden atravesar el condensador. Por ello, la red de entrada es un filtro pasa altos.

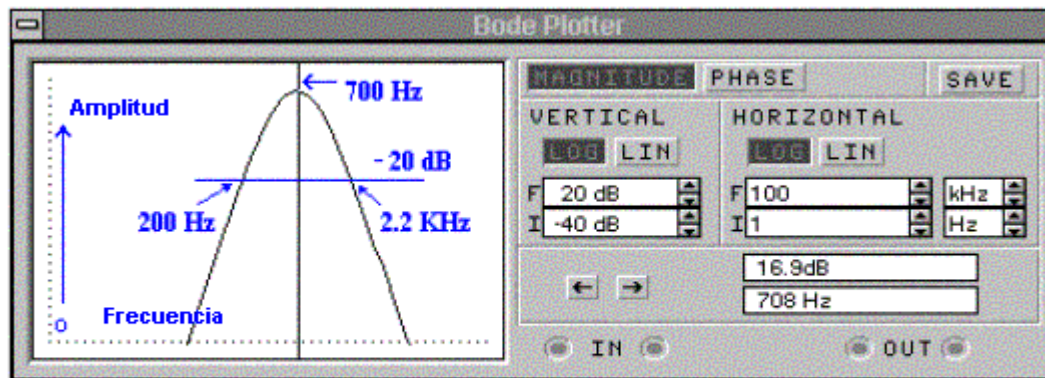
Observa que la resistencia de 6K2 y el condensador de 0.02 μF están conectados entre la entrada y la salida del amplificador lineal. Esta red de realimentación es el filtro pasa bajo. Esta combinación de componentes tiende a cortocircuitar el amplificador y atenuar todo por encima de 700 Hz. El pequeño condensador de 0.02 μF afecta poco a las bajas frecuencias, ya que se carga instantáneamente. Sin embargo, para altas frecuencias este condensador de 0.02 μF carga lentamente respecto a la velocidad de los ciclos de la señal. Entre cada semiciclo, la resistencia de 6K2 tiene la resistencia adecuada para permitir la descarga del condensador de 0.02 μF, de manera que la red queda lista para el siguiente semiciclo.



### Filtro pasa-banda 700 Hz simple etapa

Esta gráfica muestra la respuesta del filtro de una etapa. Como puedes ver, el filtro es muy suave. Para que el voltaje de la señal quede atenuado 10 veces (20 dB) la frecuencia debe estar por debajo de 38 Hz o por encima de 19 KHz. Para ser sinceros, esto no ayuda mucho. Puede quitar algo del molesto ruido de alta frecuencia por estática, pero no será nada útil contra el QRM (interferencias de otras estaciones).

Un filtro más preciso puede conseguirse colocando varios filtros en serie. La gráfica de abajo muestra uno hecho con cuatro filtros en serie. Es una gran mejora y ayuda a escuchar una sola estación a la vez. También elimina el ruido de estática y hace la escucha menos cansada.

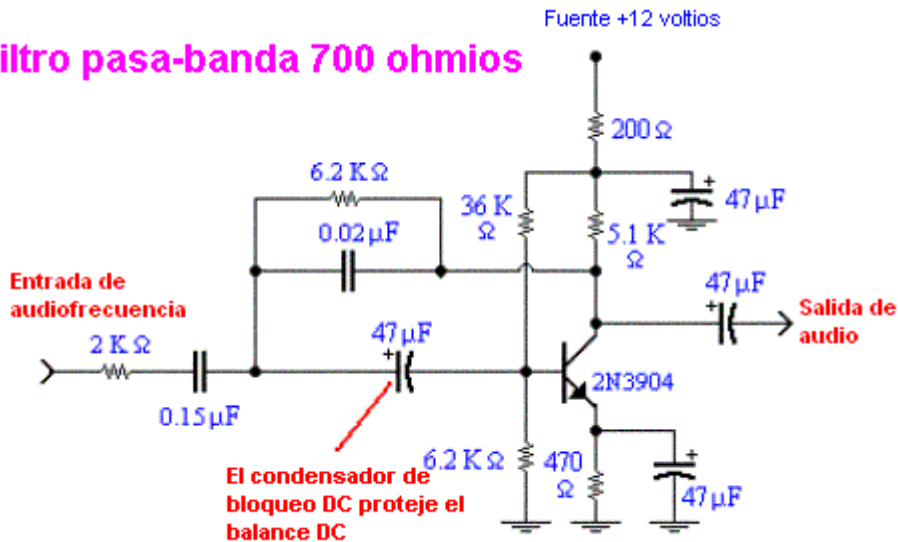


### Filtro de audio 700 Hz de cuatro etapas

#### Diseñando el filtro

Podemos construir filtros que trabajen igual que la gráfica anterior, utilizando amplificadores lineales de audio a transistores. Aquí tenemos un filtro de 700 Hz de una etapa:

## Filtro pasa-banda 700 ohmios



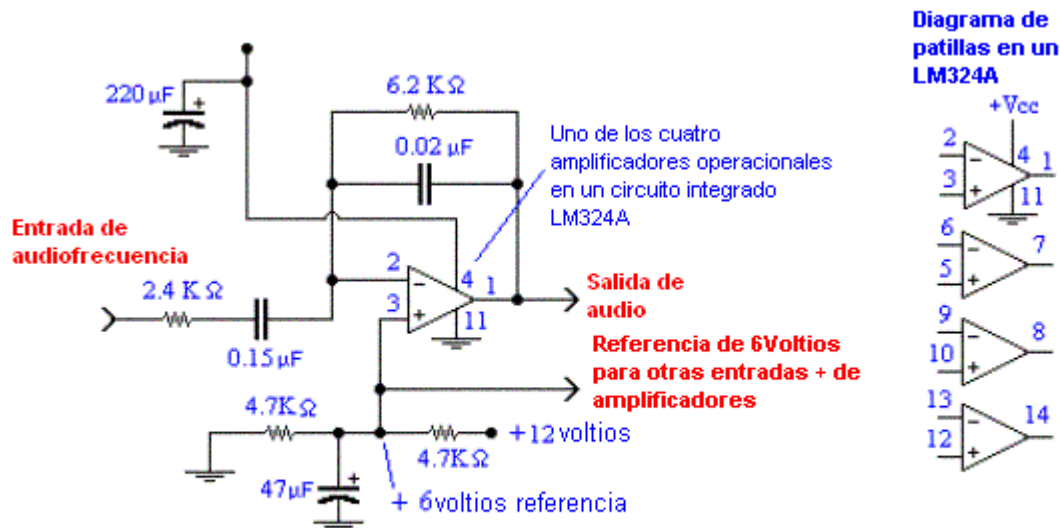
### Amplificadores Operacionales- amplificadores “perfectos”

Observa el gran condensador de bloqueo necesario para evitar que varíe la polarización para clase A del amplificador. Normalmente, no se construyen filtros de audio usando componentes discretos. En su lugar se utilizan circuitos integrados con amplificadores operacionales. Siendo compulsivo, pensé en todo el cableado de todas esas resistencias de polarización y condensadores y decidí, ¡qué diablos! Voy a probar los amplificadores de audio, ¡voy a utilizar un circuito integrado cuádruple operacional!.

Los operacionales son circuitos integrados que contienen de 12 a 30 transistores y resistencias en una red que produce un amplificador ideal o “perfecto”. ¿Cuánta ganancia puedo conseguir con un amplificador “perfecto”? La respuesta es que la ganancia puede ser infinita y se utiliza una realimentación para ajustar la ganancia al valor que desees. Sin embargo, en la realidad, los amplificadores operacionales tienen una ganancia cercana al infinito y una impedancia de entrada cercana al infinito.

Normalmente, hay en de dos a cuatro operacionales en un integrado. El símbolo para representar al operacional es un triángulo. Con un terminal de salida y dos de entrada. Un voltaje positivo en la entrada positiva produce una subida de la tensión de salida. Por el contrario, un voltaje positivo en la entrada negativa produce un descenso en la tensión de salida. Mediante la realimentación, el operacional intentará ajustar su voltaje de salida hasta que se igualen los voltajes de las dos entradas. Si la realimentación es insuficiente para producir el equilibrio, la salida llegará al valor de la tensión de alimentación o al de masa, según lo que suceda primero.

Para polarizar un operacional de manera que la onda alcance de cero a 12 voltios, el amplificador debe tener una línea base a la tensión mitad. En este caso, el nivel de descanso debe estar en 6 voltios. En el filtro de abajo, la entrada positiva está conectada a un voltaje de 6 voltios, hecho con un divisor de tensión.



## Filtro pasa-banda 700 Hz de simple etapa

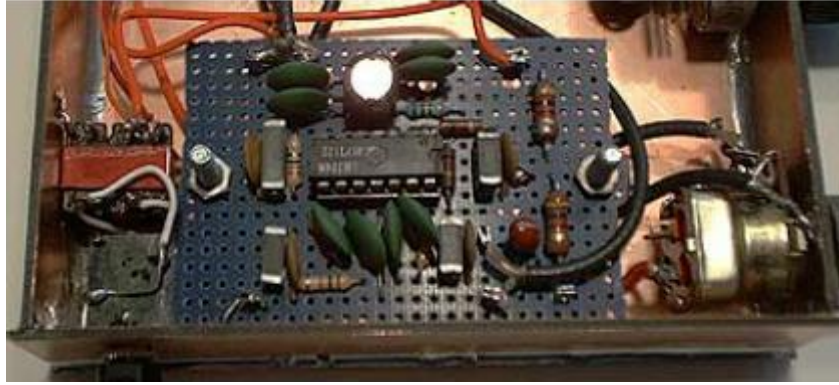
### Cacharreo con circuitos integrados

Las placas de circuito caseras hechas con gubia, que se vieron en el capítulo 6, normalmente son muy bastas para utilizar en ellas circuitos integrados. Por ello, cuando trabajo con circuitos integrados, utilizo placas perforadas. Son placas de fibra de vidrio de un grosor de 1,5 mm. No tienen una capa de cobre, pero tienen una cuadrícula de agujeros con una separación de un décimo de pulgada. Los circuitos integrados tienen una separación entre pines de 1/10 de pulgada y una separación entre filas de múltiplos pares de un décimo de pulgada. Solamente tenemos que colocar el circuito integrado sobre la placa perforada y por el otro lado soldar los componentes y el cableado a los pines.

Yo prefiero utilizar zócalos, ya que en caso de avería en un circuito integrado, puedes reemplazarlo inmediatamente. Los zócalos tienen los mismos pines y separación entre pines que el circuito integrado, por lo tanto, se utilizan de igual manera.

Para el cacharreo, es mejor utilizar los circuitos integrados con la separación que hemos visto. Los modernos integrados para montaje superficial, tienen los pines más juntos. Están diseñados para ser montados por robots de producción en masa y son más complicados de soldar. Podemos practicar haciendo pequeñas placas adaptadoras que acepten integrados de montaje superficial. Estas placas tendrán pistas con la finalidad de expandir los pines del integrado a un tamaño utilizable manualmente. Usando pinzas y microscopio, soldaremos los integrados en estas pequeñas placas, y después de inspeccionar cada pin bajo el microscopio, podremos soldar estas placas adaptadoras sobre la placa perforada.





Un filtro pasa banda de cuatro etapas para 700 Hz construido sobre una placa perforada

Utilizando el esquema del filtro de una etapa visto con anterioridad, y simplemente conectando una salida a la entrada de la siguiente etapa, hasta tener cuatro etapas en serie. Los cuatro operacionales pueden utilizar el mismo voltaje de referencia de 6 voltios.

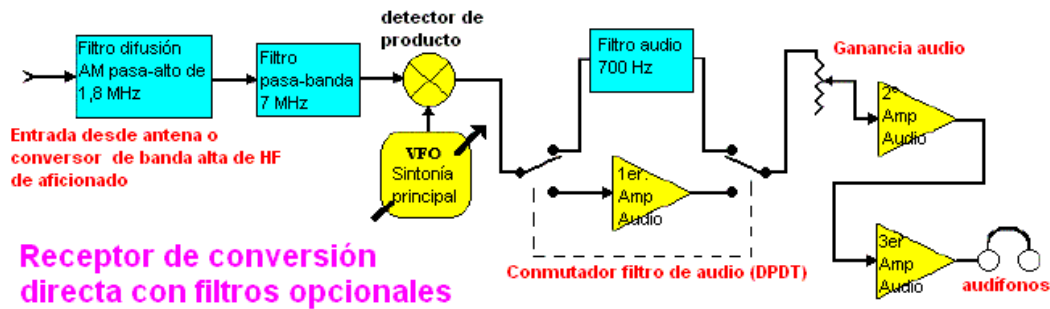
### **¡Etiqueta tus pines!**

Seguir la pista a los pines es más fácil cuando los etiquetas. Normalmente corto una tira de papel blanco adhesivo y la pego entre pines. Escribo el número del pin en la etiqueta más cercana al pin respectivo. El pin 1 está en el extremo del integrado que tiene la ranura. Los pines están numerados, vistos desde arriba, en sentido antihorario. Sin embargo, viéndolos por la cara de soldadura, los números van en sentido horario, empezando por el extremo de la ranura.

Hay dos tipos de zócalos para circuitos integrados, para soldar y para liar. Los zócalos para liar tienen pines más largos que permiten liar el cable a su alrededor. Yo prefiero los de soldar, ya que son más pequeños y ocupan menos.

### **Conectando el filtro de 700 Hz al circuito.**

Diseñé el filtro con operacionales para tener una pequeña cantidad de amplificación. Desgraciadamente, con el tiempo, coloqué cuatro en serie y con ello tenía más ganancia que con una sola etapa. Por ello, la salida de mi filtro va a la entrada del segundo amplificador de audio. Si la conectara al primer amplificador de audio, este recibiría mucha señal y se volvería inestable. Podría puentear el segundo amplificador, pero perdería el control automático de ganancia (CAG). Como vemos en el diagrama de bloques de mi receptor, un conmutador de dos circuitos sustituye el filtro por el primer amplificador de audio.



## La solución digital al filtrado de audio

Actualmente, los filtros con operacionales están pasados de moda. La opción moderna para construir filtros de audio es el filtrado digital. Básicamente, consta de un microprocesador programado para medir el ancho de ondas individualmente. Por ejemplo, una onda de 700 Hz tiene un ciclo de 1,43 milisegundos. El filtro digital mide la altura y los anchos de los ciclos de la señal. Si los ciclos son de la longitud deseada, el filtro reconstituye la onda, y toda onda que sea más corta o más larga es ignorada. Para conseguir la representación más exacta de la onda original se utilizan algoritmos matemáticos de integración. En la práctica, un filtro digital pasabanda de un solo Hertz es fácil de construir, pero es difícil sintonizarlo con el mando de tu VFO. Por ello, el paso de banda de un filtro digital suele ser ajustable. Cuando el ancho es bastante ancho, por ejemplo 200 Hz, la sintonización no es complicada. Sin embargo, la precisión de un filtro digital, puede ser tan selectiva como desees.

## Concluyendo

El diagrama de bloques anterior muestra el receptor que construí. Monté el filtro contra interferencias comerciales de la banda de AM en una caja aparte, para poderlo utilizar con otros receptores. Con el conmutador conecto el filtro de 700 Hz cuando lo necesito. Si lo utilizas en fonía de banda lateral, eliminarás mucho ruido, pero la calidad de la voz será muy pobre. Las estaciones de AM pueden ser sintonizadas, pero se escuchará un obvio pitido. Este pitido se produce porque las emisiones en AM incluyen una portadora fija comparable a la señal de telegrafía. Para deshacerse del pitido, debes colocar el VFO de manera que no haya frecuencia de audio de diferencia entre la portadora y tu VFO. Cuando consigues esto, el pitido desaparece y escuchas el audio de la banda lateral.

¿Así? ¿Has conseguido que funcione el receptor? Si estuviéramos en el año 1935, todos tus amigos de radio tendrían celos de tu capacidad. Desgraciadamente, para los tiempos modernos es una especie de juego. Es adecuado para la escucha de onda corta y para CW mediante un operador experimentado. Yo lo he usado con el transmisor del capítulo 6 para hablar con amigos de otros estados. Espero que esto me haga convertirme en un experimentado operador. Los novatos lo pueden utilizar siempre que la banda no esté muy llena, ya que tiene mucha sensibilidad pero poca selectividad.

## Capítulo 8

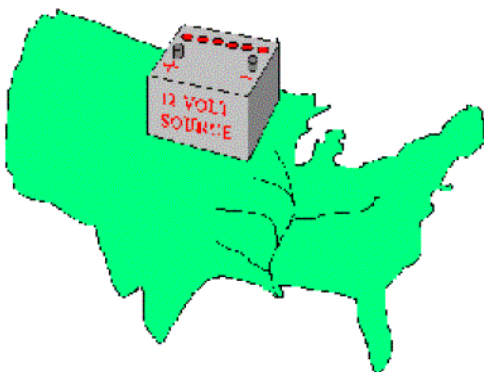
### Fuentes de alimentación

Una vez que progresas con los juegos de cristal, los proyectos electrónicos casi siempre necesitan una fuente de alimentación. Los proyectos de baja potencia, como un pequeño receptor, pueden ser alimentados con pilas de linterna, o incluso con una pequeña pila "de transistor" de 9 voltios. Otras fuentes DC adecuadas de baja potencia son los adaptadores enchufables. Estos son los cubos negros de unos pocos centímetros cuadrados que se enchufan a la red y tienen un cable largo y delgado que se conecta a tu grabadora o pequeño utensilio. Dan salida a 6, 12 u otro voltaje DC a unos pocos vatios. Los adaptadores enchufables tienen la seguridad de una batería con la ventaja de la alimentación de red.

Desgraciadamente, si planeas alimentar tu QRP con la energía doméstica necesitarás más de unos pocos vatios. Cuando decides enchufar un circuito casero a la red, debes encarar algunas prescripciones significantes de seguridad. Las fuentes de alimentación alimentadas de la línea eléctrica convierte voltaje AC de 110/220 voltios en voltaje DC a los niveles requeridos de tensión y corriente. Realmente, un transmisor también se puede imaginar como un dispositivo de conversión de energía. Convierte corriente directa en corriente de radio frecuencia. En este capítulo se describen algunas fuentes de alimentación que podrías usar para tu transmisor QRP. Un transmisor de 5 vatios necesita al menos 10 vatios de potencia con buena regulación de voltaje.

#### Fuentes de alimentación alimentadas de la línea eléctrica

La fuente de alimentación ideal se llama "*fente de voltaje*". Una fuente de voltaje es una fuente de alimentación que puede suministrar cantidades infinitas de corriente sin la menor oscilación en el voltaje. Por ejemplo: como todos los residentes norteros conocen, arrancar un coche puede ser difícil cuando está por debajo de cero. Una batería fría no suministra tanta corriente como una batería caliente. De modo que cuando le das a la llave de encendido en una mañana fría el voltaje de la batería fracasa.



En el otro lado, si tienes una batería del tamaño de Dakota del Norte, el voltaje no debería caer un microvoltio cuando arrancas el motor. Más aún, podrías arrancar todos los coches de Minnesota simultáneamente sin caída de voltaje. Por supuesto, también aquí hay otras consideraciones prácticas. Por ejemplo, tu batería necesitaría cables de batería de resistencia cero, conectores de resistencia cero, etc. Bueno, ya tienes la idea: la fuente ideal de voltaje no debería perder nada de voltaje, independientemente de cuanta potencia suministra. Usando el idioma corriente de la radio afición, una buena fuente de alimentación es una fuente dura.

### Fuentes de alimentación de laboratorio

Una fuente de alimentación de laboratorio, digna de confianza, alimentada de la línea eléctrica, es útil para comprobar circuitos impresos.

Ningún laboratorio debería estar sin una. Una gran ventaja de las fuentes comerciales de laboratorio es que el voltaje es ajustable desde cero hasta un nivel alto como 20 o 30 voltios. Los indicadores te muestran la corriente y voltaje a cada momento, de modo que sabes lo que está ocurriendo. El voltaje variable te permite alimentar un circuito nuevo CUIDADOSAMENTE. Puedes comenzar con unas pocas décimas de voltio y ver que ocurre. Si el circuito está cortocircuitado, puedes encontrarlo con un voltio aplicado al circuito impreso, mejor que repentinamente con 12 voltios. De este modo puedes evitar quemar caros transistores. Muchas fuentes de laboratorio dan salida a dos o incluso tres voltajes de salida separados a la vez. Otra característica de algunas fuentes de alimentación de laboratorio es que limitan automáticamente la corriente disponible al máximo que hayas seleccionado.

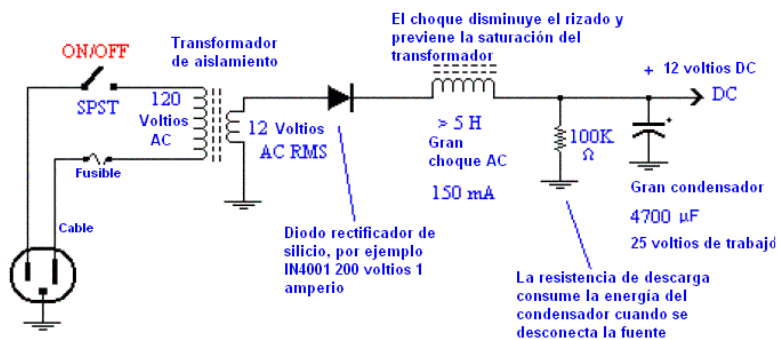


Las fuentes de alimentación de taller son bastante genéricas y hay muchas modernas que te servirán bien. Recuerda, para alimentar tu QRP necesitas aproximadamente 1.0 amperio a 12 voltios DC. Un transistor de transmisor QRP típico moderno funciona en una fuente de alimentación de 12 voltios. Esto es,

10 vatios = 12 voltios x 800 miliamperios

Las fuentes de alimentación caseras para usar con baterías recargables o línea eléctrica están descritas abajo. Si no estás familiarizado con el diseño de fuentes de alimentación, a continuación viene una discusión de los principios básicos.

## Fuentes simples de alimentación de red



**FUENTE DE ALIMENTACIÓN SIMPLE DE 12 VOLTIOS ALIMENTADA DE LA RED. (NO SUFICIENTE PARA QRP)**

El diagrama de arriba ilustra la más simple, segura y genérica fuente de alimentación alimentada de la línea que puedes construir. Desgraciadamente, esta fuente está pobremente regulada para alimentar un transmisor. No obstante ilustra las mínimas características de seguridad y es fácil de explicar.

### Seguridad de la fuente de alimentación

La fuente debería estar encerrada en una caja para asegurar que los niños (y tu) no metan los dedos en los 22 voltios AC. La caja debería estar hecha idealmente de metal, de modo que en caso de cortocircuito es altamente improbable un incendio.

Otra filosofía de diseño de seguridad es la llamada **doble aislamiento**. En este esquema la electrónica está alojada en una caja de plástico y está hecho un esfuerzo doble para asegurar que los cables internos están adecuadamente protegidos de modo que sean improbables cables en corto y sueltos. Una caja de plástico doblemente aislada no necesita necesariamente un cable de tierra en el cordón de línea. Sin embargo, en el trabajo de aficionado, las cajas metálicas apantallan al circuito de ondas de radio extraviadas y habitualmente son la mejor elección.

### Cordón de línea

El cordón de línea debería ser del tipo moderno de tres conductores con el cable de masa (verde) conectado firmemente a la caja metálica. En caso de que un cable suelto en la caja cause que el lado caliente de la línea AC toque la caja metálica, el cable de masa derivará con seguridad la corriente AC a masa.

El cordón de línea deberá pasar dentro de la caja metálica a través de *pasamuros de goma* de modo que el borde metálico no pueda cortar el aislamiento del cable y causar un cortocircuito. Una vez dentro de la caja deberá estar sujeto por una brida, correctamente conocida como *retenedor de seguridad*. El retenedor de seguridad asegura que si la fuente de alimentación es tironeada por su cordón, los cables vivos no serán desgarrados ni sueltos y puestos en corto.

Los cables de un cordón de línea normalmente tienen códigos de color. El cable vivo normalmente tiene el aislamiento negro mientras el neutro o retorno es blanco. El cable

neutro se supone que está conectado a la masa doméstica en la caja de disyuntores. Dependiendo del tipo de enchufe, en una base eléctrica tipo shukko, la conexión de masa son ambas pletinas perpendiculares a ambos enchufes redondos. En una clavija americana el pin redondo es la masa, el conector plano más ancho es el vivo y el más estrecho es el neutro. Desgraciadamente, algunos enchufes de pares están mal cableados así que es mejor no jugarte la vida en la orientación de los pines planos.

### **Fusible**

El primer destino de uno de los dos cables de energía debería ser un *fusible*. Como probablemente sabes, los fusibles son pequeñas piezas de hilo parecido al de soldar montados en un contenedor de cristal. Cuando la corriente excede el nivel calibrado, como un amperio, el hilo se funde y el circuito se abre. Los fusibles, por supuesto, solo se pueden volatilizar una vez y no pueden ser reutilizados. Un fusible se representa en el diagrama por la etiqueta del diagrama "1 A", significando "un amperio". Las normas eléctricas permiten que un fusible sea considerablemente más grande de lo necesario, como 5 amperios, y todavía dar adecuada protección contra cortocircuitos.

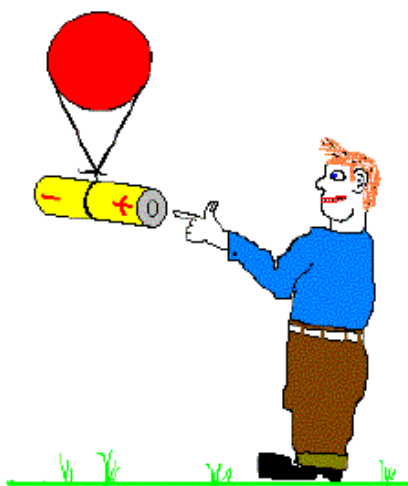
### **Interruptor**

El interruptor de potencia puede interrumpir solo un lado de la línea. O, es incluso más seguro que interrumpa ambos lados de la línea de energía al tiempo. El interruptor deberá ser de rango de al menos 230 voltios AC y 3 amperios.

### **El transformador**

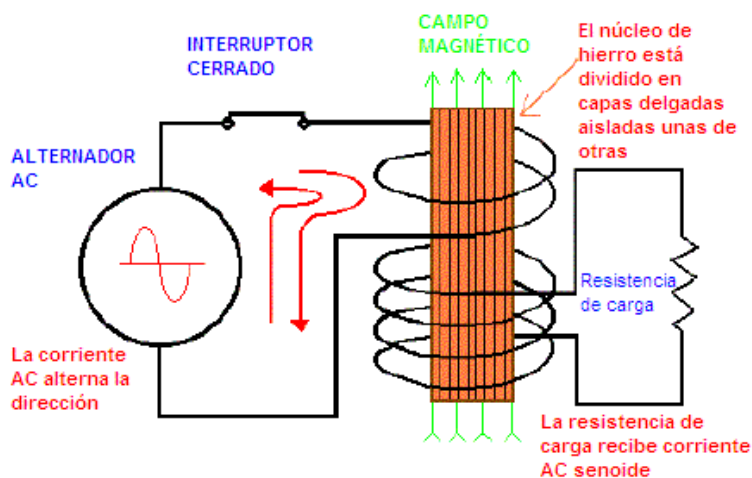
Después del interruptor, la corriente de línea normalmente va al arrollamiento primario de un transformador. El transformador tiene dos funciones: primera, aislar tu fuente de alimentación del suministro doméstico y de tierra. Esto hace que te electrocutes mucho menos probable. Como se explico anteriormente, la fuente de líneas AC de 220 voltios AC se refieren a masa. El secundario del transformador transporta potencia AC que no está relacionada a tierra para nada.

Por ejemplo, no recomiendo realmente intentar esto, pero supón que estás enchufando un transformador bien diseñado en un enchufe de red. Y supón que este transformador tiene los cables del secundario de alto voltaje colgando en circuito abierto: debido al aislamiento, podrías tocar cualquiera de los cables secundarios sin ser electrocutado, incluso si la otra mano está sujeta a una tubería de agua puesta a masa. Por supuesto si tocas ambos cables de alto voltaje simultáneamente, te morderán.



### Un arrollamiento secundario está aislado de tierra – como una batería flotando en medio del aire

Piensa en el aislamiento como una batería sujeta por un globo. Los circuitos eléctricos requieren un lazo cerrado en orden a que la corriente fluya. Para la batería oscilante, la corriente solo fluye de un extremo de la batería al otro. No hay relación a tierra. Si una persona permaneciendo en tierra alcanza y toca la batería, el lazo del circuito no está completo, de modo que no fluye corriente.

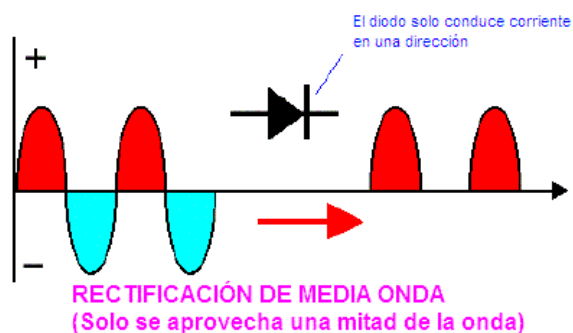


Como se explicó en el capítulo 2, los transformadores pueden cambiar la relación de corriente a voltaje en proporción al número de vueltas de hilo alrededor del núcleo. Los transformadores no son eficaces al 100%.

Están hechos de hilo de cobre que tiene una resistencia significativa y hierro que disipa una pequeña cantidad de energía en calor cada vez que se genera un campo magnético. En general, cuanto más grande es el transformador, más grande el diámetro del hilo usado en los arrollamientos, más alta será la eficacia.

El hierro tiene un límite abrupto y severo en cuanto campo magnético puede soportar. Una vez que todo el hierro ha sido magnetizado, el hierro no contribuirá a más campo magnético, independientemente de la corriente que fluya por el primario. Obviamente, a mayor núcleo de hierro más energía puede pasar el hierro al secundario antes de que se

sature. Como norma general, a transformador más grande, más potencia puede pasar a través de sus arrollamientos.



## Rectificación

La mayoría de dispositivos electrónicos requieren voltaje DC para trabajar adecuadamente. La AC es convertida en DC por medio de diodos rectificadores. Los rectificadores son versiones de alta potencia, alta corriente y alto voltaje de los diodos usados en juegos de cristal. Referido a la fuente de alimentación simple mostrada anteriormente, el transformador está seguido de un diodo rectificador. ***El diodo solo pasa flujo de corriente positiva en la dirección de la flecha.*** Esto significa que la corriente deja el diodo en la forma de "crestas" o semiondas senoides. Solo la mitad de la onda senoide pasa a través, así que un diodo rectificador simple es llamado rectificador de media onda. Por definición estas crestas son "DC" ya que solo tienen una polaridad. Desgraciadamente, para la mayoría de aplicaciones electrónicas las medias ondas intermitentes son burdamente inadecuadas. Por ejemplo, si las usas para alimentar un transmisor de CW, tu señal sonará como un zumbido desagradable y tomará un ancho de banda de 120 Hercios. Si intentas rodar un microprocesador de ordenador con estas crestas sin filtrar, el procesador se reiniciará 50 veces por segundo.

## Voltios pico, voltios RMS y voltios DC

Has notado que las ondas senoides no permanecen en ningún voltaje, así que, ¿cómo se miden? Si la onda senoide alcanza picos de mas 12 voltios y menos 12 voltios, la mayoría del tiempo la salida del rectificador será mucho menos que 12 voltios. También la media aritmética de cualquier onda senoide es cero. Obviamente la medida no es útil. Son necesarias normas para nombrar voltaje y corriente de ondas senoides. Como puedes esperar, el ***voltaje de pico*** es la diferencia de voltaje entre cero y el extremo más positivo de la forma de onda.

***El voltaje pico a pico*** o ***PP*** significa la diferencia de voltaje entre el pico más negativo y el pico más positivo.

Como puedes saber, el voltaje que viene (en América) a nuestros enchufes de red oficialmente es de ***120 voltios AC RMS***. Durante mi vida este mismo voltaje también ha sido llamado nominalmente "110 voltios AC", "115 voltios AC" y "117 voltios AC". Confuso ¿no? De cualquier forma, los dos cables de potencia que vienen a tu casa desde el poste de luz del callejón nominalmente tienen 240 voltios a través de ellos. Por supuesto formalmente fue llamado dos veces 110 voltios AC o 220 voltios AC. Alguna



gente todavía lo llama 220 voltios. El voltaje de línea está diseñado de modo que cada uno de los dos cables desde el poste de luz es de 120 voltios AC con respecto a masa.

Como se explicó en el capítulo 2, dentro de tu caja de disyuntores estos dos cables están conectados a dos grandes barras de metal. Hay una tercera barra de metal de masa que desciende entre las dos barras vivas. Los disyuntores individuales encajan a presión sobre estas barras como los coches en las pistas del ferrocarril. La energía circula por tu estufa y secadora de ropa eléctricas a través de las pistas para ocupar ambas líneas de 240 voltios. Pequeños circuitos disyuntores se enganchan a un lado de la barra de masa para darte los 120 voltios para los circuitos normales de baja corriente.

El **RMS** (promedio de raíz cuadrada) de un voltaje de onda senoide (o corriente senoide) es el pico de voltaje dividido por la raíz cuadrada de dos. Por ello 120 voltios RMS es una onda senoide con un pico de voltaje de 1,414 veces el voltaje RMS. En otras palabras,  $120 \text{ V RMS} \times \sqrt{2} = 120 \times 1,414 = 169,7$  voltios de pico. Por ello, la línea de voltaje doméstico puede ser expresada como **120 voltios RMS, 170 voltios de pico o 340 voltios pico a pico**.

### **Medición de la potencia del transmisor con un osciloscopio**

Para medir la potencia de salida de tu transmisor en una antena o carga ficticia puedes ver el voltaje de RF a través de la carga con un osciloscopio. Ya que la potencia RMS es la que usamos normalmente, necesitamos medir el voltaje RMS de una onda senoide. Puedes medir el pico de voltaje contando los cuadrados de la rejilla en la pantalla. Entonces, para conseguir el voltaje RMS, divide por la raíz cuadrada de dos. Por ejemplo, supón que la onda senoide de RF en la pantalla tiene un pico de voltaje de 100 voltios:

$$100 \text{ voltios de pico} / \sqrt{2} = 100 \text{ voltios} / 1.414 = 100 \text{ voltios} \times 0,707 = 70,7 \text{ voltios RMS}$$

En lugar de calcular la raíz cuadrada de 2 o su inversa cada vez, puedes salvar tiempo recordando los factores 1,414 y 0,707. Por ejemplo, supón que el voltaje de RF visto en la pantalla del osciloscopio es de 100 voltios de pico, entonces la potencia de RF desarrollada para una antena de 50 ohmios o una resistencia de carga ficticia debería ser:

$$\text{Potencia} = I_{\text{RMS}} \times V_{\text{RMS}} = (V_{\text{RMS}} / \text{Resistencia}) \times V_{\text{RMS}} = (V_{\text{RMS}})^2 / \text{Resistencia}$$

$$\text{En este caso, Potencia de salida} = (70,7 \text{ voltios RMS})^2 / 50 \text{ ohmios} = 100 \text{ vatios.}$$

### **Condensadores filtro – filtrando el rizo**

Los golpes de media onda, los cuales son adecuadamente conocidos como “rizado” deben ser suavizados en un voltaje DC continuo. Esto se consigue por medio de un **filtro pasa bajos**. En este caso pasa bajos significa que el filtro solo pasa bien frecuencias por debajo de 50 Hz. La DC por supuesto es cero hercios, la cual es la frecuencia más baja que puede haber. La fuente rectificadora de media onda ilustrada

anteriormente está equipada con un filtro “L” L-C. Los filtros “L” son simplemente filtros de dos elementos que representan las dos patas de la letra “L”.

Los condensadores conducen AC y evitan el flujo de DC. Y los inductores conducen DC, pero resisten el flujo de corriente AC. En un filtro DC efectivo los valores de los componentes deben ser descomunales, como 10 henrios y 5.000 microfaradios. Esto es porque la frecuencia que queremos filtrar, 50 Hz, es extremadamente baja y se necesitan componentes grandes para tener un efecto en tal onda senoide lentamente cambiante.

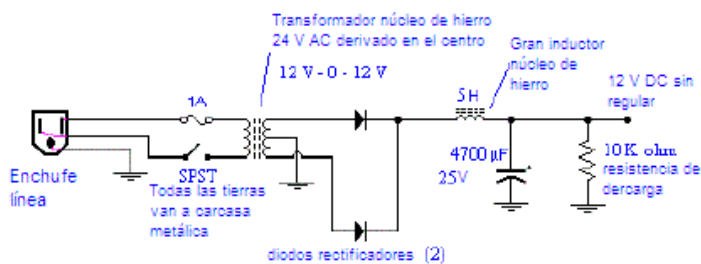
### Resistencia de descarga a través del condensador

El propósito de la resistencia de descarga del condensador de filtro es para descargarlo cuando la fuente no está en uso. Recuerda que los condensadores de alta calidad guardan su carga por muchas horas, algunas veces días. Los descargadores normalmente no son importantes con una fuente de bajo voltaje como 12 voltios. Pero si esta fuese una fuente de 500 voltios, una persona podría sufrir una fea sacudida o quemadura si tocase el condensador. Esto puede ocurrir incluso aunque la fuente halla tiempo que no esté encendida o conectada.

Si has construido la fuente de media onda mostrada anteriormente y le pones una carga de 10 vatios con un transformador excelente y un condensador realmente enorme, si acaso el voltaje DC será al menos continuo. Sin embargo, todavía será una onda senoide de 50 Hz rizada o con ondas impresas arriba de ella.

Si la usas para energizar un transmisor, el tono del código Morse debería tener un sonido discontinuo distintivo según el nivel DC varía a 50 veces por segundo. Cuando los aficionados te dan un reporte de señal deberían decir que tu tono de señal era un número menor de 9. Por ejemplo, podrían enviar “UR RST 595”. (RST significa Legibilidad-Readability), Fuerza-Strength y Tono-Tone. Los aficionados usan una escala de 1 a 5 para la legibilidad, y 1 a 9 para fuerza y tono). Debido a la áspera nota de tu tono, tu relación solo puede ser “5”. Por esta razón las fuentes de potencia del transmisor siempre usan rectificadores duales para producir rectificación de onda completa.

### Rectificación de onda completa



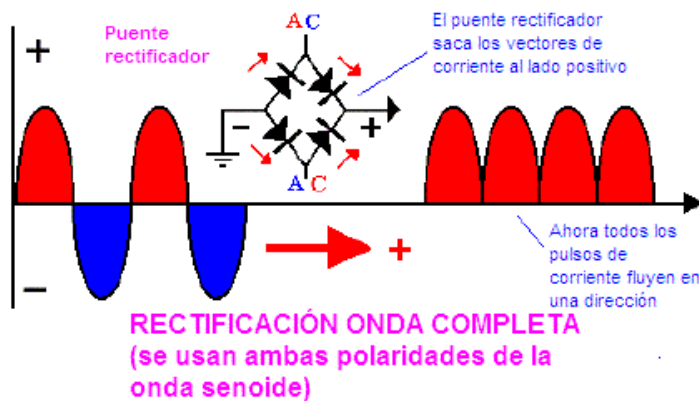
### RECTIFICACIÓN ONDA COMPLETA USANDO UN TRANSFORMADOR DE POTENCIA DERIVADO

Los rectificadores de onda completa conviertes ambas mitades de la onda senoide en corriente DC útil. El voltaje DC es ahora una sucesión de “crestas” sin intervalos de

“desconexión”. Con el doble de “crestas” por segundo, el voltaje es mucho más fácil de filtrar. La rectificación de onda completa es un gran paso adelante produciendo una fuente DC que recuerda el voltaje continuo suavizado disponible desde una batería.

Hay dos modos de lograr la rectificación de onda completa. El circuito de arriba usa dos diodos. Lo que probablemente no notas al principio es que el secundario del transformador tiene dos arrollamientos de *12 voltios RMS AC*. Teniendo dos arrollamientos separados y cableándolos en serie, uno de los arrollamientos puede ser positivo todas las veces. Esto permite a la corriente positiva fluir a través de uno de los dos diodos todas las veces y disminuye grandemente el rizado. Nota que, si queremos, podemos invertir la polaridad de los diodos y producir la misma forma de onda con la polaridad opuesta. Esto es, si queremos una **fuente de voltaje NEGATIVO** con relación a masa, invirtiendo los diodos haríamos eso.

### Puentes rectificadores



El segundo modo de lograr rectificación de onda completa es usar un puente rectificador hecho de cuatro diodos individuales. Esta configuración nos permite conseguir rectificación de onda completa desde un arrollamiento secundario simple. Los cuatro diodos están soldados en una configuración de diamante como se muestra arriba. La fuente de voltaje AC se aplica en la parte superior e inferior del diamante. Los dos diodos de la derecha están alineados de modo que la corriente positiva siempre fluirá al lado positivo. El lado izquierdo está cableado a masa y los diodos apuntando de tal modo que la corriente negativa es dirigida siempre hacia masa. Para decirlo de otro modo, la corriente positiva siempre fluye “ARRIBA” de masa.



## Rizado

Debido a que el rectificador está suministrando corriente en forma de “crestas”, la salida de voltaje a través del condensador también variará arriba y abajo. El condensador es grande, de modo que el voltaje no cae a cero durante los “valles”, pero puede caer bastante abajo si el drenaje de corriente desde la fuente es grande. Cuanta más corriente es chupada del condensador mayores son los “valles” de voltaje. Esta variación del voltaje se llama “rizado”. Esto está ilustrado en el esquema de arriba. Si el choque es suficientemente grande trabajará con el condensador para suavizar la altura de los picos de voltaje y elevar el nivel de los valles dramáticamente.

## Sin corriente de carga, el voltaje de salida cambia al voltaje de pico

Nota que, si la fuente de alimentación no está conectada a una carga externa, el voltaje de salida se eleva al voltaje máximo que llega a través de los rectificadores. Para un transformador de 12 voltios RMS en el arrollamiento de salida, esto es aproximadamente la raíz cuadrada de dos (1,414) multiplicado por 12 voltios RMS, o aproximadamente 18 voltios. Con referencia al diagrama, sin carga externa la única carga del condensador es la fina corriente de un miliamperio que pasa a través de la resistencia de descarga.

Esto significa que la variación en voltaje entre las crestas será extremadamente pequeña. En resumen, si no hay carga en la fuente de alimentación, para un voltímetro se ve como una fuente de alimentación “regulada” de 18 voltios esencialmente no rizada. Si tu circuito de 12 voltios puede dañarse con 18 voltios, no debes conectar una fuente como esta a tu circuito.

Cuando la conectas primeramente el voltaje será de 18 voltios durante un momento antes que el flujo de la corriente de carga sea establecido y el choque y condensador tiren del pico de voltaje hacia abajo. El RMS (promedio de raíz cuadrada) se refiere al voltaje *MEDIO* de las crestas de la onda senoide rectificada. Si la salida desde el gran condensador estuviese alimentando directamente tu QRP sin el regulador, el condensador se podría cargar hacia el voltaje de pico de las crestas. Dependiendo de cuanta corriente esté arrastrando tu QRP, los 18 voltios podrían destruir alguno de los componentes de tu QRP. Según aumenta la carga en la fuente de alimentación, el voltaje de salida debería caer hacia la relación de voltaje RMS, 12 voltios. Según la relación de carga del transformador, digamos 3 amperios, se excede, el voltaje DC probablemente caerá por debajo de 12 voltios.

## **Saturación del transformador de alimentación**

Un segundo propósito del choque es prevenir el pico de corriente desde el transformador cuando se excede la relación de corriente del transformador. Si el choque no estuviese localizado entre el rectificador y el condensador, la corriente desde las “crestas” solo podría fluir dentro del condensador cuando el voltaje desde los rectificadores es más alto que el voltaje que ya está almacenado en el condensador. Es como una piscina de marea junto al océano. La piscina solo se puede llenar con agua cuando la marea se eleva más alta que el nivel de la piscina. El resultado de estos pulsos de corriente de carga es que el transformador de alimentación debe proporcionar mucha más corriente de pico que para la que está relacionado. Si un transformador está tasado para, digamos 10 amperios RMS, y estas oleadas de corriente son arrastradas en explosiones de solo unos microsegundos, entonces el pico de corriente puede ser de 100 amperios. Ya que el transformador no tiene suficiente hierro para eso, el hierro se satura y la inductancia del transformador se colapsa. Repentinamente, el transformador actuará como un hilo de cobre de unas cuantas vueltas cortocircuitando la fuente AC. Esto causa que los bobinados y el transformador se calienten rápidamente y actúen pobremente.

## **Sustitución de grandes choques con resistencias pequeñas y baratas**

En el mundo real, la mayoría de las fuentes de alimentación de bajo voltaje como ésta resuelven el problema con una resistencia barata en lugar de un inductor de núcleo de hierro grande y costoso. ¡Las resistencias gastan energía, pero que demonios! Puedes usar la resistencia con un condensador de filtro extra grande que cuesta menos y pesa menos que un choque con valor de filtro equivalente. O, como veremos pronto, un regulador de voltaje lineal puede poner una carga en el condensador todo el tiempo de modo que el flujo de corriente no son solo pequeños estallidos.

## **Reguladores**

Para proporcionar pura DC a un voltaje constante sobre un amplio rango de carga de corriente, necesitas una fuente de alimentación regulada. La primera tarea del regulador es “recortar” el pico de voltaje indeseado y proporcionar un voltaje DC igual al (o similar al) voltaje RMS del transformador. Los reguladores resuelven el problema del sobrevoltaje de 18 voltios descrito arriba. Su segundo propósito es mantener el voltaje constante incluso cuando la resistencia de carga esté cambiando continuamente. Normalmente se añade un circuito regulador a una fuente de alimentación como la de arriba. Hay dos diseños básicos para los reguladores, *reguladores lineales* y *reguladores conmutados*.

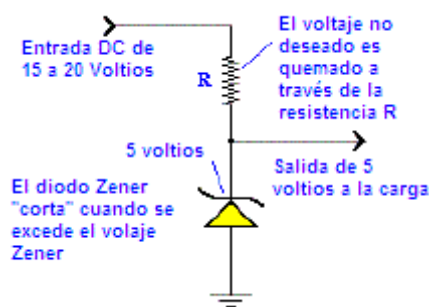
**Los reguladores lineales** son una especie de resistencia variable automática puesta en serie con la salida de una fuente simple como la que estamos tratando. El regulador usa realimentación desde el voltaje de carga para cambiar el tamaño de su “resistencia automática” y mantiene el voltaje de carga constante. Por ejemplo, en la fuente de alimentación de arriba el rectificador del voltaje de entrada podría variar desde digamos 15 a 18 voltios, pero el regulador debería cambiar su resistencia para mantener la salida constante a 12 voltios DC. *Un regulador lineal no asegura que el voltaje de carga sea siempre el mismo, también “recorta” el rizado.*

**Los reguladores conmutados** son circuitos más complejos que normalmente abarcan inductores (o transformadores) y transistores de conmutación. Arrancan con DC no regulada y la vuelven a energía AC. Esta energía AC pasa entonces por un transformador para generar todo el voltaje necesario por encima o debajo del voltaje DC original. En un método equivalente, la DC no regulada es pulsada a través de un inductor para generar voltajes más altos o más bajos. Para tareas de radio afición, las conmutadas normalmente hacen ruido de radio que escucharás en tu receptor. Si, los equipos comerciales de radio suelen tener conmutadas en sus diseños, pero en mi experiencia, conseguir librarse del ruido es extremadamente difícil.

En contraste a los reguladores conmutados, algunas conmutadas solo elevan el voltaje, pero no regulan el voltaje de salida. Estas se suelen llamar **bombas de carga**. El ruido de estas bombas de carga no reguladas puede ser insignificante porque solo conmutan a una frecuencia y no “oscilan” adelante y atrás intentando mantener constante el voltaje de salida. En resumen, las conmutadas reguladas son ruidosas y me da poca ilusión intentar probarlas dentro de equipo de radio.

### Reguladores por diodo Zener

El más simple regulador es un regulador lineal hecho de un **diodo Zener**. Es “lineal” porque no hay señales AC envueltas durante la regulación y trabaja enteramente con DC. Disipa el voltaje no deseado como calor. Un diodo Zener es un diodo de silicio modificado sutilmente diferente de los rectificadores usados en las fuentes de alimentación de arriba. Los iones extra causan que el diodo modifique a un voltaje inverso específico más bajo cuando se aplica un voltaje inverso alto. Los diodos Zener son rectificadores inferiores, pero cuando se usan como reguladores son bastante útiles.



### Por qué los rectificadores ordinarios no se comportan como los Zeners

Los diodos rectifican porque el voltaje inverso es insuficiente para forzar los electrones a través del lado P de la unión P – N que no tiene electrones libres. Sin embargo, cuando tienen suficiente voltaje o es aplicada “fuerza eléctrica”, se rompe la barrera P-N en una **rotura en avalancha**. Cuando ocurre esta rotura para alto voltaje y alta corriente, el diodo (o transistor bipolar) se estropea instantáneamente por el calor. Puedes recordar el diodo de cristal casero discutido en el capítulo 4.

Cuando este tosco diodo fue invertido rompió abruptamente a casi un voltio. A cualquier voltaje por encima de 1 voltio actúa como un cortocircuito y “regula” el voltaje de carga a un voltio. A niveles de voltaje bajos, tal rotura no destruye

necesariamente el diodo si no se sobrecalienta. Este **voltaje Zener** puede ser usado como referencia de voltaje.

### Dopando diodos de silicio se hacen Zeners

Cuando los modernos diodos de silicio grandes y robustos de 400 voltios son dopados con iones extra mezclados dentro del semiconductor, la avalancha puede ocurrir a voltajes más bajos cualquiera por debajo de 400 a tan poco como 3 voltios. Ahora debido a que el voltaje es bajo y presumiblemente la resistencia de carga radicalmente limita la corriente, el calentamiento del silicio es bajo y el diodo sobrevive a la rotura. En la práctica, los diodos Zener están disponibles desde 3 a 50 voltios. Los Zener de 100 voltios tendrían que ser capaces de disipar una gran carga de calor o serían fácilmente destruidos. En el circuito de arriba el diodo Zener descarga a 5 voltios. Si uno de estos diodos es colocado a través de una carga, el diodo Zener fijará el voltaje a 5 voltios de modo que el voltaje a través de la carga nunca se eleve por encima de 5 voltios. Por supuesto el voltaje de entrada debe ser siempre más alto de 5 voltios y el voltaje no deseado será disipado a través de la resistencia en serie con la fuente de alimentación.

### Zeners reales contra ideales

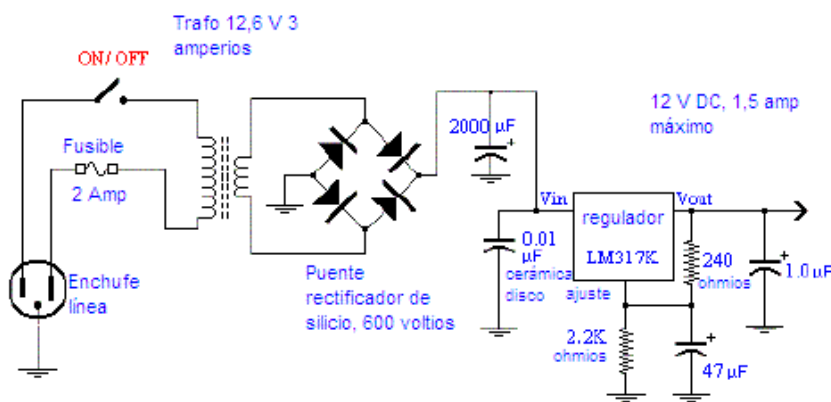
Si un diodo Zener se comportase “perfectamente” el voltaje a través de él sería el voltaje Zener, sin importar cuantos amperios fluyesen a través del diodo. Esto está ilustrado por la curva verde en el grafico inferior. Desgraciadamente, el voltaje Zener crece con corrientes grandes como se muestra abajo en la curva roja. Nota que cuando el diodo Zener está cableado al revés actúa como un diodo normal de silicio conectado correctamente. La conducción comienza a aproximadamente 0,6 voltios. Los Zeners reales se ven como diodos de silicio normales correctamente polarizados. Lo que se llama conducción “directa” para un diodo es llamada conducción “inversa” para un Zener.



Los diodos Zener no son prácticos para regulación pesada de corriente. No solo disipan energía en la resistencia R en serie, también queman energía en el diodo. Más aún, según se eleva la corriente del diodo, el voltaje Zener puede ser significativamente diferente de su valor nominal. En la práctica la regulación Zener es usada en cargas ligeras sobre un estrecho rango de voltaje de entrada. Como verás posteriormente, los Zeners pueden ser usados como **REFERENCIA DE VOLTAJE** para activar un regulador de transistor. De este modo, la regulación puede ser mejor y la energía no se derrocha. Esto será ilustrado en una aplicación posterior en este capítulo.

### Una fuente de alimentación casera alimentada de la red para un QRP

Ahora vamos a lo práctico: la fuente de 12 voltios de abajo trabaja bien para mí y puede ser montada enteramente de componentes de tu tienda local de electrónica.



Esta fuente regulada de 18 vatios alimentada de la red deberá ser construida en un chasis metálico. El pin redondo de masa del cordón de línea deberá estar conectado al chasis. De este modo, si el cable “vivo” negro se rompiera y tocara el chasis, el metal no llegaría a ser peligroso de tocar. La fuente está protegida por un fusible de 2 a 5 amperios en serie con la línea de entrada. El interruptor deberá ser para un rango de 250 voltios DC y al menos 1 amperio. El cordón de línea deberá pasar a través de un pasamuros en el camino hacia dentro del chasis. Una vez dentro, el cordón de línea deberá estar sujeto al chasis de modo que si la fuente de alimentación se cuelga del cordón, la fuerza estará en la abrazadera y no en la unión soldada donde el cordón está sujeto al fusible e interruptor. El transformador tiene un rango para 12,6 voltios RMS a 3 amperios. Yo uso un elemento Radio Shack #273-1511. El rectificador es un puente rectificador genérico de silicio para al menos 400 voltios 1 amperio. Alternativamente podrías usar 4 rectificadores individuales colocados como se muestra arriba. El condensador de filtro que sigue al rectificador necesita ser grande y mejor que para 25 voltios de trabajo. Los otros tres condensadores sirven para estabilizar la salida y evitar oscilaciones y rizado.

Esta fuente de alimentación regulada de 18 vatios alimentada de la red deberá ser construida en un chasis metálico. La patilla redonda de masa del cordón de línea deberá ser conectada al chasis. De este modo, si el cable "vivo" negro se rompiera y tocara el chasis, el metal no llegaría a ser peligroso al tocar. La fuente está protegida por un fusible de 2 a 5 amperios en serie con la entrada de línea. El interruptor deberá ser para



un rango de 250 voltios DC y al menos de 1 amperio. El cordón de línea deberá pasar a través de un pasamuros en el camino hacia dentro del chasis. Una vez dentro, el cordón deberá ser sujetado al chasis de modo que, si la fuente de alimentación es suspendida por el cordón, la fuerza será en la abrazadera y no en la soldadura de unión donde el cordón de línea se sujeta al fusible e interruptor.

### **El regulador de voltaje programable LM317K**

El chip regulador LM317K está empaquetado en una carcasa metálica TO-3 y puede entregar 1,5 amperios. Para disipar el calor, la carcasa TO-3 deberá ser atornillada al chasis metálico y aislada por medio de una arandela de mica y grasa de silicona. También están disponibles montajes para este propósito en caja en Radio Shack. Este chip regulador trabaja regulando el voltaje entre el  $V_{\text{salida}}$  y el terminal de "ajuste" del regulador. El regulador regula esta diferencia de voltaje a 1,2 voltios. Este bajo voltaje permite al diseñador regular voltajes igual a o mayor de 1,2 voltios. En esta aplicación de 12 voltios, el regulador pasa la corriente a través de una resistencia de 240 ohmios y regula el voltaje que cruza la resistencia de 240 ohmios a 1,2 voltios. Esto nos da una "fuente de corriente" que conduce una corriente regulada a través de la resistencia de 2,2 K a masa. Esto aumenta la salida total de voltaje regulado desde 1,2 hasta 12 voltios. Esto es, 240 ohmios es aproximadamente el 10% de la suma de 240 ohmios más 2200 ohmios. Ya que puedes "programar" el voltaje regulado total, este mismo regulador puede ser usado para regular voltajes desde 1.2 voltios hasta 20 voltios.

Otra razón por la que necesitas buena regulación de voltaje es que las etapas de sintonía en tu QRP no toman con agrado el cambio del suministro de voltaje. Si sintonizas la antena usando 12 voltios, y después el voltaje va arriba o abajo, la sintonía de algunas etapas puede cambiar ligeramente y tu señal puede chocar en medio de un QSO (conversación).

El LM317K corta cualquier voltaje por encima de 12 voltios de modo que tu QRP nunca verá un voltaje mayor. Nota que el LM317K es un *regulador lineal*. Esto significa que devuelve cualquier voltaje de entrada que está por encima del voltaje de regulación en calor. Esto se ve despilfarrador, pero la regulación lineal no hace ruido en la radio y produce un voltaje de salida plano prácticamente sin rizado.

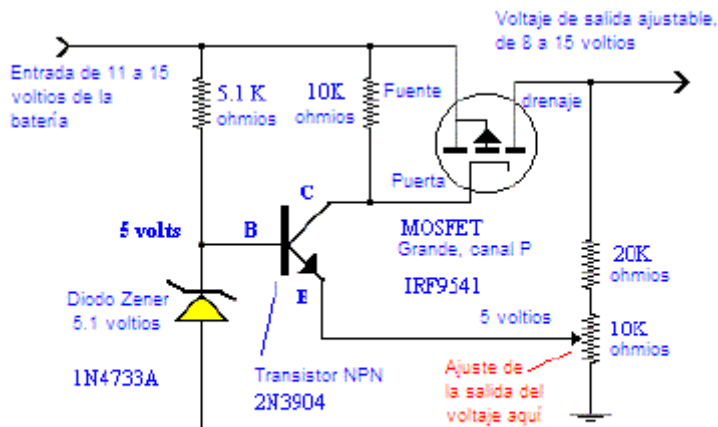
Nota que el choque no es necesario aquí porque el regulador está arrastrando corriente desde el condensador casi todo el tiempo. Esto significa que la corriente está fluyendo desde el transformador casi todo el tiempo y no estará saturado por pulsos de alta corriente.

Esta fuente de alimentación viola mi objetivo de nunca usar circuitos integrados. Si hay puristas que comparten mi aversión a los circuitos integrados, el regulador de "baja caída" mostrado abajo puede ser sustituido por el regulador LM317K. Una fuente de alimentación mayor que esta podría ser más versátil y podría alimentar un transmisor mayor. Obviamente, a mayor nivel de alimentación, más engorrosa llega a ser la regulación. Yo eché a un lado este proyecto haciendo funcionar totalmente mi estación de aficionado con una batería de 12 voltios con cargador solar la cual está descrita posteriormente en este capítulo.

## Un regulador de voltaje de baja caída para usar con una batería

Como pronto leerás, una batería de ácido de carro de golf hace una estupenda fuente de alimentación de 12 voltios de alta corriente. Desgraciadamente, mover tu transmisor con baterías significa que, cuando la batería está lista para ser recargada, su voltaje habrá caído a 11 o incluso 10,5 voltios. Esto significa que (idealmente) tu QRP debería estar sintonizado para trabajar en 10,5 u 11 voltios y luego regulado para ese nivel.

Recuerda que un *regulador lineal solo puede entregar MENOS que su voltaje de entrada*. De modo que si estás trabajando con una batería de 12 voltios, necesitas un regulador que derroche tan poco voltaje como sea posible. Este voltaje derrochado es llamado *caída*. El regulador mostrado abajo recibe 12 voltios nominales desde una batería. El elemento de regulación activo es un gran transistor MOSFET canal-P. Este transistor puede ser arbitrariamente grande. El mayor es que menos voltaje derrochará y de menor caída.



### FUENTE DE ALIMENTACIÓN DE 12 VOLTIOS BAJA CAÍDA

El transistor MOSFET de canal-P se activa (conduce corriente) cuando su voltaje de puerta es tirado abajo a masa. Así cuando el voltaje de la batería cae, el voltaje de la puerta debe ser tirado abajo (hacia cero voltios) para volver el MOSFET más activo. Cuando se eleva el voltaje de entrada de la batería, el voltaje de la puerta debería ser elevado para volver al transistor mas inactivo y restaurar el ajuste de voltaje de salida. El control de voltaje de la puerta está hecho con un transistor bipolar NPN. El transistor compara el voltaje de referencia a través de un Zener de 5 voltios con una fracción del voltaje de salida que cruza la resistencia sensora en la parte derecha más baja. El cursor en la resistencia sensora contacta la resistencia a un nivel que produce aproximadamente 0,6 voltios menos de los 5 voltios. Según se eleva el voltaje de salida, el voltaje en la resistencia sensora crece. Esto de vuelta aumenta el voltaje emisor del transistor. La diferencia en voltaje entre la base y el emisor cae, causando la conducción para el transistor NPN a caer. Según se hace menos conductor el transistor, el voltaje de puerta en el MOSFET aumenta hacia el voltaje de la batería y desconecta el MOSFET y desciende el voltaje de salida regulado.

Salida de  
voltaje  
regulado

## ACTUACIÓN DEL REGULADOR

Ajuste de regulación a 9 voltios 300 mA de carga



El trazo púrpura de arriba muestra el comportamiento de esta fuente de alimentación simple cuando ha sido ajustada para 9 voltios con una carga de 300 miliamperios. La línea roja muestra el voltaje que la carga debería recibir si no hubiese regulación. Esto es,  $V_{\text{entrada}} = V_{\text{salida}}$ . La línea verde ilustra el comportamiento de un regulador lineal perfecto o ideal. Si el transistor tiene infinita ganancia y el diodo Zener siempre produce con precisión la misma referencia de voltaje de salida, entonces la curva verde es la que querías. Tan pronto como el regulador está dando 9 voltios de entrada, debería entregar exactamente nueve voltios, no importa que carga fuese. Como puedes ver, el regulador simple no es radicalmente diferente del ideal, pero es mucho menos que perfecto.

### Un regulador de baja caída, de precisión, compensado en temperatura

La regulación casi perfecta se puede lograr sustituyendo el transistor NPN con un amplificador operacional. Los amplificadores operacionales son circuitos integrados compuestos de muchos o incluso docenas de transistores. Los amplificadores operacionales actúan como si fuesen transistores casi perfectos. Igualmente la referencia de voltaje LM336 es un circuito integrado hecho de paquetes de transistores que actúa como si fuese un diodo Zener casi perfecto. Según varía el voltaje que cruza el regulador, el voltaje a través del Zener permanece constante dentro de un par de milivoltios.



El amplificador operacional es el triángulo del centro. Este amplificador operacional tiene 14 patillas y los números mostrados son los números de las patillas. Este chip en particular contiene 4 amplificadores operacionales. Solo es usado uno en este circuito. Las patillas 6 y 5 son las entradas. La función de las patillas de entrada es que el amplificador operacional cambia el voltaje de salida (patilla 7) para "intentar" mantener las dos patillas de entrada al mismo voltaje. Esto es, tanto como el voltaje en la patilla 6 es idéntico al voltaje en la patilla 5, la salida permanece constante. Cuando la patilla **positiva** 5 tiene un voltaje mayor que la patilla **negativa** 6, la patilla de salida disparará a positivo tan alto como pueda ir. Cuando la patilla negativa 6 es más alta que la patilla 5, la patilla de salida aumentará a negativo tan bajo como pueda ir. A diferencia de los transistores simples, el amplificador operacional tiene casi infinita ganancia de corriente. Son comunes ganancias como 100.000 o un millón. También, las entradas no arrastran corriente. Casi tienen infinita alta resistencia de entrada. Esto significa que los amplificadores operacionales son ideales para "monitorizar" algunas condiciones, como el voltaje de salida de la fuente de alimentación y entonces cambiar el voltaje de la patilla de salida del amplificador operacional en orden a reponer la fuente en equilibrio. Mirando al diagrama, la patilla 6, la entrada negativa, siempre resta 5,00 voltios, tanto como que el voltaje de entrada de la batería sea al menos 5 voltios. El voltaje de salida en la parte inferior derecha está ajustado para producir el deseado voltaje de salida. El gran transistor MOSFET permanecerá activo en el grado exacto para entregar el voltaje que ajustes. Este punto de ajuste es el lugar donde los 5 voltios aparecen en el potenciómetro. Tan pronto como el amplificador operacional "ve" que las patillas 5 y 6 tienen el mismo voltaje, el voltaje de salida en la patilla 7 se mantiene y detiene el cambio.

### Un diodo de precisión Zener

El diodo Zener de precisión LM336 no solo es extremadamente preciso, mantendrá su precisión sobre un amplio rango de temperatura. Hablando de cambio de temperatura, no olvides atornillar tu MOSFET a un gran radiador. A voltajes altos de entrada y grandes corrientes de carga, puedes esperar que el MOSFET hierva de calor sin un radiador. Manteniéndolo frío mejora su regulación. La brida metálica del transistor

deberá estar aislada del radiador y chasis metálico con un aislador de mica y grasa de silicona.

Como veremos en el capítulo 10, la construcción de un oscilador de frecuencia variable que alcance los estándares modernos de deriva de frecuencia requiere el uso de una fuente de alimentación super-regulada. Esto requiere reguladores hechos con circuitos integrados. En fin. Por supuesto podrías demostrar que estoy equivocado construyendo una con elementos discretos.

---

## BATERÍAS COMO FUENTE DE ALIMENTACIÓN

### La belleza de las baterías

Como mencioné anteriormente, hago funcionar mi estación completa con energía solar almacenada en una batería de 12 voltios. Estarás pensando probablemente, ¡Ya! Y mi abuela va en moto. Se que esto suena estúpido, pero mi estación con alimentación solar alcanzó a ser totalmente lógica y tuvo muchas ventajas para una estación de construcción casera. Hay montones de aficionados que hacen esto y no se maravillan. Una batería de ácido es una maravillosa fuente de alimentación. Saca descomunal corriente cuando la necesitas y la regulación de voltaje es excelente. Las mejores ventajas son que las baterías no hacen el ruido de RF de las fuentes de alimentación conmutadas y no hay derroche de calor de un regulador lineal.

Mi vuelta a la radio afición comenzó hace 5 años cuando arrastré mi transmisor móvil de construcción casera de 1967 desde el ático y le soplé el polvo. Ya que mi viejo transmisor móvil corre con 12 voltios, no podía incluso intentar recibir sin una fuerte fuente de alimentación de 12 voltios. Consideré construir o comprar una fuente pero después de 10 segundos decidí que era ridículo. Sucedió que tenía algunas baterías de carros de golf de 6 voltios en el garaje. Arrastré dos de ellas al sótano y las puse en un cargador de goteo de 12 voltios de automóvil. Después de un día las baterías se recuperaron y pude encender el transmisor. La fonía AM estaba extinguida, pero no me detuvo para conseguir CW, lo cual hice con buen éxito. Bueno, eso no fue cierto del todo. Mis aventuras incluyeron un VFO de deriva y una bomba de carga de 200 vatios conmutadora, pero esos problemas no tenían nada que hacer con la fuente de alimentación.

Mi viejo transmisor de válvulas era un berraco poderoso. El receptor arrastraba 3,5 amperios a 12 voltios. ¡Esos 42 vatios solo para escuchar! El transmisor era mucho peor, por supuesto, pero no era dramáticamente peor que un transmisor transistorizado. Después de todo, un transmisor no puede radiar gran potencia si no consume gran potencia. Más aún, un transmisor a transistores, moderno, lineal clase A puede ser incluso más ineficaz que un viejo transmisor de válvulas clase C. De cualquier modo. Mi transmisor arrastra de 6 a 18 amperios. Comparado con un carro de golf o el motor de arranque de un automóvil, un transmisor de aficionado es un dispositivo de baja potencia. 20 amperios deberías ser suficiente corriente. Una batería de descarga profunda es mejor, pero no hay razón para que no puedas usar una vieja batería de coche. Descartamos de forma rutinaria todas las baterías de coche cuando ya no pueden

suministrar 400 amperios en una mañana de Enero. Pero incluso una vieja batería normalmente suministrará 20 amperios durante 5 minutos sin apreciable caída de voltaje. Todo lo que necesitas hacer es mantenerle un pequeño cargador de un amperio continuamente. Para cualquier presupuesto una batería usada gratis es una fuente regulada de alta corriente tan barata que no vale un comino.

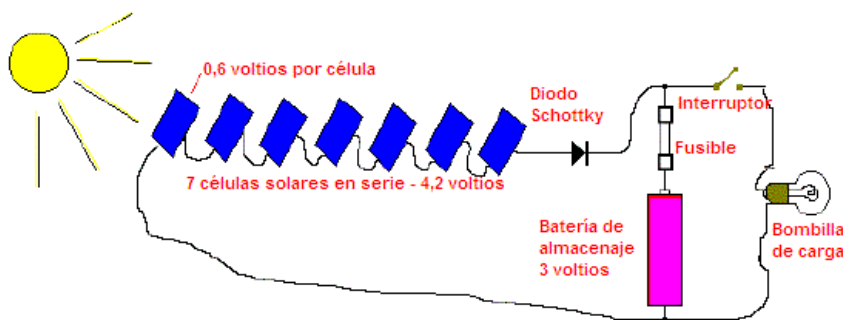
### Requerimientos de una fuente de 12 voltios, 20 amperios alimentada de red

No planeo construir una fuente de alimentación equivalente alimentada de red. Pero si lo hiciese, creo que el mejor modo para eliminar el rizado de AC en una fuente de alta corriente es una combinación óptima de un regulador lineal grande y un banco de condensadores. Piensa en ello, la batería se comporta justo como un regulador lineal gigante con enormes condensadores.

No he tenido nada de fortuna haciendo funcionar equipamiento de aficionado con fuentes de alimentación conmutadas. Si la conmutada no está funcionando justo como una bomba de carga asíncrona sino que realmente regula el voltaje de salida, entonces la conmutada hará ruido de RF que escucharás en tu receptor. Alimentando transmisores encontré la fuente conmutada y las etapas amplificadoras de RF "induciéndose una a otra". Esto es, cuando la carga aumentó, la fuente aumentó el ancho de modulación del pulso a compensar, pero no si un ligero retraso. Este sutil rizado era duro de ver en un osciloscopio, pero no importaba cuanto lo filtraba, el rizado aparecía como una nota ligeramente ruda en una señal de CW. En términos prácticos, me mantenía recibiendo reportes de 598 RST. Fue una fuente conmutada elaborada de 12 voltios en la revista QEX de hace unos pocos años lo que solventó el "problema de inducción". Estaba encantado de ver que yo no era el único que había notado la "inducción". El problema es real, pero después de haber visto la solución de Rube Golberg, mi deseo de construir una se desvaneció.

### Yendo a la energía solar

Ya que mi cargador de goteo era débil, estaba recargando sin parar. Incluso entonces, tenía problemas para mantener la batería cargada con un par de horas diarias de operación. No obstante yo ya poseía un panel solar de 12 voltios, 12 vatios que había instalado en el techo.



## **Un circuito cargador solar simple**

Las células solares son un tipo de diodos de silicio. Están dispuestos en serie de modo que la caída progresiva de voltaje de cada diodo se suma para un voltaje algo mayor que el voltaje de la batería. Por ejemplo, para 0,6 voltios por célula solar, necesitamos al menos 20 células en serie para elevar el voltaje del panel más alto que los 12 voltios de la batería. Normalmente, un panel en circuito abierto da una salida de 20 voltios con luz solar brillante. Esta capacidad extra asegura que continuará cargando una batería de 12 voltios todo el día e implica que hay treinta células de 0,6 voltios en serie. Es interesante jugar con células solares. Me sorprendí de descubrir que si pones tu mano simplemente sobre una de las células en serie, se desconecta la cadena entera, algo así como las luces cableadas en serie del árbol de Navidad. Esto significa que simplemente una hoja húmeda pegada en tu panel puede desconectar la formación entera.

La corriente de salida del panel es proporcional al seno del ángulo que la luz solar hace con el panel. Si tu objetivo es producir los máximos kilovatios-hora de promedio a lo largo del año, entonces el ángulo debe ser igual a la latitud. Yo monté mi panel a 45°, lo cual a 40° de latitud me da el mejor resultado durante el invierno. La optimización para el invierno es inteligente porque los días son más cortos y el panel a menudo está cubierto con nieve. Realmente 50° puede ser mejor aquí en Boulder. La nieve se desliza por una pendiente inclinada y ángulos más altos son más resistentes al daño por granizo. En el lado contrario, montándolos en un marco inclinado puede hacerlos sujetos a daño por viento. No hay método para el viento. Mucha gente simplemente monta los paneles planos en cualquier techo que se les ocurre. Si quieres sacrificar algo del porcentaje de salida por conveniencia de montaje o belleza, esa es tu decisión.

## **El "descargador lunar"**

Es una mala condición conectar un panel solar directamente a una batería. Las células solares son diodos polarizados directamente con respecto a la batería. Por ello, siempre que la luz solar cae, el voltaje del panel puede caer por debajo del voltaje de la batería y la corriente de la batería se invertirá y fluirá a través del panel solar. En otras palabras, en la noche, el cargador solar llega a ser un "descargador lunar". (Nada inteligente). Si hay suficientes células solares extras, entonces la caída de voltaje en el tiempo nocturno puede todavía exceder el voltaje de la batería. De cualquier modo, el problema de descarga se evita típicamente con un diodo de silicio en serie con el panel para asegurar que a la corriente nunca se le permita fluir desde la batería de regreso al panel. Ya que este diodo válvula de bloqueo tiene una caída de voltaje directo que derrocha energía, puedes usar como bueno un gran diodo Shottky que solo te penalizará con 0,2 voltios en lugar de la pérdida de 0,6 voltios.

Otra precaución sensata es un fusible en serie con la cadena de baterías. Esto limitará la corriente a un límite práctico tal como 30 amperios. Sin un fusible, un cortocircuito podría arrastrar literalmente cientos de amperios y causar que se fundan los cables o incluso fuegos. Otra pequeña norma es la protección de descargas. Mi panel está en el techo donde, en teoría, le podría atraer un tornillo. No estoy realmente preocupado, pero tengo un conector en el terminal del panel de modo que puedo desconectarlo desde mi cuarto cuando me voy de viaje o cuando una tormenta es particularmente espantosa.



Panel solar en el techo

### **La conservación también ayuda**

Mi panel solar carga tanto o más como el cargador de goteo alimentado de la red, aproximadamente 1 amperio. Consecuentemente todavía tenía que usar la línea eléctrica ocasionalmente para carga cuando permanecía en el aire por tiempo largo. La ruptura llegó cuando construí un nuevo receptor transistorizado. El nuevo receptor arrastra 120 mA. Esto seguro que triunfa sobre los 3,500 mA. Desde entonces no tengo necesidad de mi cargador de red.

### **Distribución de alimentación de 12 voltios**

Una batería puede entregar cientos de amperios, de modo que es juicioso aislar la batería de tu equipo y panel solar con un fusible adecuado. 30 amperios debería ser lo correcto. Yo tengo un interruptor maestro para aislar la batería del transmisor cuando no lo estoy usando. Una pequeña luz piloto LED me dice cuando está conectada y un voltímetro me advierte si la batería no está lista para usar. También tengo amperímetros de carga y descarga de modo que sé el estado de mi fuente en todo momento. Encontré el amperímetro de descarga útil para comprobar mis transmisiones. Puedes incluso sintonizar la antena mientras miras la corriente de la batería. Como diversión también tengo una pequeña lámpara de 12 voltios para iluminación de emergencia.

El mantenimiento limpio de los contactos de la batería es crítico para mantener el suministro de voltaje constante bajo carga. Cada pocos meses, limpio los contactos y mantengo el nivel de agua destilada. Puedo decir que los contactos de la batería necesitan limpieza cuando la luz piloto de mi transmisor comienza a parpadear significativamente mientras estoy transmitiendo. Una batería de células de gel no debería tener estos problemas de corrosión y pérdida de fluido.

En resumen, no tengo ninguna queja de operación como una estación campestre con alimentación totalmente solar. Ya que la estación funciona totalmente a 12 voltios, en teoría siempre estoy listo para un día de campo y no hay nada que me pare para hacerlo en móvil. Uno de mis sueños de retorno a la naturaleza es que, durante un apagón, puedo operar correctamente y hurgar en la nariz del maligno monopolio corporativo energético.



Dos veces durante apagones he galopado escaleras abajo en la oscuridad para hacer mi primer 100% realmente independiente contacto de radio. Pero antes incluso de que sintonizase el transmisor, la \*#@%!\$ luz regresó ¡malditos esos eficientes colegas del Servicio Público!

---

## EL LED SERÁ LUZ

### Iluminación de emergencia de la estación

Como explique arriba, funciona toda mi estación con energía solar almacenada en una batería de 12 voltios. Una ventaja de la alimentación con batería es que opero libre de la red de energía. Esto me ahorra muy poco dinero, pero es bastante romántico. Por supuesto de noche, incluso con baterías necesito mantener un registro y accionar los interruptores correctos. El uso de velas o una linterna sujeta a mi dentadura no se ve muy sofisticado.

Mi primera idea era colgar una bombilla de automóvil de 12 voltios sobre el cuarto. Mi camarada Bob, NORN, usa esa luz en su tienda en el Día de Campo. Esta solución es completamente práctica, pero vista como una vieja y aburrida técnica. También consume aproximadamente 10 vatios de potencia. Si me estoy tomando la molestia de construir una lámpara de 12 voltios personalizada, me figuré que al menos debería ser *una lámpara interesante*. Los modernos métodos de iluminación producen más luz por vatio que las bombillas de tungsteno. También es importante la conservación de la energía si tu estación está alimentada por una batería cargada con un pequeño panel solar.

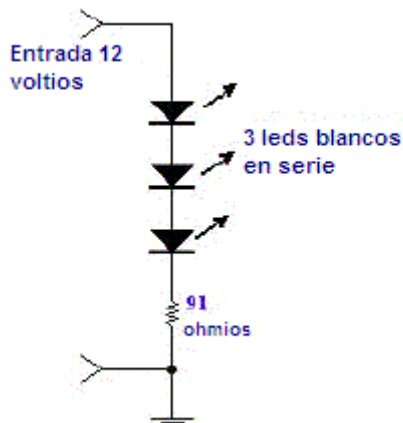


Una lámpara de estación de construcción casera de LED y fluorescente

### LEDs blancos – una maravilla moderna

Me sucedió que supe de algunos LEDs blancos de rebajas en Radio Shack. (código #276/320). Pensé cínicamente, "apostaré a que realmente son penumbrosos y no

realmente blancos". Compré uno y lo enganché a una fuente de alimentación variable. Lentamente subí el voltaje hasta obtener el rango de corriente de 20 mA DC. ¡eh, no está mal! El rayo de luz blanca tenía una apariencia ligeramente azulada, pero de otro modo, lanzaba un punto de luz a más de medio metro. Tiene un rango para 1100 mcd. Este es un brillo impresionante si consideras que su ángulo de rayo es de 100°. Un LED hace una perfecta luz de llavero y muchas linternas diminutas de LED están en el mercado.



Yo he dicho que estos LEDs blancos están hechos de sofisticadas capas consistentes de LEDs amarillos y azules y un fósforo que fosforece a blanco. Según van los LEDs, hay una bastante mayor caída de voltaje, 3,6 voltios. Me figuré que si ponía tres en serie más una simple resistencia de caída, podría hacerlos funcionar a 12 voltios. La corriente está limitada simplemente con una resistencia de 91 ohmios. La triple luz resultante consume solo 0,25 vatios y es adecuada para mantener un libro de registro y operar la estación. Es maravilloso cuando piensas en ello. Rutinariamente malgastamos cientos de vatios para iluminar habitaciones enteras cuando todo lo que necesitamos es ¼ de vatio para leer nuestro periódico o libro.

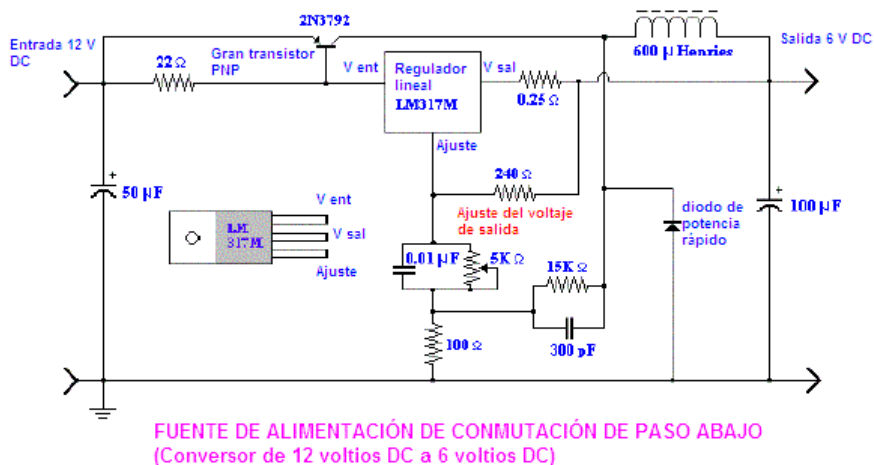
### **Iluminación fluorescente**

Desgraciadamente "adecuado" no es lo mismo que "iluminación confortable". Por eso mi siguiente proyecto fue construir una fluorescente compacta alimentada a 12 voltios. Malgasté un par de horas intentando construir un oscilador de alimentación capaz de producir los 800 voltios AC requeridos necesarios para encender el tubo fluorescente miniatura. Tenía varios problemas con transformadores y transistores de conmutación y las soluciones no se presentaban por si mismas. También freí mi multímetro porque olvidé cambiar el rango cuando lo puse en alto voltaje. ¡No hay nada como la maquinaria de prueba muerta para hacer que pienses diferente! Recordé que todavía tenía una lámpara fluorescente de 6 voltios que había usado para iluminar mi tienda de cachorro cuando acampaba. Un día enrollé la tienda mientras la linterna todavía estaba colgando del techo de la tienda. ¡hop! La carcasa de plástico se astilló y los restos del montaje de la linterna estaban ahora en mi caja de trastos viejos. Encontré las partes de la linterna y resoldé los cables rotos. Lo conecté a una fuente de alimentación de 6 voltios y todavía trabajaba estupendamente. A continuación construí una

pantalla/reflector brillante de lámina de aluminio y produjo gran cantidad de luz. Desgraciadamente necesitaba una luz de 12 voltios, no de 6 voltios. No tenía una segunda luz para poner en serie con la primera, de modo que use una gran resistencia de caída para hacerla funcionar a 12 voltios. Trabajaba OK, pero se veía muy basto. Además, ya estaba “engañando” porque no había construido la fuente de alto voltaje fluorescente y enorgullecerme pretendiendo tener una “estación al 100% de construcción casera”.

### Fuente de alimentación conmutada muy buena “tipo-resistencia”

Reemplacé la resistencia de caída con una fuente de alimentación conmutada para reducir los 12 voltios DC. Conseguí el diseño del libro de datos de National Semiconductor. Usando el conmutador la luz fluorescente arrastra aproximadamente 2,5 vatios a 12 voltios. El conmutador es aproximadamente un 80% eficaz. Esto es, disipa el 20% de la energía total. En contraste una resistencia tendría que disipar el 50% de mi energía. Usé este diseño de pequeña fuente para varios proyectos caseros más y la encontré digna de confianza. Si eres un constructor casero, este simple conmutador-resistencia pertenece a tu saco de trucos. Si estás aburrido con la construcción de una lámpara de 12 voltios, puede que este pequeño conmutador te anime.



Fuente de alimentación conmutada hecha con un regulador lineal

### ¿Cómo puede trabajar esto?

Este conmutador usa un regulador LINEAL para generar la modulación de ancho de pulso necesaria para aplicar a una fuente de alimentación conmutada. Este es el mismo regulador lineal usado en la fuente de alimentación QRP alimentada de red sugerida. Apostaría a que si yo hubiese inventado este concepto, no habría trabajado con valía ni un momento. Pero, cuando pones una sonda de osciloscopio en el inductor, ¡definitivo! El regulador lineal está conmutando completas conexión y desconexión en pulsos rectangulares. Aparentemente la resistencia de 15K y el condensador de 300 pF están acoplado un pulso de realimentación en el regulador para causarle que conmute la conexión y desconexión completas. El ancho del pulso varía con la carga y responde justo como un conmutador real. Aparte de mi admiración porque los reguladores

lineales pueden trabajar como conmutadores, también estaba sorprendido de que escuchase muy poco ruido en mi receptor. El ruido de RF que produce está en apariencia tan suficientemente aislado del receptor que raramente escucho fritura en el receptor. En raras ocasiones cuando lo escucho, simplemente apago el fluorescente. Subjetivamente, el fluorescente produce el doble más o menos de luz que los LEDs. En otras palabras, por diez veces más potencia la luz se ve ser el doble de brillante. Por el contrario, ilumina un área mucho más ancha que los LEDs, así que simplemente actúo ambos simultáneamente. Los LEDs iluminan mi libro de registro y tapete mientras la fluorescente ilumina la estación en un todo. He estado usando esta luz durante horas de una vez. Tiene suficiente brillo y estoy contento con ella y no pienso en correr a lo largo de la habitación para encender las luces reales. En resumen, la alimentación por baterías y la conservación energética son juegos divertidos. Y si somos realmente desdichados, algún día nuestras aficiones pueden ser incluso útiles en una crisis civil.

## Accesorios Manipuladores de Morse

### “Manipuladores verticales”



Un manipulador telegráfico sencillo.

Un manipulador telegráfico para transmitir código Morse es un proyecto mecánico sencillo. Todo lo que se necesita es un interruptor fiable con resorte. Los dedos se apoyan en un mando sobre una palanca. El operador descansa su muñeca y antebrazo sobre la mesa y agarra el mando con 2 dedos y el pulgar. El operador hace descender el mando, cerrando los contactos del interruptor. Un manipulador vertical como este se usa para transmitir puntos y rayas.

La temporización de los puntos y las rayas depende por completo del operador. No se usan circuitos temporizadores ni de ordenador para formar los puntos y las rayas. Los manipuladores verticales comerciales, especialmente los antiguos, están hechos de piezas y resortes de latón elegantemente mecanizados sobre bases de baquelita. La tensión y separación exactas pueden ajustarse según las preferencias del operador. La sofisticación es buena, pero no esencial para un principiante que transmite a bajas velocidades. Un manipulador vertical es bueno para velocidades de hasta unas 15 palabras por minuto. A velocidades más altas, es más difícil y agotadora la transmisión.

El manipulador vertical que se ve en la fotografía está hecho con 2 piezas de circuito impreso de una sola cara. La parte superior de la placa de la palanca sirve como resorte y su parte inferior es la superficie conductora. El contacto del interruptor está hecho con un tornillo que toca la placa inferior, conectada a masa, cuando se empuja la palanca. 2 tuercas en el tornillo ajustan la distancia de contacto. La mayoría de operadores prefieren ajustar los contactos del interruptor de manera que la distancia sea alrededor de 0,8 mm (1/32 de pulgada). La acción de resorte de la palanca debe ser lo bastante fuerte como para que se interrumpa el contacto rápidamente cuando se suelta la palanca, pero no tanta que se haga cansado de utilizar. Las 2 piezas de circuito impreso están aisladas entre sí por un trozo de madera contrachapada. El mando es un tirador de plástico de un cajón.

En los últimos años han aparecido varios artículos en QST describiendo cómo fabricar manipuladores a partir de chatarra casera. La mayoría de estos manipuladores son paletas horizontales, en lugar de manipuladores verticales. Las paletas son manipuladores que se empujan lateralmente en vez de hacia abajo. Tienen 2 contactos y se usan para controlar los manipuladores automáticos del tipo que hay en los transceptores modernos. Cuando la paleta se empuja a la izquierda, el manipulador genera puntos perfectos. Cuando se empuja a la derecha, hace una pausa de duración exacta y luego genera rayas perfectas. No sería difícil adaptar los mecanismos descritos

en esas revistas para fabricar un manipulador vertical.

## **Manipuladores mecánicos**

No, no estamos hablando de un ser mecánico que manipula, sino de un tipo de manipulador telegráfico. El siguiente paso en sofisticación después del manipulador vertical es el mecánico (N. del T.: en inglés, y en el texto original, se suelen llamar “bug” a este tipo de manipuladores). Este manipulador se activa con una paleta. Cuando se empuja a la izquierda, genera puntos automáticamente, mientras el operador mantenga así la paleta. Los manipuladores mecánicos generan los puntos con una barra contrapesada que lleva un resorte y se mueve de un lado a otro. Se produce un punto cuando la palanca móvil cierra el “interruptor de puntos”. Cuando la paleta del manipulador se empuja a la derecha, cierra el “interruptor de rayas”. El operador debe producir cada raya manualmente. Así que, a diferencia de un manipulador moderno, el operador se encarga de la temporización de las rayas. Manipuladores mecánicos como éste eran los que usaban los radiotelegrafistas y radioaficionados durante mucho años. Incluso los telegrafistas de las líneas férreas los usaban con frecuencia.

Aún puedes comprar manipuladores mecánicos comerciales. En cierto momento había incluso versiones que generaban automáticamente tanto los puntos como las rayas. Un manipulador mecánico es un proyecto casero difícil sin un taller mecánico. Exige una buena dosis de paciencia construir un manipulador mecánico fiable, pero puede hacerse.

Sin embargo, los manipuladores electrónicos con puntos y rayas automáticos son un proyecto casero bastante común. La mayoría de radioaficionados simplemente compran un *kit* que tiene un microcontrolador PIC pequeño preprogramado que hace todas las tareas difíciles de temporización. Ya que un microcontrolador preprogramado no encaja en mis reglas de construcción casera, construí un manipulador electrónico que genera automáticamente los puntos pero requiere hacer manualmente las rayas.

\*\*\*\*\*

## **Un manipulador electrónico de construcción casera**

No importa cómo ajustara los tornillos y limpiase los contactos quemados de mi viejo manipulador mecánico de hace 40 años, los puntos seguían sonando como estática. Por supuesto, si hubiera empezado comprando un manipulador mecánico de calidad, aún funcionaría. Mientras trataba de hacer funcionar el viejo manipulador mecánico, se me ocurrió que el manipulador era la única pieza de mi equipo que no era de construcción casera. ¡Ajá! ¡Un desafío!

No veía cómo podía construir un manipulador mecánico con mis limitadas herramientas. Sin embargo, averigüé que un manipulador totalmente electrónico que generase tanto los puntos como las rayas automáticamente no podía ser tan difícil. Comencé el prototipo de un circuito lógico de un manipulador en una placa grande de prototipos. Rápidamente descubrí que generar automáticamente las rayas no era tan sencillo. La temporización de las rayas debía ser relativa a la de los puntos, y no podía haber solapamientos. Además, los espacios entre puntos y rayas debían forzarse independientemente de lo inepto que fuera el operador. Pronto acabé teniendo 20 circuitos integrados CMOS cableados en una maraña de circuitos lógicos que casi funcionaban. Pero no importa cuántas puertas más añadía, siempre tenía interferencias (N. del T.: la palabra que usa el autor es “glitch”, que con frecuencia se emplea sin traducir en el contexto de la electrónica digital para dar a entender que las rápidas transiciones de nivel causan picos en la alimentación y diafonía en los cables, provocando errores en el funcionamiento). Esto se estaba volviendo frustrante. Además, mi nuevo manipulador iba a acabar teniendo una placa de circuito de 30 cm. Bajé mis requisitos a construir un manipulador electrónico con osciladores hechos con amplificadores operacionales. El nuevo manipulador tendría generación automática de puntos, pero rayas

manuales. En otras palabras, sería el equivalente electrónico de un manipulador mecánico.



Un manipulador mecánico electrónico

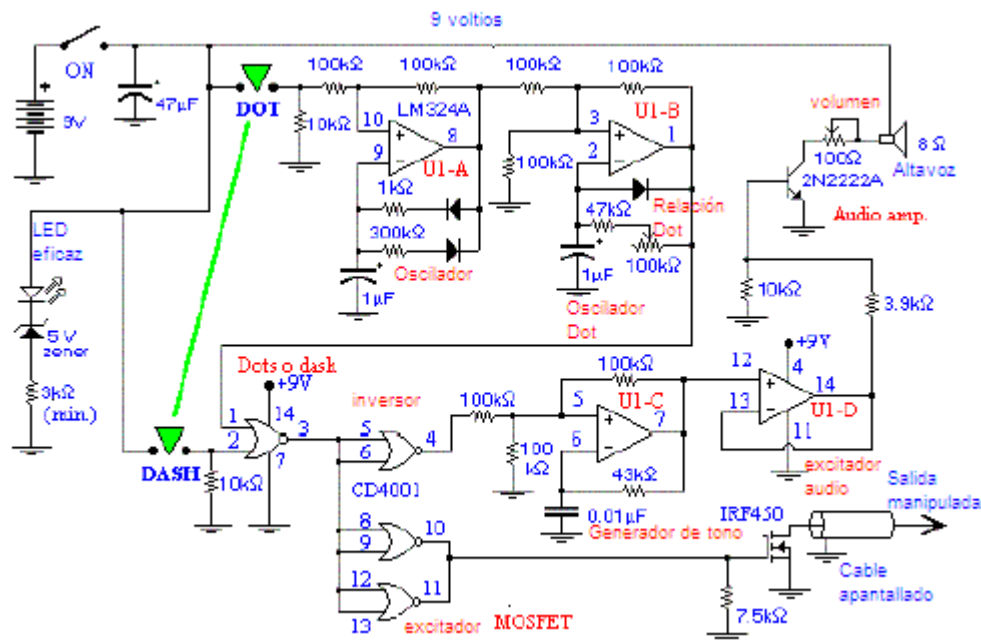
### Las piezas mecánicas

Los requisitos mecánicos eran hacer 2 interruptores con resortes, de contacto momentáneo y controlados por una sola paleta. Supongo que podría haber usado interruptores de placa de circuito impreso como en el manipulador vertical que describí antes. Sin embargo, mi solución fue usar 2 interruptores momentáneos miniatura de pulsador. Los interruptores proporcionan tanto la conexión eléctrica como el efecto resorte. Los monté en las caras opuestas de una pieza hueca de aluminio de manera que los botones quedasen enfrentados. La parte trasera del brazo de plástico de la paleta descansa entre los 2 botones y empuja uno u otro según sea necesario. Corté la paleta de una hoja de plástico que compré en una tienda local de productos de plástico. Por cierto, los plásticos de desecho son una estupenda fuente de recursos para materiales de construcción para aisladores de antenas, soportes, cajas, etc.

Monté el manipulador en una caja comercial de aluminio sobre una base gruesa de aluminio. Pegué un trozo de goma pegajosa de una alfombrilla de ratón en la parte inferior para evitar que se moviera de un lado a otro.

Después de tener operativo mi manipulador electrónico, tenía problemas para transmitir con precisión. Es decir, seguía transmitiendo puntos extras o medio formados. El mayor problema resultó ser que el resorte de retorno tenía poca fuerza, así que lo suplementé con muelles que metí en la pieza hueca de aluminio a ambos lados de la paleta de plástico. Posteriormente me sorprendió con qué facilidad se podía transmitir código bien formado. Además, el manipulador seguía desplazándose sobre la mesa, así que atornillé unos “raíles” metálicos a mi mesa para confinarlo. El manipulador siguió arrastrándose lejos de mí, así que finalmente lo atornillé a la mesa. Ahora puedo empujarlo y el manipulador se queda quieto. Transmitir bien ya es difícil. Cualquier ventaja que puedas darte, merecerá la pena.

## La parte electrónica



Esquema del manipulador electrónico

Mi manipulador electrónico tiene 2 características poco habituales. Tiene un **monitor incorporado** y puede **conmutar cualquier tensión positiva a masa hasta 400 voltios**. El transistor que hace la conmutación es un transistor de potencia MOSFET de canal N de 400 voltios. Construí el manipulador mientras aún usaba un transmisor a válvulas con una 6146 en el paso final. Había una tensión positiva de cátodo de 300 voltios en el manipulador, así que necesitaba la capacidad de conmutar tan alto voltaje. Un relé hubiera funcionado, pero quería huir de los contactos mecánicos. el transistor MOSFET de canal N IRF450 puede manejar cualquier señal lógica positiva de 5 voltios hasta varios amperios de alto voltaje. Por supuesto, puedes usar el MOSFET del tamaño adecuado para tu transmisor.

El monitor incorporado consiste en un altavoz pequeño y un oscilador de audio. Cuando estaba en el aire, escuchaba mi propia señal en el receptor. Desgraciadamente el sonido de mi receptor estaba distorsionado por la cercanía del transmisor. La distorsión me llevaba a transmitir peor. Demasiado café puede haber sido otra razón. En cualquier caso, al escuchar los tonos limpios del monitor, mi “muñeca” puede dar lo mejor de sí. El monitor también se puede usar para practicar sin estar conectado a un transmisor.

Mi transceptor es más primitivo que los comerciales. Aún tengo que conectar el transmisor y enmudecer el receptor manualmente. Para hacer esto más rápidamente, instalé un pequeño conmutador en el manipulador justo a la derecha de la paleta. El conmutador es sólo un contacto a masa. El conmutador está conectado tanto al transmisor como al receptor con cables blindados. El cable de masa activa el relé de Transmitir/Recibir en el transmisor y pone la alimentación del receptor en reposo. No es exactamente QSK (que me puedan interrumpir mientras transmito), pero está bien.

## Descripción del circuito

El manipulador funciona con una pila alcalina de 9 voltios conectada mediante un interruptor de palanca pequeño. Un LED rojo me recuerda desconectarlo. Cuando es momento de cambiar la pila, un diodo zéner de 5 voltios en serie con el LED hace que éste se ilumine débilmente cuando la tensión baja a unos 6 voltios. Cuando no estoy transmitiendo, el manipulador consume 1,2 mA. Esto significa que la pila alcalina de 9 voltios y 550 mAh durará más de 2 semanas si me olvido de



desconectarlo.

Todos los osciladores del circuito están hechos con un cuádruple amplificador operacional LM324. El LM324 es un viejo gran componente. No funciona a altas frecuencias como los amplificadores operacionales modernos, pero eso puede ser bueno, ya que no autooscila inesperadamente. Y a diferencia de casi todos los amplificadores operacionales antiguos, como los LM458, LM741 o LM301, el LM324 casi siempre actúa como un “amplificador operacional ideal”. Sólo necesita una fuente de alimentación asimétrica y rara vez te sorprende con “limitaciones prácticas”.

Es necesario quitar los rebotes del interruptor de los puntos. Al principio intenté conectar el oscilador de puntos con el interruptor de puntos. Dado que mi temporización no siempre concordaba con la velocidad del oscilador, y ya que los contactos no siempre se cerraban del todo, a veces los puntos temblaban como en mi viejo manipulador mecánico. Con respecto al esquema, el conmutador de puntos activa un multivibrador (U1-A). Esto genera un pulso estrecho y repetitivo que fija la máxima velocidad de puntos. Los puntos generados los forma un segundo multivibrador hecho con un amplificador operacional (U1-B). Los pulsos de U1-A comienzan un nuevo punto, dado que el segundo oscilador U1-B esté listo para comenzar uno. La velocidad de puntos es ajustable en una gama muy amplia usando el potenciómetro de 100K.

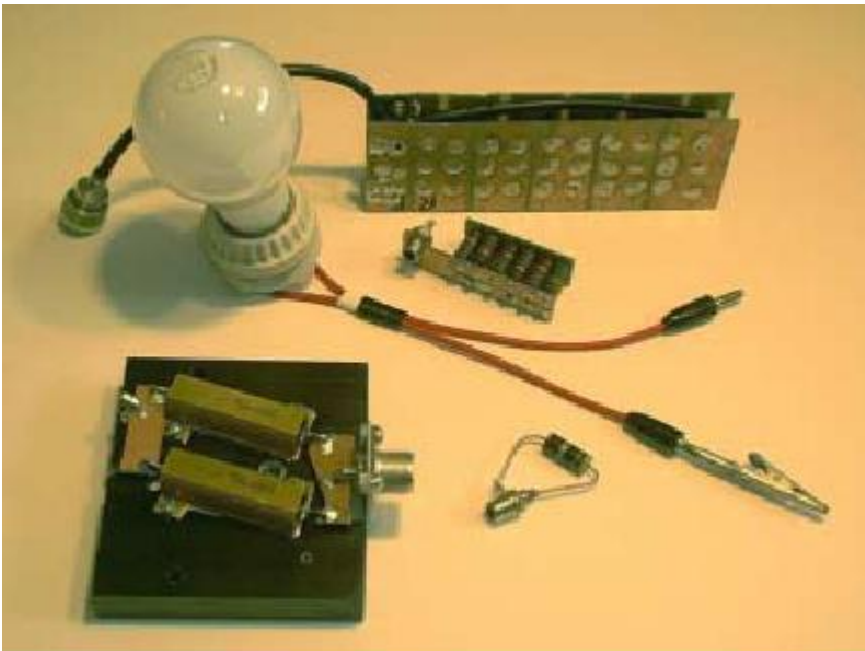
La circuitería lógica está hecha con puertas lógicas CMOS de la serie 4000 de la década de 1970. Esos componentes antiguos son inmunes a las interferencias de RF y toleran picos de hasta 18 voltios. Los circuitos CMOS modernos están limitados a tensiones inferiores y están diseñados para realizar funciones lógicas a alta velocidad. Aquí no hace falta alta velocidad y sólo serviría para hacer a los circuitos más vulnerables a las interferencias y autooscilaciones.

Los puntos y las rayas se combinan con una puerta NOR CMOS 4001 para crear una única señal de manipulación. Es decir, la puerta NOR tiene salida activa tanto si hay un punto o una raya. 2 puertas NOR más sirven como inversores de polaridad de la señal y amplificadores para el transistor de conmutación y el oscilador de audio. La salida de la puerta NOR conecta el oscilador de audio (U1-C) a través de la resistencia de realimentación de 100K. El oscilador de audio a su vez ataca a un seguidor de tensión con un amplificador operacional (U1-D) y al amplificador para el altavoz con el transistor 2N2222. El control de volumen de audio es simplemente un potenciómetro de 100 ohmios en serie con el altavoz de 8 ohmios.

He usado mi manipulador electrónico durante 3 años. He realizado cientos de QSO con él y he cambiado la pila unas 2 veces al año. Una vez la paleta empezó a quedarse pegada, así que tuve que lubricar el tornillo pivotante de la paleta. Por lo demás, el manipulador me ha dado buen servicio y pocos problemas. Este es un proyecto casero fácil porque no implica RF y está casi garantizado que va a funcionar.

### **Cargas resistivas**

Las comprobaciones de un transmisor casero comienzan con una carga ficticia de baja inductancia. Una vez que puedes poner una onda senoidal pura y estable en tu carga resistiva, puedes ascender de categoría y conectarlo a una antena.



Cargas resistivas de construcción casera de 2 a 100 vatios

Una carga resistiva es sólo una gran resistencia que puede aguantar la potencia de tu transmisor sin echar humo o quemarse. Para que se parezca a una antena bien diseñada, la carga resistiva debe ser una resistencia pura con poca inductancia o capacitancia residual. Las resistencias grandes no inductivas son caras y hay que encargarlas especialmente. Por eso la mayoría de los radioaficionados compran cargas resistivas comerciales para la máxima potencia de sus transmisores. Las cargas resistivas están casi siempre diseñadas para 50 ohmios porque esa es la impedancia normal de la mayoría de amplificadores y muchas antenas.

Para un transmisor QRP, una carga resistiva puede ser tan simple como una resistencia de carbón de 47 o 51 ohmios de 2 vatios. Si no emites continuamente, 5 vatios no la dañarán. Pero ten cuidado. El calor puede no dañar la resistencia, pero puede fundir las puntas de prueba de osciloscopio que tengas conectadas a los terminales de la resistencia. Para potencias superiores, puedes construir una buena carga resistiva a partir de una agrupación de resistencias de carbón u otras resistencias de baja inductancia.

Una carga resistiva es una de los pocos instrumentos simples de calidad de construcción casera que alguien puede fabricar en pocas horas. Una carga resistiva grande puede hacerse con una agrupación de resistencias de baja potencia y baja inductancia. Las resistencias de película metálica y de carbón suelen tener baja inductancia y hacen unas buenas cargas resistivas. Por ejemplo, resultó que tenía un paquete completo de resistencias viejas de carbón de 150 ohmios y 1 vatio. Conectándolas adecuadamente en serie y paralelo creé una carga resistiva de 50 ohmios y 10 vatios. Si necesitas una carga de 50 vatios, puedes hacerlo a partir de una agrupación de 25 resistencias de 2 vatios. Tendrás que ser ingenioso eligiendo las resistencias y combinándolas de modo que la resistencia final sea 50 ohmios.

Para frecuencias altas, como la banda de 10 metros y superiores, es importante usar una conexión de baja inductancia con la resistencia. Por lo tanto, los cables que van a la carga resistiva deben ser coaxiales. Yo he usado placas de circuito impreso con pistas anchas para conectar las resistencias individuales en una agrupación.



Bombillas usadas como cargas resistivas

Una bombilla de filamento convencional puede funcionar como carga resistiva. Distan mucho de ser ideales y no deben ser tu única carga resistiva. Sin embargo, tienen sus ventajas: son divertidas de usar y un estupenda forma de enseñar y demostrar. Sin embargo, por debajo de 100 vatios sus impedancias son mucho más altas de 50 ohmios (N. del T.: recordemos que el autor vive en EE.UU., donde la corriente de la red es de 115V, por lo que las características de las bombillas serán necesariamente distintas a las de España, donde tenemos 220V. No obstante, los principios se aplican de igual manera), y se va elevando conforme aumenta su temperatura. Por otra parte, si necesitas una carga resistiva que simula una antena de alta impedancia, una bombilla es útil. Además, si estás comprobando un vatímetro, una bombilla proporciona una indicación evidente de cuándo la potencia de salida es máxima.

\*\*\*\*\*

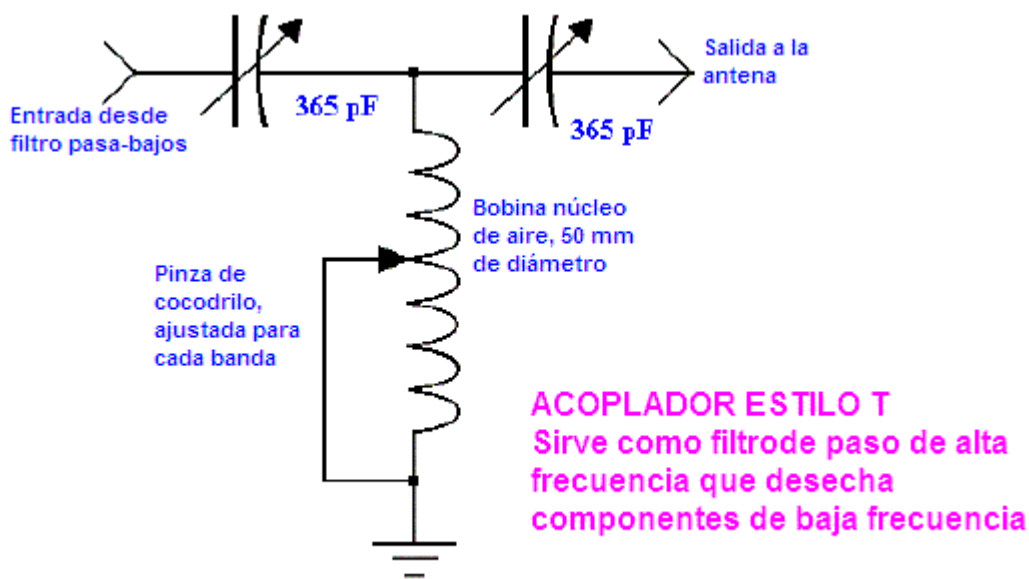
### Construyendo un acoplador de antena en T

Los transmisores modernos están normalmente diseñados para antenas de 50 ohmios. Los filtros de salida de Chebyshev que hay en los transmisores modernos sólo funcionan a esta impedancia. Si los cargas con una impedancia distinta, no podrás crear la forma de onda tan distorsionada que saldrá de ahí. En otras palabras, sólo filtran adecuadamente a 50 ohmios. Desgraciadamente, las antenas reales tienen normalmente una impedancia mayor o menor y necesitan algún tipo de transformador de impedancias para hacerlas aparecer como una carga de 50 ohmio al transmisor.

Los viejos transmisores de válvulas tenían normalmente acopladores de antena incorporados, pero ninguno de los diseños transistorizados de los *Handbook* llevan acopladores. Así que después de construir un transmisor transistorizado, necesitaba un acoplador de antena. Los diseños de acopladores de los *Handbook* eran complicados, con capacidad multibanda y medidores incorporados de potencia y ROE. Están bien, pero yo quería salir rápidamente al aire. Le pedí consejo a Bob, NØRN. Bob había construido varios acopladores y pensó que uno simple de configuración en T era el mejor. Consistía simplemente en 2 condensadores variables y 1 bobina variable.



Un acoplador de antena en T



Esquema del acoplador de antena en T

### Cómo funciona

La idea subyacente al acoplador en T es hacer resonar el condensador variable de la izquierda con la bobina a masa. Cuando está sintonizado a la frecuencia de resonancia, la oscilación produce tensiones senoidales en la L (bobina) y la C (condensador) que pueden ser mucho mayores que la tensión senoidal que llega a la entrada. Dado que la tensión en la bobina puede ser enorme, el acoplador puede “adaptarse” a la impedancia de una antena de alta impedancia. Por ejemplo, los transmisores transistorizados están casi siempre diseñados para conectarse a una carga de 50 ohmios. De hecho, los filtros de salida de Chebyshev funcionarán mal si no se conectan a una carga de 50 ohmios. Por otra parte, una antena de 300 ohmios necesitará 6 veces más voltaje para entregar la corriente necesaria para una potencia dada. La L y la C en oscilación funcionan como un transformador, elevando la tensión.

El condensador variable de la derecha no es crítico. Te darás cuenta de que para la mayoría de las situaciones, la mejor señal se obtiene con el condensador a su máxima capacidad, 365 pF. A veces puedo obtener una salida senoidal mejor o algo más de amplitud ajustando este condensador. Pero lo normal es que lo deje tal cual. Para las bandas bajas, 80 y 160 metros, puedes querer poner algo más de capacidad en paralelo con ambos condensadores usando conmutadores. Mis condensadores

variables son del tipo de 2 secciones de los viejos receptores de radiodifusión. Uso conmutadores de palanca pequeños para añadir las capacidades de las segundas secciones. Además, el condensador de la derecha tiene un condensador fijo de mica de 200 pF y 1000V en paralelo con la segunda sección, así que me sobra capacidad de acoplo para 160 metros.

## **La caja**

Mi amigo Bob me enseñó un acoplador en T que había construido en una caja de madera y plástico. “¿Por qué no has usado una caja de metal?”, pregunté.

“Bueno, la madera era más fácil de trabajar y no es importante”, explicó Bob. “Quizá tenga más radiación de RF en el cuarto de radio, pero por lo demás, no hay necesidad de una caja metálica.”

Estaba ansioso por salir al aire, así que busqué entre mi chatarra y encontré 2 condensadores dobles de 365 pF de una radio. Uno de ellos era de una radio de 1935. Pensé que usar un componente antiguo tenía un encanto nostálgico. También encontré un gran trozo de bobina abierta “Air Dux” que podía usar para la bobina. Hice que la bobina fuese variable mediante una pinza cocodrilo para descartar la longitud de bobina que no me interesa. Como conectores de RF usé SO-239 de UHF, comprados en Radio Shack. Después de 1 hora de trabajo, ya había atornillado todas las piezas sobre una tabla de pino y tenía un acoplador en T.

## **Mejorando el rendimiento en las bandas superiores**

Originalmente usé un cable del número 12 (N. del T.: como siempre, según las medidas imperiales, usadas en el Reino Unido y EE.UU.) para conectar las masas de los conectores de entrada y salida. Este simple “cable” se comporta como una bobina en 17 metros y frecuencias superiores. Esta bobina puede hacer que el acoplamiento sea difícil o imposible con algunas antenas. Sustituí el cable con hoja de metal de 7,5 cm. (3 pulgadas) de ancho y baja inductancia y la dificultad desapareció. Trata de mantener al menos 1,27 cm. (media pulgada) de distancia entre esta masa y tu bobina. Otra modificación que ayudó fue montar la bobina verticalmente. Esto minimizó el acoplo capacitivo entre la bobina y la hoja de metal de la masa. Usé plástico transparente y epoxy para construir soportes y aislar la parte inferior de la bobina.

Probé el acoplador usando unas pocas bombillas normales como cargas resistivas. La bombillas tiene una amplia gama de resistencias, dependiendo de la potencia y de cómo de caliente esté el filamento. El acoplador en T funcionó estupendamente y las bombillas se encendieron con brillo. Funcionó igual de bien con mis antenas de verdad, así que salí al aire y comencé a operar con estaciones a diestro y siniestro. Así que si sólo quieres un acoplador que funcione, aquí termina la historia. Si quieres, puedes dejar de leer.

## **El acoplador en T como ayuda para la recepción en 80 y 160 metros**

Una sorpresa de este proyecto es que mi acoplador en T era vital para recibir señales débiles en las bandas de radioaficionados de 80 y 160 metros. Estas bandas bajas están bastante cercanas a la banda de radiodifusión de AM (550-1700 KHz). Como probablemente sabrás, esas estaciones son extremadamente potentes, hasta unos 50 000 vatios. Si tienes una de esas estaciones a 80 kilómetros o menos, o una estación menos potente cerca de tu casa, habrá grandes tensiones de RF presentes en tu antena en todo momento. De hecho, hace unos años hubo un artículo en QST sobre una persona que usaba una radio de galena sintonizada a una emisora local como fuente de alimentación como si fuera una placa solar.

Con esos elefantes de la AM bramando en tu vecindad, tu pequeño receptor de construcción casera puede tener problemas para filtrarlos y oír a estaciones de radioaficionados susurrando a cientos de kilómetros de distancia. La sección frontal del receptor puede verse fácilmente saturada. Incluso aunque probablemente no oirás las transmisiones de AM en tus auriculares, oirás estática en las

bandas de radioaficionados y puedes creer que no hay otras señales de radioaficionados allí.

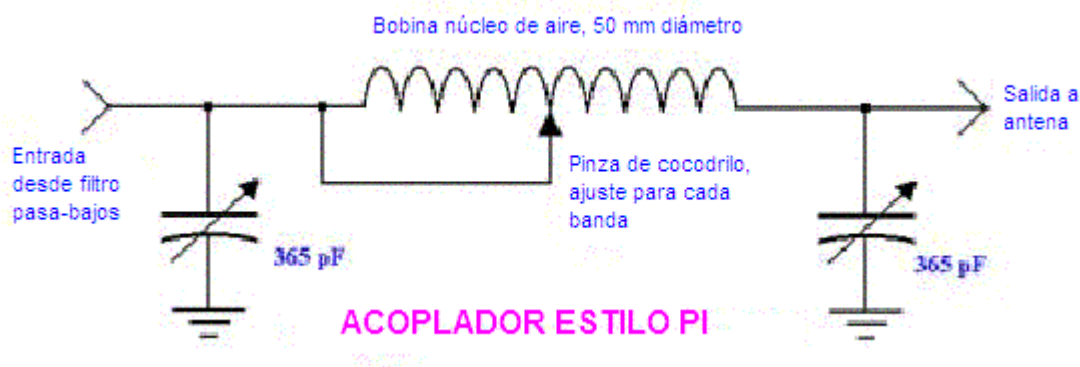
Cuando tu receptor usa la misma antena que el transmisor, la intensidad de las señales débiles en las bandas bajas sube enormemente cuando el acoplador en T está sintonizado adecuadamente al transmisor. El acoplador en T sirve como filtro de paso alto que reduce en gran medida la intensidad de las señales de las emisoras de radiodifusión. En mi estación, operar en esas 2 bandas bajas de HF es imposible a menos que use mi acoplador en T para recibir. No solo estaba de repente oyendo docenas de estaciones de CW en 80 metros, sino que me hallé trabajando con estaciones de QRP a medio país de distancia (N. del T.: EE.UU., recordémoslo, es un país muy extenso), cosa que antes me era imposible.

Usar el acoplador en T en el receptor tiene otra ventaja. Suponiendo que tu receptor está diseñado para una entrada de 50 ohmios, cuando aumentas la intensidad de la señal recibida usando el acoplador en T, te darás cuenta de que el transmisor de 50 ohmios está (casi) perfectamente acoplado. Así que en cualquier banda, antes de tratar de cargar la antena con el transmisor, primero ajusto al máximo de señal recibida con el acoplador en T.

### Añadiendo los bombos y los platillos

La parte interesante de la historia del acoplador en T viene cuando añades los refinamientos; ya sabes, la caja metálica, el medidor de potencia y todo eso. Después de haber usado mi primitivo acoplador durante un tiempo, quería algo más impresionante. Ya tenía una caja metálica que tenía aproximadamente el tamaño adecuado. Me llevó bastante más de 1 hora construir otro acoplador, pero al final conseguí uno con aspecto profesional en su caja metálica. Lo probé y... no funcionó una puñeta. No podía acoplar casi nada. Me pareció un estupendo generador de ondas estacionarias, pero un mal acoplador de antena.

Consulté con Bob mi problema. El asintió comprendiendo. “Pues sí. No funciona en cajas de metal. Por eso usé madera y plástico.” Y ahora me lo dice. “Pero”, continuó, “puedes convertir el acoplador en otro en PI. Eso debería funcionar en una caja metálica ya que los condensadores van directamente a masa y la capacidad residual a la caja de metal será parte del circuito. Además, puedes usar una bobina con núcleo de ferrita. El flujo magnético está confinado al núcleo, así que las bobinas de núcleo de ferrita funcionan bien en cajas metálicas pequeñas.”



El acoplador de antena en PI

Probé esas ideas. Sí, conseguí que el acoplador en PI funcionase, pero me dí cuenta de que el acoplador en T era mejor. Si examinas el circuito del acoplador en PI, verás que es un filtro de paso bajo. Es decir, el ruido de alta frecuencia se va a masa a través de los condensadores, mientras que las componentes de baja frecuencia pasan por la bobina. Ya estaba usando un filtro de paso bajo para suprimir las interferencias en la televisión, así que el acoplador en PI era redundante. Con este acoplador noté que la forma de onda de salida tenía distorsión de baja frecuencia y modulación subarmónica que se asemejaba a la modulación de AM. Por contra, el acoplador en T sirve como

filtro de paso alto que quita tales distorsiones. De hecho, el filtro de paso bajo y el acoplador en T operan juntos como un filtro de paso de banda para mantener una onda senoidal pura.

Hallé un núcleo de ferrita en mi caja de la chatarra lo bastante grande como para soportar 100 vatios y realicé un bobinado con varias tomas sobre él. Sí, la bobina con núcleo de ferrita funcionó, pero se calentó y era claramente peor que la de núcleo de aire. Ya que no tenía ninguna información sobre el núcleo que estaba usando, pedí uno nuevo grande a CWS Bytemark con propiedades conocidas. Compré un CWS (Amidon) T200-6. ¡Por supuesto, también se calentó! ¡Vivan las bobinas de núcleo de aire!

Mi otro experimento fue con medidores de potencia incorporados. Instalé 2 medidores para la potencia directa e inversa. ¿Chulo, eh? Lástima que funcionasen tan mal. Los medidores eran sensibles a la tensión en vez de a la potencia. Por ejemplo, indicaban el doble de “potencia” con una carga de 100 ohmios que con una de 50. Sabía que los medidores no iban bien porque los demás datos que obtenía de mi osciloscopio, la entrada de alimentación del paso final, etc., me decían que la potencia sobre 50 y 100 ohmios debería haber sido la misma. Descubrí que podía compensar este error colocando los medidores de potencia en el lado del transmisor, el de 50 ohmios, del acoplador de antena. De esa forma, el voltaje era constante para el mismo nivel de potencia.

Al final retiré el acoplador sofisticado a la pila de la chatarra y aún uso el trozo de madera con el condensador de 1935. (Ahora ya sabes por qué tengo tanta chatarra.) Para controlar la potencia de salida y la pureza de frecuencia, monitorizo la entrada a la antena con sondas de osciloscopio que van a un frecuencímetro y a un osciloscopio. La imagen en el osciloscopio y la lectura del frecuencímetro son bastante más sensibles a los problemas de un transceptor de fabricación casera de lo que un medidor de ROE será jamás. En resumen, ¡fabrícate un acoplador en T y sal rápidamente al aire!



El acoplador en T monitorizado por un osciloscopio y un frecuencímetro

El filtro de paso bajo está a la izquierda. El cable coaxial de antena sale por la derecha. La sonda del osciloscopio monitorizan la frecuencia y la forma de onda de salida.

\*\*\*\*\*

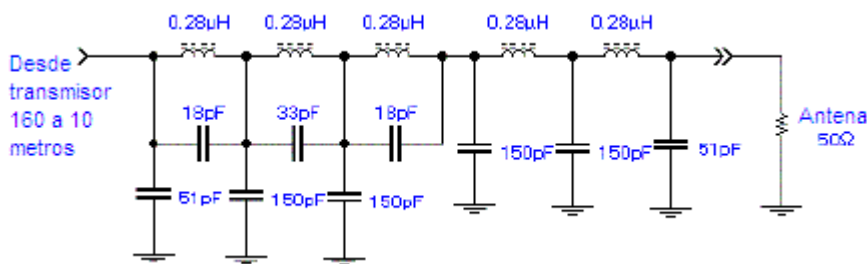
## Construyendo un filtro de paso bajo

Bajé mis viejos transmisores de válvulas de HF desde el ático y los miré críticamente. Mmm... etapas de salida de clase C. La clase C significa armónicos. No había salido al aire en 30 años, pero sabía por haberlo estudiado para mi nueva licencia que las normas de pureza de espectro eran más estrictas que antes. Como mínimo, si usaba mis antiguos transmisores, me arriesgaría a que los vecinos se quejaran de interferencias en la televisión (ITV). Por lo tanto mi primer proyecto fue un filtro de paso bajo para el transmisor.

Me han dicho que hoy casi nadie con un transceptor moderno necesita o usa filtros de paso bajo. Sin embargo si haces construcciones caseras, especialmente con etapas de salida de clase B o C, un filtro de paso bajo es una buena idea. Cuando se coloca directamente en la salida del transmisor, he visto que el filtro no reduce la potencia de salida y no hace que la antena sea difícil de acoplar, incluso operando en QRP. Pienso en mi filtro de paso bajo como un “seguro” contra vecinos enfadados y denuncias. ¿Por qué no usar uno?

Tu primera pregunta probablemente es: “¿Necesito uno para mi pequeño transmisor QRP de 5 vatios?” La respuesta es: “Probablemente no”. Sin embargo, en cuanto recibas quejas, tus vecinos te señalarán siempre como la causa de cada traza de nieve en sus pantallas o cualesquier otro problema con sus televisores. Una vez que el síndrome de las quejas comience, ser “legal” y “cumplir los requisitos de Telecomunicaciones” no bastará. Es mucho mejor hacer todo lo que puedas para asegurarte de que los vecinos nunca piensen que puedes estar interfiriendo en sus televisores.

### Diseño eléctrico del filtro



Filtro de paso bajo de 5 etapas

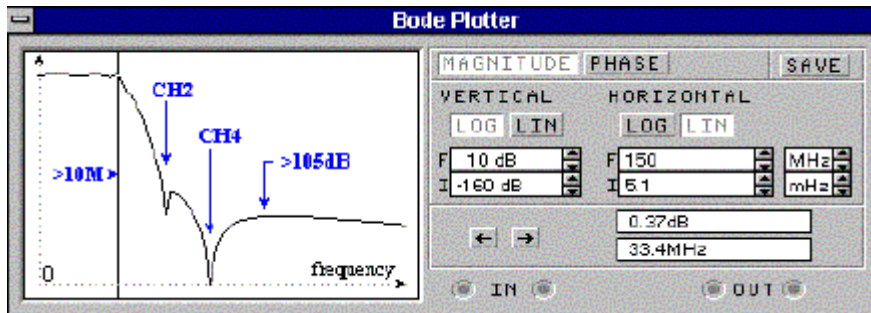
Comencé con un filtro de paso bajo elíptico de 3 etapas de nuestro viejo amigo el *Handbook*. Posteriormente compré un programa para “Spice” para analizar circuitos, [Electronics Workbench](#). Lo apliqué a mi filtro de paso bajo y el resultado fue el circuito que ves arriba. Los condensadores a masa nos dicen que es un filtro de paso bajo. En otras palabras los condensadores derivan las altas frecuencias a masa que si no radiarían en las bandas de televisión, mientras que las frecuencias inferiores de HF pasarán por el filtro a través de las bobinas. Este filtro está diseñado para dejar pasar todas las bandas de radioaficionados de HF desde 10 metros (30 MHz) e inferiores. Como verás en breve, atenúa todas las frecuencias por encima de 10 metros.

Date cuenta de que hay condensadores de 33 pF y 18 pF en paralelo con 3 de las bobinas. Cada bobina es parte de una trampa resonante LC que aparece como una impedancia alta en serie para los canales de televisión 2 y 4. Sin embargo los canales superiores también quedan atenuados al menos 105 dB. La lección principal que aprendí del Spice era que los valores de los componentes son sorprendentemente tolerantes. Había usado tablas de filtros de Chebyshev que tienen valores con una precisión de 4 decimales y unas sofisticadas “curvas de campanas” para los diferentes valores de los componentes. Esa elegancia me hizo creer que los filtros tenían que ser precisos. ¡Error! Bueno, eso es lo que Spice y mi experiencia me dicen. Advierte que he hecho todas las bobinas iguales y sólo he usado 2 valores de condensadores a masa.

Como todos los filtros reactivos complejos, éste está diseñado para impedancias específicas, en este caso 50 ohmios. Eso significa que el filtro sólo funciona correctamente cuando las impedancias de entrada y de salida son de 50 ohmios. Por esa razón, se intercala en la línea de antena justo después



del transmisor y justo antes del medidor de potencia y acoplador de antena. La antena puede tener cualquier impedancia desde casi cero hasta cientos de ohmios, así que el acoplador sirve como transformador para adaptar los 50 ohmios a lo que sea necesario.



Curva de Bode del filtro de paso bajo

### Detalles de construcción

El filtro está montado en una caja larga de aluminio delgado. La capacitancia a masa es parte del diseño. Por lo tanto, suponiendo que la capacitancia parásita entre las bobinas y la caja metálica no sea excesiva, esta capacitancia parásita no degradará el rendimiento. Simplemente separa las bobinas al menos 1,27 mm (1/2 pulgada) de las paredes metálicas a masa y el filtro funcionará bien. He usado bobinas de núcleo de aire, lo que significa que tuve que remachar 4 pares de particiones metálicas solapadas en mi caja para evitar el acoplo entre las 5 bobinas. Sin los blindajes metálicos, las bobinas de núcleo de aire se acoplarían entre sí como devanados de un transformador. Prefiero el núcleo de aire porque las bobinas no disipan apenas energía. Y así también ahorro.



Vista interior del filtro. Cada bobina está aislada de sus vecinas por particiones

Construí las bobinas con cable de cobre aislado del número 12 sacado de un cable de 3 hilos Romex. Si sigues las dimensiones de la tabla 1 exactamente, deberías obtener aproximadamente las mismas frecuencias de resonancia que las mías. Dependiendo de la forma de tu caja, puedes usar o bien bobinas grandes de 2 espiras o bobinas de menor diámetro de 3 espiras. La inductancia vendrá a ser la misma. Las cuestiones importantes son que las 3 trampas LC deben resonar bien por encima de la banda de 10 metros y que no debe haber una atenuación significativa por debajo de 30 MHz.

---

**Tabla 1. Especificaciones de las bobinas de núcleo de aire.**

<b>espiras</b>	<b>diámetro</b>	<b>longitud</b>	<b>inductancia</b>
2	31,75 mm	12,70 mm	0,28 microhenrios
3	25,40 mm	19,05 mm	0,28 microhenrios

---

Las bobinas también podrían haberse devanado sobre núcleos de ferrita. Una ventaja de los núcleos de ferrita es que el flujo magnético queda confinado a los núcleos y puedes meter el filtro en una caja metálica más pequeña sin blindaje entre sus secciones. Sin embargo, las bobinas con núcleos de ferrita aún tendrán capacitancias parásitas a masa.

Todos los condensadores deben ser de mica y capaces de soportar tensiones consistentes con tu nivel de potencia. Si usas más de 100 vatios, sería prudente usar condensadores que soporten tensiones de trabajo de 1000 voltios o más. Yo he usado condensadores de 500 voltios con mis 100 vatios y hasta ahora no me ha fallado ninguno. 2 condensadores idénticos en serie de 500 voltios tendrán una tensión de trabajo cercana a 1000 voltios, pero por supuesto la capacitancia efectiva será la mitad del valor de cada uno. Usa verdaderos conectores de RF en tu filtro, tipo SO-239 de UHF o equivalente.

### **Probando el filtro**

Yo probé mi filtro terminándolo con una carga de 50 ohmios y alimentándolo con un generador de señal de RF. No había atenuación o distorsión significativa de la onda senoidal desde 160 a 10 metros. Por encima de 10 metros la señal de salida descendió hasta casi cero. Similarmente cuando cargué con bombillas y cargas resistivas de 50 ohmios en todas las bandas de HF, de 80 a 10 metros, no pude ver diferencias con o sin el filtro.

Hasta ahora, mis únicas quejas de ITV han sido de mi propia familia. En 15 metros, ven un pequeño parpadeo en la imagen. No es sorprendente, los 17 metros interfieren en el canal 4 (4 x 18 MHz = 72 MHz) y los 30 metros lo hacen en el canal 6 (8 x 10,1 MHz = 80,8 MHz). Creo que mi mayor problema aún con la ITV es mi transmisor de chasis abierto con las placas de circuito impreso al aire. Evidentemente me hace falta una caja.

Cuando compramos un televisor moderno, todos mis problemas de interferencias desaparecieron. Afortunadamente los diseños de los televisores modernos y el creciente uso de la televisión por cable, la recepción de televisión por satélite y los teléfonos digitales de 2,4 GHz, hace cada vez menos probable que molestemos a los vecinos. Considerando que estamos entrando en “La Era Inalámbrica”, el futuro de nuestros problemas de ITV parece sorprendentemente brillante.

\*\*\*\*\*

### **Respetando la legalidad con los transmisores caseros**

En un Día de Campo, observé mientras los radioaficionados preparaban sus transmisores. Me sorprendió cómo suponían que sus señales estaban perfectamente acopladas a las antenas y que no sufrían de tono duro en CW, armónicos o deriva de frecuencia. Conectaban antenas direccionales y

dipolos directamente a transceptores sofisticados y se ponían a operar inmediatamente. No vi acopladores de antena, medidores de potencia, filtros de paso bajo, cargas resistivas, osciloscopios, frecuencímetros o ninguna de las herramientas que los constructores caseros usamos para respetar la legalidad.

### **Investiga antes de radiar**

Muchos radioaficionados estos días construyen transmisores QRP. Antes de salir al aire con un transmisor de construcción casera, deben aprender cómo verificarlo. Ahí afuera en las bandas hay Observadores Oficiales que envían pequeñas tarjetas blancas de radioescucha (N. del T.: frecuentemente denominado SWL, por Short Wave Listener). Hace 4 años cuando volví al aire con mi transmisor antiguo de válvulas de construcción casera, recibí rápidamente una tarjeta de un OO de New Jersey. Las tarjetas de los OO NO son adecuadas para enmarcarlas. ¡Muy embarazosas! No salgas al aire y simplemente esperes que todo vaya bien. ¡Investiga antes de radiar!

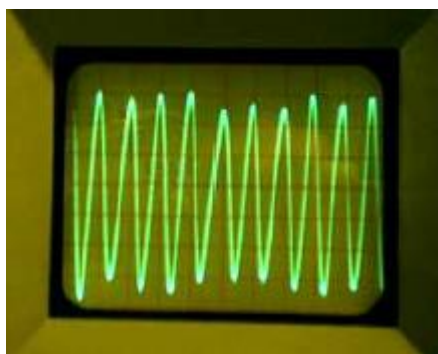
### **Escucha tu propia señal**

Una buena forma de averiguar cómo le sonaría tu señal a otra estación es conectar una carga resistiva a tu transmisor y luego escucharte en tu receptor. Yo uso habitualmente mi viejo receptor Collins para este propósito. La parte complicada es desensibilizar el receptor de manera que la intensidad de la señal simule una señal en el aire. Yo he hecho esto cortocircuitando un conector coaxial y enchufándolo al conector de antena del receptor. También he puesto filtros de ferrita en los cables de alimentación y de altavoces para mantener la RF lejos del receptor. Después de hacer esos cambios, se hicieron evidentes los clics de manipulación, las notas duras y las inestabilidades de la señal. Ahora puedo comprender de qué se quejaban mis contactos.

Mi transmisor de 1967 era uno móvil con fuente conmutada. No importa cómo filtrase la fuente, no podía librarme del ruido que hacía. Era extremadamente difícil verlo en el osciloscopio, pero en el receptor podía oír claramente una nota dura. ¡No me extraña que no dejase de recibir informes de señal de 598!

### **Osciloscopios**

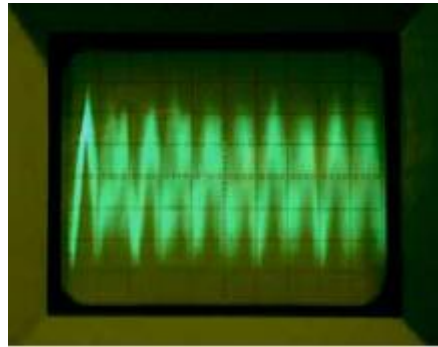
En mi opinión un transmisor de HF sería difícil de construir sin un osciloscopio de RF de calidad. Ver las formas de onda en un osciloscopio hace que ajustar una etapa sea fácil, o que al menos se aproxime al ajuste correcto. Cuando opero, tengo una sonda de osciloscopio de 10:1 en el cable de antena. De ese modo, no hay dudas sobre lo que se está transmitiendo. Una sonda típica soporta varios cientos de voltios y tiene una resistencia de carga de 1 megahomio y una capacitancia de 5 pF. Esto no debería influir en el ajuste y tu acoplador puede compensar cualquier pequeño desajuste.



Una señal de CW de 30 metros bien ajustada en el cable de antena

Normalmente en las bandas más bajas de HF, como 80 y 40 metros, verás una onda senoidal totalmente perfecta en tu antena. Pero cuanto más alta es la frecuencia, probablemente menos perfecta será la forma de la onda. La señal de 30 metros de arriba está muy enfocada, pero tiene un poquito de modulación de baja frecuencia. Eso está bien.

### Cuidado con las borrosidades



Una señal de CW de 30 metros mal ajustada

Por otra parte, la señal de 30 metros que se muestra justo arriba está mal ajustada. Fíjate en cómo solamente la primera media onda está sincronizada. Después de eso, las ondas son un borrón de frecuencias diferentes que se solapan. Además, la lectura de tu frecuencímetro será normalmente baja y fuera de la banda deseada. Normalmente, ajustando el acoplador se corrige instantáneamente.

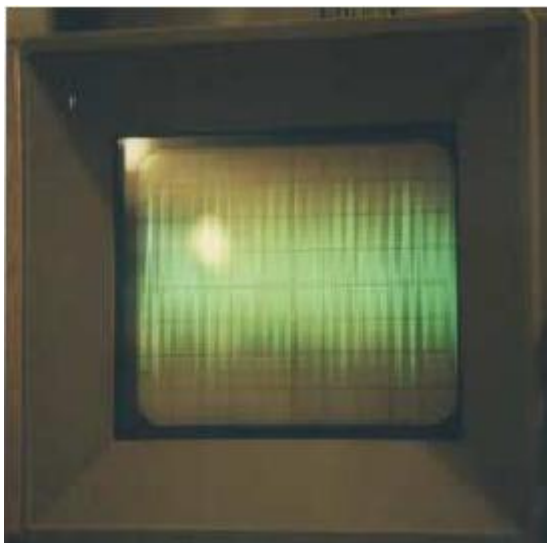
### Fíjate en los pasos por el cero

En frecuencias incluso superiores, como 15 y 10 metros, tu onda senoidal puede tener más modulación de frecuencias bajas y estar ligeramente borrosa como se ve abajo. Cuanto más alta sea la frecuencia más difícil se hace su pureza. Además, por encima de 20 metros se va haciendo más difícil cada vez saber qué es un defecto del osciloscopio y la sonda y qué va a salir realmente por la antena. ***Una indicación fiable de que todo va bien es cuando la imagen se enfoca lo bastante para ver claramente los pasos por el cero.***



Una señal correcta de 10 metros

Por el contrario, la señal que se muestra abajo está demasiado borrosa. ¡Ajusta tu acoplador!



Esta señal de 10 metros necesita que la ajusten

### **Ajustando para el máximo de potencia**

Yo ajusto mi acoplador buscando la máxima amplitud en mi cable de antena de una onda senoidal perfectamente enfocada. Esto me da una medida aproximada de la impedancia de la antena. Por ejemplo, supón que primero conecto mi carga resistiva en 80 metros y obtengo unos 50 vatios. A continuación trato de cargar mi dipolo de 40 metros en 80 metros. Usando el acoplador, carga y produce una onda senoidal limpia. Desgraciadamente, los picos de 300 voltios en el cable coaxial con una señal de 50 vatios sugieren una impedancia de antena realmente alta, unos 900 ohmios. Si la antena fuera de 50 ohmios, vería unos 70 voltios de pico. En mi experiencia, con un ajuste tan malo, puede ser seguro para el transmisor, pero nadie podrá oírme.

Un osciloscopio para trabajar en bandas de radioaficionados de HF debe estar garantizado hasta al menos 50 MHz. Un osciloscopio nuevo como este costará al menos 2000 \$, pero no es un buen precio. Mi osciloscopio Tektronics 5441 se vendía originalmente por 11 000 \$ en 1976. Hoy ese osciloscopio o sus equivalentes pueden comprarse de segunda mano por 400 \$ o menos.

### **Una radio de FM detectará serias impurezas de frecuencias**

Un problema serio de emisiones espúreas causará un rugido de estática en tu radio de FM. Por otra parte, a veces la radio de FM simplemente enmudece. Puede no ser un problema del transmisor. Podría ser que la FI de la radio está saturada por tu señal. O también podría haber un armónico de la frecuencia del transmisor que interfiere con la estación de FM. En cualquier caso la radio de FM simplemente enmudece.

### **Amperímetro de la fuente de corriente continua**

Siempre está bien saber cuánta corriente consume el transmisor. Además, la corriente consumida es otra indicación del ROE (Relación de Ondas Estacionarias). Es decir, lo bien que está ajustada tu antena. Cuando se opera correctamente, 50 vatios de salida deberían consumir unos 8 o 10 amperios. Si consumiera 15 o 20 amperios significaría que estás completamente fuera de sintonía y el amplificador final se está calentando rápidamente.



Un frecuencímetro típico de HF

## Frecuencímetros

El problema más persistente al que enfrenta un constructor casero es la deriva de frecuencia. Los transceptores comerciales usan circuitos de síntesis de frecuencias sincronizados con osciladores de cristal inusualmente estables. También tienen pantallas incorporadas que indican la frecuencia con una precisión de una fracción de hercio. Esta cantidad de precisión nunca está justificada por las especificaciones, pero ¡oye! El tipo con el que estás operando no se ha leído las especificaciones de su transceptor y cree que esa indicación es sagrada. Como los constructores caseros usamos osciladores simples, tenemos deriva y nuestros contactos se dan cuenta.

Cuando opero, tengo 2 sondas de osciloscopio en la línea de antena. Uno va al osciloscopio y el otro va a un frecuencímetro. Un buen frecuencímetro es vital porque la mayoría de las frecuencias que debes medir están demasiado cerca entre sí para simplemente contar divisiones en la pantalla del osciloscopio. Cuando el transmisor opera correctamente, la pantalla del frecuencímetro está estable hasta las decenas de hercios y no va bailando por ahí. Las mismas condiciones que causan ondas senoidales borrosas en el osciloscopio causan que el frecuencímetro tenga lecturas bajas e inestables. Por ejemplo, si estás cargando en 15 metros y el frecuencímetro dice algo como “20,68XXX” con los últimos dígitos cambiando cada segundo, estás desajustado. No te quedes satisfecho hasta que el frecuencímetro marque lo que debe y se quede ahí. Es decir, debes tener una lectura estable de una frecuencia legal, como “21,12089”. Los frecuencímetros pueden ser una ganga si los compras usados. Mi Hewlett-Packard se vendía originalmente por unos 2000 \$, pero yo pagué 60 \$ por él.

## Filtros de paso bajo

Cuando operas un equipo de construcción casera, se puede afirmar con seguridad que ocasionalmente generarás armónicos fuera de banda, especialmente mientras cargas tu antena. Un filtro de paso bajo es un seguro simple contra la generación de interferencias por encima de alguna frecuencia de diseño. Otra forma en que minimizo el problema de ruido fuera de banda es tener una tabla de la configuración del acoplador para cada banda pegada a la pared. Así cuando cambio de bandas el acoplador ya está bastante bien ajustado antes de empezar a transmitir.

## Instrumentos no tan útiles

**Medidores de potencia** No he encontrado los medidores de potencia particularmente útiles. Tengo uno comercial que ofrece lecturas que se corresponden bien con la luz que produce la bombilla de una carga resistiva. Mi medidor de potencia de construcción casera no es tan bueno. Lo importante es que los medidores de potencia sólo te dicen la potencia que se envía a la antena. Necesito saber más que eso para evitar malos informes de señal y tarjetas de los OO.

**Medidores de mínimo de reja** En los días de antaño usábamos “medidores de mínimo de reja” para medir frecuencias. Un medidor de mínimo de reja mide la frecuencia de una bobina resonante

poniendo una bobina secundaria cerca a la bobina de destino. Las corrientes de RF inducidas en la bobina producen un descenso o “mínimo” en la lectura del medidor cuando el mando de sintonía del medidor está sintonizado a la frecuencia de resonancia. La frecuencia aproximada puede leerse entonces en el dial. Los medidores de mínimo de reja no son muy precisos, pero nos llevan a la banda de radioaficionados correcta. Las bobinas de hoy están devanadas normalmente sobre toroides de ferrita. Los medidores de mínimo de reja no funcionan bien en los toroides porque el campo magnético está confinado en el bucle cerrado. Prácticamente no hay fugas afuera del toroide donde insertar el medidor de mínimo de reja.

**Analizadores de espectro** Un analizador de espectro sería fantástico para un constructor casero. Miden la pureza de las señales del transmisor y se habla con frecuencia de ellos en los artículos de transmisores de construcción casera. Desgraciadamente, incluso un analizador de espectro usado con suficiente precisión es caro; mucho miles. Ya que no puedo permitirme uno, no me son útiles. Sin esta herramienta, tengo que “interpretar” lo que veo en el osciloscopio y el frecuencímetro. Por suerte, eso no es difícil.

\*\*\*\*\*

## **Relés de antena**

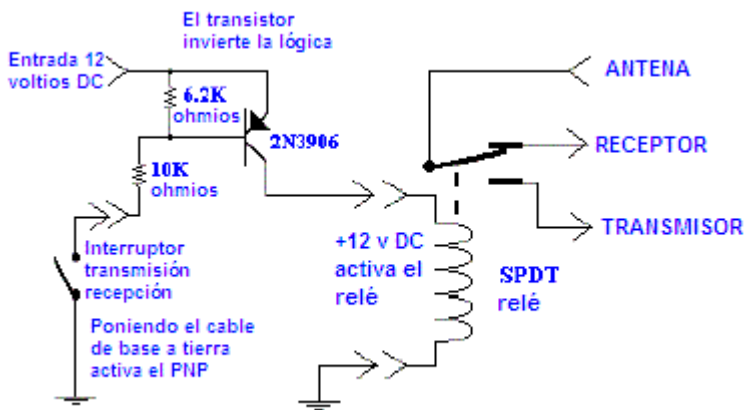
### **Conmutando de transmisión a recepción**

Si conectas simultáneamente tu receptor y tu transmisor a la antena, puedes quemar las etapas de entrada del receptor cuando transmitas. Cuando comienzas a salir al aire con tu transmisor QRP, sin duda te irritará la necesidad de usar una antena separada para el receptor. Una torpe solución sería montar un conmutador manual para cambiar la antena del transmisor al receptor y viceversa cada vez que cesas de transmitir. Eso sería ineficiente, cuando menos. Si tienes que operar más de 1 conmutador cada vez que cambias de emisión a recepción, estarás en seria desventaja cuando tratas de trabajar un DX o en concursos. En realidad, ni siquiera 1 conmutador estaría acorde con las técnicas modernas.

Los transeptores de hoy día tienen “manipulación interrumpible”. Cuando dejan de emitir, el receptor entra en funcionamiento automáticamente. Los que no construyen sus equipos pueden no ser conscientes de que conmutar la antena es un problema. Yo aún no he dominado la manipulación interrumpible y todavía uso un conmutador para cambiar de emisión a recepción. Incluso así, para cuando mi receptor entra en acción, generalmente sólo oigo de mi contacto las 3 o 4 últimas letras de mi indicativo, “... IYE”. El otro operador ya ha comenzado a transmitir y ha emitido “KØ” antes de que mi receptor vuelva al aire. Como puedes ver, operar con 1 conmutador es lo mínimo que se puede pedir.

### **Requisitos de un relé de antena**

Un relé de antena es normalmente un conmutador de 1 circuito y 2 posiciones. La línea de antena externa está conectada al contacto común. Este contacto conecta con el del receptor en su posición de reposo. Cuando se activa el relé, el contacto móvil cambia y conecta con el del transmisor.



**Esquema de un relé de antena** El inversor opcional con transistor conecta el relé cuando la línea de alta impedancia se conecta a masa.

Por desgracia, los relés normales tienen demasiada impedancia en 10 metros. Dentro del relé deben circular corrientes de RF por un cable que puede tener de 2 a 5 cm. Este cable no es una línea de transmisión coaxial ni una tira ancha de baja inductancia. El resultado es que los relés convencionales suelen funcionar mal en 10, 12 y 15 metros. Con “mal” quiero decir que no importa cómo ajustes el acoplador de antena, no puedes llevar una señal perfectamente enfocada a la antena. (Consulta el artículo anterior sobre cómo se comprueba un transmisor de construcción casera.) De hecho, el amplificador final puede quedarse en el “modo de ruido” y no producir una onda senoidal en absoluto. Puedes comprobar si el problema es del relé puenteadolo y conectando el amplificador final directamente al filtro de paso bajo o al acoplador de antena. Una vez que el relé esté fuera del circuito, verás con frecuencia que el problema está resuelto y el acoplador de antena cargará la antena perfectamente.



Relé de antena de construcción casera

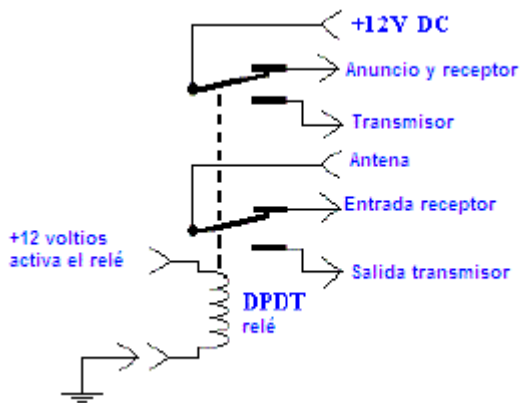
Existen, por supuesto, relés comerciales con cable coaxial que resuelven este problema. Yo construí un relé utilizable a partir de un minúsculo relé de 10 amperios para 120 voltios de corriente alterna (Radio Shack código # 275248A). Lo importante de todo esto es lo de “minúsculo”. Ya que el relé es de miniatura, los cables dentro del mismo son muy cortos. Dejé los cables de RF al transmisor lo más cortos posible haciéndolos con rectángulos pequeños de placa de circuito impreso. Las conexiones sólo tenían que recorrer unos 16 mm (5/8 de pulgada) desde los conductores centrales de los conectores de RF SO-239 hasta las patillas del relé.

La conexión a la antena del receptor no es tan crítica. Por lo tanto, fue realizada con un cable coaxial RG-174 de unos 7 cm. La malla del cable sólo va conectada a masa en uno de los extremos. Tales precauciones redujeron suficientemente la inductancia de los cables del relé. Ahora, cuando



cargo mi antena vertical de 10 metros, funciona igual de bien con o sin el relé intercalado. La bobina del relé se activa con otro cable corto RG-174 que va al conector RCA de la derecha. Blindé el cable de 12 voltios porque trataba de alejar la RF de mi fuente de alimentación. Este objetivo era más fácil para mí usando el inversor lógico para la bobina del relé. No te molestes en construir el inversor si no lo necesitas.

### Conectando la alimentación del transmisor



En muchos diseños de transmisores de construcción casera, el relé de antena tiene otro juego de contactos para conectar la fuente de alimentación al transmisor. Un transmisor controlado por VFO es mucho más complejo que uno QRP controlado a cristal. Normalmente hay 1 o más osciladores activos que hay que desconectar en recepción. Si no, los oírás como silbidos en el receptor. El relé “doble” que hay en los transmisores antiguos de radioaficionados es normalmente uno de 2 circuitos y 2 posiciones (DPDT). En otras palabras, este relé es un doble SPDT. La línea de alimentación va a un contacto común. En reposo, este contacto alimenta el circuito de sintonía y quizá también el receptor. El “conmutador de sintonía” te permite conectar el oscilador de cristal o el VFO del transmisor para averiguar dónde está tu señal en relación con la del contacto al que estás escuchando.

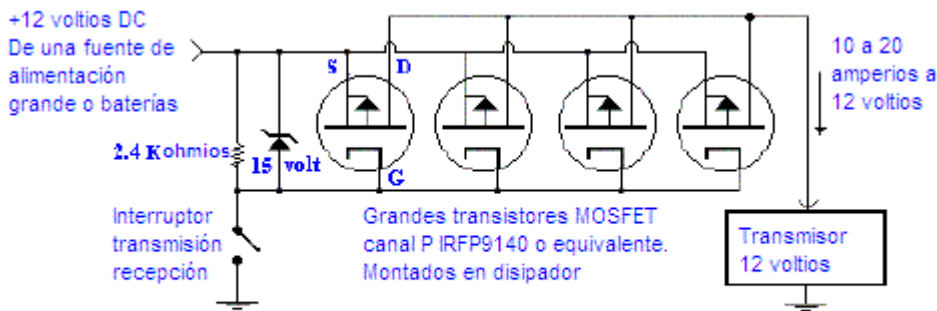
Si pones a masa un lado de la bobina del relé, activas tanto el relé de antena como el de alimentación. En otras palabras, esta línea de control lleva 12 voltios. Cuando la línea se pone a masa con el conmutador de transmisión-recepción, esta línea activa el transmisor. Este misma señal puede usarse para silenciar o desactivar el receptor. Alternativamente, el relé de alimentación del transmisor puede desconectar la energía del receptor y transferirla al transmisor.

He construido 3 transmisores que usan relés de 2 circuitos y 2 posiciones para hacer tanto la conmutación de antena como la de alimentación. Excepto el problema de los 10 metros que he explicado antes, esos relés grandes funcionaron bien al principio. Pero al final, el lado de alimentación acabó funcionando intermitentemente. Por esta razón, si vas a usar un transmisor de 50 o 100 vatios, haz planes para conmutar al menos 20 amperios. Recomiendo usar un relé de 30 amperios y tal vez así el tuyo no se convierta en intermitente. Por supuesto, cuanto más grande sea el relé, más difícil será usar una de las secciones como relé de antena. Finalmente me rendí y usé relés separados para la alimentación y la antena. Cuando pulso el pequeño conmutador de transmisión-recepción en la caja de mi manipulador, activa las bobinas de ambos relés.

### Evita los relés de potencia

Otro problema de los relés es que, cuanto más grandes son, más corriente necesitan para activarlos. La bobina de un relé de 20 o 30 amperios puede consumir de 100 a 200 mA de corriente para activarse. Aún mejor, ¡no uses relés de alimentación! Usando el manipulador QRP descrito en el capítulo 6 como modelo a seguir, puedes usar transistores de potencia MOSFET de canal P para conectar el transmisor o el receptor. Abajo ves el esquema de un conmutador de potencia de alta

corriente con MOSFET de canal P.



## INTERRUPTOR DE POTENCIA DE TRANSMISOR

El conmutador de potencia con MOSFET de arriba usa 4 MOSFET de canal P en paralelo. Cuando conducen, los MOSFET se asemejan a resistencias pequeñas de 0,15 ohmios o menos. Esto significa que muy poca tensión se desperdicia en el conmutador. Cuando más grande sea el MOSFET, menor será su resistencia. Al poner varios en paralelo, la resistencia puede ser aún menor. Los MOSFET grandes de tipo TO-3 pueden atornillarse a un disipador para mantener la temperatura lo más baja posible. De lo contrario, según suba la temperatura, subirá la resistencia interna de los transistores.

Los MOSFET de canal P son los más fáciles de usar porque puedes activarlos simplemente conectando sus puertas a masa. En mi primer transmisor usé 2 MOSFET grandes de tipo TO-3. Apenas se calentaban estando atornillados a un disipador grande. En mi segundo transmisor usé 4 MOSFET más pequeños en encapsulado TO-220, tipo RFP30P05 de canal P. (Date cuenta de que puedes decodificar el número de tipo: 30 = 30 amperios, P = canal P y 05 significa 50 voltios.)

En realidad, para un tamaño y tensión máxima dados, los transistores de canal N son superiores a los de canal P. Los de canal N tienen normalmente 1/3 de la resistencia de conmutación. Por desgracia, para activar un MOSFET de canal N necesitarías una fuente de alimentación de 24 voltios para hacer que la puerta estuviera 12 voltios por encima de los 12 voltios de la alimentación. Cada decisión conlleva su compromiso.

La resistencia de 2,4 Kohmios de puerta a fuente asegura que el transistor queda en corte cuando se abre el interruptor. El diodo zéner de 15 voltios en las puertas es aconsejable porque, en mi transmisor, las puertas de los transistores están en paralelo con la bobina del relé de antena. Cuando el conmutador de transmisión-recepción se abre, puede aparecer una tensión elevada en la bobina del relé, y podría dañar las puertas de los transistores.

\*\*\*\*\*

## Tarjetas QSL hechas en casa

No hecho de menos las tarjetas QSL de antaño. Hace 40 años, las tarjetas más comunes se compraban en World Radio Labs. Tenían un mapa de los EE.UU. con el indicativo de uno impreso en rojo sobre él. Parecía que el resto tenía tarjetas de Allied Radio. Las tarjetas de Allied eran simples tarjetas blancas con el indicativo en letras grandes de color naranja con un par de bandas naranjas. Esos diseños eran bastante atractivos, pero ya que así eran la mayoría de las que recibías, las tarjetas de QSL eran bastante monótonas. Por aquel entonces, si comprabas tarjetas QSL que hubieran sido competitivas con las comerciales de hoy día, hubieran costado una fortuna. Dibujar a mano mis propias tarjetas fue divertido, pero sólo para las 2 o 3 primeras. Después de eso, era un proceso demasiado lento para ser práctico. Me las arreglé para hacer una plantilla tosca e imprimir

algunas tarjetas bastas en blanco y negro que era apenas aceptables, pero desde luego parecían primitivas.

Desde la era de las fotocopias, los ordenadores, las cámaras digitales y las impresoras en colores, hacer tus propias tarjetas QSL en colores se ha convertido en un juego. Aparte de saber cómo usar un ordenador convencional, no es en absoluto técnico. Me atrevería a decir que los típicos jóvenes de 12 años pueden hacer unas tarjetas estupendas, incluso aunque sus padres no sepan. Considerando lo fácil que es, me decepciona que tan pocos radioaficionados se hagan las suyas. Esas tarjetas tiene mucha más “alma” que las comerciales producidas en masa.



Aquí hay unos pocos ejemplos de tarjetas de fabricación casera. Las 2 de la izquierda se han hecho con Microsoft Paint, Mac Draw o un programa de dibujo similar. Las de la derecha han sido realizadas con dibujos hechos a mano y luego fotocopiándolas. Se imprimieron en tarjetas de índice de 5 x 8 pulgadas y luego se recortaron al tamaño de una postal. ¡Realmente, no es tan complicado!

Mi amigo Jack, KØHEH, usó su cámara digital para tomar la imagen de una montaña cercana. Luego usó un programa gratuito de diseño de QSL para superponer su indicativo sobre la imagen y acabó teniendo una hermosa tarjeta. Las tarjetas pueden imprimirse en una impresora en colores usando papel de calidad fotográfica. El resultado es muy elegante.



Arriba puedes ver 4 ejemplos más. La tarjeta del Boulder Amateur Radio Club, WØDK, es la superior izquierda, y se pudo hacer con una cámara digital tal como he dicho antes. Alternativamente, uno podría comenzar con una foto normal en colores y un digitalizador. La tarjeta con foto de abajo a la izquierda es de Paul, WAØNXZ. Esta tarjeta podría haberse hecho con un digitalizador o una cámara digital, pero esta tarjeta en particular resulta ser una postal con el

indicativo escrito a mano en la parte superior. Es una tarjeta bonita, pero comprar postales es bastante caro. El tipo de la tabla de surf con el transmisor portátil de la parte superior derecha es Tom, KQ6DV. Él hizo lo mismo, pero redujo costes prescindiendo del color y del papel de calidad fotográfica. La tarjeta que está abajo a la derecha es de John, KB2JKS. Él hizo un dibujo complejo a mano y luego lo fotocopió en las tarjetas.

Hay montones de maneras de hacer tarjetas de QSL hoy. Y todas esas tarjetas son más interesantes que las comerciales. Sí, imprimir tarjetas en tiradas pequeñas es caro. Pero la mayoría de nosotros no envía millones de tarjetas de todas formas. Hacerlas tú mismo te permite modificarlas con la frecuencia que quieras. No tienes que quedarte con un error en la tarjeta para las próximas 200 copias. Incluso si sólo se trata de tarjetas de QSL, ¡viva la construcción casera!

## Capítulo 10

### Osciladores de Frecuencia Variable (OFVs)

No tardarás mucho en sentirte frustrado estando limitado en una frecuencia controlada a cristal. Te gustaría tener un botón de sintonía que cubriera toda la banda y no sólo unos pocos kilohercios. Esto suena simple, pero no lo es. Es difícil porque, sin la estabilidad de un cristal, un oscilador de RF normal patinará centenares de hercios mientras estás transmitiendo. El colega con el que estás hablando probablemente tiene un transceptor moderno con una banda de paso estable y estrecha. Desde su perspectiva tu señal patina rápidamente fuera de su banda de paso. Su dial digital está calibrado hasta las décimas de Hertz y se complacerá grandemente en comunicarte TU PROBLEMA.

#### La deriva es un gran problema de hoy

En los viejos días, como en 1950, las bandas de paso de los receptores eran normalmente enormes, como 10 o 20 kilohercios. Así que podrías patinar un buen trozo antes de que tu correspondiente llegara a notarlo, hasta que ya no pudiera oírte. Además, todo el mundo patinaba un poquito en aquellos días, así que no valía la pena mencionarlo. En los días de los pioneros, hacia 1930, las señales patinaban tanto que los radioaficionados solían sintonizar sus receptores con una mano mientras copiaban el código Morse con la otra.



Un OFV de 5 MHz sintonizado con un condensador variable mecánico

Un oscilador de frecuencia variable estable puede sustituir a un oscilador a cristal. Este capítulo resume lo que aprendí en mi odisea por seis prototipos de OFV. Mis primeros OFVs patinaban centenares de Hz y tuve muchas quejas. Después de que añadiera una compensación en temperatura, reduje la inestabilidad hasta 20 Hz de deriva por minuto. Algunas estaciones notaron la deriva de 20 Hz por

minuto y unas pocas incluso me lo dijeron. Entonces monté una fuente de alimentación super regulada para el OFV y reduje la deriva a unos 5 Hz. Te sugiero que evites la vergüenza y vayas directamente a por los 5 Hz. De acuerdo con el Handbook de la ARRL, +/- 5 Hz es todo lo mejor que puedes conseguir sin usar bucles de enganche de fase (PLL).

El equipo de medida necesario para montar un OFV es un polímetro de precisión para medir tensión hasta el milivoltio y un patrón de frecuencia. Un receptor super-exacto y moderno está bien, pero un frecuencímetro es mejor para esta aplicación. La parte más complicada de montar un OFV estable es seguir todas las instrucciones detalladas sobre como hacerlo. Si tú eres como yo, tendrás problemas para creer que todas esas trivialidades son realmente necesarias. Sí, puedes cortar unas pocas esquinas, pero cuantos más compromisos hagas, más patinará tu OFV.

### **Los OFVs de frecuencias bajas patinan menos que los de frecuencias altas**

Para transmisores de HF que trabajen en 160 metros (1.8 a 2.0 MHz en los USA) o 80 metros (3.5 a 4.0 MHz), es fácil montar un OFV para esas frecuencias. Luego puedes amplificar la señal del OFV directamente. Por ejemplo, si tú tuvieras un QRP controlado por cristal diseñado para 80 metros, un OFV para 80 metros podría enchufarse directamente en el zócalo del cristal. Podrías querer atenuar la señal un poco antes de sustituir directamente un cristal, pero el OFV puede sustituir al cristal y permitirte desplazarte por toda la banda. Si puedes construir un OFV de los mejores para 40 metros, esa banda también sería alcanzable. Desgraciadamente, para un nivel dado de sofisticación y precisión, la deriva de frecuencia es directamente proporcional a la frecuencia. Probablemente encontrarás que en algún punto sobre 5 MHz hay demasiada inestabilidad para mantener la deriva bajo 5 Hz por minuto. Para construir un OFV para 40 metros o bandas más altas, un OFV de frecuencias bajas es “convertido” a la frecuencia alta deseada. Esto se hace mezclando el OFV con un oscilador a cristal de frecuencia alta y luego filtrando la frecuencia suma. La conversión de frecuencia es tratada en el capítulo 11. Considerando el tamaño de la mayoría de las bandas de aficionado, un OFV tiene que cubrir al menos 0.5 MHz. Cuanta más alta sea la frecuencia básica del OFV, mayor será el margen que puedas conseguir. Los proyectos de OFV del Handbook de la ARRL tienen varias frecuencias desde 1.75 a 9 MHz. El OFV de mi transmisor de CW cubre de 3.5 a 4.0. El OFV de mi receptor cubre de 5.0 a 5.5 MHz. Mirando atrás si volviera a empezar habría montado primero el OFV de 5 MHz, puesto que esa frecuencia resulta ser más versátil. La desventaja de un OFV de 5 MHz es que no puede usarse en ninguna banda de radioaficionado directamente y cada banda necesita un circuito conversor de frecuencia.

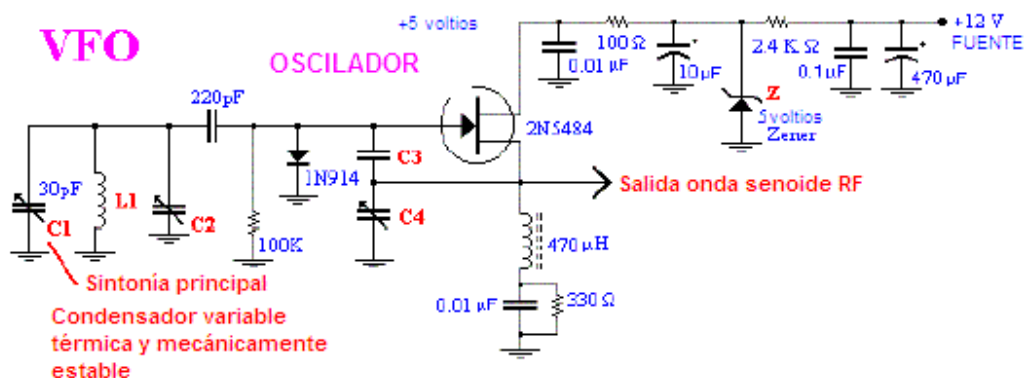
### **Transistores JFET**

Los transistores de unión de efecto de campo (JFETs) son ideales para construir OFVs. Al contrario de los transistores bipolares, la corriente principal de drenador a fuente no pasa por ninguna unión PN. Las uniones PN cambian sus características con la temperatura. Por tanto, los OFVs hechos con transistores bipolares tienden a patinar más que los hechos con JFETs. Los JFETs trabajan con el mismo principio que un MOSFET, pero la puerta de control es un diodo de unión PN en vez de un condensador. Los JFET fueron explicados y usados en el OFV del receptor de conversión directa del capítulo 7.

# EL CIRCUITO DEL OFV

## El oscilador básico

En principio el OFV es casi lo mismo que un oscilador a cristal de cuarzo. El cristal es eléctricamente equivalente a un circuito LC resonante. Por tanto, para sintonizar un OFV usamos o bien un condensador variable o una inductancia variable para cambiar la frecuencia de resonancia. Por lo que yo sé, las bobinas variables apropiadas no pueden comprarse o construirse en un sótano. Eso significa que el elemento de sintonía tendrá que ser un condensador variable, como el que usaste para ajustar la frecuencia del cristal en tu QRP.

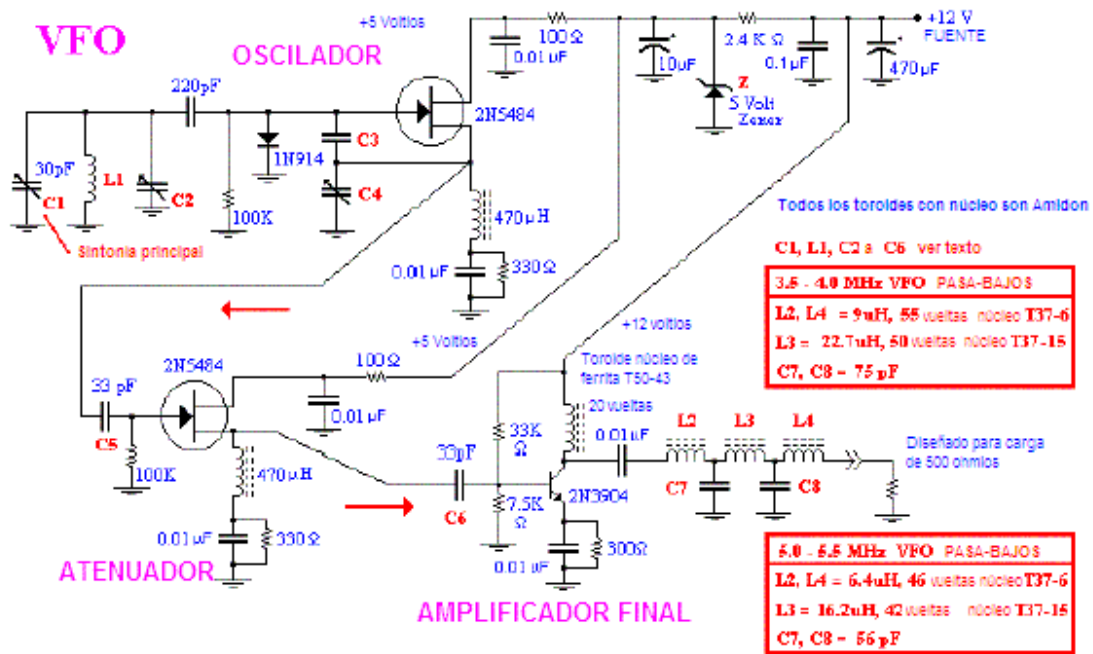


El circuito de arriba es esencialmente lo que encontrarás en tu Handbook de la ARRL. Usa un transistor JFET. El oscilador es un *Colpitts* y puede ser reconocido por el divisor capacitivo de realimentación, C3 y C4. Siempre que la tensión de fuente sube, parte de este cambio es acoplado a la puerta a través de C3. Esto activa más al JFET. Esto es, la realimentación es positiva, lo que mantiene la oscilación. El circuito resonante LC básico que sintoniza la frecuencia es C1 y L1. C2 es un condensador trimer que ayuda a ajustar el margen de sintonía deseado.

¿Entonces cuáles son los valores de C1, L1, C2, etc.? La respuesta no es fácil. Empezamos con un condensador variable de calidad para C1 como se describe más abajo. Por varias razones, **C1 será de unos 30 pF**. Empezando con este condensador y el margen de sintonía de 0.5 MHz, los otros valores deben ser determinados por prueba y error. Los valores son tremendamente difíciles de calcular porque C3, C4 e incluso el diodo 1N914 son parte de la capacidad. No intentes demasiado conseguir los valores hasta que hayas estudiado este capítulo completo y formulado un plan para tu OFV. Como verás más tarde, C2, C3 y C4 son parte de la estrategia de compensación de temperatura y tendrán que ser determinados por esas consideraciones primero. Cuando hayas decidido que hacer con C3 y C4, entonces podrás trabajar sobre L1 y C2.

El diodo 1N914 en la puerta parece contraproducente, pero se usa como fijador para mantener la puerta del transistor JFET fuera de la región de conducción directa. Eso es, cuando la oscilación se hace demasiado fuerte y la unión P-N de la puerta empieza a conducir a los 0.6 voltios, el diodo ayuda a evitar la operación en ese margen. El OFV es alimentado a 12 voltios. Sin embargo, la etapa del oscilador y su buffer son alimentados a 5 voltios procedentes de un regulador con diodo Zener (Z). Esto se hace para disipar tan poca energía como sea posible en el oscilador y evitar que los componentes se calienten.

## El circuito del OFV completo



Aquí está el circuito del OFV completo, excluyendo la compensación de temperatura. Como ves, el OFV también contiene una etapa buffer y un amplificador final. La compensación de temperatura consiste en circuitos especiales que sustituyen a C2 o C4.

### Buffer

La etapa de buffer separa el oscilador del amplificador final. De otro modo habría una sutil conexión entre la carga a la salida del OFV y el oscilador. Lo creas o no, sin el buffer se cambia la carga ligeramente, la frecuencia también cambiará. El buffer se conecta a las otras etapas por C5 y C6. Estos condensadores deberían ser todo lo pequeños posible para reducir la conexión entre el oscilador y el amplificador final.

### Amplificador final

El amplificador final eleva la salida del OFV al nivel necesario para excitar el transmisor. La etapa excitada en el transmisor es normalmente un mezclador que ya describiremos en el próximo capítulo. Pero si el OFV está diseñado para la banda de 80 metros, entonces la próxima etapa tras el OFV podría ser una serie de amplificadores en clase C para aumentar la potencia de salida al nivel final, digamos 5 o 50 vatios. La etapa final del OFV necesitará sacar una onda senoidal de al menos dos voltios de pico. Puesto que hemos mantenido deliberadamente bajas las señales del oscilador y buffer, el amplificador final debe ser un amplificador lineal o de clase A para subir el nivel de señal hasta 2 a 5 voltios de pico.



La excitación a este transistor es polarizada con una resistencia de 33K de manera que esta etapa esté siempre en activa.

### **Filtro pasa bajos**

La excitación del transmisor debería ser una senoidal tan pura como sea posible para evitar radiar armónicos fuera de la banda. Un filtro pasabajos en la salida atenúa la mayoría de los armónicos por encima del margen de frecuencias deseado. Se muestra un filtro pasabajos de Chebyshev diseñado para una carga de 500 ohmios. En el capítulo 6 se describieron filtros Chebyshev diseñados para 50 ohmios. Sin embargo, aquí no necesitamos potencia, sólo tensión. Por tanto el filtro está diseñado para 500 ohmios, lo cual da bastante potencia para esta aplicación. Se dan los valores para tanto un OFV de 80 metros (3.5 a 4.0) o un OFV de 5 MHz (5.0 a 5.5 MHz).

### **Los 50 secretos para evitar la deriva**

Imagina que fueras a montar el OFV de arriba sin leer los detalles que están en los párrafos siguientes. Cuando lo encendieras por primera vez, te decepcionará encontrar que patina una centena de Hz por minuto o más. La deriva está causada por la variación de temperatura. Los componentes se dilatan y contraen con los cambios de temperatura y eso provoca pequeños cambios en la capacidad y la inductancia de los componentes. El aire que circula por la placa no permite que la temperatura se estabilice. La deriva es evitada evitando cambios de temperatura y eligiendo componentes que cambien lo menos posible con la temperatura.

La construcción de OFVs es una forma de arte tan arcana como la receta secreta de tarta de la abuelita o los puntos adecuados para construir coches para el Cub Scout Pinewood Derby. Como verás, deben haber 50 maneras para mejorar el problema de la deriva. Nunca he construido un OFV que fuera completamente estable y probablemente nunca lo haré. Pero quizás sea porque sólo conozco los 14 secretos listados abajo. Si aplicas tantos como sea posible, deberías quedar dentro del objetivo de los 20 Hz – y quizá incluso bajo 5 Hz.

**Secreto n°1. Transistores de efecto de campo (JFETs)** El primer secreto de un OFV estable es usar un JFET en lugar de un transistor bipolar. Como se ha descrito antes, un transistor de efecto de campo es mejor porque es menos sensible a la temperatura. Yo he usado JFETs de canal N 2N3823, 2N5484 y 2N4416 para los osciladores. Mi impresión es que cualquier FET de canal N pequeño funciona bien.

**Secreto n°2. Sella el OFV en una caja metálica.** Simplemente el proteger el OFV de las corrientes de aire causa una mejora enorme. Usa una caja pesada y de fundición para que la temperatura cambie lentamente por lo menos. En contraste, una caja ligera de lámina de aluminio se calentará y refrescará rápidamente. Por otro lado, CUALQUIER caja es una gran mejora respecto a no tener el circuito aislado de las corrientes de aire.

**Secreto n°3. Usa placa de circuito impreso de una sola cara.** Una placa de doble cara es como un condensador, esto es, láminas finas de metal están pegadas a una capa dieléctrica. Desgraciadamente, el condensador resultante tiene un coeficiente de temperatura significativo. Cuando la temperatura aumenta, el material de la placa se dilata (se engrosa) y la capacidad de la placa disminuye. Si el OFV está construido sobre pistas y nodos que cambian de capacidad respecto a la masa, la frecuencia del oscilador cambiará ligeramente.

**Secreto n°4. Montar la placa del oscilador sobre separadores y lejos de las paredes de la caja.** Usando el mismo principio que antes, no montes la placa de una sola cara pegada a la caja metálica. Elevando la placa por encima de la caja, la capacidad entre las pistas y la caja metálica se minimiza.

**Secreto nº5. Elige y monta con cuidado todos los componentes que afecten al circuito LC del oscilador.** Todos los componentes L y C del oscilador deberían ser diseñados para la mínima deriva en temperatura. Refiriéndonos al diagrama, no solo los condensadores C1 y C2 afectan a la frecuencia. Los condensadores en serie con el condensador de 220 pF, C3, C4 e incluso C5 afectan a la frecuencia. Al menos en una pequeña parte TODOS los componentes en contacto con estos condensadores pueden afectar a la deriva en frecuencia. Estos incluyen el diodo, el choque de RF, el transistor y la resistencia de 100 K.

**Secreto nº6. Los condensadores variables mecánicos deberían ser elegidos con cuidado.** Aunque los condensadores variables mecánicos son difíciles de encontrar, pueden ser la mejor solución para ti. Elige un condensador de unos 30 a 60 pF, no más grandes. Los condensadores variables de alta capacidad son demasiado sensibles a los cambios de temperatura. Los menores no cubren lo suficiente. No usar un condensador con placas de aluminio – varían demasiado con la temperatura. El bronce es el mejor metal. Intenta encontrar un condensador con placas anchas y ampliamente espaciadas. Las placas delgadas como hojas de papel son compactas, pero varían mucho con la temperatura. Si la sintonía del condensador es lineal con los grados de rotación, la frecuencia que generará será un poco no lineal. Idealmente, las placas del condensador deberían tener una forma no lineal que les permite sintonizar un circuito LC de manera que la frecuencia sea lineal. Gira el condensador a lo largo de su margen y verás que los condensadores compensados tienen placas de rotor que no son simples semicírculos. Cuando giran, no se mezclan con las placas del estator en el mismo punto. La corrección no lineal no es imprescindible, pero es algo a tener en cuenta.

**Secreto nº7. Los varactores son los elementos de sintonía más estables.** Es difícil comprar condensadores variables que sean mecánicamente y termalmente estables. Collins Radio hace años sintonizaba sus OFVs con bobinas sintonizadas con núcleos de polvo de hierro especiales, pero nunca he visto ninguno a la venta. Un diodo varicap controlado con un potenciómetro de calidad es una buena solución a estos problemas. Los varicaps son un tipo de diodos de silicio polarizados con tensión continua. En mi experiencia los varicaps son de un orden de magnitud más estables termalmente que los condensadores variables. Y son al menos dos órdenes de magnitud más estables mecánicamente. Puedes golpear el OFV con tu mano y, aunque otros componentes pueden vibrar, el varactor no cambiará su capacidad. Desafortunadamente, los varicaps producen una escala no lineal en el botón de sintonía. Esto significa que tienen mucho recorrido en el extremo alto de frecuencia mientras que el extremo bajo puede estar comprimido en unos pocos grados de rotación. Para ser usable, el potenciómetro debe ser no lineal para compensar. Los varicaps son descritos con detalle más adelante.

**Secreto nº8. Usa condensadores fijos del tipo NP0.** Cuando elijas condensadores, búscalos del tipo NP0. Estos se supone que tienen el cambio de temperatura mínimo. Úsalos para TODOS los condensadores fijos del circuito LC.

**Secreto nº9. Usar varios condensadores NP0 en paralelo para alcanzar un valor determinado.** Si debes usar condensadores fijos en paralelo con C1 y C2, es mejor usar varios pequeños en paralelo que un solo condensador grande. La temperatura de un condensador pequeño se estabiliza rápidamente, mientras que el calor sube más lentamente en un condensador más grande.

**Secreto nº10. La compensación de temperatura en el circuito LC es esencial.** Me llevó cuatro prototipos el aceptarlo, pero la compensación de temperatura es tan importante como el poner el OFV en una caja. Mucha gente afirma haberlo conseguido sin ella, pero yo nunca lo he hecho. El no usar compensación de temperatura implica que cada condensador e inductancia del OFV deben tener un coeficiente de temperatura cero. Alternativamente, todos los coeficientes negativos deben ser compensados precisamente con componentes que tengan coeficientes positivos de temperatura. ¡Buena suerte cuando lo hagas!. Los circuitos de compensación se describirán más tarde.

**Secreto nº11. Usar una bobina de núcleo de aire.** Como es normal, es muy conveniente usar un núcleo toroidal de polvo de hierro. Desafortunadamente, el polvo de hierro cambia su permeabilidad (factor de magnetismo) con la temperatura. Por tanto, no usando el hierro otra variable es eliminada. Yo he usado con éxito tubos de bolígrafo de plástico viejos como pequeñas formitas para bobinas de núcleo de aire. Taladré agujeros pequeños en el plástico para meter trozos pequeños de hilo de cobre rígido que sirvieran como terminales. Si usas polvo de hierro, entre los núcleos de CWS (Amidon), el tipo 7 se supone que tiene la mejor estabilidad en temperatura. Los núcleos del nº 6 de CWS Bytemark (Amidon) me han funcionado razonablemente, pero quizás los del nº 7 sean un poco mejores. Si haces una bobina dando vueltas de hilo de cobre sobre una forma de plástico, el cobre también cambiará ligeramente sus dimensiones con la temperatura. Y puesto que una bobina de núcleo de aire necesita más espiras de hilo, hay más oportunidad para que el cobre cambie sus dimensiones, su capacidad entre espiras y también su resistencia. Finalmente, una bobina de núcleo de aire se acoplará como un transformador a los componentes cercanos, mientras que un toroide de polvo de hierro se acopla muchísimo menos. Bueno, nada es perfecto.

Después de que tengas la bobina devanada y trabajando en el margen adecuado de frecuencia, sellarla con resina epóxica o pegarla a la placa. Sin la resina epóxica, la frecuencia gorjeará con la mínima vibración. Una vez intenté usar bobinas sobre formita con núcleo. Eran fáciles de ajustar, pero eran mecánicamente y termalmente inestables.

**Secreto nº12. La estabilización de tensión de precisión para la alimentación del OFV es vital para la estabilidad de frecuencia.** La alimentación de 12 voltios para el OFV debe ser estabilizada. Los estabilizadores de tensión normales como el LM317 o el LM7812 me dieron estabilización hasta 0.1 voltios. Esto era correcto para una estabilidad hasta una deriva de 20 Hz, pero para llevarla a menos de 5 Hz, necesitaba estabilizar mi fuente para el OFV hasta unos pocos milivoltios. Para conseguirlo, construí una fuente de precisión que sólo alimenta al OFV. Cuanta menos corriente tenga que suministrar, más constante será su tensión de salida. La fuente será analizada en detalle más tarde.

**Secreto nº13. El OFV debería disipada la mínima potencia posible.** Cuanta menos potencia disipe, menos calentamiento ocurrirá dentro de la caja del OFV. También cuanto menor potencia sea disipada, más fácil será el construir una fuente de precisión para alimentar el OFV. Por eso mi OFV fue diseñado para una carga de 500 ohmios en vez de 50 como la mayoría de los circuitos RF de radioaficionado. El OFV completo debería consumir menos de 20 mA, 10 mA sería incluso mejor.

**Secreto nº14. Olvidar los osciladores a válvulas.** Los radioaficionados de los viejos tiempos pueden estar tentados a usar un oscilador a válvulas. Primero intenté actualizar un viejo OFV a válvulas, pero las válvulas se calientan y hacen demasiado difícil la compensación de temperatura. Ya tendrás suficientes problemas sin esta carga extra. Puedes usar transistores bipolares para el amplificador final de tu OFV, pero no para el oscilador. Como una buena medida también puedes usar un JFET como buffer.

---

### **Sintonía por dial Vernier e indicación de frecuencia.**

Puesto que un OFV debe ser sintonizado precisamente a la frecuencia del correspondiente, es vital usar un dial vernier entre el botón de sintonía y el condensador variable. En mi opinión, el botón de sintonía debería girar completamente al menos tres veces para cada vuelta del condensador. Sin dial vernier, será muy difícil sintonizar tu receptor o transmisor de manera precisa a la frecuencia del correspondiente. Un mecanismo de desmultiplicación planetario es montado generalmente en el panel frontal. Los tornillos torneados lo sujetan al eje del condensador variable que sale de la caja del OFV. Los mecanismos de sintonía se combinan normalmente con diales e indicadores que puedes calibrar. Un

dial de papel puede ser marcado con tinta durante la calibración. Una tapa de plástico protege el papel de la humedad.

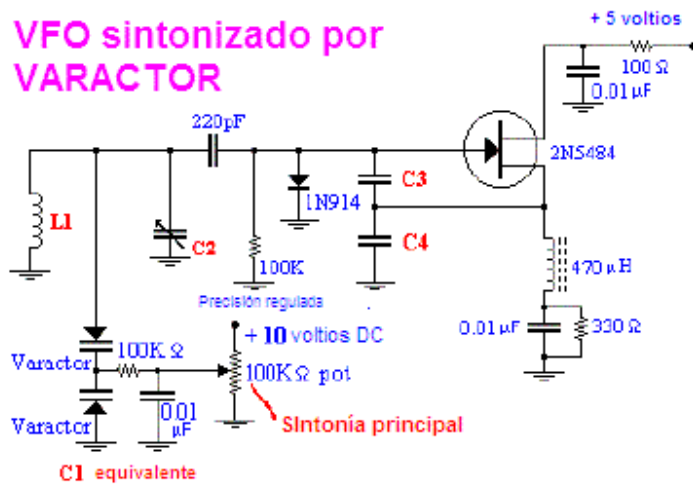


En un OFV mostrado arriba usé un dial vernier de marca National Company. El interés reciente en los QRP ha hecho que estén disponibles de nuevo tras haber desaparecido algunos años. Busca los anuncios en las revistas de radioaficionados. Desgraciadamente, estos diales son bastante caros. Para algunos de mis OFVs usé mecanismos de desmultiplicación de sobrante militar que no tenían dial ni puntero. Hice el puntero de placa de circuito impreso super fina pintada de negro. La calibración estaba en cartulina blanca cubierta con un plástico de metacrilato de 1/8 de pulgada de espesor y atornillada al panel frontal.

Si usas un diodo varactor como condensador variable, podrás encontrar un potenciómetro multivuelta para tu sistema de sintonía. Esto resuelve el problema de la desmultiplicación, pero no ofrece una forma para calibrar el dial. Algunos radioaficionados han construido complicados frecuencímetros o voltímetros digitales como soluciones a la calibración del OFV. Todo lo que puedo decir es cuidado con la circuitería digital en tus equipos de radioaficionado. Los circuitos digitales caseros casi siempre generan ruido de RF que interferirá al escuchar señales débiles. Los fabricantes comerciales hacen parecer fácil la tecnología digital, pero hasta ahora todos mis juguetes digitales han generado un “soplido” estático del que me he arrepentido.



## Sintonía por varactor



Cuando construía un nuevo receptor, tuve que construir otro OFV. En este prototipo exploré el sustituir el condensador variable con varicaps (varactores). Las uniones P-N polarizadas en inversa bloquean el flujo de la carga eléctrica como si fueran condensadores. No sólo actúan como condensadores, cuando se polarizan en inversa son condensadores. Lo interesante de este comportamiento es que polarizándolos con una tensión continua, digamos de 0 a 10 voltios, la capacidad puede ser variada como en un condensador variable. Cuanto mayor sea la tensión de polarización, los iones del semiconductor se usan y la carga que puede almacenar disminuye. En otras palabras, los diodos de unión PN cambian su capacidad inversamente proporcional a la tensión de polarización. Los varactores son condensadores variables por tensión.



Un OFV sintonizado por varactor. El potenciómetro redondo ajusta la tensión sobre el varactor.

Los varactores son diodos de unión PN de silicio especializados que fueron diseñados con ese propósito. Sin embargo, he visto circuitos de VFO que usan diodos de silicio normales como el 1N914 o el 1N4148 para este propósito. Una de las desventajas de los varactores es que a menudo no tienen

mucha capacidad. De 5 a 20 pF es corriente. Debido a esto, no creía que pudiera conseguir suficiente margen de sintonía de un varactor. Resultó que podía compensarlo usando dos o más varactores en paralelo y disminuyendo el valor de los condensadores de realimentación C3 y C4. El margen de sintonía no era problema.

Después compré un varactor del tipo MV104 de Motorola, que tiene una capacidad de 110 pF (!!!). Este dispositivo tiene el potencial para dar el gran margen de sintonía que se necesita para cubrir la banda de 10 metros. Además, puede ser operado en un margen estrecho de tensión de polarización y por tanto resolver bastante el problema de la no linealidad.

Las ventajas de la sintonía por varactor son:

1. Los varactores son estables mecánicamente. Suponiendo que el potenciómetro que polariza tu varactor es estable mecánicamente, entonces el OFV resultante será mecánicamente estable. Puedes golpear la mesa con tu puño y la frecuencia apenas vibrará en el receptor. Con mis OFVs a condensador variable, dar una palmada en la mesa es casi una manera práctica para cambiar la frecuencia.
2. Los varactores son más estables en temperatura que los condensadores variables. Probando un circuito de OFV con condensador variable con un secador de pelo, encontré que el flujo de aire caliente sobre la placa del circuito hacía derivar la frecuencia cientos de Hz, a veces incluso KHz. Cuando le doy el mismo tratamiento a mi OFV a varactor, el cambio de frecuencia es mucho menor.
3. Los varactores son fáciles de conseguir. Los buenos condensadores variables de sintonía son difíciles de conseguir, aunque a veces RF Parts Co. tiene condensadores usables en stock. En contraste, los varactores siempre pueden conseguirse de Digikey, Mouser y otras compañías.
4. Los varactores son muy pequeños. Algunos de los que he usado son del tamaño de un grano de arena. Soldarlos en mi placa de circuito impreso requirió paciencia, pinzas largas y lupa de joyero. Un módulo de OFV hecho con un varactor puede ser mucho más pequeño que un OFV hecho con un condensador variable.
5. Los OFVs a varactor pueden ser sintonizados por PLL. Puesto que el OFV a varactor se sintoniza con una tensión continua variable, puede ser parte de un diseño a PLL moderno. Un OFV casero no tiene porque estar limitado a tecnología antigua.

### **El problema con los varactores**

Desgraciadamente, los OFVs sintonizados por varactores no son lineales. Sin embargo, puedes convertir esto en una ventaja. Cuando la tensión del varactor se cambia, el cambio de frecuencia que se produce no es lineal. Cuando se aplica tensión por primera vez, los electrones y los huecos en la unión PN se llenan enseguida y disminuyen la capacidad rápidamente. Después del primer gran cambio, cada vez más tensión debe ser aplicada para llenar mas huecos y agotar los electrones en el semiconductor de tipo N. En otras palabras, cuanto más amplio sea el margen de sintonía, más no lineal será la relación entre tensión aplicada y frecuencia. Esto exagera la sintonía del extremo alto de frecuencia de la banda. Por ejemplo, si se lleva el varactor a su margen máximo de capacidad, el 75% del margen de tensión de sintonía podría ser necesario para cubrir el 25% más alto de tu margen total de frecuencia. Imagina que estás especialmente interesado en operar en CW. El segmento de CW de la banda está siempre en el extremo inferior con la fonía en el extremo superior de frecuencia. El problema de linealidad puede convertirse en una ventaja diseñando el conversor de frecuencia del OFV de tu transmisor o receptor de manera que para cada banda el extremo alto de frecuencia del OFV cubra el

extremo bajo de CW de la banda. Las señales de CW tienen poco ancho de banda, unos pocos Hz, las bandas de fonía son varias veces más anchas y las mismas señales de fonía cubren 3 KHz cada una. En otras palabras, un buen ensanche de banda (poco cambio de frecuencia para mucho giro del botón) es importante para la banda de CW y no tan importante para la banda de fonía. Sí, sintonizar en fonía (SSB) requiere sintonía fina, pero encontrarás que para ajustar la calidad de la voz es más fácil hacerlo con el botón del OFB que con la sintonía del OFV.

Por ejemplo, en un transmisor el margen del OFV podría ir de 5.0 a 5.5 MHz. Para transmitir en 40 metros (7.00 a 7.30 MHz en los USA), el transmisor podría usar un oscilador local controlado a cristal de 12.5 MHz para cubrir de 7.0 a 7.5. Esto es, 12.5 MHz menos 5.5 MHz = 7.0 MHz. De esta manera, el extremo alto de la sintonía del OFV cubre el extremo BAJO de la banda. En contraste, si usas un cristal de frecuencia baja, el extremo alto de frecuencia del OFV cubrirá el extremo alto de la banda donde el ensanche de banda no es muy importante. Esto es, 5.00 MHz más 2.00 MHz = 7.00 MHz. Si esto te confunde, los conversores de frecuencia son explicados en detalle en el capítulo 11.

### **Desvío de frecuencia en transmisión**

El OFV de un transmisor tiene un problema sobre el que quizás no hayas pensado. Con un receptor de CW de banda ancha pasado de moda, cuando sintonizas una señal de CW escucharás un silbido que cambia de un tono alto a un tono bajo, luego a batido cero y luego vuelve a subir a un tono alto cuando pasas la señal. Si tu receptor estuviera sintonizado con precisión a la frecuencia del correspondiente, estaría a batido cero. Su señal de CW tendría un tono tan bajo que no podrías copiarla.

Para solucionar esto, los transceptores modernos añaden automáticamente un desplazamiento de frecuencia entre recepción y transmisión, normalmente de 700 u 800 Hz. Además, los transceptores de lujo no reciben la banda lateral inferior de la señal a menos que el operador elija LSB en el panel frontal. En general, la banda lateral inferior (LSB) se usa en 160, 80 y 40 metros mientras que la banda lateral superior (USB) se usa en 60 metros, 30 metros y superiores. Con un receptor moderno de banda estrecha los radioaficionados modernos pueden que ni siquiera se den cuenta que hay dos bandas laterales. El resultado es que cuando contestas a un CQ con tu OFV casero, debes sintonizar en la dirección correcta unos 700 Hz por encima o debajo de su punto de batido cero. De otro modo ni siquiera te oírás. Los radioaficionados de los viejos tiempos solían sintonizar alrededor de su frecuencia, pero los modernos no lo hacen. Yo creo que tuve este problema cuando salí al aire al principio con mi equipo casero. Pocas estaciones parecían poder escucharme. Sin embargo, cuando hablé con alguien, obtuve buenos controles de señal. La solución más simple es usar los filtros de banda estrecha de tu receptor de manera que sólo puedas oír la banda lateral superior o la inferior a la vez. Luego, cuando haces batido cero sobre el amigo que llama CQ, sólo escucharás tu OFV cuando estés en la banda lateral correcta. Los filtros pasabanda estrechos para receptores caseros son expuestos en el capítulo 13.

### **OFVs para transceptores**

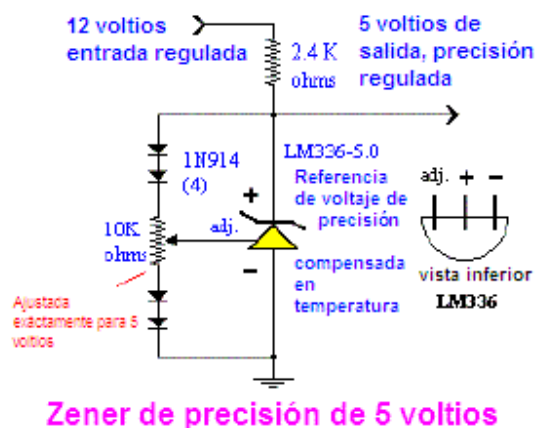
Si construyes un OFV para un transceptor, el OFV se usará tanto en recepción como en transmisión. Como se ha explicado antes, puede ser útil añadir un ajuste de desplazamiento de sintonía con varactor al OFV de manera que puedas emitir y recibir en frecuencias ligeramente diferentes. Para hacer esto, añadir un varactor auxiliar de baja capacidad en paralelo con la sintonía principal. La tecnología es la misma que acaba de ser descrita para la sintonía con varactor, pero el margen de sintonía será un KHz o menos.

## Una fuente de alimentación de precisión para el OFV

Uno de mis OFVs tenía una deriva constante hacia arriba de 200 Hz por hora. Estaba sin pistas hasta que noté que mi fuente de alimentación del OFV de 12 Voltios tenía una sutil deriva hacia abajo. Los reguladores de tensión corrientes son primitivos comparados con los integrados reguladores compensados en temperatura. Reguladores como el LM317 o el LM7812 patinan centésimas de voltio por minuto, especialmente si su carga es mayor de 100 miliamperios. Un simple regulador a diodo zener puede permitir fácilmente un cambio de una o dos décimas de voltio en el oscilador. La solución es construir un regulador de tensión de precisión. Este regulador de 12 Voltios debería ser puesto fuera de la caja del OFV. Si es posible, cualquier cosa que genere calor debería ser puesta fuera de la caja del OFV.

### Diodos Zener de precisión

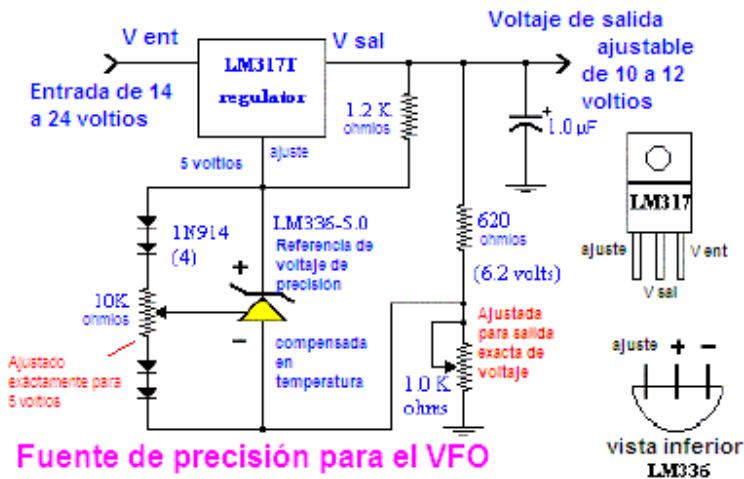
El truco para construir una fuente de precisión compensada en temperatura es una referencia a diodo Zener de precisión. Los Zeners ordinarios cambian su tensión de regulación con la temperatura. Los zeners de precisión son circuitos integrados que se comportan como diodos Zener de precisión, pero tienen circuitería de compensación y pueden ser ajustados a la tensión especificada exactamente. El diodo Zener LM336-5.0 puede ser ajustado con un potenciómetro de ajuste a exactamente 5.000 Voltios. Está diseñado para tener la mejor compensación de temperatura a la tensión exacta. Quitando el potenciómetro y los diodos, este componente se usa como un Zener normal.



### Una fuente de alimentación de precisión de 12 voltios

El regulador de tensión de precisión mostrado abajo viene del Data Book para circuitos integrados lineales de National Semiconductor. Este regulador mantendrá la tensión del OFV constante a menos de 2 milivoltios. Usa un regulador LM317T programable. La salida del regulador grande es modificada con un regulador Zener de precisión de referencia para mantener la tensión de salida constante. El LM317 estabiliza la tensión a través de la resistencia de 1.2 K a unos 1.2 Voltios. La referencia de precisión estabiliza la tensión a través de la resistencia de 620 ohmios a 6.2 Voltios exactamente – esto es, 1.2 Voltios más 5.000 Voltios. Puesto que el voltaje en bornes de la resistencia de 620 ohmios se mantiene constante, la corriente que pasa por el potenciómetro de 1K también se mantiene constante. Por tanto, ajustando el potenciómetro de 1K se puede ajustar la tensión total.





Para mantener este alto grado de precisión, el estabilizador de encima sólo alimenta el OFV. Cuando intenté alimentar otras etapas del transmisor con la fuente de alimentación de precisión, la carga subió a varias centenas de miliamperios. Aunque los integrados estabilizadores estaban funcionando dentro de sus especificaciones, la corriente extra arruinó la estabilización con precisión de milivoltios. Le puse a mi OFV sintonizado por condensador variable el mismo estabilizador de precisión y encontré que la estabilidad en frecuencia se hizo tan buena como la de mi más nuevo OFV a varactor.

Intento mantener la corriente de alimentación a mi OFV a menos de 10 miliamperios. Si necesitas más de 3 Voltios de pico de salida, probablemente lo encontrarás difícil. En el circuito completo mostrado encima, cuando consigues una senoidal pura de 5 Voltios de pico, la corriente absorbida de la fuente es probable que se aproxime a 20 miliamperios. Una manera de compensar es ajustar la tensión de la fuente de precisión a lo mínimo necesario para obtener la forma de onda de salida que necesites. Esto es, en vez de usar 12 Voltios estabilizados, usar 8 o 10 Voltios.

### Regulación separada para el oscilador del OFV

Si tu OFV consume más de unos 10 mA, puedes querer compensar el cambio de temperatura dentro de la caja alimentando el oscilador de dentro de la caja del OFV con 5 Voltios de un Zener de precisión de 5 Voltios separado en vez de usar un Zener normal de 5 Voltios.

### Un doblador de tensión para usar con batería.

Si alimentas el equipo conectándolo a la red, el estabilizador descrito encima probablemente funcionará bien a menos que haya un apagón. Por otro lado, si tu transmisor se alimenta a baterías, su voltaje de salida caerá bien por debajo de 12 Voltios cuando la batería se descargue. Una solución es alimentar el OFV a 9 Voltios estabilizados. De esa manera, el estabilizador todavía estará dando 9.000 Voltios incluso con sólo 10 Voltios en la batería. Sin embargo, si tu OFV usa un varactor (varicap) como el elemento de sintonía, puedes necesitar al menos 10 Voltios para conseguir el margen de sintonía máximo del varactor. Mi solución a esta frustración fue primero doblar la tensión sin estabilizar de la batería. Arrancando de dos veces la tensión de la batería nominalmente, mi OFV tendrá siempre al menos 12 Voltios. Puesto que el OFV sólo consume de 10 a 20 mA, este doblador de tensión continua no tiene que ser potente.

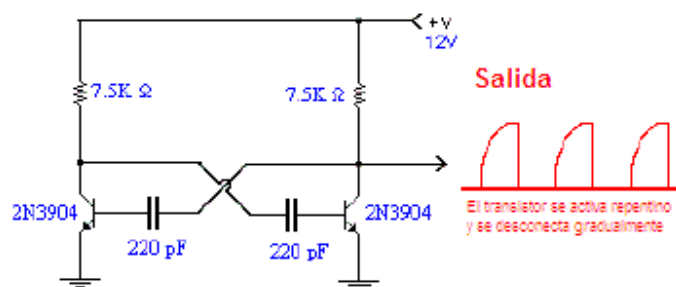


## Un doblador de tensión continua

### Generación de onda cuadrada

Siempre que quieras elevar una tensión continua, es necesario usar la fuente actual para generar una fuente de tensión alterna. Por ejemplo, la tensión alterna podría ser aplicada a un transformador para producir una tensión alterna tan alta como necesites. La tensión alterna alta sería rectificadas entonces a la tensión alta requerida. En vez de usar un transformador, el doblador de tensión descrito usa una bomba de carga para subir la tensión. Como verás, esta técnica es una forma especializada de rectificación.

La primera tarea es convertir la fuente de continua en pulsos de onda cuadrada. Resulta que hay muchas formas de generar ondas cuadradas usando circuitos integrados. Por ejemplo, yo usé un amplificador operacional para generar los puntos en el manipulador electrónico del capítulo 9. Puedes usar un integrado si quieres, pero podrías disfrutar haciéndolo de la forma difícil. Como siempre, si eres un principiante en electrónica, aprenderás un poco de materia interesante.



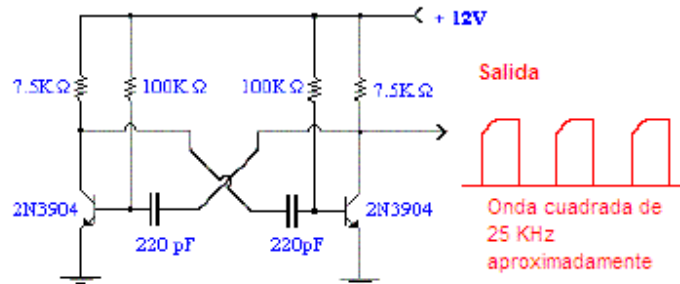
### MULTIVIBRADOR ASTABLE SIMPLE

Un oscilador multivibrador astable simplificado se muestra encima. Como puedes ver, este circuito consta de dos amplificadores de emisor a masa cableados de manera que cualquier cambio en el colector de uno de los transistores se acopla inmediatamente a la base del otro. Asumamos que el condensador de la izquierda está cargado a una tensión baja, digamos 1 Voltio. El condensador de la derecha está cargado a casi 12 Voltios. El condensador de la izquierda se carga hacia 12 Voltios a través de la resistencia de 7.5 K de la derecha. Esto lleva a su colector y a su respectivo condensador hacia tierra.

Puesto que la tensión en bornes del condensador de la derecha no puede cambiar instantáneamente, la tensión de la base de la derecha es empujada hacia abajo a unos  $-12$  Voltios. Esta tensión negativa extrema pone en corte el transistor de la derecha. El condensador de la derecha con sus  $-12$  Voltios se descargará hacia cero voltios puesto que no hay fuente de tensión ahora para mantener los 12 Voltios negativos. Esta descarga lleva un periodo de tiempo significativo porque la corriente debe cargarlo a través de la resistencia de 7.5 K ohmios. En algún instante la tensión de la base del transistor de la derecha subirá por encima de  $+0.6$  Voltios lo que pondrá el transistor en activa otra vez. Cuando el transistor de la derecha se activa, lleva el condensador de la izquierda abajo a  $-12$  Voltios, cortando el transistor de la izquierda.

## Un multivibrador práctico

El multivibrador simplificado descrito arriba oscila bien, pero no siempre arranca espontáneamente. De hecho, encontrarás que sólo funciona en un margen específico de tensión de alimentación y debe ser arrancado bruscamente. Si subes la tensión de alimentación gradualmente, el multivibrador permanece estable con uno o ambos lados apagados y la oscilación nunca arranca.



**MULTIVIBRADOR ASTABLE**

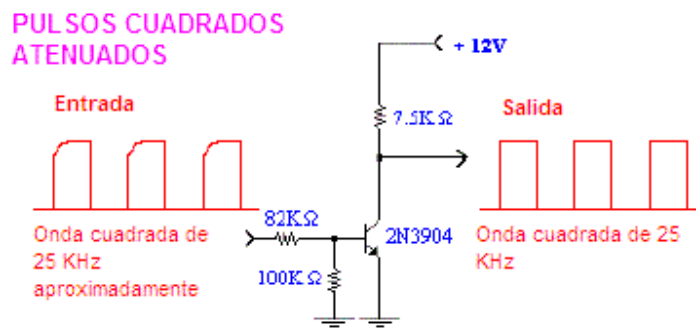
La poca confiabilidad del multivibrador simple puede ser arreglada polarizando parcialmente en activa los transistores con las resistencias de 100 K ohmios. Estas resistencias aseguran que los condensadores siempre estarán cargándose o descargándose. Ahora el circuito generará ondas cuadradas incluso con tensiones muy bajas. Cuando la tensión de la fuente de alimentación se sube lentamente, la oscilación siempre arrancará. Además, el estado activo de cada transistor se mantiene por más tiempo y se obtiene una onda cuadrada mejor.

## Los osciladores biestables son flip-flops RAM

Esto se sale del tema, pero suponed que los dos condensadores del circuito de arriba fueran sustituidos por resistencias de alto valor. Puesto que no habría reactancia que cargar o descargar, el circuito se “enclavaría” con un transistor en activa y el otro en corte. Esto se llama un multivibrador estable o biestable. Si se introduce un pulso en un transistor o el otro, el circuito se hará bascular al estado estable opuesto en que el transistor en corte pasa a activa y el de activa pasa a corte. Este circuito flip-flop es la base de la memoria RAM estática (SRAM). Un flip-flop puede almacenar un bit de información. Mientras se aplique tensión de alimentación, el circuito “recordará” ese bit de información indefinidamente o hasta que otro pulso llegue y lo ponga en el estado opuesto. En un circuito integrado SRAM millones de flip-flops son grabados en un chip y almacenan megabits de información.

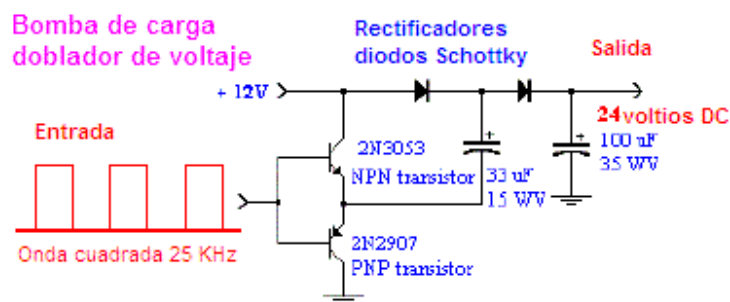
## Escuadrando la onda cuadrada de baja potencia para excitar un doblador de bomba de carga

Ahora que tenemos una tensión de onda cuadrada de baja potencia, necesitamos limpiar la forma de onda y amplificarla de manera que podamos producir una alterna de onda cuadrada de unos 30 mA para la fuente de alimentación de nuestro OFV. Esto se hace con un simple amplificador buffer para hacerla cuadrada. Una forma de onda cuadrada es importante porque cuanto menos tiempo pase el circuito “medio encendido”, más eficiente será la fuente de alimentación.



Este buffer de onda cuadrada es sólo un amplificador de tensión de alta ganancia. Durante la tensión de entrada en aumento con pendiente, la pendiente de subida de esta tensión es exagerada en 10 o 20 veces. Esto disminuye el tiempo de subida hasta hacerlo despreciable.

### Doblador de tensión a diodos



¿Cómo podemos “doblar” tensiones de continua usando diodos? La idea es cargar repetidamente el condensador de 33 μF a +12 Voltios como si ese condensador fuera una batería recargable. Luego el condensador se saca de su “modo de carga” y se añade como una batería sobre la fuente de 12 Voltios existente. En otras palabras, 12 Voltios más 12 Voltios más equivale a 24 Voltios. Esta señal pulsante de 24 Voltios carga el condensador grande de 100 μF de almacenamiento de la derecha a 24 Voltios. Si la corriente consumida de la fuente de 24 Voltios es pequeña, el condensador de la derecha puede mantener una tensión relativamente constante cercana a 24 Voltios.

### Transistores complementarios en acción

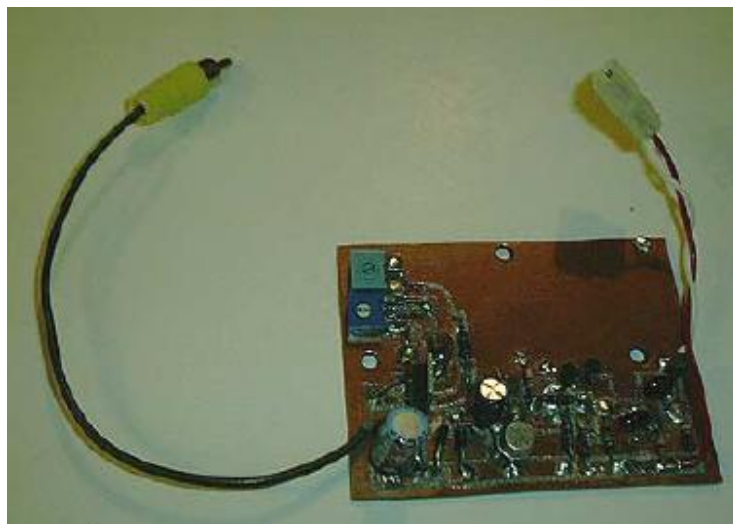
Las labores de conmutación en el doblador son cumplidas con transistores y diodos. El buffer de onda cuadrada excita a un excitador seguidor de tensión de potencia complementario para el doblador de tensión a diodos. En este circuito usamos transistores NPN y PNP complementarios. En el capítulo 4 mencioné que era bastante conveniente tener transistores que trabajen con polaridades opuestas. Cuando la excitación a un transistor lo ponga en activa, la misma polaridad corta su transistor complementario. La salida se toma de los emisores. En efecto, los transistores complementarios conectan la salida arriba y abajo entre tierra y la alimentación de 12 Voltios. Estos transistores hacen una buena conexión a tierra y la línea de 12 Voltios sin resistencias calentándose y desperdiando energía.

Por cierto, los circuitos lógicos de tu ordenador personal están implementados casi por completo con circuitos integrados hechos con transistores MOSFETs de canal N y canal P complementarios. Estos integrados se llaman “CMOS”. Evitando las resistencias de carga en los drenadores de los FETs, se minimiza el calentamiento y se maximiza la velocidad de conmutación.

Como se mostró antes, los transistores PNP y NPN funcionan juntos para llevar el condensador de la izquierda arriba y abajo. Cuando el transistor PNP está activado, el borne de abajo del condensador se conecta a tierra. En estas condiciones el diodo de la izquierda carga el condensador a 12 Voltios. Cuando el PNP se corta y se activa el NPN, el borne de abajo del condensador de repente se empuja arriba y se une a la línea de alimentación de 12 Voltios. Puesto que el borne de arriba del condensador de repente es 12 Voltios más alto que la línea de alimentación, el diodo de la izquierda queda en inversa y ya no puede cargarlo. Sin embargo, el diodo de la derecha está en directa ahora y descargará los 12 Voltios en el condensador de almacenamiento de la derecha. El condensador de la derecha se carga hacia 24 Voltios, creando por tanto dos veces la tensión original.

### **Usa rectificadores Schottky para la mejor eficiencia.**

Ahora tenemos montones de tensión extra, incluso cuando la batería que alimenta el transmisor está casi agotada, así que todavía hay mucha tensión para que el estabilizador de precisión genere 12.000 Voltios. La fuente funciona mejor si los dos diodos del doblador de tensión son diodos Schottky de potencia. Estos diodos rectificadores sólo pierden 0.2 Voltios por diodo cuando conducen. Lo malo de los rectificadores Schottky es que normalmente sólo aguantan hasta 30 Voltios máximo, pero eso es bastante para esta aplicación. En el circuito de abajo empleé diodos rectificadores de silicio 1N4001 corrientes. Cada uno de estos pierde unos 0.7 Voltios cuando conducen. Como consecuencia mi fuente de 24 Voltios sólo saca unos 22 Voltios cuando la entrada es de 12 Voltios.



Placa de fuente de alimentación para OFV. Entrada de tensión de batería variable, salida estabilizada de precisión de 12 Voltios.

\*\*\*\*\*

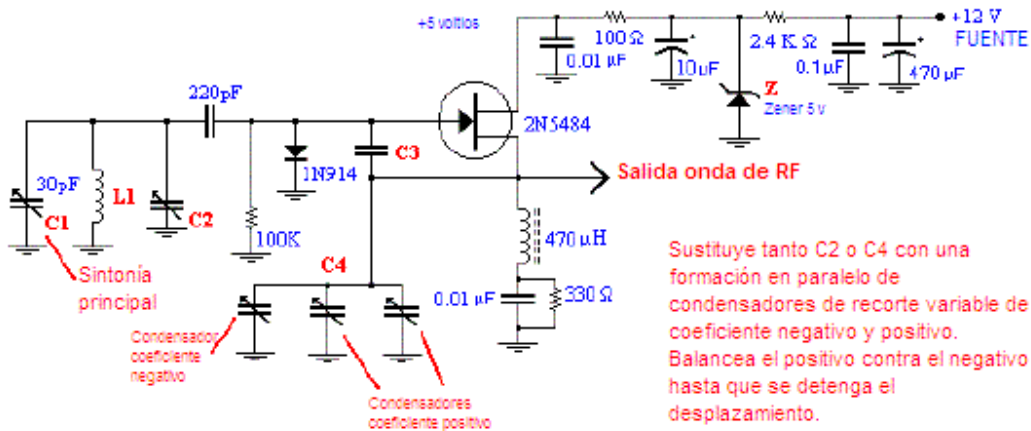
## COMPENSACION DE TEMPERATURA

Supuestamente, se pueden construir buenos OFVs sin compensación de temperatura. Personalmente, nunca lo he logrado, pero no os fiéis mucho de mí!!! Seguid adelante e intentadlo. Sólo dejad sitio en la placa para añadir la compensación más tarde.

La estrategia de compensación es sustituir C2 o C4 por un condensador que tenga un coeficiente de temperatura positivo y ajustable. Casi todos los componentes de un circuito LC tienen normalmente un coeficiente de temperatura negativo. Esto es, cuando la temperatura sube, la capacidad baja y la frecuencia sube. Por tanto poniendo en paralelo con la capacidad un condensador que tenga un coeficiente de temperatura igual pero positivo y opuesto, el cambio de capacidad se anulará. Yo sugiero que empieces con este método de compensación de temperatura porque es el más fácil.

### Compensación capacitiva con trimer de coeficiente positivo

Si miras en los catálogos de componentes de Digi-Key, Mouser u otros encontrarás de vez en cuando condensadores trimer con coeficientes de temperatura positivos. Esto es, condensadores que aumentan su capacidad con la temperatura. Yo usé condensadores variables trimer de 20 a 40 pF fabricados por Sprague-Goodman, del tipo GCL. Sustituí parte de la capacidad del divisor capacitivo, C2 y C4, por dos trimers de coeficiente positivo en paralelo. La parte complicada es obtener tanto el coeficiente positivo correcto y la cantidad correcta de capacidad cambiando positivamente. Esto se hace usando un trimer similar de coeficiente negativo en paralelo con el trimer positivo. Balanceando el trimer de coeficiente positivo con el trimer de coeficiente negativo, puedes producir un valor total de coeficiente positivo que compense el coeficiente negativo real del resto de tu circuito LC.



### COMPENSACIÓN POSITIVA DEL COEFICIENTE DE TEMPERATURA

#### Ajustando la compensación de temperatura del OFV

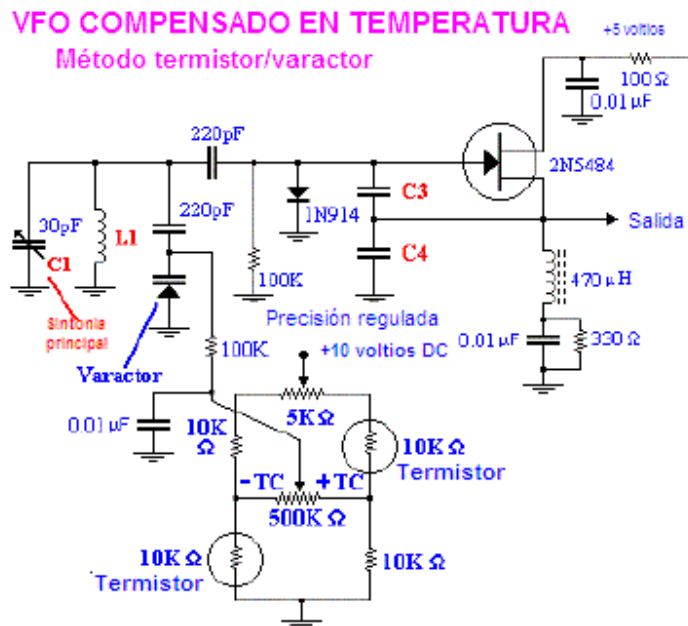
Pon una carga de 500 ohmios a la salida del OFV y pon sondas en la carga para tu osciloscopio y frecuencímetro. Comprueba que tu fuente de tensión está ajustada al valor que tú quieres, digamos 12'000 Voltios. Debería ser completamente estable hasta un milivoltio o dos. Si estás usando un condensador variable mecánico, pon el condensador a su máxima capacidad. Ahora ajusta los trimers de coeficiente positivo y negativo a mitad de su recorrido para la frecuencia mínima deseada del OFV. Por ejemplo, para un OFV de 5 a 5'5 MHz, deberías sintonizarlo a 5'000 MHz (o poco menos). Comprueba que todavía puedes sintonizar 5'5 MHz usando el condensador de sintonía principal. Si no

puedes, puede que tengas que cambiar el C3 o probar con C4 y C2. Recuerda que C2 también puede ser un trimer de coeficiente positivo o negativo dependiendo de lo que necesites.

Ahora pon la tapa de la caja pero no la atornilles. Observa la deriva de frecuencia en tu frecuencímetro. Casi seguro que lo verás derivar constantemente hacia arriba o abajo. Si va hacia abajo, supón que esto está causado por el incremento de temperatura en la caja. Gira un trimer positivo a menos capacidad, luego ajusta un trimer negativo para restaurar la frecuencia a donde empezaste. Repite esto una y otra vez hasta que la dirección de la deriva se invierta. Ahora debería estar yendo incansablemente hacia arriba. Ahora quita un poquito del trimer negativo hasta que la deriva se pare. Cuando los dejas bien balanceados, la frecuencia todavía cambiará, pero ahora oscilará arriba y abajo pero pronto volverá a la misma frecuencia. Esto es, la frecuencia no variará más continuamente en la misma dirección. Cuando llegas a este punto, lo has hecho lo mejor que has podido con tu lista de componentes presente. Con suerte, durante un minuto dado no patinará arriba o abajo más de 5 Hz.

### Compensación de temperatura por termistor

Puede que encuentres que tu compensador trimer capacitivo positivo no te da suficiente compensación positiva para hacer un buen trabajo. Un circuito de compensación a termistor puede ser lo que tú necesitas. Yo tuve buenos resultados con el circuito del manual de la ARRL de abajo.



Las resistencias se diseñan normalmente para cambiar lo menos posible con la temperatura. Sin embargo, los termistores son resistencias hechas de semiconductor que tienen un coeficiente de temperatura grande. El coeficiente puede ser positivo o negativo, y ambas clases pueden ser usadas en el circuito de arriba. Los termistores están colocados en un circuito en puente con un termistor en cada lado del puente. Todo el circuito se alimenta con una fuente estabilizada de precisión de 5 a 10 Voltios.

Ajustando los potenciómetros ajustables de 5K y 500K de arriba y el medio, se puede elegir el grado y dirección de compensación. Ajustar el potenciómetro hacia la derecha selecciona mayor compensación

positiva. Ajustarlo hacia la izquierda introduce menos compensación positiva o incluso compensación negativa. Si necesitas mayor capacidad, siempre puedes poner dos o más varactores en paralelo.

### **Regulación de temperatura**

Otra alternativa de compensación de temperatura es mantener la temperatura constante calentando el OFV y estabilizando la temperatura con un termostato. Yo monté un dispositivo así dentro de la tapa de mi caja de fundición. El calefactor tenía un elemento de calefacción resistivo y un sistema regulador de temperatura por realimentación controlado por termistor. Las buenas noticias son que reguló la temperatura de la caja dentro de 0'1 grado Fahrenheit. Las malas noticias son que le llevó al menos 30 minutos el estabilizar la temperatura y que cuando se instaló en el transmisor, el regulador intentaba calentar todo el transmisor y quizás toda la habitación. En otras palabras, una caja de OFV calentada necesitará un buen aislamiento de temperatura para que sea práctico. Abandoné esta idea.

En conclusión, la estabilización de tensión de precisión, compensación de temperatura y ajuste cuidadoso pueden conseguir un OFV que no patina como uno casero. Cuando sales al aire y describes tu transmisor como “completamente casero” las estaciones que trabajes a menudo te llenarán de alabanzas. Disfruta cada felicitación. Si necesitaste tantos prototipos como yo para desarrollar un OFV razonablemente bueno, te mereces cada felicitación. De hecho, las mejores felicitaciones que he tenido fueron cuando contacté con colegas durante una hora sin ninguna queja sobre mi deriva. Especialmente si pude evitar describir mi divertido transmisor casero. Para ellos, yo estaba usando un transceptor moderno de alta calidad.



## Capítulo 11

### Construcción de un VFO para las bandas altas (PMOs)



Arriba se muestra un módulo QRP para 30 metros. De muchas formas este módulo se asemeja al módulo QRP controlado a cristal descrito en el capítulo 6. Sin embargo, usa un oscilador premezcla controlado a cristal (PMO) para convertir la frecuencia baja de la onda del VFO hasta la banda de aficionado deseada. Este módulo en particular recibe una señal de VFO de 80 metros y la convierte para cubrir la banda de aficionados de 30 metros, 10.100 a 10.150 KHz. La señal VFO y la energía DC vienen por detrás. Los 5 vatios de salida de RF salen desde la clavija de audio en el frente del radiador. El puerto de la llave telegráfica está atrás. Podría ser más profesional si estuviese encerrado en una pantalla metálica pero me gusta que se vean todos los componentes. Con un QRP de CW puedes salir sin usar apantallamiento.

Posteriormente encontrarás que el apantallamiento es esencial para la SSB.

#### **No puedes multiplicar la frecuencia nunca más**

Antiguamente era habitual construir un VFO para 1,8 a 2,0 MHz o 3,5 a 4,0 MHz. Luego para frecuencias más altas, pasábamos la señal a través de sucesivos amplificadores multiplicadores de frecuencia para conseguir 7, 14, 21 y 28 MHz. Un multiplicador de frecuencia era simplemente un amplificador sintonizado al segundo o tercer armónico de la frecuencia de entrada. Usando un amplificador sintonizado a múltiplos de la frecuencia base, podía ser seleccionado el armónico deseado. Por ejemplo, los amplificadores sintonizados con bobina derivada descritos en el capítulo 6 trabajan bien para este propósito.

Si tu oscilador VFO está controlado a cristal, entonces la multiplicación de frecuencia todavía es práctica. No obstante, si tu VFO se desliza más de 2 Hz, puedes tener queja en

las bandas superiores. Por ejemplo, si tienes un VFO de 80 metros tendrás que multiplicar la frecuencia 8 veces para alcanzar la frecuencia de 28 MHz. Pero si tu VFO patina 5 Hz, entonces la señal multiplicada se desplazará 40 Hz para 28 MHz.

Afortunadamente, los osciladores de cristal de alta frecuencia construidos cuidadosamente pueden ser bastante estables incluso a 30 MHz. La solución para el problema de desplazamiento es “sumar” un VFO de baja frecuencia a un oscilador de cristal de alta frecuencia estable. Estos osciladores de cristal son llamados *Osciladores de Pre-Mezcla* o *PMOs*. Un “mezclador” realiza la suma de frecuencia combinando literalmente las dos señales de onda senoide. La señal compuesta contiene, no solo las señales originales, sino también la suma y diferencia entre las dos señales de frecuencia. Los filtros siguen al mezclador para extraer y amplificar la componente de frecuencia deseada. El proceso está ilustrado por el diagrama de bloque de un transmisor QRP de 20 metros mostrado abajo:

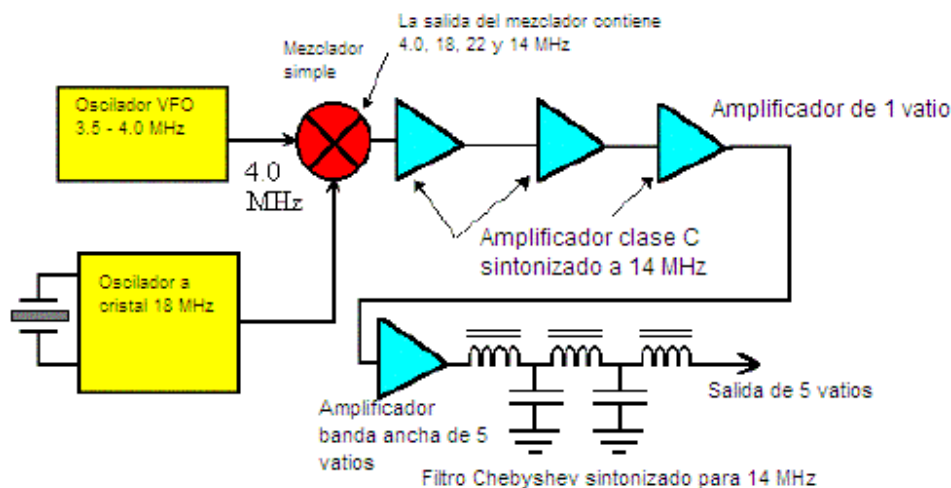


Diagrama de bloques de transmisor QRP 5 vatios 20 metros

### Método de traslación de frecuencia de un oscilador pre-mezcla

En el diagrama de arriba, un VFO de 80 metros es “convertido” a 20 metros. La onda de 80 metros es mezclada con la salida de un oscilador a cristal de 18,000 MHz. Cuando el VFO se ajusta a 4,0 MHz, la salida desde el mezclador es una forma de onda que se ve desordenada que contiene varias frecuencias, es decir – 4,0 MHz, 18 MHz, 22 MHz y 14 MHz. Sintonizando las siguientes tres etapas amplificadoras a 14 MHz se va la “contaminación” y tenemos una onda senoide pura de 14,0 MHz sintonizable hasta 14,5 MHz. El oscilador a cristal puede contribuir uno dos Hz de desplazamiento, pero básicamente, el desplazamiento en 20 metros es el mismo que estaría en 80 metros. El mezclador es comparable en función a aquellos usados en los receptores superheterodinos, pero los mezcladores PMO son mucho menos críticos. El bajo ruido y la cancelación extrema de imagen no son necesarios porque ambas señales de entrada pueden ser tan grandes como quieras.

---

## **¿LOS OSCILADORES DE CRISTAL SON ESTABLES O NO?**

Hace unos años pensé que tenía vencido el problema del VFO. Acababa de disfrutar de unas “vacaciones VFO” de nueve meses. Durante este tiempo mi señal fue tan estable que ni lo comenté. Estaba bastante orgulloso de mi mismo. Entonces construí módulos QRP para salir en 17 y 30 metros. De repente las quejas comenzaron de nuevo y estaba desconcertado. Después de todo estaba usando el mismo VFO. ¿Qué había cambiado? Comprobé mi VFO. Descubrí que, cuando estaba frío, se deslizaba hacia abajo 20 Hz el primer minuto. Entonces, después de unos pocos minutos más, se estabilizaba y el deslizamiento era más o menos unos 2 o 3 Hercios. Por supuesto, por definición, siempre que comienzo el envío el VFO está frío. Por ello, a menos que envíe unos minutos seguidos, debería siempre estar frío. Pero incluso así, eso no explicaba la queja de 100 Hercios. Repentinamente, ¿podría ser o no los osciladores de cristal del conversor de frecuencia? ¿Desplazamiento de cristales? ¡¡Me ca...!! Comprobé los osciladores de cristal de 17 y 30 metros. El oscilador de 30 metros se desplazó hacia abajo 50 Hz en el primer minuto, 25 Hz el 2º minuto y eventualmente se estabilizó en 150 Hz por debajo de la frecuencia de arranque.

### **Usa cristales HC-49 o mayores**

El problema con mi conversor de 30 metros tubo que ser el cristal. El cristal era un bote muy pequeño, aproximadamente un cuadrado de 6 milímetros y 0,8 milímetros de espesor. Había venido de mi cajón de trastos y no sabía que número de tamaño era. Sin embargo, determiné que todos los cristales delgados de mi colección no eran tan estables como el cristal HC-49 o mayores. Los pequeños cristales de sobretono de batido son particularmente malos. Si, eventualmente se quedan abajo y llegan a ser razonablemente estables. Pero para entonces has cambiado el QSO encima del otro individuo. Ahora tu oscilador está enfriando de nuevo, así que estará listo para patinar durante tu nueva transmisión. No TODOS los cristales delgados son malos. Tengo algunos cristales de pequeño tamaño medio CH-49 de 9,00 MHz que trabajan extremadamente bien en el BFO y filtros IF de mi receptor. Supongo que la lección es que necesitas comprobar la estabilidad de tu oscilador durante ese primer minuto crítico. El desplazamiento después de 5 minutos es interesante, pero no es muy importante para un transmisor de aficionado.

### **Bloques osciladores TTL**

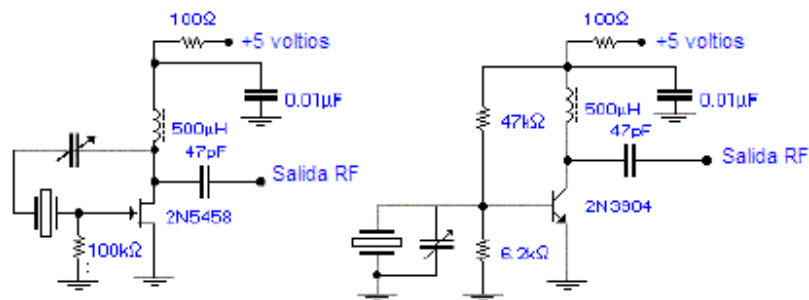
El circuito de 17 metros tenía uno de aquellos bloques osciladores TTL sellados en una lata. Son como un circuito integrado con el cristal y oscilador encerrados en el mismo paquete. Usé uno porque era la frecuencia correcta y sucedía que lo tenía en mi famosa colección de cacharos. Mi oscilador arrancó en la frecuencia correcta, pero sorpresivamente funcionó caliente. Entonces patinó a 25 Hz por minuto. Aunque el desplazamiento descendió, la frecuencia nunca paró de hundirse. Tenía un saco de varios bloques osciladores de

frecuencia y todos hacían lo mismo. ¡Cada vez que lo intenté era terrible! Todos excepto los de realmente alta frecuencia como 50 o 100 MHz... Aquello era realmente terrible. Algunos se movían tanto como 500 hercios por minuto. Las únicas buenas noticias es que eran consistentes. Todos patinaban hacia abajo.

### Soluciones para el desplazamiento de los cristales

Podía dejar los osciladores de cristal corriendo continuamente. Eso significaba trabajar con los que se estabilizaban, pero entonces pensaba estar forzado a escuchar en un armónico de la señal del oscilador en el receptor. ¡No, gracias! Ya tenía un par de artificios pitando en mi receptor. Ten en cuenta que los osciladores a válvulas realmente pueden tener una ventaja en el problema del calentamiento. Ya que los filamentos de la válvula funcionan continuamente, un oscilador a válvula está siempre caliente y unos cuantos miliamperios de corriente de placa no van a cambiar su temperatura mucho. En los antiguos días, los hornos de temperatura controlada fueron usados para mantener los osciladores de cristal a temperatura constante. Yo no se tú, ¡pero eso es demasiado drástico para mí!

### No todos los circuitos osciladores son iguales



Dos circuitos comunes de osciladores a cristal

El dibujo de arriba muestra dos circuitos comunes de oscilador a cristal que usé en algunos de mis primeros conversores QRP PMO. Los condensadores variables son usados para recortar las frecuencias a los hercios exactos. ***Ambos osciladores tienen el cristal conectado a la base o puerta.*** (Recuerda este rasgo y sabrás de que osciladores ser cauteloso). En mi experiencia, estos circuitos osciladores de cristal conectados a base patinan hacia abajo cuando se conectan. Al final, después de un minuto o dos se estabilizan.

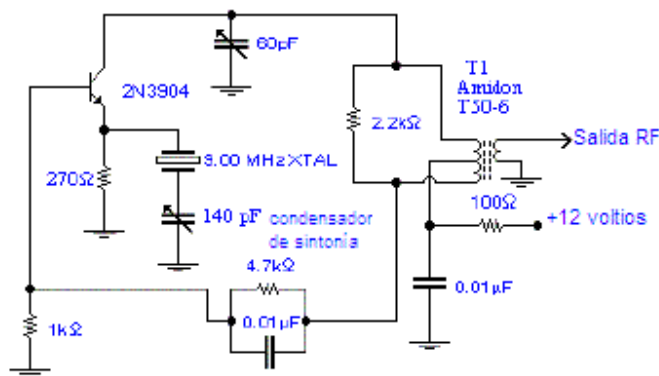
### Planea tus conversores de frecuencia de modo que los desplazamientos se cancele

Inesperadamente, entendí porqué recibía quejas mientras usaba mis conversores de frecuencia controlados a cristal de 40, 20 y 15 metros. Usaban osciladores con los cristales conectados a las bases como esos de arriba. Sin embargo, las frecuencias de cristal eran de

4 MHz **por encima** de la banda objetivo. Como los osciladores patinaban hacia abajo en el primer minuto, normalmente a 20 hertzios por minuto, mi VFO de 4 MHz estaba siempre desplazándose hacia abajo a la misma relación. Por ejemplo, (25 MHz – 20 Hz desplazamiento de cristal) menos (4 MHz – 20 Hz desplazamiento de VFO) = 21,000.000 MHz. El resultado fue una frecuencia relativamente constante sin quejas. Después de unos cuantos minutos el desplazamiento paraba y los osciladores de cristal eran ligeramente más estables que el VFO.

Nota que si estos conversores de osciladores a cristal hubiesen estado **por debajo** de la banda de aficionado objetivo, entonces los desplazamientos deberían haber sido sumados y no restados. Ello hizo que mi receptor fuese diseñado de este modo. Bueno, ningún aficionado se quejó de mi receptor durante un QSO. Y por supuesto los osciladores de receptor pueden funcionar sin parar, de modo que el desplazamiento inicial no es un gran debate.

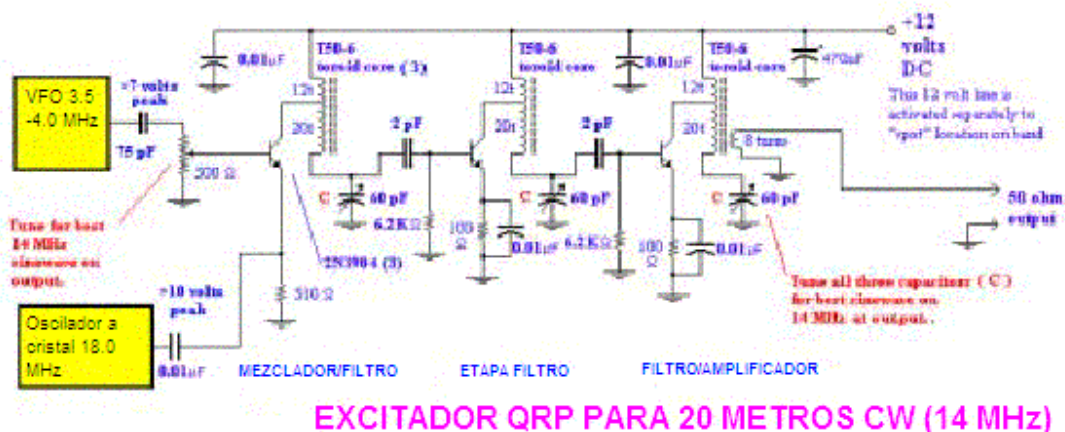
### El Butler es mejor



Un oscilador a cristal Butler

Comprobé cada oscilador en mi transmisor y descubrí que algunos de ellos no patinaban cuando se encendía. Los estables usaban el oscilador de cristal Butler de arriba. Nota que *el cristal y su condensador están en paralelo con la resistencia del emisor*. El circuito oscilador equivalente FET trabaja tan bien y puede ser mejor. Realmente no se porque, pero este circuito es estable en el momento que lo enciendes. Puede ser porque el cristal no está conectado a la unión base P/N mientras está calentando. De cualquier modo, el Butler típicamente no patina más de un hertzio o dos por minuto. Dos de mis osciladores mostraban cero hertzios de desplazamiento durante el primer minuto. Este es el mismo oscilador que recomendé en el capítulo 6. Dependiendo de tu aplicación, el Butler también tiene la ventaja de que el condensador serie puede empujar la frecuencia más abajo que los osciladores conectados a base de arriba.

## Un QRP controlado por VFO



Mi “diseño estándar” para un excitador QRP está mostrado arriba. Desgraciadamente cada excitador QRP solo cubre una banda. Sin embargo, una vez sintonizado y trabajando, cubre la banda entera sin más sintonía o preocupación. Debería mencionar que el mismo tren de filtro puede ser diseñado de modo que pudiese ser sintonizado para varias bandas diferentes, por ejemplo de 20 a 10 metros. Pero por supuesto, el cambio de bandas debería significar el cambio del oscilador a cristal y resintonizar la cadena entera para la nueva banda – no conviene exactamente a la conmutación de banda. Más aún, construí ocho versiones de este diseño cubriendo de 80 a 10 metros. Tomado como un todo, el circuito mostrado arriba puede ser considerado como un VFO de 14 MHz. En otras palabras, la consecución de esas partes es para conseguir una onda senoide estable en 14 MHz. Un simple oscilador a cristal usando cristales a 14 MHz genera el mismo resultado, pero por supuesto sintonizará todavía unos cuantos KHz mejor. La vida es dura para nosotros los constructores caseros en el siglo XXI. Así que, ¿por qué no iba a construir un excitador que trabaja en toda banda? Regresar a los días de la válvula, que fácil era hacerlo. Sin embargo, el regreso a la pureza espectral y estabilidad de nuestras señales fue horrible. También es más fácil de trabajar con las válvulas. Si eres un experimentador de equipos ligeros como yo, encontrarás que conseguir incluso una banda trabajando en los estándares modernos es mucho más duro de lo que parece. Sospecho que eso es por lo que apenas cualquier persona hace esta clase de construcción casera chapucera más. Recomiendo encarecidamente que *comiences de modo simple*.

### Cambiando la dirección de sintonía

En el excitador QRP de 20 metros de arriba, el VFO de 80 metros está mezclado con un oscilador local de 18 MHz. Nota que el oscilador también podría trabajar a 10,5 MHz. Como experimento trabajé mi QRP de 20 metros con ambos cristales de 18 MHz o 10,5 MHz. Todo lo que tuve que hacer fue cambiar el cristal y trabajó estupendamente. El filtro permaneció sintonizado sin ningún ajuste. La diferencia operativa es que *la dirección de sintonía del VFO se invirtió*. Como se explicó en el último capítulo, esto puede ser útil si

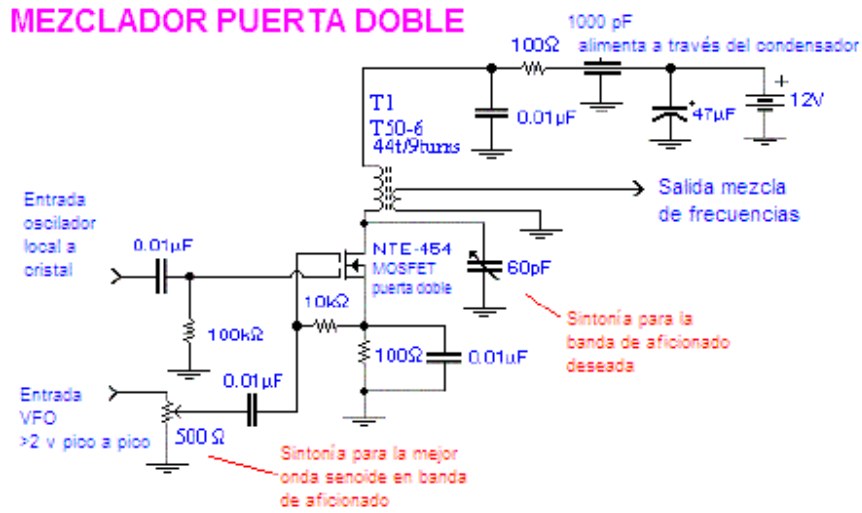
estás usando un VFO varactor y necesitas tener la alta frecuencia final del rango del VFO sintonizada al extremo más bajo de una banda de aficionado.

### **El mezclador necesita una señal de excitación grande del oscilador local**

La etapa mezcladora en el conversor de arriba es simplemente un amplificador de RF hecho de un transistor bipolar 2N3904, mucho como los amplificadores en el tren de filtrado. Este mezclador sencillamente es una etapa de amplificador clase C con una resistencia en emisor de 550 ohmios. Podemos usar clase C porque las señales de entrada son mucho más grandes de 0,6 voltios. Una entrada, normalmente el VFO, alimenta en la base del transistor de la forma habitual. Sin embargo, este nivel de excitado es ajustable con el potenciómetro de entrada. La entrada del oscilador local es aplicada a través de la resistencia del emisor. Normalmente inyecto la frecuencia más alta a través de la resistencia, pero lo hecho de ambos modos. A diferencia de la entrada por la base, la entrada por la resistencia no tiene ganancia de amplificación ninguna. En orden a que la señal del emisor produzca una gran señal en el colector, toda la amplitud de señal debe ser impresa en la resistencia de 500 ohmios. Lo que aprendí de modo duro es que, **el excitador de oscilador local debe ser suficientemente fuerte para conmutar a encender y apagar totalmente la etapa del mezclador como un interruptor, ciclo a ciclo.** Yo uso una entrada de onda senoide de al menos 20 voltios pico a pico. Una señal pequeña de 2 voltios de oscilador a cristal producirá poca componente de diferencia de frecuencia en la salida y tomará muchas etapas de filtrado para extraer la frecuencia deseada. Para conseguir la señal excitadora de 20 voltios pico a pico tenía que amplificar la salida del cristal a través de una etapa amplificadora antes que fuese dentro del mezclador. Tiré dos tarjetas antes de darme cuenta de esto. (No soy demasiado brillante).

En el lado contrario, la segunda señal de entrada, el VFO, puede ser pequeña porque es amplificada por el transistor. Posteriormente, cuando estás sintonizando la cadena completa de filtro/amplificador para la mejor salida, encontrarás que la máxima salida y pureza ocurre a un ajuste específico del potenciómetro de entrada. El óptimo nivel de entrada del VFO no es simplemente la máxima entrada. El circuito tanque/filtro LC en el colector mezclador está sintonizado a la deseada frecuencia suma o diferencia. Usando las fórmulas en tu literatura CWS (Amidon) T50-6 de núcleo, calcula la inductancia necesaria para ir con tu condensador de recorte para resonar a la banda deseada, justo como hicimos atrás en el capítulo 6. Encontré que los núcleos T37 eran demasiado pequeños y no producían la ganancia por etapa que sacaba de los T50. En contraste, los núcleos T68 eran innecesariamente grandes.

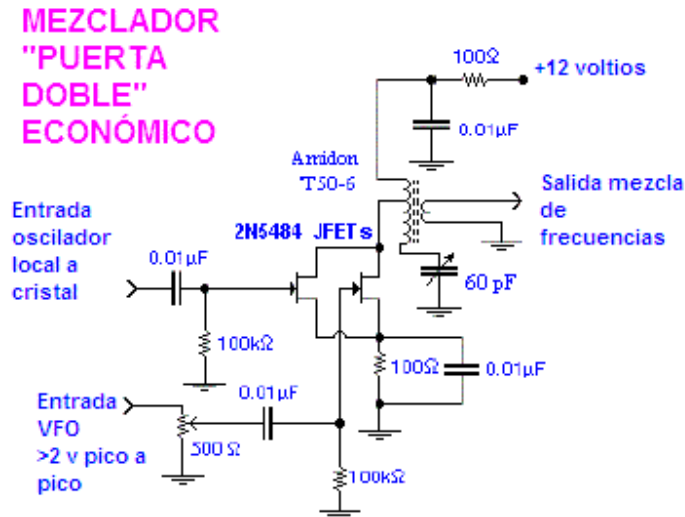
## Mezcladores MOSFET de puerta dual



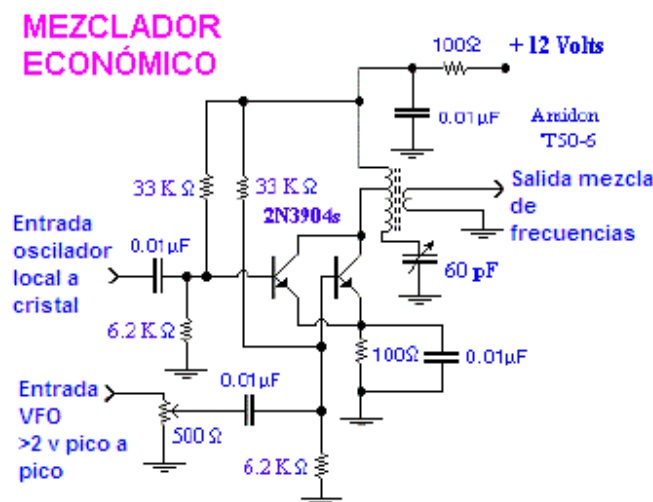
La principal ventaja del mezclador transistor bipolar mostrado anteriormente es que *es barato*. Comencé usando etapas de mezclador transistor MOSFET de puerta dual en un proyecto de receptor y los encontré superiores en varios modos. Un MOSFET de puerta dual es un pequeño transistor RF con *DOS* puertas de entrada. De otro modo, en principio una puerta dual trabaja justo como los MOSFET de potencia descritos en el capítulo 6. Ya que ambas puertas tienen pérdidas de ganancia de voltaje, señales pequeñas pueden ser usadas en ambas entradas. Encontré que cada puerta solo necesita 2 voltios pico a pico y la salida es mucho más fácil para sintonizar y filtrar. Desgraciadamente los MOSFET de puerta dual cuestan 5€ o más comparado con los 20 céntimos. Esto me salva algo de complejidad y mis posteriores conversores han usado el costoso mezclador. He usado NTE-221, NTE-222 y NTE454. Esta aplicación no es nada crítica y creo que cualquier puerta dual trabajará bien. Encontrarás que los mezcladores en receptores superheterodinos no son críticos.



## El mezclador de puerta dual económico



El “mezclador de puerta dual” de arriba está hecho de dos JFET en paralelo. Dos JFET son aproximadamente la décima parte del precio del MOSFET y resuelve el problema del coste. Como el MOSFET de puerta dual, este circuito tiene la ventaja de que ambas entradas tienen ganancia. Los dos circuitos son intercambiables para esta aplicación PMO. Estás avisado de que cuando intenté usar éste como un mezclador de receptor, este circuito JFET dual fue demasiado insensible.



Si realmente lo quieres barato, puedes usar el mismo truco con transistores bipolares en paralelo. Si ambas señales de entrada son pequeñas, ambos transistores necesitarán balance

delantero, las resistencias de 33K. Si una de las entradas es suficientemente grande, digamos 5 voltios pico a pico o mayor, no necesitarás el balance delantero para esa entrada. Este circuito debería ser bastante sensible para un mezclador de receptor. No obstante, debido a que tiene uniones PN, será más ruidoso que el mezclador MOSFET de puerta dual y no lo recomiendo para receptores.

### **Sintonía del mezclador**

Cuando aplicas por primera vez las dos frecuencias de entrada a la etapa mezcladora, el osciloscopio mostrará una forma de onda complicada, en amasijo, en el colector (o drenaje). Será imposible ver que ajuste del condensador de recorte en el drenaje es mejor. El primer paso es desconectar la frecuencia de entrada que está más alejada de la frecuencia deseada de salida. Ahora será fácil sintonizar el condensador de recorte para la máxima ganancia. Por ejemplo, en el tren de filtro de 20 metros de arriba, sintoniza el primer mezclador/amplificador para la frecuencia de cristal de 18 MHz. Cuando está sintonizado a 18 MHz, mira a ver si el condensador de recorte está cerca o a la máxima o mínima capacidad. Si la ganancia a 18 MHz es máxima cuando el condensador está sintonizado al máximo o mínimo, entonces sabes que tu bobina toroide tiene demasiadas o pocas vueltas.

Posteriormente en el capítulo del receptor (13) y el capítulo de la banda lateral (15) hay ejemplos de mezcladores de banda ancha, no sintonizados, que también podrían ser usados. Los mezcladores de banda ancha no necesitan sintonía y son menos probables que oscilen. Sin embargo, tienen menos ganancia y puedes necesitar más etapas para alcanzar el mismo nivel de potencia.

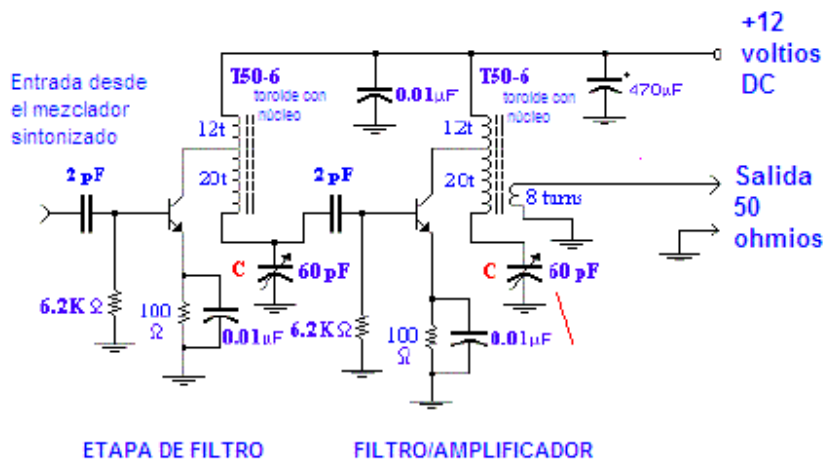
### **Filtrando la frecuencia deseada desde la mezcla**

En el drenaje (o colector) del mezclador hay cuatro componentes de frecuencia y debes filtrar la que quieres en una onda senoide pura. Usando las tablas de diseño de un manual reciente, debería ser posible diseñar un filtro pasabanda Chebyshev u otro diseño para extraer la frecuencia de aficionado de las otras tres componentes de frecuencia. Encontrarás que esto toma múltiples toroides y numerosos valores específicos de condensadores fijos. Mi solución es usar dos amplificadores agudamente sintonizados como filtros, como un amplificador IF en un receptor.

La facilidad de filtrado depende de lo alejada que está la frecuencia deseada del oscilador local y otros productos del mezclador. Por ejemplo en 14 MHz, el VFO de 4,0 MHz es el 28% de la frecuencia deseada. 14 MHz comparado con el oscilador a cristal de 18 MHz es el 77% de la frecuencia deseada. Esto es bastante próximo pero no un problema. Ahora supón que usamos un cristal de 32 MHz en 10 metros (esto es, 28 MHz). Con un VFO de 4,0 MHz, la frecuencia deseada es el 88% de la frecuencia del cristal. Encontrarás que sintonizando esto es mucho más “enrevesado” pero todavía práctico. En general, teniendo el oscilador a cristal *POR DEBAJO* de la frecuencia deseada hace más fácil la sintonía de los filtros.

## “Amplificadores filtro” pasabanda

Cada etapa amplificadora es esencialmente como el mezclador de transistor bipolar mostrado anteriormente. Sin embargo, la resistencia del emisor está puenteada con el condensador, de modo que, desde el punto de vista de la RF, el emisor está conectado a masa. El propósito del RC en serie con el emisor es estabilizar la ganancia y reducir la corriente DC arrastrada por la etapa. Puedes usar tanto amplificadores clase A como C. Suelo usar amplificadores clase A, en el sentido que la etapa está balanceada en todo momento con una resistencia de 33K, como lo que hicimos en el capítulo 6. Los amplificadores clase A arrastran más corriente que los clase C que son básicamente el mismo circuito. Sin embargo, manejan componentes de onda de cualquier magnitud. O para decirlo de otro modo, los de clase A trabajan sobre un rango más amplio de amplitudes de entrada y no introducen armónicos que deben ser filtrados.



## FILTRO PARA 20 METROS CW (14 KHz)

Una etapa amplificador/filtro de RF

Dos etapas de amplificadores filtro están mostradas arriba. Incluyendo la etapa mezcladora sintonizada, tres etapas de amplificador sintonizado fueron suficientes para cualquier banda de HF usando un VFO de 80 metros. Sin embargo, como se explicó anteriormente, cuando estás intentando separar dos frecuencias que son solo el 10% diferente, el uso de solo 3 etapas de filtros es apenas práctico. Si tienes problemas de conseguir una onda senoide pura, simplemente añade otra etapa sintonizada. (Ver el capítulo 15). Como se mostró arriba, las etapas son de clase C. Si se desea, podrías balancear adelante estos amplificadores con resistencias de 33K y convertirlos a amplificadores clase A. De este modo, podrían manejar niveles de señal más pequeños.

### Uso de pequeños condensadores de acoplamiento entre etapas

El **GRAN SECRETO** haciendo trabajar “amplificadores filtro” es **usar pequeños condensadores de acople entre etapas amplificadoras**. Nota los condensadores de 2 pF entre etapas en el diagrama de arriba. El propósito de estas etapas es **filtración, no ganancia de potencia**. El circuito LC “toca como una campana” cuando la entrada contiene una frecuencia que resuena con el circuito. Este toque exagera la componente de la frecuencia deseada. Si cargas el circuito LC intentando acoplar una potencia significativa a la siguiente etapa, es como poner tu mano en una campana sonando – el sonido será amortiguado y el efecto del filtro muere. *Para evitar amortiguar el sonido usa condensadores pequeños de 2 pF*. De acuerdo, en 80 metros puede ser que sea aceptable 5 pF. Y en 10 metros 1 pF debería ser lo mejor. Sin embargo, 2 pF trabajará sobre todo el espectro de HF. Nota que si usas grandes condensadores de acople, digamos 50 pF, esos 50 pF llegan a ser parte de la resonancia LC y dominarán la sintonía. También recuerda que la sonda de tu osciloscopio contribuye con otros 5 pF o así. Para hacer un ajuste final de una etapa filtro, debes poner la sonda en la salida de la etapa **siguiente** a la que estás ajustando. Con una etapa de filtrado después del mezclador, la forma de onda todavía se verá un “amasijo” en el osciloscopio. Pero después de dos etapas de filtrado debería ser posible a tu contador de frecuencia enganchar la frecuencia correcta. Según sintonizas el VFO, la lectura del contador debería seguir sólidamente sin patinaje ni danza de dígitos. Cuando está sintonizada adecuadamente, la onda senoide enganchará casi perfectamente en el osciloscopio después de dos etapas de filtrado. Cuando intentas primero sintonizar las tres etapas a la vez puedes frustrarte, pero mantén el intento. Cuando tu contador “engancha” la banda deseada, mira el soniquete del condensador de recorte de la última etapa con el osciloscopio mientras pellizcas todas las etapas previas para la mejor onda senoide. Nota que la perfección ocurre cuando recortas el nivel de entrada del VFO en R1. Ahora ves por qué la entrada es aplicada a través de un potenciómetro de recorte.

### Otro método – amplificadores no sintonizados y redes de filtros pasivos

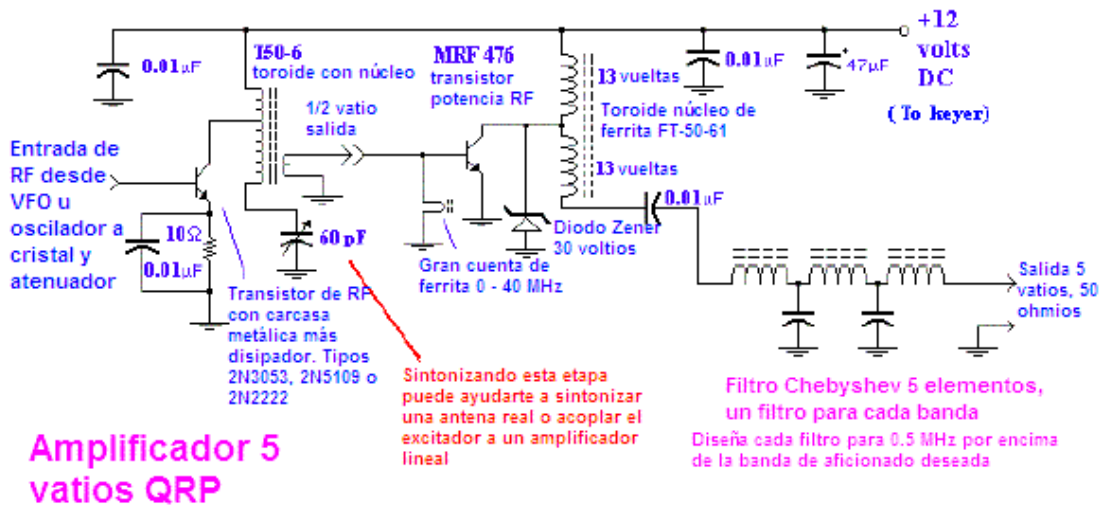
Otro esquema de circuito práctico usa amplificadores de banda ancha no sintonizados y filtros pasivos LC. Un ejemplo está mostrado en el capítulo 15, donde fue usado un transmisor simple de banda lateral. Condensando los componentes de sintonía en bloques separados de los amplificadores, llega a ser práctico conmutar filtros diferentes en el conversor y con ello cubrir múltiples bandas con un montaje de mezclador/amplificador. Cada bloque filtro está conectado al conmutador por longitudes de coaxial RG-174 apantallado.

### Donde conseguir cristales para tus osciladores locales

Si, necesitas un cristal separado para cada banda. Afortunadamente, los microprocesadores estándar de frecuencias pueden cubrir las bandas de aficionados principales (por ejemplo, 11 MHz, 18 MHz, 25 MHz, y 32 MHz cubren 40, 20, 15 y 10 metros). Mouser Electronics y Digi-Key venden estos por aproximadamente 1€ cada uno. Para las bandas WARC y 160 metros puedes tener que gastar algo de dinero o ser creativo. Como se explicó anteriormente, no uses aquellos bloques osciladores TTL. Los “cristales” resonadores

cerámicos también son una pobre idea. El desplazamiento extra no merece salvar unos pocos céntimos.

### Las etapas de amplificador de potencia QRP



Tu VFO sintoniza ahora la banda de HF que elijas. Para incrementar la ganancia de esta señal de 3 a 5 vatios, necesitarás dos o tres etapas de ganancia de potencia como se describió anteriormente en el capítulo 6. El chasis de mi transmisor tiene agujeros roscados que aceptan hasta tres tarjetas QRP diseñadas para diferentes bandas. Para cambiar bandas, muevo los enchufes de entrada y salida a otra tarjeta. Mis tarjetas QRP usan dos etapas amplificadoras de potencia. La primera es una etapa sintonizada. La segunda es un amplificador de banda ancha seguido por un filtro pasabajos Chebyshev diseñado para 50 ohmios. Este esquema se ve para combinar las ventajas de ambos sistemas. Por ejemplo, supón que conecto la salida del QRP a una carga ficticia no inductiva de 50 ohmios. Las siete tarjetas QRP que construí no tienen problema en desarrollar una onda senoide limpia en una carga ficticia. Esto es, la sintonía es fácil hasta que tengas que conectarlo a una antena real o a un amplificador final.

### Sintonizando la salida del QRP a una antena o amplificador

Supón que después de sintonizarlo con una carga ficticia, conecto el QRP al final o un sintonizador de antena. Repentinamente descubro que la salida del QRP está malamente distorsionada. La etapa de salida del amplificador de banda ancha incluso puede irse a “modo ruido”. Si hubiese diseñado ambas etapas como banda ancha, no tendría nada que ajustar. Extraño como parece, pellizcar una etapa sintonizada normalmente acoplará la etapa de salida de banda ancha a mi amplificador final. En general, a frecuencia más baja más fácil es acoplar las etapas y la antena. Acoplar 80 y 40 metros es como caerse de un

registro. 10 metros es correoso y todavía no he conseguido que mi final lineal (descrito en el capítulo 12) ponga más de 20 vatios en esa banda. Innecesario decir, estoy pasmado de individuos que construyen transmisores de UHF transistorizados.

En resumen, cuando construyes una entrada de amplificador que nominalmente está diseñada para “50 ohmios resistivos”, puedes encontrar que tiene montones de reactancia (inadvertida capacidad y o inductancia) y es bastante diferente de lo planeado. Nota que los filtros Chebyshev están diseñados para impedancias de entrada y salida específicas. En otras palabras, los filtros no filtran cuando están desemparejados.

# DISEÑOS SIMPLIFICADOS DE AMPLIFICADORES

La primera vez cuando volví a estar en el aire desde mi retiro construí un QRP que tenía 4 vatios en 15 metros. Estuve dos días contestando y llamando CQ's. Por desgracia nadie me escuchó. Gradualmente llegué a la conclusión de que el hobby del QRP es para tipos con antenas direccionales grandes y caras, no para gente con verticales y dipolos. Sin una ganancia extra de 10 dB me imaginaba mi señal QRP perdida debajo del ruido. La otra forma de obtener 10 dB de ganancia es utilizar un amplificador. En este capítulo debo describir mis esfuerzos para construir un buen amplificador lineal. Ahora que tengo potencia QRO cuando la necesito mi transmisor es un sistema de comunicaciones fiable. Si tener una señal potente te es importante encontraras que 50 vatios o más es una gran mejora sobre el QRP.

Actualmente que soy más viejo y experto considero que la baja potencia y las antenas de hilo no fueron el problema. Antiguamente nuestros receptores tenían filtros pasabandas de varios KHz, mientras que los modernos receptores suelen recibir unos pocos cientos de hercios. Cuando puse mis 4 vatios en 15 metros no tuve en cuenta que usar la banda lateral superior es el modo habitual en 20 metros y superiores. En 15 metros las otras estaciones estaban sintonizando en USB mientras yo estaba a veces batiendo a cero en banda lateral inferior. Mi receptor tenía tanto ancho de banda que no era para mí tan obvio en qué banda lateral estaba. Cuando contestaba a aquellos CQ solía estar desplazado de su frecuencia sobre 1.5 KHz.

En este capítulo describo tres diseños diferentes de amplificadores que usé exitosamente en el aire. No recomiendo construir el primero, lo describo aquí porque fue educativo. Era un amplificador clase B sintonizado. Funcionó y de él aprendí, cubriendo desde 20 a 10 metros.

Desgraciadamente era muy difícil de sintonizar. Más aún, probablemente tengas que pasar mucho tiempo buscando el condensador mariposa de doble sección que utilicé para sintonizar la salida.

El segundo amplificador es un diseño clase B sin sintonía. Funciona en todas las bandas y es recomendable solo para CW. Algún día cuando te examines para fonía en banda lateral puedes actualizarlo al tercer diseño que es un amplificador lineal clase AB toda banda.

Mejor que solo leer las características finales del montaje puedes aprender algunos trucos siguiendo mi odisea de como conseguí construir un amplificador lineal real.

### **La aventura de montar un amplificador de 50 vatios**

Comencé mi proyecto QRO buscando en mi Handbook ARRL de 1998 proyectos de montaje para amplificadores lineales. Encontré tres ejemplos de amplificador lineal, uno de ellos "Un amplificador HF de 50 vatios" tenía un complejo esquema de dos páginas. Los otros dos estaban enterrados en diagramas de elaborados transceptores que parecían más "ilustrativos" que algo que fuera capaz de montar. Casi podía oír una gran voz de barítono diciendo "Por su propia seguridad no construya esto en su casa".

Estudí cuidadosamente el proyecto del amplificador lineal de 50 vatios, usaba una pareja de transistores MRF-477 que busqué en mi catalogo de componentes RF. Allí decía "llame para precio".

Fue ominoso, la contestación fue que la pareja costaba 45€ También estaba preocupado por todos esos sistemas que protegían los transistores contra sobreexcitación, exceso de SWR, contra excesos de

tensión de colector y contra embalamiento térmico. Además tenía al menos tres tipos de compensación por realimentación de frecuencia. Resumiendo, el esquema parecía decirme que los transistores de alta potencia de RF eran extremadamente frágiles.

El artículo me dio la impresión de que si todos estos circuitos de protección no funcionaban correctamente la primera vez que lo pusiera en marcha mis apreciados transistores podrían volverse tostadas antes de que pudiera decir “borrado expeditivo”. Nunca había construido un amplificador RF transistorizado antes. Mis proyectos previos comparables solo eran unas fuentes conmutadas de 100 y 300 vatios, y hasta que funcionaron devoré como palomitas de maíz numerosos transistores de 20€. Tenía muchas dudas con el proyecto.

Lo replanteé con el Handbook de 1979 y encontré un proyecto de amplificador lineal más primitivo, Este también tenía protección térmica, pero no parecía hacer un buen trabajo con lo concerniente al sistema de ajuste del medidor de potencia bidireccional. La característica más racional era que los transistores MRF-454 eran los más baratos disponibles, sobre 13€ la pareja. Estos transistores eran grandes, fuertes y dispuestos a disipar una gran cantidad de calor. Solo en esta ocasión compré dos transistores extra.

En este punto puedes pensar,” ¡Aún a 13€ son unos transistores caros! ¿Por qué no usa unos transistores más baratos adecuados a los niveles frecuencia y potencia?”. La respuesta es que el MRF-454 produce alta potencia con 12 voltios de alimentación. Seguro que si estas pensando construir una fuente de alimentación DC a 48 voltios y 200 vatios podrá encontrar docenas de transistores baratos que funcionarán.

### **Características básicas de un amplificador lineal moderno**

Un moderno amplificador final “lineal” de radioaficionados tiene seis características básicas:

**Primero** Dos transistores de potencia excitados mediante un transformador con toma central. El transformador está bobinado de manera que activa un transistor con la mitad de la onda senoidal mientras el otro está inactivo. Durante el siguiente ciclo el primer transistor se apaga mientras el segundo se activa.

**Segundo** Es un diseño clase B trabajando en “push-pull”. Una de las ventajas de la clase B es que cuando no hay RF en la entrada ambos transistores están casi completamente apagados. Esto significa que no se calientan y no desperdician energía. Aun trabajando con polarización de “bias” para hacer el amplificador lineal es necesario muy poca polarización y la eficiencia se aproxima al 50%. También la clase B tiende a cancelar los armónicos pares.

**Tercero** Los transistores deben estar refrigerados con radiadores grandes. Los transistores de gran potencia están diseñados para ser atornillados en un radiador. Tienen soportes de metal con agujeros de montaje para este fin. Para un amplificador de 100 W el radiador es un gran perfil de aluminio quizás de cinco o seis pulgadas de lado. Los radiadores suelen tener múltiples ventiladores de  $\frac{3}{4}$  de pulgada de altos.

**Cuarto** La salida de los dos transistores ataca a un segundo transformador de alta inductancia con toma central y banda ancha. Ya que este segundo transformador no tiene sintonía es posible amplificar CUALQUIER SEÑAL RF en un rango de frecuencia muy amplio. Dependiendo del diseño adecuado del circuito y la pureza de la señal de entrada saldrá una onda senoidal pura. La parte problemática de este diseño es que, si cualquier ruido o “onda compleja” es introducido en el circuito el amplificador puede distorsionar y producir ruido de banda ancha. Más sobre este problema después.

**Quinto** Un amplificador lineal no esta trabajando en “clase B” pero seguro que trabaja en “clase AB”. Esto significa que una pequeña cantidad de tensión de polarización se inyecta en las bases de



ambos transistores para mantenerlos activos siempre. Teniendo los transistores ya activos responden instantáneamente con una pequeña señal en sus bases. Sin esta polarización “bias” la señal de entrada debe superar un límite de disparo antes de que el transistor se active.

**Sexto** Un filtro pasabajos limita componentes de frecuencia en la onda de salida.

En otras palabras, el filtro suprime armónicos. Con esto si tú estás transmitiendo en 40 metros nadie será capaz de escucharte en 20 o 10 metros. Cada banda de trabajo necesita un filtro separado que recorte los armónicos que se podrían radiar a frecuencias más altas. Puedes conseguirlo usando los mismos filtros para 12 y 10 metros y para 15 y 17 metros. Yo construí mis filtros con trozos pequeños de circuito impreso que conecté verticalmente en una placa base con conectores para circuito impreso. Usé varios pines del conector en paralelo para mantener la inductancia de conexión lo más baja posible.

---

### **Parecía más fácil en el Handbook**

Cuando comencé mi trabajo construí el lineal tan exacto como pude del dibujo del Handbook 1979, pero como suele ser habitual tuve que substituir algunas piezas. Después de que había comprobado cuidadosamente el circuito regulador de la tensión “bias” de la base de los transistores con pies de plomo conecté los 12 voltios a los transistores de potencia. Sin ninguna excitación de RF a la entrada los transistores inmediatamente se activaron consumiendo una gran cantidad de corriente. ¡Ooops, Algo debe estar equivocado en el circuito de polarización! Pronto descubrí que NINGUNA polarización “bias” causaba la conducción de los transistores. Obviamente el tipo que diseñó este amplificador usaba MRF-454 y era diferente al mío.

Después desconecté el circuito de “bias” y lo alimenté otra vez. En otras palabras, esperaba que podría funcionar como un “tipo de lineal” amplificador clase B sin sintonía. Esta vez por lo menos los transistores no se activaron. Inyecté una señal de RF en la entrada y observé que el amplificador estaba trabajando en lo que yo llamo “modo ruido”. Como sabes se supone que los lineales funcionan como un amplificador HI-FI. Sin ningún criterio amplifican cualquier señal y frecuencia que le inyectas. Si pones en la entrada una señal en 80 metros o en 10 metros supones que a la salida la tendrás en 80 metros o 10 metros amplificada.

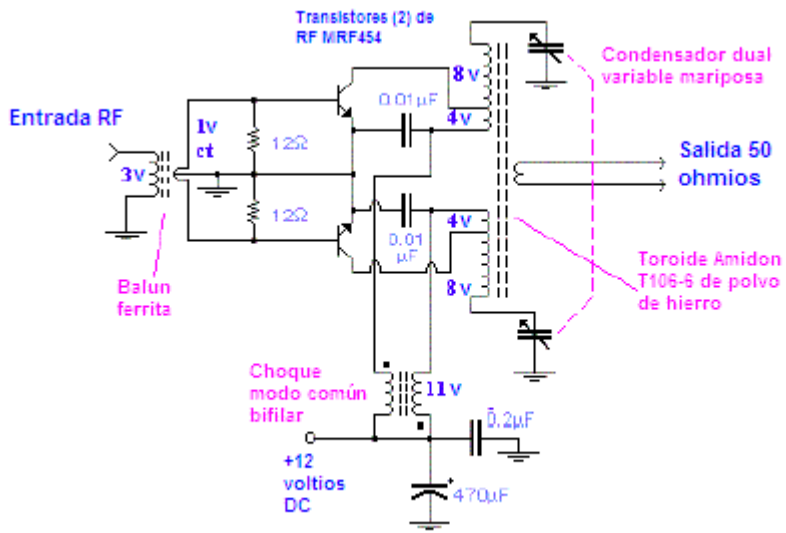
### **Modo Ruido**

Un desafortunado modo de operación para un lineal es como “generador de ruido HF de banda ancha”. Si introduzco una onda limpia senoide de 5 vatios filtrada obtengo una ráfaga de ruido en banda ancha que hace que mi radio FM ruja como una cascada de agua. Usando un osciloscopio a través de una resistencia de carga la forma de onda parece hierva bailando en un tornado. Mi nuevo amplificador tiene una potencia de salida terrorífica, por desgracia muy poca potencia está en la frecuencia deseada.

### **La clase B es más fácil**

Concluí que mi lineal tenía al menos dos problemas fundamentales. Ya había encontrado el “modo ruidoso” mientras estaba montando mi primer QRP en 15 metros. En aquel tiempo no encontré muchas curas para este desastre, aun con potencias de milivatios. Por esto no era optimista en solucionarlo con un nivel de 50 vatios. Estaba cansado de no tener funcionando mi transmisor y decidí comenzar otra vez construyendo un amplificador SINTONIZADO clase B sencillo. Por supuesto uno clase B

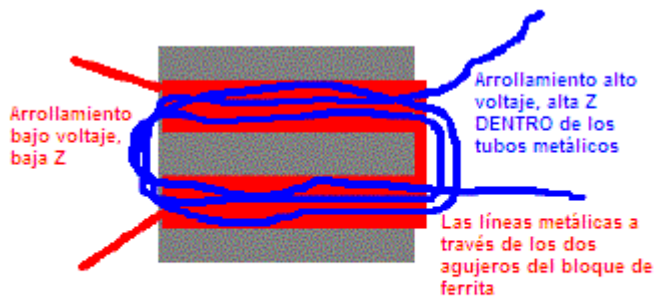
sintonizado podría trabajar en dos o tres bandas sin cambiar el transformador de salida ni el condensador de sintonía. De todas formas era mejor que no estar en el aire en meses, posiblemente.



Amplificador #1, un simple amplificador clase B sintonizado, funciona pero no lo recomiendo.

El clase B sintonizado funcionaba de maravilla. El único problema que encontré fue conseguir que el transformador de entrada adaptara adecuadamente y proporcionara la gran corriente de excitación requerida. Después de dos fallidos intentos bobinando transformadores de entrada con toroides de hierro en polvo, probé transformadores de balun en ferrita. ¡Un éxito! Los transformadores con balun de ferrita son verdaderamente diferentes de los toroides de polvo de hierro. Adaptan la baja impedancia de los transistores de potencia donde ningún otro puede. Al menos ALGO del lineal funcionaba.

**Transformadores balun de ferrita.**



**TRANSFORMADOR BALUN**  
(Sección para mostrar la construcción)

Recuerdo el transformador balun de ferrita como dos largas piezas situadas lado contra lado. Las piezas eran dos cilindros agujereados hechos con ferrita de alto AL, por esto cuando una bobina es devanada a su alrededor la ferrita produce una gran inductancia con muy pocas vueltas. A veces las dos piezas están formadas por un simple bloque de ferrita con dos agujeros cilíndricos en paralelo a lo largo del bloque. En principio el transformador es como los transformadores que hubieras visto antes, esto es, consiste en dos bobinados en el mismo núcleo de hierro. La impedancia alta; el bobinado de más voltaje, tiene más espiras, solo son 3 o 4 vueltas de hilo esmaltado pasando por los agujeros de ambas piezas. De momento esto es bastante normal.

Lo complicado es el bajo voltaje, el bobinado de baja impedancia. Lo que no he mencionado aún es que por los centros agujerados de las dos piezas esta alineados dos tubos de metal no ferroso. La alta impedancia, el bobinado de alto voltaje pasa a través de estos tubos. En una punta del montaje los dos tubos están conectados eléctricamente por eso forman una “U” pasando a través de las dos piezas. Esta “U” completa es el bobinado de baja impedancia. Como cualquier bobinado de transformador tiene dos cables de salida y son las dos patas de la “U”. La toma central del bobinado de baja impedancia es la conexión entre los dos tubos, a la derecha en el dibujo superior. Esto es, la parte de abajo de la “U” está conectada a la masa de la placa de circuito impreso. Los dos extremos de los tubos van balanceados a la baja impedancia de las bases de los transistores.

Para el transformador “balun” de entrada, yo hice la “U” de la malla tubular del conductor exterior de un trozo de coaxial RG-174. Forcé unos agujeros en los lados del cable de malla exterior para permitir que el cable aislado del secundario entre y salga a través de la malla entubada. Esto es complicado de hacer y tendrás que probar un par de veces. Yo usé cable multihilo con aislamiento de Teflón para el bobinado secundario para asegurarme que no pudiera haber cortocircuitos entre primario y secundario. Compré las pequeñas ferritas del balun de entrada en CWS Bytemark. Estas pequeñas ferritas consisten en un bloque de ferrita plano con dos agujeros paralelos moldeados a lo largo de la dimensión más larga.

### **El clase B funciona pero no lo recomiendo**

El esquema de clase B sintonizada lo vimos antes. Dependiendo del rango del variador, condensador variable dual, puede sintonizarse entre 10 y 20 metros. Estuve en el aire y hablé con mucha gente con mi clase “B” de 50 vatios. Estaba encantado, pero cuando cambiaba la frecuencia más de 50 KHz tenía que resintonizar el amplificador. Usando un osciloscopio, mi procedimiento era sintonizar el amplificador y un Transmatch tipo T a máxima amplitud con mínimos restos de baja frecuencia. En sintonía producía una clara senoidal de salida y no podía ver ninguna evidencia de defectos en la polarización “bias” que estuvieran distorsionando la salida. Solo para estar de lado más seguro, pasé la salida a través del filtro pasa bajos TVI descrito en el capítulo 9. Este filtro TVI (interferencias en televisión) está diseñado para trabajar en todas las bandas HF porque corta por encima de 10 metros. El transmisor trabajaba un poco caliente y no quemó ningún transistor, Aunque había omitido todos aquellos exóticos circuitos de seguridad.

La desventaja de mi clase “B” sintonizada era que era muy engorroso y tendía a irse de sintonía cuando declinaba el voltaje de la batería. La mejor razón para no construir uno es que el amplificador clase “B” sin sintonía descrito abajo funciona mejor y no tiene componentes difíciles de encontrar.

## UN CLASE B, SIN SINTONIA, TIPO-DE-AMPLIFICADOR LINEAL

### Episodio dos de la saga amplificadores de potencia

15 metros estaba muerta por las tardes por lo que quería estar en 40 metros. Mejor que construir un nuevo Clase "B" sintonizado solo para 40 metros volví a trabajar en el lineal. Primero encargué un manual de características de los transistores RF de Motorola. Cuando tuve el manual, descubrí que el MRF-454 era el único transistor de su clase que NO ESTABA recomendado para operación lineal. El manual no decía por qué no lo era, pensé. "No me asombro que el MRF-454 sea tan barato y no me asombro que no funcionen con polarización de "bias". Cogí mi catálogo de RF Parts Company y busqué precio de todos los transistores RF recomendados para trabajo lineal. Eran todos mucho más caros que el MRF-454, pero cogí el más barato y encargué una pareja pareada de MRF-422. La salida de los transistores pasa a través de un gran transformador "balun" de ferrita. Montajes de transformadores "balun" de ferrita también están disponibles en RF Parts Company. Yo he usado versiones de una pulgada y de 1,5 pulgada (PN# T1 & T1.5). Ambos parecen trabajar bien sin ningún síntoma de saturación.

Cuando llegaron mis nuevos transistores, los puse en el lineal... y funcionaron, igual que los MRF454. Yo añadí resistencias a las bases con menos y menos valor hasta que los transistores dejaron de funcionar. Por supuesto en este momento tenía salida RF cero. Aparentemente la polarización "bias" funcionaba para todos también, pero las leyes de la física eran diferentes en mi casa.

De todas formas, si no estás planeando ir a SSB (voz) realmente no necesitas un amplificador lineal. Antiguos amplificadores clase B o clase C funcionan bien en CW.

### Problemas con filtros de salida Chebyshev

Volví a probar otra vez mi amplificador "lineal" clase B sin sintonía. Como antes, solo producía ruido de alta potencia. Observé con cuidado mi filtro de salida Chebyshev. ¿Dónde tenía algún tipo de defecto? Los construí de los esquemas de amplificadores lineales del Handbook 1979. Había seguido las instrucciones de bobinado exactamente usando el mismo núcleo toroide CWS (Amidon) 106-6. Para probar el filtro Chebyshev de 15 metros, lo sustituí por el filtro pasa bajos TVI de mi amplificador clase B sintonizada que funcionaba.

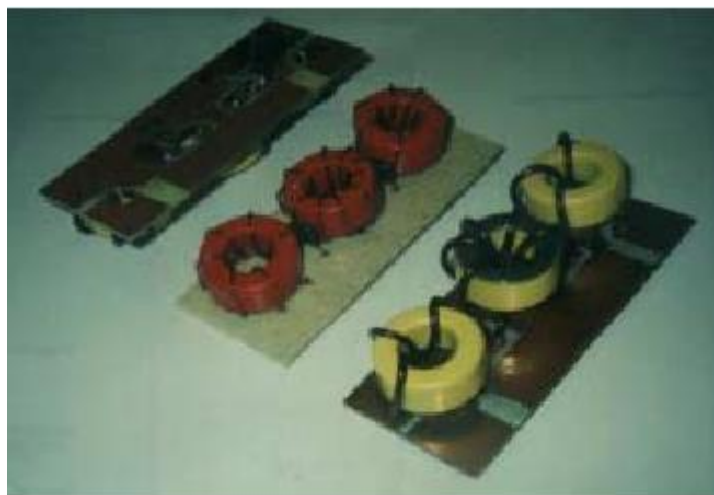
Debería funcionar bien, pero inesperadamente, el antiguo Clase B sintonizada entro en modo ruidoso, exactamente igual que el nuevo. Muy poca potencia llegaba a la carga ficticia y el núcleo del filtro se calentaba bastante. Algo estaba erróneo en el filtro.

Aparentemente los valores de componentes o las espiras de la bobina listados en la otra tabla estaban totalmente equivocados. Usé las tablas de diseño Chebyshev del ARRL Handbook 1998 y volví a diseñar mis filtros conectables. Usé el procedimiento descrito para hacer un filtro paso bajo de 5 elementos que previamente describía en el capítulo seis. La diferencia principal entre el filtro QRP y filtro del gran amplificador es que para 100 vatios necesitas grandes núcleos de polvo de hierro. Mejor que el T50-6 usé el T106-6. Para 40 metros e inferiores podrías usar núcleos T106-2.

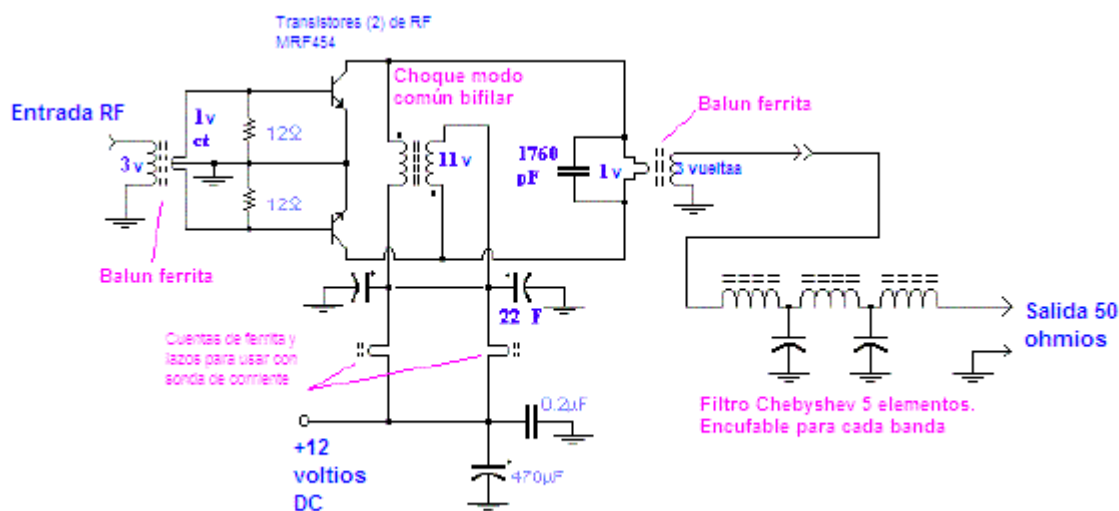
Volviendo a las instrucciones del manual 1979 donde las tablas de filtros descritos eran más apropiadas para varias bandas por debajo de cada banda listada. Por ejemplo el filtro de 15 metros estaba diseñado a la derecha de los 160 metros, y así todos. El filtro de 160 metros podría haber sido correcto para las frecuencias de transmisión de los submarinos nucleares.

Comprobé el filtro de 15 metros rediseñado en mi viejo amplificador... funcionó perfectamente ¡Progresaba! Después puse el nuevo filtro en el nuevo lineal y contuve la respiración. Fíjate... todavía funciona en modo ruido. Estaba loco. Cogí la cuchilla de cortar paneles y corté las pistas de circuito

impreso de las bases de los transistores. Ahora estaban libres de toda red R-C-L de compensación de frecuencia traga-todo. Conecté las bases igual que en el lineal sintonizado clase B. Todo lo que puedo decir funcionó perfectamente. Saca 100 vatios con una preciosa onda senoidal y no queman los transistores. Solo consigo 50 vatios en 15 metros porque el excitador no es muy potente. Pronto trabajé docenas de estaciones en 15 y 40 metros consiguiendo excelentes reportes de señal.



Filtro pasa bajos Chebyshev para un clase B sin sintonía. Conectan median un conector borde de tarjeta



Amplificador #2. Un amplificador simple clase B sin sintonía.

¿Por qué no necesito caprichosos lazos de realimentación para compensación en frecuencia? La respuesta puede ser que estoy excitando mi lineal con transmisores QRP completos que disponen de su propio filtro de salida Chebyshev. En otras palabras, la señal de entrada es bastante pura. He observado que cualquier defecto en la señal de entrada es grandemente reproducida a la salida. Aun sin polarización “bias” para hacer clase AB, es un alto grado HI-FI.

Después de toda mi preocupación, nunca quemé ningún transistor. Una vez estaba comprobando mi lineal a 80 vatios de salida. Estaba mirando felizmente el osciloscopio cuando olí algo quemándose. Oops! Había olvidado atornillar el gran radiador detrás. Apagué el lineal y no hubo ningún daño. Los transistores de potencia RF no son tan frágiles después de todo.



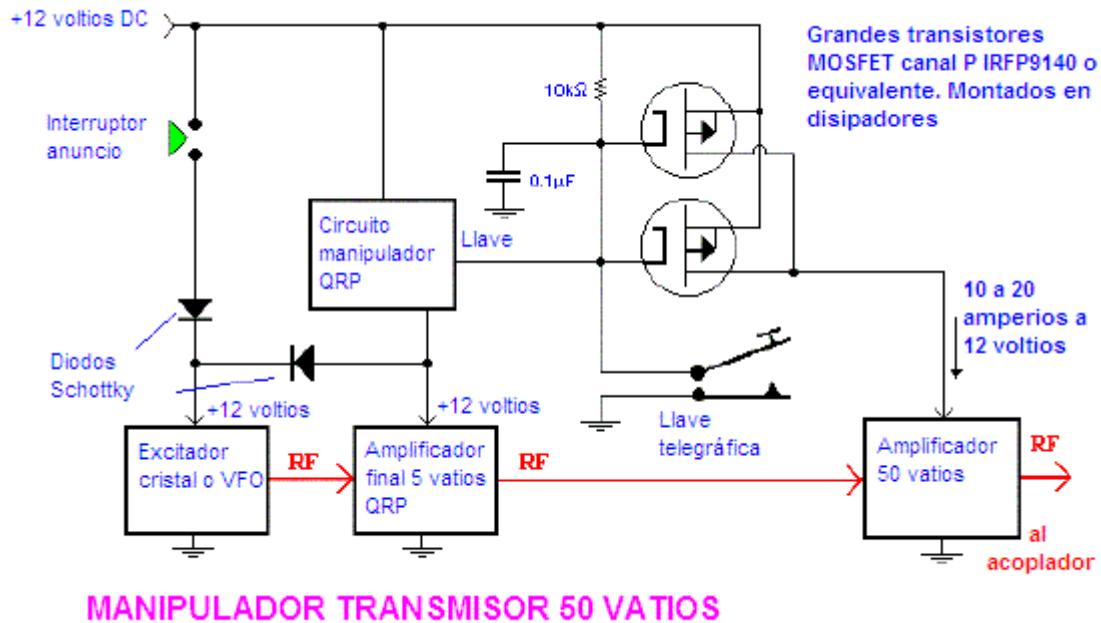
El amplificador lineal completo. El filtro de 15 metros esta conectado a la salida.

### **Puedes estar usando un filtro pasa bajos adecuado**

Ocasionalmente he tenido problemas cargando antenas en 17 metros y superiores. Hasta con el acoplador T-mach descrito en el capítulo 9, a veces no pude obtener una buena señal senoidal en el cable de antena. La onda estaba contaminada con modulaciones de baja frecuencia y el frecuencímetro usualmente leía por debajo y no enganchaba. En ocasiones he sido capaz de corregir el problema usando el filtro de salida de la siguiente banda más alta que la que le correspondía. Por ejemplo, si no podía cargar con el filtro de 15 metros correcto, a veces podía cargar bien con el filtro de 10 metros.

Finalmente me sucedió que ya estaba usando el filtro TVI pasa bajos multietapa con corte en 30 MHz descrito en el capítulo 9. Por lo tanto, para esta banda alta el filtro final de 10 metros era redundante. Construí un filtro “blanco” que era solo un trozo de RG-58 que unía un extremo con otro el conector para placa circuito impreso (borde de tarjeta). En suma, usando un filtro TVI de esta forma es otra alternativa para tu bolsa de trucos.

## Conmutando el amplificador lineal de 50W



Cuando comencé a usar mis finales, los mantenía conectados todo el tiempo. Esto es, cuando una señal aparecía en la entrada el final se supone que la amplificaba. Si no había entrada al amplificador, no debería haber nada en la salida. De esta forma, puedo dejar la alimentación de 12 voltios conectada en todo momento. Desafortunadamente, en ocasiones todo el lineal podría autooscilar en alguna frecuencia aleatoria fuera de las bandas de radioaficionado. Solía tener dos o tres exitosos QSO sin problemas. Entonces inesperadamente, no pude determinar la razón, comenzaban las oscilaciones.

He oído que los profesionales resuelven este problema cargando la entrada del amplificador final con una resistencia, quizás tan baja como 100 o incluso 50 Ohms. No he experimentado demasiado con esta opción, pero estoy seguro que esto reduce excitación al amplificador y reduce mi potencia de salida. Si yo fuera tú, experimentaría algo más con esta opción barata. De todas formas si no deseas experimentar siempre puedes reconsiderar mi circuito conmutador mostrado arriba.

Mi solución fue construir una versión gigante del mismo conmutador MOSFET que usé para conmutar mis módulos QRP. Naturalmente tuve que usar MOSFET canal-P homogéneos con baja resistencia de conmutación. Refiriéndome a la figura superior, el manipulador telegráfico tira de las puertas MOSFET a masa activándose y alimentando el amplificador. Los MOSFET están montados en una pequeña y gruesa hoja de aluminio de 1/8 pulgada con un ángulo atornillado al fino chasis de aluminio. Esto es suficiente para disipar el calor. Aun con gran carga de corriente no he notado que los MOSFET lleguen a estar calientes al tacto.

### ¿Que más debo aprender?

1. El ARRL Handbook es excelente pero ocasionalmente tiene errores de impresión. No creas todo lo que lees en una lista de componentes.

2. Entiendo la necesidad de polarización “bias” para la clase A. En la práctica, usada para CW no la necesitas. De todas formas, era misterioso como los expertos lo hacen sin embalamiento. En mi experiencia, los transistores se disparaban instantáneamente con el primer miliamperio de polarización “bias”. Esto ocurría aun con los transistores fríos como piedras. No tenía nada que hacer con el defecto de realimentación por temperatura, ya que no había tiempo de calentamiento para que ocurriera. Más aún, el embalamiento no estaba relacionado con la excitación RF, porque ocurría con o sin entrada RF.
3. Los transformadores “balun” de ferrita son pulcros, producen un acoplamiento ajustado a baja impedancia real y no necesitan sintonizar.
4. Si tu filtro de salida Chebyshev no funciona a la primera, comprueba cuidadosamente cortocircuitos por salpicaduras de estaño en la placa de circuito impreso. Si estas seguro que tendría que funcionar, pero no lo hace, mira la tabla de diseño en un ARRL Handbook reciente y rediseña el filtro tu mismo comenzando desde el principio. Si todavía no funciona prueba otro tamaño de núcleo.
5. Un filtro Chebishev en un excitador QRP trabajaba pobremente cuando lo diseñé con núcleos T68-6. Pero el mismo filtro trabajó de maravilla rehaciéndolo usando núcleos más pequeños T50-6. Lo siento pero no tengo idea de porqué. A veces ayuda tener la mente abierta y probar cosas que pueden parecer tontas. ¡La persistencia es tu última arma!
6. Finalmente, me parece que mucha de la complejidad en recientes diseños de QST y QEX es maravillosa en teoría, pero a veces innecesaria en la práctica. Los tipos que escriben estos artículos están sobreeducados. Su sofisticación a veces nos disuade. No les dejes “llover sobre tu desfile”. Diseñalo simple y desde aquí trabaja mejorándolo.

.....

## UN AMPLIFICADOR LINEAL, ESTA VEZ... SEGURO

### Añadiendo “bias” lineal al amplificador clase B

Como expuse arriba, estaba preparado para conectar mi amplificador final como un Clase B sin sintonía, pero cuando aplicaba el DC “bias” para hacerlo “lineal” el amplificador se embalaba. Esto es, consumía gran cantidad de corriente y fundía los fusibles. Al final, lo dejé como amplificador de banda ancha clase B. Clase B amplifica ambas semiondas de la onda senoidal de excitación, pero hay una pequeña no-linealidad y cross-over. Pero ¿quién controla si es o no clase AB? Al final de mi proyecto estaba feliz trabajando gente en CW y siempre usaba un filtro pasabajos para suprimir armónicos. Por eso ¿cual es el lío sobre amplificadores “lineales”? ¿Seguro que necesitaba uno?

### BANDA LATERAL NECESITA LINEALIDAD

Eventualmente llegué a cansarme con la CW en HF y construí un excitador en SSB. Alimenté de voz inglesa en SSB mi “casi-lineal” clase B. Todo lo que salió fue picos de voz. Sonaba como un lenguaje Africano click. No podía entender la voz pero finalmente capté el mensaje: La principal virtud de los lineales para banda lateral es que amplifican igual todas las amplitudes. Si, los lineales también amplifican todas las frecuencias igual. Son un tipo de “RF HI-FI” pero la parte de banda ancha no es tan importante. Un amplificador BLU solo tiene que amplificar una señal de 3KHz. de ancho. En teoría al menos, un clase A sintonizado debería trabajar bien en SSB, aunque tuviera que resintonizarlo cada vez en QSY cada cien KHz.



Cuando amplificadores clase C o clase B operan en CW, una gran señal de excitación entra en las bases del amplificador final y consigues una gran y constante señal con ganancia de 10 Db sobre la entrada. La gran señal de excitación sobrepasa el voltaje necesario de polarización de los transistores de salida en un amplio margen. El amplificador solo trabaja en una amplitud, por eso el problema del voltaje de disparo no se acusa.

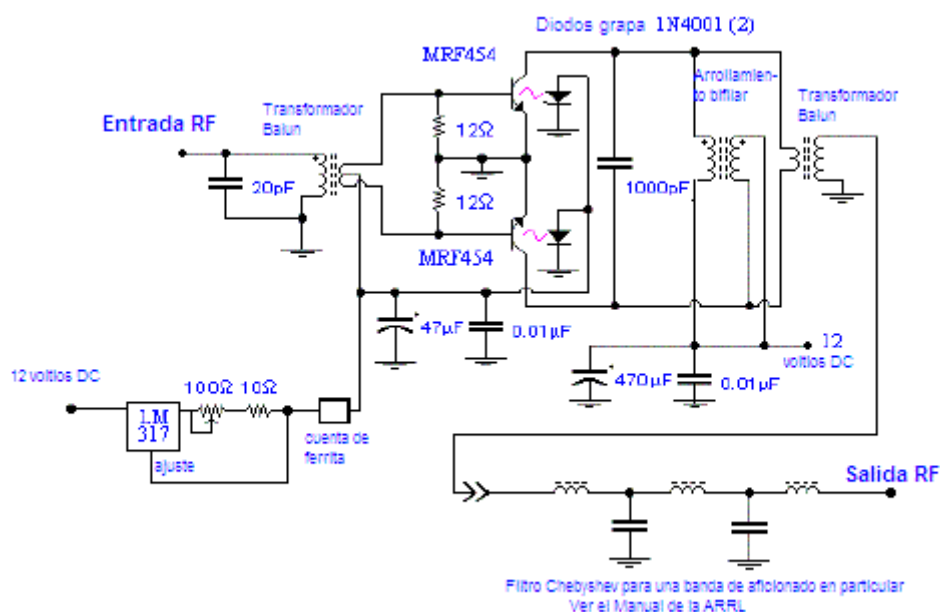
### ¿Por qué SSB necesita una linealidad cuando con modulación AM era tan fácil?

La banda lateral es diferente. La salida de un excitador SSB tiene un rango de amplitudes y todas deben ser amplificadas por igual. A primera vista SSB no parece tan distinta de AM. Pero ¿por qué era la fonía en AM tan sencilla en los viejos tiempos? Los moduladores de amplitud normalmente modulaban el paso final, no el excitador. Para AM sintonizábamos la lampara final en CW, luego modulábamos la tensión de alimentación, la reja pantalla o el cátodo de la lampara amplificadora final con audiofrecuencia. La final actuaba como un mezclador que producía frecuencias suma y diferencia. Sin un gran esfuerzo de ingeniería producíamos dos bandas laterales de audio frecuencia adicionadas a la portadora original RF.

La gente que podía conseguir grandes transformadores de modulación AM modulaba la fuente de alimentación del paso final. Los menos pudientes modulábamos la reja pantalla o el cátodo de nuestra lampara final.

De cualquier forma, estábamos modulando la ganancia del amplificador final, no la señal de excitación. Ahora pensando en esto, creo saber que algunos usaban AMPLIFICADORES LINEALES para elevar la potencia de sus excitadores AM de baja potencia. La niebla se disipa. Sí, puedes transmitir en AM con clase B o incluso con clase C, pero no puedes amplificar una señal de excitación de bajo nivel AM o SSB sin un lineal.

### Polarizando un amplificador lineal sin embalamiento térmico



Amplificador #3. Un amplificador lineal push-pull

Arriba muestro el amplificador lineal completo. Abajo a la izquierda el circuito de “bias” que dejó resuelto mi problema de embalamiento y me dio la amplificación lineal que necesitaba. Encontré este circuito de “bias” escondido en un gran esquema describiendo un transceptor comercial en el ARRL Handbook 1998. Este decepcionantemente simple circuito controla tres funciones:

- Provee una ajustable y constante corriente DC “bias” a las bases de los transistores
- Diodos (1N4002) derivan las bases a masa, limitando el nivel que el voltaje de bases puede alcanzar
- Los diodos se calientan con el transistor y provee compensación por temperatura.

Un regulador de voltaje LM317 se usa como fuente de corriente ajustable para alimentar con 100 miliamperios estables a las bases de los transistores de potencia. El LM317 es un regulador de 1.2 volt de tres terminales. La salida del regulador pasa a través de una resistencia para ajustar la corriente. El voltaje que cae en la resistencia se monitorea por la pata “ajuste” del regulador por lo que el voltaje a través de la resistencia se mantiene constante a 1.2 voltios. El regulador está aislado de RF por una gran cuenta de ferrita atravesada por un corto trozo de cable. El resto del circuito es casi idéntico al final del transceptor SSB del ARRL Handbook 1986. EL condensador de 1000 pF entre los colectores se haya en todos estos circuitos push-pull. No se que se supone que hace.

### **Diodos recortando previenen el embalamiento**

La parte crítica del circuito “bias” son los dos diodos rectificadores que recortan el voltaje de base ( $V_{be}$ ) a masa. Su función más importante es que instantáneamente regulan el voltaje de base a menos de 0.8 voltios, como un diodo zener. Limitan el máximo nivel del voltaje de polarización de los transistores cuando cae por que todo el montaje comienza a calentarse. Tal como la excitación del transistor se incrementa, el voltaje DC base-emisor de los transistores de salida sube lo que causa que el colector consuma intensidades muy muy grandes. Por ejemplo, operando en banda lateral, la tensión DC de las bases sube sobre los 0.8 voltios en los picos de la voz. Si le dejáramos subir a 0.9 o 1.0 volts puede ocurrir el enbalamiento.

La segunda función de los diodos es que cambian con la temperatura y automáticamente compensan el incremento de temperatura. Están fijados a sus respectivos transistores por lo que están en contacto térmico con el cuerpo del transistor. Tal como los transistores y sus diodos apegados se templan, el voltaje de polarización que atraviesa los diodos *decrece* con los incrementos de temperatura. En frío, los picos  $V_{be}$  pueden comenzar a 0.8 voltios, pero como los transistores se calientan, los picos de voz en  $V_{be}$  intentarían subir todavía más. Por eso, bajo el mismo nivel de corriente “bias”, pero a alta temperatura, el diodo recorta voltaje y típicamente puede caer desde 0.8 a 0.7 o incluso menos. El decremento de voltaje “tira” de la tensión de base previniendo el enbalamiento. Manteniendo activado el “key” en transmisión, puedo ver la tensión DC de base caer lentamente mientras la corriente total de todo el amplificador está constante.

La diferencia entre este circuito “bias” y los que probé anteriormente es que no tenían diodos de recorta. Sí, había un diodo de referencia montado en el radiador para la compensación de temperatura, pero mis transistores de salida se embalaban inmediatamente antes de que la temperatura pudiera subir. Una fuente de corriente con compensación de temperatura no tiene la función de recorte automático.

## Construcción mecánica



El amplificador lineal de 50 vatios.

Nótese el gran transformador de salida con “balun” de ferrita en el centro del montaje. El circuito “bias” está a la derecha atrás. También observa como los diodos de recorte de base están fijados a lo largo de los transistores de salida por lo que cualquier calentamiento del transistor será pasado al diodo.

El módulo amplificador completo está hecho en una placa de circuito impreso a doble cara atornillada por detrás de un gran radiador. Las principales pistas de RF son más anchas, sobre 3/8 pulgada o más, para mantener la inductancia baja. Este es un simple circuito y todas las pistas fueron recortadas en la placa con una pequeña cuchilla. Es vital que las pistas de colector y emisor se posicionen de forma que sean simétricas e iguales en todos los sentidos. De otra manera, un transistor tendría una pista con más capacitancia e inductancia que el otro. Los transformadores de entrada y salida son tipo “balun” y han sido descritos anteriormente.

La entrada viene a través de un conector mini-UHF. Los pequeños conectores RF mini-UHF son los únicos abordables que he encontrado. Un par a 5€ son caros comparados con los conectores de audio. Pero si pagas a 12€ el par de conectores SMA, SMB o SMC, 5€ parece barato. El conector de salida es un gran UHF SO-239 que, bastante extraño, han sido siempre asequibles. Para alta potencia, >5 vatios, sugiero evitar conectores como los usados en audio que no están diseñados para potencia en RF. Puedes usar ocasionalmente conectores de audio en 20 metros y por debajo, pero las ondas estacionarias harán dificultoso o imposible la sintonía del amplificador en 10 metros. También, si planeas amplificar banda lateral con él, es una buena idea construir un blindaje ajustado a la parte superior de la placa.

Yo construí el filtro Chevyshev para el lineal en una placa de circuito impreso separada que conectaba en la placa del lineal con un conector borde de tarjeta. Para mantener la inductancia baja, soldé ocho pines del conector en paralelo en cada extremo del conector y el resto de los pins los usé para masa. Para cambiar bandas conecto otro filtro pasabajos. Si quieres puedes usar pequeños relés reed para conmutar los diferentes filtros. Personalmente me gusta el viejo sistema de enchufar bobinas.

## En conclusión

Yo hablo con gente en banda lateral y parecen comprender lo que estoy diciendo. Si mi final no estaba cerca de “lineal”, no podrían tener una comprensión de la palabra. Al final fui capaz de construir un

lineal usando transistores MRF-454 baratos, Tal como el Handbook decía-aunque su remendado circuito “bias” no funcionó.

Cuanta potencia entrega el amplificador lineal depende de cuanta potencia pongo en la entrada y en qué banda estoy. No todos mis excitadores QRP son igual. En 10 metros solo consigo 20 VATIOS, mientras que en 40 y 80 metros obtengo más de 120 VATIOS. Como es usual, es más fácil en frecuencias bajas. La eficiencia es sobre el 50 % .Por ejemplo, para obtener 120 VATIOS necesito consumir 18 amperios de la batería.

Hummmm... Ahora que funciona, me pregunto ¿qué ocurriría si desueldo los diodos de recorte de la base? Debería embalsarse por supuesto. Después de todo, estos son los mismos transistores que usé antes. ¡Que se embale!, ya desoldé los diodos. No se embaló. La compensación de temperatura no funcionaba, pero no se embaló. No tengo idea porqué no lo hizo. ¡A veces la electrónica te lleva a la locura! Persistencia es tu única arma contra la innata perversidad de los objetos inanimados. Un buen ingeniero es un ingeniero persistente.

## Capítulo 13

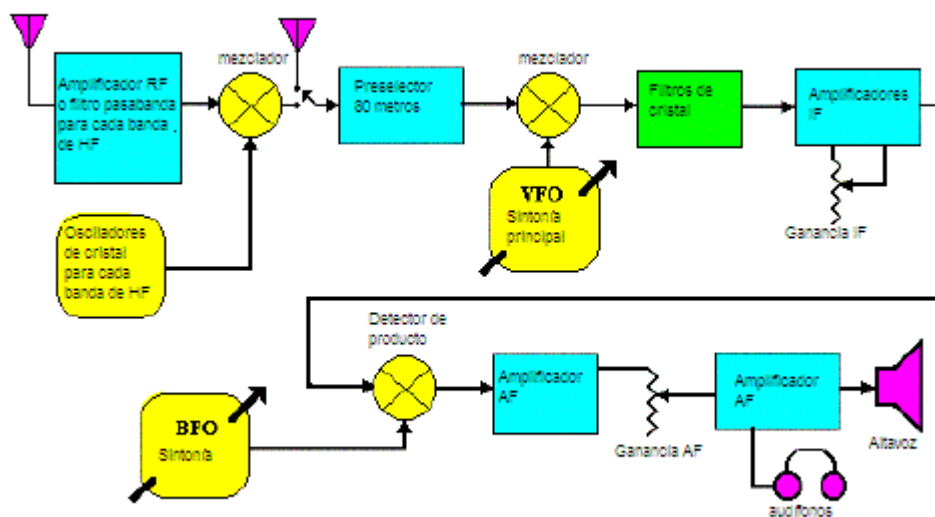
# CONSTRUCCIÓN DE UN RECEPTOR DE HF

### Un arte en retirada

El Manual de Radio de la ARRL de 1986 (N. del T.: el conocido “ARRL Amateur Radio Handbook”, o más coloquialmente, “el Radio Handbook”; o simplemente, “el Handbook”) decía que prácticamente ya nadie fabricaba receptores caseros de radioaficionados. Desde entonces, las sucesivas ediciones han tenido cada vez menos detalles prácticos sobre la construcción de receptores de radio. De cientos de contactos, hasta ahora sólo he contactado con 3 tipos, George K7DU, Mike NØMF y Biz WDØHCO, que estuvieran usando receptores caseros para el QSO. 2 de tales receptores estaban hechos con válvulas. El tercero era un diseño superregenerativo a la antigua usanza. Sin embargo, el superregenerativo estaba hecho con transistores FET y circuitos integrados modernos. Los 3 debían funcionar bien porque recibían mi modesta señal de CW en 40 metros. Hablé con otro tipo, Gil N1FED, que me dijo que acababa de construir un receptor a válvulas. Desgraciadamente, iba tan mal que seguía usando su moderno transceptor para salir al aire. Gil me dijo que no le gustaban los transistores. Supongo que las placas de circuito impreso y esas molestas oscilaciones le parecían demasiado problemáticas.

A pesar de su pesimismo, *tú PUEDES construir receptores transistorizados que funcionen razonablemente bien*. Yo me hice el mío porque me intrigaban los circuitos misteriosos como los “mezcladores equilibrados”, “detectores de producto”, “amplificadores cascodo” y “filtros de cristal en escalera”. Antes de este proyecto, podía recitar los propósitos de esos circuitos, pero no sabía ni “sentía” cómo funcionaban ni por qué los receptores se diseñan de esa manera. ¿Qué mejor forma de aprender que construir uno?

### ¿Qué es un objetivo razonable?



Un receptor de comunicaciones con un “rendimiento adecuado”.

Mi receptor está basado en el “Receptor de comunicaciones de alto rendimiento” diseñado por W7ZOI y K5IRK descrito en la mayoría de los *Handbook* de los 80. En mi opinión, “alto rendimiento” es una calificación optimista, pero ciertamente, “rendimiento adecuado” es realista.

Yo defino *sensibilidad y cifra de ruido adecuadas* para dar a entender que puedo oír los DX y QRP que están trabajando otras estaciones. Antes de construir el receptor que describo aquí, a menudo tenía la impresión de que sólo oía las señales más fuertes. Para mí, una *selectividad adecuada* significa que es lo bastante buena para hacer QSO en CW por la tarde en 20 y 40 metros. En esas bandas hay con frecuencia docenas de señales estrechas de CW operando a unos pocos cientos de hercios de distancia unas de otras. Con una banda pasante de 10 KHz, puedes oír muchas estaciones simultáneamente y no poder copiar una cualquiera de ellas en concreto.

Una sensibilidad adecuada te permitirá oír la mayoría de señales QRP. Creo que hace 45 años difícilmente habría alguien que tuviera un receptor que fuera “adecuado” para contactos QRP. Cuando yo era un novato (N. del T.: el autor hace referencia con este calificativo a la posesión de la licencia de estación más básica disponible en EE.UU.), mi primer transmisor era uno de construcción casera de 7 vatios para 40 y 80 metros. Sabía que funcionaba bien, porque hablaba con mis compañeros también novatos que estaban en la ciudad. Desgraciadamente, difícilmente había contactado con gente fuera de la ciudad. No fue hasta que compré mi primer *kit* comercial de 50 vatios, igual que los otros novatos, que pude hablar con las mismas estaciones con que hablaban mis compañeros. Aún usaba la misma antena dipolo, así que sólo puedo asumir que la mejora era la potencia extra.

La sensibilidad del receptor descrito en este capítulo está bien por debajo de los 0,5 microvoltios en 80 metros y bandas inferiores que no tienen preamplificador de RF. En las bandas superiores donde el transceptor tiene preamplificador, pude oír una fuente de señal calibrada de 0,02 microvoltios. ¡Guau! ¡No me extraña que pueda oír a esas estaciones QRP! En aquellos tiempos, una sensibilidad por debajo de 1 microvoltio se consideraba algo muy avanzado.

Otra cuestión es la *estabilidad adecuada*. Cuando tu receptor está equipado con filtros de cristal estrechos, es vital que el VFO y los osciladores de cristal sean lo bastante estables para que las señales que estás escuchando no se desplacen dentro y fuera de tu banda pasante. Si has construido un VFO como el descrito en el capítulo 10, no tendrás problemas de deriva (N. del T.: de un oscilador con este problema se dice que “patina”).

### **¿Tiene que ser tan complicado?**

Mirando al diagrama de bloques anterior, cada uno de los bloques representa de 1 a 3 etapas de transistores. El conversor frontal tiene 3 etapas de transistores para cada banda de HF. Eso significa que tienes que construir unas 20 etapas de amplificadores u osciladores transistorizados para que los conversores cubran todas las bandas. Probablemente te estés preguntando si no hay algún receptor más simple que puedas construir que haga que estés en el aire rápidamente. Las mejores noticias son que puedes construir el receptor antedicho por etapas. El núcleo del receptor de HF toda banda es un receptor de 80 metros de calidad. Puedes construirlo primero, y entonces al menos estarás listo para los 80 metros. Al principio puedes incluso prescindir del altavoz y múltiples filtros de cristal. Después de que tengas un receptor operativo, puedes añadirle prestaciones y los conversores para oír las otras bandas de radioaficionados.

Sí, puedes construir un receptor menos complicado, pero dudo que sea “adecuado”. Mi receptor de conversión directa del capítulo 7 funcionaba bien, pero no era lo bastante selectivo. Hay diseños modernos de receptores superregenerativos con 2 o 3 circuitos integrados que QUIZÁ sean bastante buenos, pero yo no los he construido, así que no estoy convencido. El capítulo 14 describe un receptor regenerativo a válvulas que fue muy divertido de construir y bastante bueno para escuchar estaciones de radiodifusión extranjeras de onda corta. Desgraciadamente, NO era lo bastante selectivo y sensible para las comunicaciones de radioaficionados. En resumen, *SÍ, un receptor decente para radioaficionados tiene que ser complicado.*



Un receptor de radioaficionados de construcción casera hecho en 1967

Arriba vemos un receptor de radioaficionados de construcción casera hecho hace unos 35 años. Tiene 11 válvulas, un filtro de cristal simple y cubre de 80 a 10 metros. No cubre las bandas WARC. Sí, funciona perfectamente. Pero comparado con el receptor completamente transistorizado descrito en este capítulo, es insensible, ruidoso y tiene poca selectividad.

Siendo realistas, cualquier receptor que construyas probablemente no podrá igualar las prestaciones de un receptor o transceptor comercial de gama alta. Pero cada vez que tu receptor te traiga un DX en una banda nueva o cuando conquistes uno de las docenas de fallos que te encuentres, tendrás una emoción y orgullo que nunca obtendrás de un equipo comercial. Si decides construir tu propia versión del receptor de W7ZOI y K5IRK, te recomiendo que te consigas una copia del Manual de Radio de la ARRL de la década de 1980 y copies o fotopies sus descripciones originales. Te darás cuenta de que ellos construyen la mayoría de los bloques de circuitos de manera diferente a como yo lo hago. Volver a la descripción original puede darte algunas ideas útiles. Quizá su versión te funcione mejor a ti.

## PLANIFICANDO TU RECEPTOR

### Los receptores superheterodinos ofrecen filtros de cristal para CW

Un superheterodino usa un mezclador para producir una radiofrecuencia intermedia constante. Esta señal de frecuencia intermedia (FI) es siempre la misma, por lo que puede ser filtrada con filtros de cristal o mecánicos de frecuencia fija para establecer un ancho de banda pasante para CW y banda lateral superior e inferior. Antes de que te dediques a cualquier diseño, asegúrate de que puedes comprar los componentes críticos que necesitas, especialmente los filtros de cristal o mecánicos para tu FI. Por ejemplo, muchos diseños de receptores usan una FI de 455 KHz. Desgraciadamente, aún tengo que encontrar una fuente fácil de cristales de 455 KHz para construir los filtros y el OFB. Consecuentemente, he evitado esta frecuencia. Entre los receptores de radioaficionados de construcción casera, la frecuencia más común para la FI parece ser 9 MHz.

### **¿Por qué no conversión única?**

Siempre me he preguntado, “¿por qué casi siempre los receptores de construcción casera toda banda de HF son de conversión doble?” Resulta que el desafío fundamental de la construcción casera de receptores y transmisores es hacer un VFO estable. Sí, puedes construir un VFO razonablemente estable, pero normalmente los VFO de construcción casera no tienen mucha gama de sintonía. Lo típico es 0,5 MHz. Y para que la deriva sea de tan pocos hercios como sea posible, el VFO necesita ser de una frecuencia relativamente baja. Los VFO de construcción casera suelen estar en la gama de 2 a 7 MHz. La desventaja de un VFO de frecuencia baja es que sus armónicos aparecerán como 1 o 2 silbidos fuertes en algunas bandas superiores de radioaficionados en HF.

Comparado con la gama de VFO práctica de 2 a 7 MHz, el espectro de HF es enorme, desde 1,8 hasta 30 MHz. Enseguida uno puede ver que un receptor casero de conversión directa de 10 metros es difícil porque necesita un VFO que sintonice de 28 a 29,7 MHz. Este problema se puede resolver “convirtiendo” el oscilador del VFO hasta 28 MHz usando un oscilador controlado a cristal y un mezclador más un filtro/amplificador. Esta complejidad estropea la simplicidad de la conversión directa. Si vas a operar por encima de 40 metros, puedes igualmente construir un sistema de conversión doble como el resto de nosotros.

### **¿Cómo lo hacen los receptores modernos?**

Los receptores modernos usan sintetizadores de frecuencias con circuitos integrados para generar las señales del VFO donde les parezca. A veces, los receptores modernos de HF se libran de frecuencias imágenes y armónicas usando una frecuencia de FI muy alta, ya en la gama de VHF. Además, después de la etapa inicial de mezcla, algunos receptores comerciales usan conversiones múltiples para reducir de nuevo la señal a una salida de audio. Por ejemplo, el Yaesu FT1000MP tiene 4 conversiones descendentes a partir de una FI de 89 MHz (!). Esto incluye el procesador digital de señales con su entrada en 32 KHz.

En un superheterodino, el VFO interactúa con las señales entrantes de RF para producir una frecuencia intermedia (FI). Un VFO de 5 MHz implica que la FI va a estar a 5 MHz de la banda o bandas que cubra. Tal receptor podría cubrir 28 MHz, pero eso implicaría una FI de 23 MHz o posiblemente 33 MHz. Las bandas inferiores estarían fuera de alcance a menos que el VFO pudiera sintonizar muchos MHz. Consecuentemente, un superheterodino de construcción casera y conversión única sólo puede cubrir bien 1 banda, y no puede posiblemente cubrir todo el espectro.

En algunos diseños antiguos de aficionados, el VFO sintonizaba de 5,2 a 5,7 MHz. Usaban una FI de 1,7 MHz y o bien restaban o bien sumaban la FI a la frecuencia del VFO para cubrir o bien 80 o bien 40 metros. Específicamente,  $5,7 \text{ MHz} \text{ menos } 1,7 \text{ MHz} = 4,0 \text{ MHz}$ , y  $5,3 \text{ MHz} \text{ más } 1,7 \text{ MHz} = 7,0 \text{ MHz}$ .





Receptor de conversión doble multibanda de HF de radioaficionado de construcción casera

### Comienza con un receptor superheterodino monobanda de conversión única

Empieza construyendo el mejor receptor monobanda que puedas. El núcleo de mi receptor sintoniza los 80 metros. Para cubrir las otras 8 bandas de HF, conversores con osciladores controlados a cristal independientes convierten descendientemente (o ascendientemente) las señales a 80 metros. Esto hace que el receptor sea de “conversión doble” en todas las bandas excepto en 80 metros. En los viejos tiempos de las válvulas, cada etapa amplificadora de construcción casera estaba diseñada para trabajar en varias bandas. Esto significaba que el panel frontal de un receptor de construcción casera de 1970 tenía normalmente un grupo de mandos de sintonía para ajustar cada etapa. Hoy, un amplificador o mezclador con 1 transistor es físicamente pequeño, así que es práctico construir conversores y amplificadores presintonizados para cada banda. Mi experiencia era que construir los conversores para llevar cada banda a 80 metros era relativamente fácil. Desgraciadamente, construir un núcleo de receptor decente para 80 metros era mucho más difícil. Quizá con la ayuda de este capítulo, te será más fácil construir el núcleo del receptor de lo que me resultó a mí.

Mi receptor de 80 metros tiene una FI de 9 MHz. Los cristales de 9 MHz cuestan menos de 1€ en Digi-Key y Mouser. El bajo precio es importante porque, dependiendo de tus planes con respecto a los filtros, puedes necesitar 11 o más cristales de 9 MHz. El inconveniente de los 9,00 MHz era que tuve que esperar meses a que llegasen los cristales.

### Una FI de 8 MHz no era tan buena idea

Al principio usé los cristales más comunes de 8,0 MHz. Desgraciadamente, para recibir 4,0 MHz, el VFO tiene que sintonizar 4,0 MHz. Esperaba que la señal de 4,0 MHz del VFO sería sólo un “pajarito” (N. del T.: es común llamar así a los pitidos producidos por las señales internas del propio receptor. También llamados “heterodinos”, se producen al entrar dentro de la banda pasante del receptor, o de la FI, frecuencias usadas dentro del propio aparato, tanto para la sintonía de las señales como para otros usos: frecuencias de referencia en sintetizadores, frecuencias patrón de microprocesadores, etc.) que marcaría el extremo superior de la banda. Pensé que este “marcador de final de banda” sería hasta cierto punto práctico (N. del T.: el autor tiene razón en su planteamiento,

ya que muchos equipos construidos en los 70, incluso comerciales, disponen de este marcador por armónicos que produce una señal que se repite cada 25 o 100 KHz; y cuyo propósito es proporcionar una ayuda para la calibración del dial. Un ejemplo lo tenemos en el Yaesu FT-7B, que dispone de un marcador de 100 KHz que es necesario usar cuando se cambia de banda, a menos que se disponga del frecuencímetro opcional). En vez de eso, el “pajarito” se parecía más al chillido de una sirena que saturaba la FI y hacía inutilizable la parte superior de la banda de radioaficionados de 80 metros. Así que cuando llegaron los cristales de 9,0 MHz, lo rehice todo para 9 MHz. Ahora el VFO (el mando de sintonía grande en el receptor anterior) sintoniza de 5,0 a 5,5 MHz para cubrir de 4,0 a 3,5 MHz. Es decir,  $5,0 \text{ MHz} + 4,0 \text{ MHz} = 9,0 \text{ MHz}$ . Por supuesto, la frecuencia del OFB también tuvo que cambiar de 8 MHz a 9 MHz.

### **Una aventura infrecuente**

Una vez que tu receptor comience a funcionar, tendrás interferencias interesantes. Hasta que tuve mi filtro preselector de 80 metros funcionando, normalmente oía música rap de mi radio local de AM en 1190 KHz. También, la banda de onda corta de 31 metros está justo por encima de la FI de 9 MHz. Antes de ajustarla, escuchaba sermones de HCJB en Quito, Ecuador (N. del T.: que nadie se extrañe de estos fenómenos: basta con poner un dedo en sitios indeterminados de la cadena de amplificadores de FI para escuchar las emisoras más dispares). Posteriormente, mi conversor de 20 metros estaba saturado por el Dr. Scott, un evangelista de Los Ángeles, que predica en 13,8 MHz. Una vez que tuve mis módulos sintonizados y sellados, el Dr. Scott y sus amigos se sumieron en el silencio. En realidad, me divertí con esos problemas.

Construir un receptor reavivó mi interés en la escucha de la onda corta. He tenido radios de onda corta desde que era un chaval. Algunas de ellas, como mi Collins R-388 de desechos del ejército (N. del T.: equipos que ya no están a la última pero que siguen funcionando; con frecuencia, mejores que los equipos comerciales disponibles en ese momento, y siempre a mejor precio o incluso gratis), eran excelentes. A pesar de esto, raramente escuchaba cuando no estaba practicando la radioafición. Pero una vez que hice funcionar a mi(s) receptor(es) de construcción casera, me hallé a mí mismo explorando las bandas como nunca antes. Por ejemplo, en 80 metros me sorprendí de escuchar a radioaficionados de todo el continente. Había oído de tipos que hacían DX y obtenían certificados WAS en 80 metros (N. del T.: WAS es abreviatura de “Worked All States”, un diploma de haber operado con todos los estados de EE.UU.), pero nunca lo había creído realmente. Incluso había contactado con estaciones QRP en 80 metros. Los 80 metros son normalmente tan ruidosos que no sabía que fuera posible. Hasta este año, nunca antes había oído “estaciones espía de código”. Algunas de ellas tienen un locutor leyendo grupos de letras aparentemente aleatorios, pero la mayoría de ellas son “estaciones espía” de CW que emiten grupos de 5 letras en código Morse, como las señales Enigma de la Segunda Guerra Mundial (N. del T.: la máquina Enigma era un sistema desarrollado por los alemanes para cifrar mecánicamente sus mensajes secretos de guerra). Cuando construí conversores para cada una de las bandas de HF, era como oírlas por primera vez. Las “bandas WARC” eran interesantes porque estaban cerca de las bandas de radiodifusión de onda corta que no había escuchado en años.

### **Construcción con módulos**

Además de la necesidad de blindar los bloques de circuitos entre sí, un receptor de construcción casera con una única placa grande llena de componentes discretos tiene otro problema. Si lo construyes todo de una vez sin comprar un *kit* y una placa ya mecanizada, te garantizo que no funcionará. *Para hacer montajes caseros que funcionen, tienes que desarrollar tu propia tecnología basada en componentes y circuitos que comprendes.* Esto era un planteamiento diferente para mí. En lugar de “construir un receptor”, tenía que descender de nivel y construir un circuito a la vez, p. ej.: “un oscilador”, “un mezclador”, “un amplificador de audio”, etc. Luego, uno todos los bloques para completar mi proyecto. Algunos de tales bloques de circuitos no funcionaron la primera vez y tuve que construir un nuevo bloque. Había varias razones por las que no funcionaban.

Normalmente, yo no era capaz de comprar los componentes exactos usados en los circuitos que estaba copiando. O mi construcción o blindaje no eran los adecuados. A veces nunca llegué a averiguar por qué una versión de un bloque de circuito era superior a otra.

En raras ocasiones mis circuitos no funcionaban porque había errores en los esquemas de la revista QST o en los *Handbook*. Hallé varios errores serios en mi *Handbook* de 1979 y uno menor en mi edición de 1998. La edición perfecta no es posible, así que no deberíamos esperarla.

Al construir mi receptor con pequeños módulos independientes blindados para cada bloque de circuito, podía sustituir un bloque de circuito cuando quiera que me las ingeniase para construir una versión mejorada del mismo. De otra forma, hubiera estropeado toda la placa. Si la I+D cuidadosa es nueva para ti, prepárate para una batalla larga. Por otra parte, aprenderás un montón y la victoria será especialmente dulce.

### **Construcción mecánica**

Los receptores de construcción casera deberían montarse en cajas grandes. De esa manera hay un montón de sitio para añadir prestaciones y cambiar módulos. La mesa de mi cuarto de radio es pequeña, así que tuve que meter con calzador mi receptor en un paquete bastante compacto. En general, las cajas grandes con montones de espacio para el panel son una idea mejor. Mi sueño a largo plazo es reutilizar mis módulos de receptor en una caja más grande. Eventualmente, quiero añadir un DSP (N. del T.: Digital Signal Processor, procesador digital de señales; un tipo de filtro que parte de un muestreo de la señal para luego operar sobre ella como si fueran datos), frecuencímetro, PLL (N. del T.: Phase Locked Loop, bucle sincronizado en fase; un tipo de sintetizador de frecuencias que tiene la estabilidad del cristal y la excursión de frecuencia de un VFO) y otros aditamentos que me intrigan. Con un chasis lo bastante grande, un receptor puede crecer y mejorar continuamente.



Los módulos del receptor están conectados con conectores tipo RCA y cable coaxial fino (N. del T.: el autor ha usado la expresión “phono plug”, pero dado que este tipo de conector también recibió la denominación de la marca RCA, he usado ese nombre, por ser posiblemente más común. En los equipos comerciales, el tipo de conector empleado internamente es muy similar pero más pequeño, adaptado al grosor del cable).

## Una caja metálica blindada cada circuito

Una razón básica para construir un receptor con módulos blindados en metal es que el acoplo capacitivo de un bloque de circuito a otro puede degradar el rendimiento. Por ejemplo, mi primer módulo del receptor de 80 metros se construyó en una placa única. Un filtro de cristal determinaba la selectividad. Construí 2 filtros enchufables así que podía usar filtros diferentes para CW y BLU. Usando mi convertor de 20 metros, estaba sintonizando los 20 metros un día. Podía oír montones de radioaficionados, pero me incomodaban la mala sensibilidad y la mala selectividad. Pensé, “¿qué tiene mal este receptor hoy?” Pronto descubrí que no había filtro conectado a la placa del receptor de 80 metros. Lo que estaba oyendo era sólo el acoplamiento parásito entre el mezclador y el amplificador de FI. ¡Asombroso! Así que si necesitas filtros de paso de banda con atenuación de 50 dB, vas a necesitar al menos ese mismo aislamiento entre las etapas. Eso significa que necesitas blindaje metálico entre todas las etapas, interconexiones con cable coaxial y montones de condensadores de desacoplo.

Los módulos con blindaje metálico pueden ser placas de circuito pequeñas montadas en cajas comerciales. Lo que suelo hacer es fabricar cajas rectangulares bajas con trozos de placa de circuito impreso de doble cara soldadas entre sí. El circuito se talla sobre el suelo de la caja usando cinceles pequeños para madera. La tapa se encaja a presión, y está hecha con una hoja de aluminio fino doblada sobre las esquinas de la placa de circuito impreso.

## Construcción tipo cartón de huevos de la “placa base” de un receptor de 80 metros



El compartimento de la izquierda es el detector de producto y amplificador de audio. La superficie grande del centro es el amplificador de FI y el CAG. Los 2 módulos de la derecha son el mezclador y un preamplificador de RF para los cristales.

Si planeas tener más de 1 bloque de circuito en la misma placa, puedes aislar bloques de circuitos entre sí usando paredes de placa de circuito impreso soldadas entre ellos. El resultado es una construcción de “cartón de huevos”. La alimentación puede ir entre compartimentos usando condensadores de paso. Si sospechas que un bloque de circuito puede no funcionar, cablea tu circuito en una placa de circuito impreso aparte, y luego móntala sobre la base del compartimento deseado. Todas esas técnicas se ilustran en la imagen. El amplificador de FI del compartimento central está sobre una placa de circuito impreso separada.

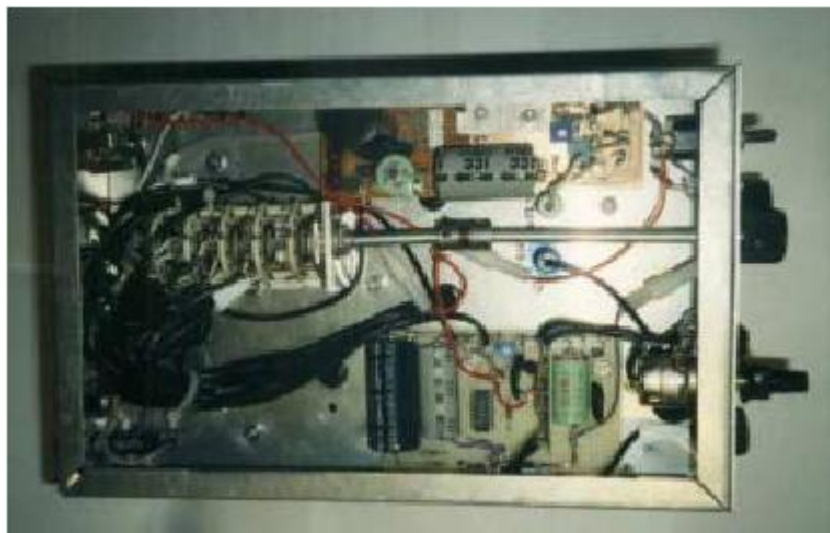
## Módulos blindados e interconexiones con cable blindado

Para las conexiones entre etapas yo uso **cable coaxial fino RG-174 y conectores RCA**. Los conectores de ángulo recto no están diseñados para la RF y tienen demasiada capacitancia. Sin embargo, son baratos, fáciles de encontrar, fáciles de cablear y no ocupan demasiado espacio. No pretendo afirmar que este tipo de conector es válido para 6 metros y VHF. Me di cuenta de su límite de frecuencia cuando descubrí que al pasar de un conector RCA a un PL-259 de UHF en mi amplificador de 50 vatios el rendimiento mejoró notablemente en 10 metros. Hasta ahora, no he visto problemas cuando opero en bajas frecuencias y menores niveles de potencia. Afortunadamente, los receptores tienen corrientes minúsculas y bajas tensiones. La mayoría de los conectores tienen carcasas de plástico. Eso significa que 1 centímetro del conductor central no está blindado. Para mis filtros de cristal usé conectores con carcasa de metal que por lo menos son una cierta mejora.

Los conectores de cable de TV son eléctricamente superiores a los RCA, pero son espantosamente intermitentes. Personalmente, los he encontrado inutilizables y ojalá la industria de la TV los mandase a la chatarra. Los conectores adecuados de RF como los BNC, SMA o TMA cuestan entre 2 € y 6 € la unidad. Algunos de ellos son difíciles de montar y tu receptor podría contener fácilmente conectores “adecuados” por valor de 300 €. Además, la mayoría de esos conectores son demasiado largos para encajar debidamente en un receptor pequeño. Los conectores RCA de ángulo recto son bastante cortos y baratos. ¡Vivan los conectores RCA!

## Usa mandos de plástico

Un problema extraño que me encontré era que tocar los mandos de control metálicos o el panel frontal causaba un ruido rasposo en los auriculares cuando escuchaba en las bandas más altas. Sí, el panel de metal estaba conectado a tierra y el chasis estaba conectado a la tierra de la estación. La tierra de la estación es un cable grueso del número 12 que conecta a tierra todos los chasis con una tubería de cobre cercana a la estación. Realmente no tengo explicación para esto, pero cambié los mandos de metal por otros de plástico y estos molestos ruidos mejoraron.



Vista inferior del receptor

## Conmutación de bandas y fuentes de alimentación

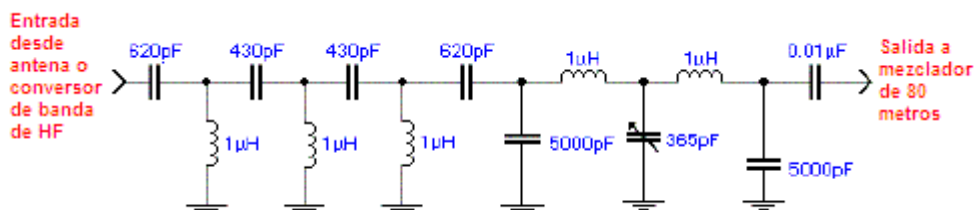
La fuente de alimentación de precisión para el VFO está en la esquina superior derecha. La fuente regulada de baja caída de tensión para el resto del receptor está en la parte inferior derecha. Estos son los mismos circuitos usados antes con el módulo del VFO y el transmisor QRP. La conmutación de bandas es el conmutador de cerámico de múltiples circuitos de la izquierda. Los

cables negros de la izquierda son coaxiales finos que interconectan las entradas y salidas de los conversores para cada banda de radioaficionados excepto 80 metros. Es deseable cubrir la parte inferior con una placa de metal para evitar que las señales parásitas lleguen a los cables de alimentación.

### Preselector de entrada de 80 metros

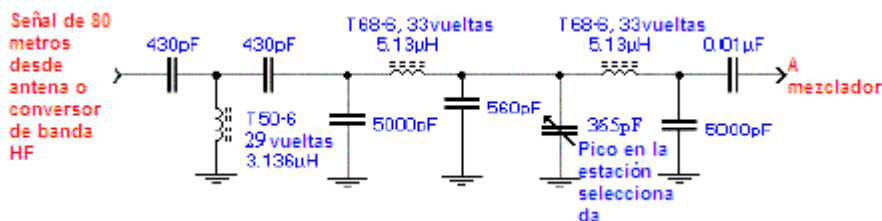
El núcleo del receptor es un superheterodino de conversión única de 80 metros. El frontal de este receptor es un mezclador. No hace falta preamplificador en 80 metros porque, si el receptor funciona bien, el ruido atmosférico que entra por la antena será más fuerte que el ruido interno del receptor. En esta situación un amplificador de RF no será de ayuda. Sin embargo, el mezclador sí que necesita un filtro de preselección agudo de paso de banda para dejar fuera las bajas frecuencias de las emisiones de radiodifusión de AM y limitar las señales de entrada de 3,5 a 4,0 MHz. Es especialmente vital filtrar las estaciones de radiodifusión de AM. Tales estaciones ponen en antena grandes tensiones y tienden a saturar el mezclador a menos que estén bien atenuadas.

El mezclador resta la frecuencia del VFO (5,0 a 5,5 MHz) de la frecuencia de la FI (9 MHz), para sintonizar 80 metros (3,5 a 4,0 MHz). Las 2 entradas al mezclador son la señal del VFO y la señal de antena. Cuando examiné la primera vez el diseño de la ARRL de 1986, me decepcionó ver que el preselector tenía un primitivo condensador variable que se suponía que el operador debía sintonizar para obtener la máxima ganancia para un segmento particular de la banda. Después de todo, los filtros de paso de banda para las otras bandas de HF eran fijos y no accesibles desde el panel frontal. Intenté construir mi propio filtro de paso de banda fijo, pero mis filtros tenían demasiada atenuación (poca sensibilidad) y a veces dejaban pasar las estaciones de radiodifusión de AM; era como escuchar una radio de galena.



Filtro de preselección de 80 metros recomendado para la entrada del mezclador del núcleo del receptor.

Así que volví al diseño de la ARRL con el condensador variable de 365 pF. Tenía tanta atenuación en 80 metros que no podía oír señal alguna. Simulé el circuito de la ARRL en el programa *Spice* y, según éste, debería haber funcionado bien. Sin embargo, el mío no lo hacía. Haciendo pruebas, quité algunos componentes y al final acabé con el circuito que se ve abajo. Mi filtro funciona bastante bien aunque, según el programa *Spice*, no debería. En fin...



Mi versión del filtro de preselección para la entrada del mezclador

Monté el preselector en una caja blindada en el panel frontal donde el condensador de ajuste estaba accesible. Algún día, cuando averigüe cómo construir un preselector mejor, sustituiré el módulo completo. Por el lado positivo, he descubierto que el condensador variable de ajuste es bastante útil como atenuador para recibir señales fuertes de BLU. Es decir, las señales de fonía de BLU son con frecuencia mucho más inteligibles cuando el preselector está desajustado y la intensidad de la señal disminuye.



El preselector está construido en una cajita instalada detrás del panel frontal

### **El oscilador de frecuencia variable (VFO)**

El VFO del receptor es el mismo que el VFO de 5 MHz para el transmisor descrito en el capítulo 10. El mando grande de sintonía controla el VFO. En realidad, en los superheterodinos el VFO se llama normalmente *oscilador local*. La excursión y estabilidad del VFO determinan qué VFO y frecuencias de FI son prácticas. Como el VFO de un transmisor, el VFO de un receptor debería ser estable hasta una deriva inferior a 5 Hz por minuto, aunque menos de 20 Hz probablemente esté bien.

Desgraciadamente, si la frecuencia del VFO es demasiado baja, probablemente no se extenderá bastantes hercios para cubrir las bandas en las que estás interesado. Date cuenta de que la banda de 10 metros es tan enorme, 1,7 MHz, que puedes tener que cubrirla con múltiples conversores. Hasta ahora, mi receptor sólo sintoniza los primeros 500 KHz de los 10 metros, que incluye toda la actividad de CW. Supongo que me preocuparé por el resto cuando me meta en BLU en 10 metros. La frecuencia del VFO y sus armónicos deberían evitar las bandas de radioaficionados tanto como sea posible. Las frecuencias con números redondos son las mejores porque hacen que la calibración sea fácil. Junta todos esos factores y te darás cuenta de que tus posibilidades de elección son en realidad bastante limitadas.

De hecho, una vez que has construido transmisores y receptores separados y los has usado en el aire, la desventaja de tener 2 VFO hacen que sea obvio el por qué la mayoría de los equipos modernos sean transceptores. Cuando estés planificando tu receptor y un transmisor de construcción caseras, podrías considerar el usar módulos de VFO comunes. Un VFO común sería de gran ayuda en el aire. Pero si sólo usas un VFO, tendrás que dominar el problema de la diferencia de frecuencia entre emisión y recepción de 500 a 800 Hz. Además, hace falta un amplificador de aislamiento para evitar que el cable que conecta uno con otro cargue demasiado el VFO del receptor. Y, finalmente, cuando lo uses en las bandas superiores, cada oscilador a cristal del conversor y cada oscilador de premezcla del transmisor deben estar en las frecuencias correspondientes para que el receptor escuche en exactamente la misma frecuencia que use el transmisor. Esto representa un montón de trabajo.



Un VFO de sintonía con varicap. La sintonía se consigue con el potenciómetro redondo grande

### **La magia del mezclador**

El objeto de un mezclador es trasladar la frecuencia de una señal de radio entrante a una frecuencia intermedia (FI) constante que puede ser amplificada y filtrada más fácilmente. Los mezcladores combinan una onda senoidal del oscilador local para formar una señal compuesta. La nueva señal contiene las frecuencias originales, más las frecuencias suma y diferencia. Los mezcladores para llevar el VFO a una banda alta se describieron en el capítulo 11. Estos mezcladores pueden ser bastante bastos y funcionarán bien. Desgraciadamente, los mezcladores para recepción son mucho más difíciles porque la señal puede ser muy pequeña.

Una manera de mirar a los mezcladores es que un oscilador local grande entrecorta la señal de entrada, ciclo a ciclo. La lección a aprender es que el oscilador local (el mando del VFO) debe ser una señal grande, mientras que las señales de entrada de RF pueden ser arbitrariamente pequeñas.

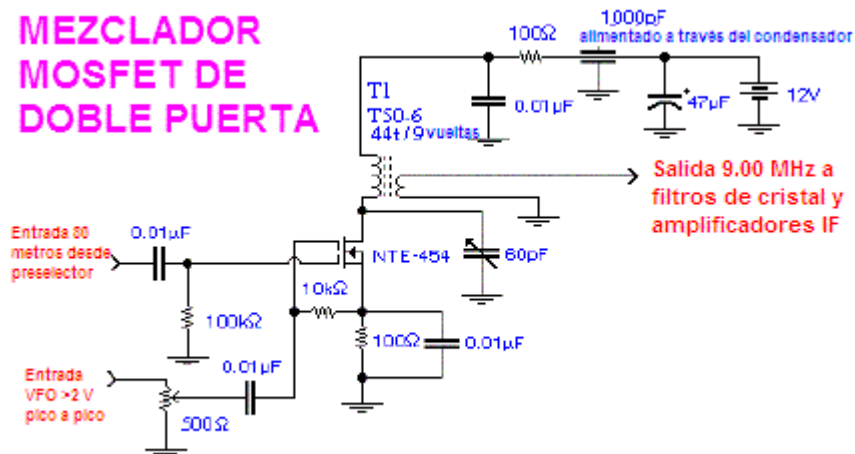
El Manual de la ARRL presenta 6 u 8 diseños diferentes de mezcladores hechos con diodos, bobinas y transistores. Sin embargo, en la mayoría de diseños de receptores de la ARRL desde los 80, el mezclador es un circuito integrado (CI) o un pequeño montaje enlatado y etiquetado "mezclador". Supongo que los demás también tenían problemas con los mezcladores, así que recurrieron a circuitos integrados. El año pasado había un proyecto en la revista QST que usaba un CI que contenía tanto el mezclador como el VFO. Supongo que esas maravillas funcionan estupendamente, pero el contenido de esos CI es un misterio. Usa uno si quieres.

### **Los mezcladores te darán un montón de ruidos atmosféricos... y chillidos, aullidos y graznidos**

Hasta ahora he construido 4 diseños diferentes de mezcladores a partir de componentes sueltos. Primero construí un mezclador equilibrado clásico con núcleos de ferrita y un anillo de diodos de portadores calientes. Cuando lo conecté, oía un fuerte rugido de ruidos atmosféricos en los auriculares. "¡Dios mío!" Pensé, "¡Escucha todo ese ruido atmosférico! ¡Debe estar funcionando!" Pronto descubrí que el ruido atmosférico venía del mezclador y de los amplificadores de FI y nada tenía que ver con el mundo exterior. Había aprendido una verdad básica sobre los mezcladores: los mezcladores no sólo son un poco propensos a generar "un poco de ruido de fondo". A veces producen un gigantesco ruido de "cataratas del Niágara" que oculta todo lo que entra por la antena. Sin embargo, una vez que ajusté lo mejor que pude los niveles de entrada del mezclador y los circuitos resonantes, el ruido desapareció y comencé a escuchar estaciones. Desgraciadamente, según iba sintonizando por toda la banda, había fuertes silbidos como balizas cada pocos KHz. Entre los silbidos, a veces podía apenas oír estaciones fuertes. Ahí quedan los mezcladores de anillos de diodos.



## MEZCLADOR MOSFET DE DOBLE PUERTA



### Un mezclador práctico

El único mezclador que me ha funcionado bien es el que se muestra arriba. Todos los demás han sufrido de ruidos, “pajaritos” y normalmente, falta de sensibilidad también. Mi mezclador con éxito está hecho con un MOSFET de doble puerta. A diferencia de los mezcladores con diodos, la operación de este mezclador es obvia. El mezclador de doble puerta es esencialmente un amplificador de RF sintonizado corriente. Las señales de radio llegan a una puerta de control. Esto modula la corriente grande que pasa del drenador a la fuente del transistor. La pequeña tensión en la puerta de control controla el consumo de corriente amplificando por lo tanto la señal original. La segunda entrada de control amplifica la señal del oscilador local. La señal del oscilador local es tan fuerte que conecta y desconecta completamente la corriente del drenador a la fuente, “cortando” la señal de entrada de RF en pequeños segmentos. La salida de corriente grande del transistor se convierte en una “mezcla” amplificada de las 2 señales de entrada. Originalmente usé una versión sintonizada de este mezclador en la que el primario del transformador estaba sintonizado con un condensador para resonar a 9 MHz como se muestra arriba. Eso funciona perfectamente, pero es bastante lioso y sujeto a ruidos y pajaritos. Ahora prefiero una versión sin sintonizar (que no se muestra) que tiene ligeramente menos ganancia, pero no se desajusta tan fácilmente. Simplemente usa un núcleo de ferrita CWS FT50-61 (de Amidon) con 20 vueltas en el primario y 4 vueltas en el secundario.

Dada la alta ganancia del MOSFET, la señal senoidal del VFO puede ser de baja amplitud, 1 voltio de pico, y aún así cortar completamente las señales de radio. En contraste, un mezclador de anillo de diodos necesita una gran señal de oscilador local, 12 o más voltios de pico, para cortar la señal. Otros diseños de mezcladores con transistores usan FET o transistores bipolares. Esos diseños usan la resistencia de emisor como puerta de entrada del VFO. El emisor o fuente no tiene ganancia, así que esos diseños también necesitan señales grandes del oscilador local.

Una señal pequeña del oscilador local es especialmente útil para construir los conversores que necesitarás para cada una de las otras 9 bandas de HF. Cada uno de esos conversores debe tener su propio mezclador. Si no se usara también el mezclador de doble puerta en los conversores, cada uno de los 8 osciladores locales que construirás necesitarían amplificadores separados para que la señal alcanzara los 12 voltios de pico. También podrías poner un amplificador común de banda ancha para las entradas de los osciladores a cristal al mezclador común no sintonizado.

### No todos los MOSFET de doble puerta son iguales

Vaya, un mezclador con un MOSFET de doble puerta tampoco garantiza el éxito. Cuando construí mi primer mezclador con MOSFET, no pude comprar ni uno de los transistores recomendados en el *Handbook*. Primero probé un componente genérico, el transistor NTE221. Este produjo las habituales oscilaciones e insensibilidad. Me estaba desanimando, pero probé el similar NTE454 y

*FUNCIONÓ!* La única diferencia obvia en las especificaciones era que la tensión de corte de puerta era menor. En otras palabras, el NTE454 era más sensible. Desde entonces, he descubierto que el NTE222 parece funcionar tan bien como el NTE454. El NTE455 parece demasiado sensible. En mi circuito, al menos, producía silbidos, pajaritos y ruidos. Por otra parte, el NTE455 funcionó estupendamente como detector de producto (capítulo 7).

Primero intenté usar MOSFET de doble puerta en una configuración “semi-equilibrada”. El manual decía que es superior al mezclador simple que se ve arriba. Se supone que los diseños equilibrados ayudan a cancelar imágenes, es decir, pajaritos. Mi diseño de mezclador semi-equilibrado produjo las habituales oscilaciones, pero al menos el ruido y la sensibilidad eran adecuadas y comencé a oír estaciones débiles en 80 metros con mi receptor. También probé un “mezclador económico” hecho con 2 transistores FET (N. del T.: a veces, y también por el autor, llamados JFET, por “Junction FET” o FET de unión, en contraposición a MOSFET, en el que la puerta carece de conexión física con el sustrato) tal como se describió en el capítulo 11. El truco del doble FET parece estar limitado a conversores de frecuencia en transmisores.

Leyendo sobre mezcladores, aprendí que los mezcladores sólo son felices cuando reciben los niveles de entrada exactos. Por eso puse un potenciómetro en mi amplificador del VFO para inyectar el nivel óptimo. Según subo el nivel de entrada del VFO al mezclador la señal sube abruptamente y luego se nivela. Mayores niveles del VFO contribuyen sólo ligeramente a una mayor ganancia, pero mucho más ruido. Ajusto el nivel de entrada del VFO donde la ganancia comienza a nivelarse. (Nota: mis VFO están diseñados para trabajar sobre una carga de 500 ohmios, de ahí el potenciómetro de 500 ohmios.)

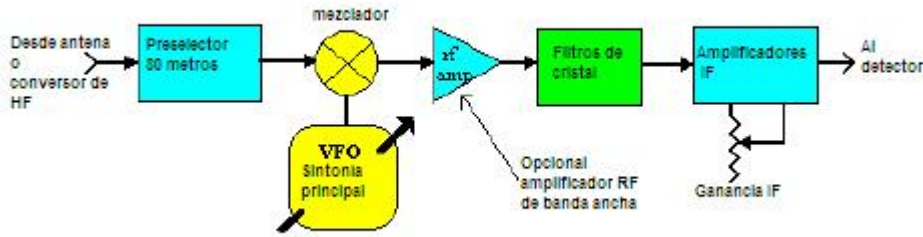
La sensibilidad de los mezcladores a unos niveles ideales explica por qué la mayoría de transceptores modernos tienen atenuadores de entrada de modo que se puedan ajustar para tolerar señales fuertes. Recibí una QSL de un tipo que escribió: “Lo siento por el informe de señal de 529. Después de terminar el contacto, descubrí que tenía conectado el atenuador”. Como dije antes, el preselector del filtro de 80 metros puede estar deliberadamente desajustado de modo que actúe como atenuador para limitar la intensidad de la señal.

**Nota: la recepción en 80 y 160 metros es mejor con un transformador de impedancias sintonizado**

Por accidente descubrí que la recepción en las 2 bandas más bajas de HF es mucho mejor cuando el receptor comparte la antena con el transmisor y la antena está sintonizada con el transformador de impedancias en T (N. del T.: denominado por el autor y por otros con el nombre de “transmatch”) descrito en el capítulo 9. En mi vecindario, al menos, las señales de las estaciones de radio locales de AM son tan altas que tienden a saturar el mezclador de 80 metros. Esto resulta en una ausencia de señales audibles en 80 y 160. Cuando sintonizas el transformador de impedancias, aparecen de repente numerosas señales de radioaficionados. La conclusión obvia es que mi filtro preselector del receptor es demasiado poco selectivo. Sin embargo, incluso mi viejo receptor Collins mejora notablemente con un transformador de impedancias sintonizado.

### **Filtros de cristal y OFB**

Los filtros de cristal de FI te dan la selectividad que necesitas para operar en CW. Eliminan las interferencias de estaciones cercanas y también eliminan mucho del ruido atmosférico. La salida del mezclador superheterodino es una señal de FI débil y de banda ancha que necesita amplificación y filtrado antes de que esté lista para su detección. El filtrado de paso de banda se hace normalmente justo después del mezclador.



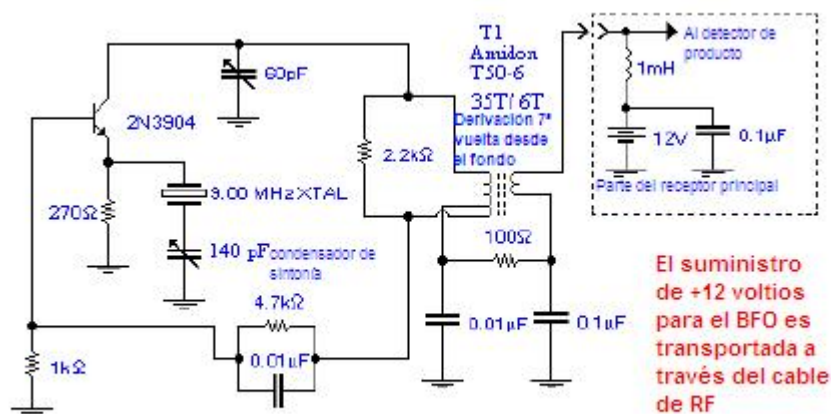
Situación de los filtros en un receptor superheterodino

El filtro podría ser mecánico si estás usando una FI de frecuencia baja, pero si tu FI es de 9,0 MHz, como la mía, necesitarás 1 o más filtros de cristal. Antes de que describa la construcción de filtros, discutiré el oscilador de frecuencia de batido (OFB) (N. del T.: en inglés, BFO). Probablemente necesitarás el OFB como herramienta para seleccionar los cristales para tu filtro.

### El oscilador de frecuencia de batido (OFB)

Un oscilador de frecuencia de batido es un oscilador de RF que opera sobre la frecuencia intermedia de un superheterodino. El OFB se mezcla con la señal de FI para hacer audibles o comprensibles las transmisiones en CW y BLU. Sin el OFB, las señales de CW serían inaudibles o un sonido golpeante en el mejor de los casos. En fonía de banda lateral única serían ruidos ininteligibles que recordarían la manera de hablar del pato Donald (N. del T.: este parece ser el ejemplo universal en la literatura técnica anglosajona para describir el fenómeno). En banda lateral única, el transmisor filtra la frecuencia básica de la portadora, dejando sólo una de las bandas laterales de modulación. El OFB sirve para restablecer la onda senoidal de la portadora, devolviendo en efecto la señal de banda lateral a su modulación de amplitud original.

Durante la detección, la señal de audio pasada al altavoz es la diferencia entre la frecuencia de la FI y la frecuencia del OFB. Por ejemplo, cuando escuchas señales de CW, la frecuencia de la FI puede ser 9,000 000 MHz. La frecuencia del OFB puede ser 9,000 700 MHz. Lo que oyes en tus auriculares es un tono musical de la diferencia de frecuencia, 700 Hz. Si ese tono es demasiado alto para ti, ajusta la frecuencia del OFB a, digamos, 9,000 500 MHz para producir un tono musical de 500 Hz. Para que el tono musical se mantenga constante, la frecuencia del OFB debe ser bastante estable. Por lo tanto, usamos un oscilador a cristal y variamos la frecuencia arriba o abajo usando un condensador variable, como hicimos con el transmisor QRP controlado a cristal del capítulo 6.



EL OSCILADOR DE BATIDO DE FRECUENCIA

Este OFB es del receptor de W7ZOI y K5IRK en el *Handbook* de la ARRL de 1986. Su característica poco habitual es que su alimentación de corriente continua le llega por el mismo cable que la salida de RF. Esto hace fácil de instalar el OFB en una cajita metálica sobre el panel frontal lejos del la placa principal del receptor. Un condensador variable en el panel frontal varía la frecuencia del cristal del OFB arriba y abajo de su frecuencia nominal. El OFB, junto con el filtro de cristal, te permite seleccionar las bandas laterales superior e inferior. El OFB está conectado a la placa principal con un trozo de cable coaxial fino. Si quieres usar este oscilador para emparejar cristales de 9 MHz para los filtros, te sugiero que instales el cristal del OFB en un zócalo pequeño.

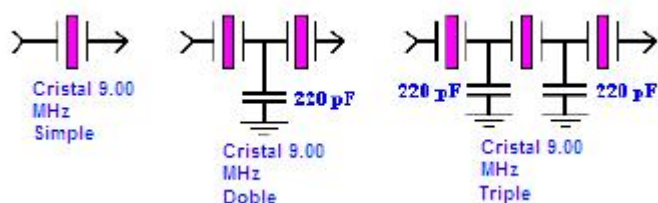


El módulo del oscilador de frecuencia de batido (OFB)

La excursión de sintonía del OFB debería extenderse por encima y por debajo de la banda pasante del tus filtros de cristal. *Cuando la frecuencia del OFB está por debajo del centro de la banda pasante del filtro, estás escuchando la banda lateral superior. Cuando el OFB está sintonizado por encima del centro de la banda pasante del filtro, estás oyendo la banda lateral inferior.* Sintonizado a la banda lateral superior, cuando sintonizas una señal de CW bajando en frecuencia, el tono del pitido de la señal comenzará alto, bajará y luego desaparecerá. Cuando sintonices a la banda lateral inferior, cuando sintonices hacia abajo la banda, el tono comenzará bajo y luego subirá y desaparecerá. Cuando el OFB está sintonizado al centro de la banda pasante del filtro, el tono comenzará como un tono medio, luego bajará, luego subirá de nuevo a un tono medio y luego desaparecerá. Cuando esté sintonizado a señales de fonía de banda lateral, la señal es más difícil de hacer comprensible si eliges la banda lateral equivocada. Consecuentemente, será importante calibrar el mando de sintonía del OFB de manera tal que sepas cuándo estás escuchando la banda lateral superior o inferior.

### **Filtros en escalera**

Construir filtros de cristal fue fácil, una vez que averigüé cómo. La mayoría de transceptores comerciales usan filtros de cristal modulares que tienen anchos de banda específicos y están sellados en pequeñas latas, algo parecido a un circuito integrado. Yo he construido mis filtros con cristales sueltos.



Filtros en escalera con 1, 2 y 3 cristales.

Un filtro en escalera es sólo 2 o más cristales sueltos puestos en serie con condensadores conectados a masa en las uniones. El ancho de banda pasante es inversamente proporcional al número de cristales y la capacitancia a masa. *En general, cuanto más baja sea la capacitancia en las uniones, mayor será el ancho de banda.* Los condensadores grandes, de unos 50 ohmios de reactancia, producirán un ancho de banda más estrecho y mayor atenuación. Una escalera larga, por supuesto, producirá un ancho de banda incluso más estrecho y más atenuación. Si todos los cristales son idénticos, la atenuación lateral a ambos lados del pico de la banda pasante será más escarpada según se vayan añadiendo cristales.

Los filtros de cristal con 2 o 3 cristales son lo bastante sofisticados para “CW después de cenar”. Con eso quiero decir que puedes trabajar las ocupadas bandas de CW al comienzo de la tarde con una separación adecuada de señales. Un filtro de 1 sólo cristal construido con 1 cristal de 9 MHz es perfecto para fonía en banda lateral única (BLU). Con 3 o 4 cristales, el ancho de banda es tan estrecho que la BLU se hace totalmente ininteligible. Con señales fuertes de CW y mucho QRM, los filtros de 3 o 4 cristales son extremadamente útiles. Si sintonizas la parte inferior de los 20 metros por la tarde, normalmente escucharás tormentas de estaciones de CW intentando todas ellas trabajar las mismas 5 o 6 estaciones de DX en países exóticos. Con sólo 1 cristal, oirás prácticamente a todo el mundo a la vez. Cambia a 2 o 3 cristales y de repente, no sólo estás escuchando 1 estación con nitidez, sino que también ha desaparecido la mayor parte del ruido de fondo.

### ¿Cuántos cristales puedes usar en una escalera?

Un límite a cuántos cristales puedes poner en serie depende de la precisión con que puedas emparejar los cristales. Yo no emparejé mi primer juego para filtro y produjeron más atenuación que filtrado. Entonces procedí a perder el tiempo obteniendo más ganancia de mi amplificador de FI. Luego, después de que hubiera conseguido la ganancia, la selectividad no era mucho mejor que con 1 sólo cristal. Finalmente, probé mis cristales uno a uno poniéndolos en el OFB y midiendo la frecuencia con un frecuencímetro.

No esperaba que las frecuencia características de filtrado fuera exactamente la misma frecuencia que cuando se usa un cristal en un oscilador. Sin embargo, averigüé que al menos podía seleccionar juegos de cristales que fueran similares. ¡Cuando los puse en el oscilador, me sorprendió descubrir que los cristales tenían diferencias de hasta 2,5 KHz! No me extraña que el resultado fuera tan pobre. Había puesto cristales de 9,001 MHz en serie con cristales de 9,003 MHz. Había construido una “barrera de cristal”, en vez de un filtro de cristal.

Afortunadamente, había comprado 20 cristales de microprocesadores de 9,000 MHz. Eso suena extravagante, pero cuestan menos de 1€ en Digi-Key o Mouser. Como tenía una amplia selección de cristales de 9,000 MHz, podía emparejar 2 cristales que tuviesen una diferencia de unos pocos hercios. Y también podía emparejar un grupo de 3 que tuviesen una diferencia de menos de 50 Hz. Esta vez, cuando puse cristales emparejados en mis escaleras, la mejora fue impresionante. Cuando pasé de 1 sólo cristal a 2 cristales, la fuerza de la señal apenas disminuyó. Con 3 cristales, la fuerza de la señal sólo descendió un poco más.

En teoría, puedes emparejar perfectamente cristales colocando un condensador de ajuste en paralelo con cada cristal. A continuación ajustarías el conjunto cristal/condensador en el oscilador, 1 a la vez, de modo que los conjuntos cristal/condensador oscilaran exactamente en la misma frecuencia.

Otro límite al número de cristales es blindaje y el aislamiento de RF entre el mezclador y el amplificador de FI. Si el blindaje es insuficiente, tu amplificador de FI “oír” la señal del mezclador sin que las señales lleguen a pasar por los filtros de cristal. En mi receptor, no merece la pena construir filtros de 5 o 6 cristales.



### Selecciona tus filtros con un conmutador rotativo

Al principio hice mis filtros enchufables, pero pronto descubrí que era demasiado difícil cambiarlos en medio de un QSO. Eventualmente, los cableé a un conmutador rotativo en una caja blindada. Según fui haciéndome más experimentado en el uso de los filtros, comencé a usar el filtro triple cada vez más. Finalmente, construí un filtro cuádruplo y ahora lo uso habitualmente. He visto que funciona bien con el medidor de señal (N. del T.: con frecuencia denominado “S-meter”) como forma de sintonizar el transmisor a la misma frecuencia que la señal de otro radioaficionado (batido nulo). Sólo barro el VFO del transmisor por la banda hasta que el medidor de señal llega al máximo. Esto ocurre cuando la frecuencia del VFO convertida a la FI concuerda con la de los 4 cristales emparejados. La diferencia entre el OFB y el tono de la señal de código Morse se cuidan por sí mismos. Es decir, si tu contacto está en la banda lateral superior, entonces el medidor de señal sólo responde a mi VFO cuando estoy en la misma diferencia del OFB que él está usando. Esto ocurre porque sólo es audible una sola banda lateral a la vez con filtros de escalera de 3 o 4 cristales.

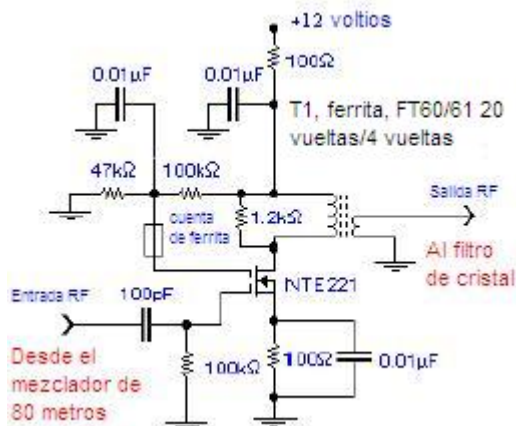
Por cierto, 1 de mis 20 cristales se comportaban erráticamente. Mientras observaba, la frecuencia variaba unos +/- 200 Hz. Consecuentemente, no lo usé. Con sólo mi placa osciladora, hallé que **todos los cristales variaban entre 2 y 5 Hz**. Esto implica que idealmente, todos los circuitos osciladores a cristal deberían ser tratados con el mismo respeto necesario para un VFO estable. En otras palabras, los osciladores de cristal deberían estar alojados en cajas metálicas con fuente de alimentación reguladas. Construir un VFO estable ya es bastante difícil. No hay necesidad de añadir otros 5 Hz de deriva si puede evitarse.

### Cristales con corte de tipo serie y de tipo paralelo

Hay 2 clases de cristales, lo de corte de tipo serie y lo de corte de tipo paralelo. Tal como yo lo comprendo, la diferencia es el circuito oscilador para cuyo uso están diseñados. Por ejemplo, un cristal de tipo serie está hecho para usarse en serie con una determinada capacitancia en un oscilador. Cuando se usa esta capacitancia exactamente, el cristal oscilará a la frecuencia especificada, por ejemplo, 9,000 MHz. En contraste, si usas un cristal de corte tipo paralelo en el mismo circuito, podría oscilar a 9,004 MHz. Puedes usar cualquier tipo de cristal, pero tu frecuencia de filtro puede no ser exactamente 9,000 MHz. Si lo prefieres, puedes poner condensadores de ajuste en serie con el cristal para obtener exactamente 9,000 MHz.

## No todos los cristales de 9,000 MHz son iguales

En mi experiencia los cristales más grandes, HC49 o mayores, funcionan bien. Los pequeños de montaje en superficie o de la mitad de tamaño que los cristales HC49 necesitan más señal de la salida del mezclador para que atraviesen el filtro. El amplificador de banda ancha “opcional” que ves abajo te dará una ganancia extra si la necesitas. Es el mismo diseño que se usará más adelante como amplificador de RF para las bandas de HF superiores.



**Amplificador de RF de banda ancha** Colócalo entre el mezclador de RF y el filtro de cristal.

También he observado diferencias entre diferentes marcas de cristales. Mis cristales del fabricante ICM eran extremadamente similares entre sí. Para filtros en escalera, esta sería la marca a comprar. Mis cristales de la marca ECS tenían mucha más variación de un cristal a otro. Esto no ayuda para construir filtros en escalera, pero si necesitas cristales que sean ligeramente diferentes entre sí para construir filtros de una banda pasante más ancha, o quizá osciladores de BLU que deben operar a 2,5 KHz por encima y por debajo de la frecuencia nominal, compra cristales ECS. Ambos me han sido útiles.

Probando he hallado que el transformador reductor de impedancias no sintonizado (T1) en el circuito anterior hace que éste funcione mejor que sin aquél. En otras palabras, esto implica que los cristales parecen ser de unos 50 ohmios, pero deben acoplarse a la salida de alta impedancia del transistor MOSFET. Hay un diseño en mi *Handbook* de la ARRL que usa transformadores elevadores de impedancias para acoplarse al filtro. Me resulta difícil de creer que ese diseño sea óptimo a menos que los cristales que usaron se comporten diferente a como hacen los míos.

La segunda puerta de entrada en el amplificador de antes se usa para ajustar la polarización de corriente continua y hacer que el amplificador sea de clase A. Un divisor de tensión lleva unos 4 voltios a la puerta. La “perla de ferrita” es un pequeño inductor (choque de RF) que ayuda a que el MOSFET no oscile. La perla de ferrita es literalmente un cilindro de 3 milímetros (N. del T.: 1/8 de pulgada en el original) con un agujero en su centro. Por ejemplo, puedes usar una de tipo CWS (Amidon) FB43-101. El tipo no es crítico He usado varios tipos diferentes de perlas de ferrita y no he tenido problemas con las oscilaciones. Si oscila, quita el condensador de 0,01 μF de filtro de la resistencia de fuente de 100 ohmios. La realimentación negativa resultante debería anular la oscilación a expensas de una pequeña cantidad de ganancia.

## El amplificador de FI

El amplificador de FI es otra parte complicada de un superheterodino. Es un amplificador de alto Q que debe manejar señales con una gama de 100 dB o más sin oscilaciones ni ruidos. Esa es una enorme gama dinámica. La ganancia en las etapas del amplificador de FI debería ser ajustable

usando un control de ganancia de FI. Demasiada ganancia y tendrás ruidos y silbidos. Muy poca ganancia y no podrás escuchar esas débiles estaciones de DX.

Además, si has usado cristales HC49 miniatura para construir tus filtros de paso de banda, necesitarás aún más ganancia para pasar las señales por la significativa atenuación de los filtros. En la última sección describí un sencillo amplificador de RF que puede situarse entre el mezclador y el filtro de cristal para solucionar este problema.

Las oscilaciones en un amplificador de FI tienen varios orígenes. Según sintonizas el circuito LC de una etapa amplificadora de FI oírás silbidos, rugidos, zonas silenciosas y estática. El punto en el que escuches más fuertes las señales estará sorprendentemente libre de ruidos. La primera vez que conecté mi receptor, aprendí rápidamente que *la mayor parte del ruido del receptor viene del mezclador y de los amplificadores de FI*, no del mundo exterior. El ruido viene de un mezclador desajustado o de un exceso de ganancia en el amplificador de FI.

Aunque fui capaz de sintonizar mi receptor de 80 metros usando un generador de señal, me fue mejor con auténticas señales de radioaficionados en 80 metros. No tienen sentido las simulaciones cuando puedes acceder a lo auténtico. Un problema con el ajuste de la FI en 80 metros es que la banda puede estar muerta durante el día. En verano, los 80 pueden no estar muy activos por la tarde tampoco. Por ello, podrías considerar la construcción de un receptor de 20 metros al comienzo del proyecto. Los 20 metros están habitualmente llenos de señales a cualquier hora, de día o de noche, durante todo el año. Ya que tu receptor de 80 metros puede no estar aún operativo, puedes ajustar tu conversor alimentando la salida a un receptor comercial sintonizado a 80 metros. Luego, después de que tengas el conversor funcionando, tendrás confianza en que tu receptor de 80 metros tendrá montones de señales reales que oír.

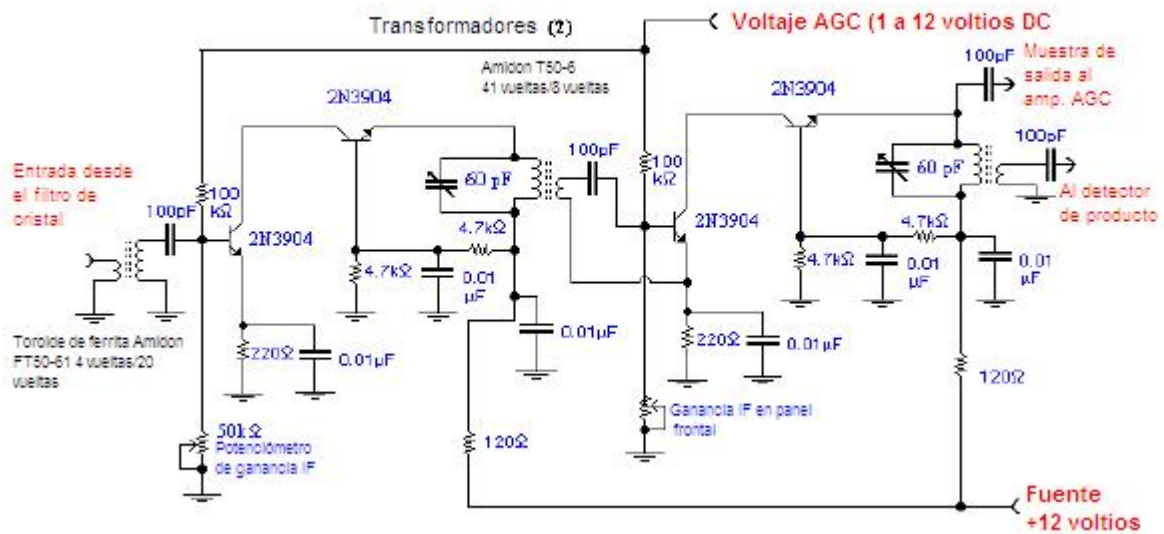
### **Ajuste de la impedancia del filtro de cristal con el amplificador de FI**

Mirando los ejemplos de circuitos de filtros de cristal en los *Handbook* de varios años, hallé circuitos que parecen asumir que los filtros tienen una impedancia baja, media o incluso alta. En la mayoría de mis intentos, me pareció conseguir la mejor ganancia cuando supuse que mis filtros eran de una impedancia relativamente baja, digamos de 50 a 100 ohmios. Por eso el amplificador opcional descrito antes usaba un amplificador reductor de impedancia en la salida. Probé con transformadores de elevación de impedancia, reductor de impedancia y sin transformador, para alimentar la señal al amplificador de FI que se muestra abajo. La elevación de impedancia fue la que mejor funcionó, como se muestra.



## AMPLIFICADOR CASCODE IF

La ganancia es controlada por la subida y bajada del voltaje suministrado a la primera etapa amplificadora



Un amplificador de FI que usa etapas de amplificadores bipolares en cascodo

### Amplificadores en cascodo: ganancia variable con Q constante

Había oído hablar de los *amplificadores en cascodo* pero no tenía ni idea de por qué eran maravillosos. Construí otras 2 cadenas de FI antes de llegar al circuito que se ve arriba. Las versiones anteriores usaban amplificadores con MOSFET de doble puerta, similares al preamplificador para el filtro de cristal descrito anteriormente. La ganancia de cada transistor MOSFET podía controlarse variando la polarización de corriente continua de una de las 2 puertas de control. Esta tensión de control podía generarse tanto por el mando de ganancia de FI o por el circuito de control automático de ganancia. Resumiendo, el MOSFET de doble puerta parece ideal para las etapas de FI. Desgraciadamente, tuve montones de problemas con silbidos y ruidos y siempre tenía una ganancia insuficiente.

Leyendo un *Handbook* antiguo, vi el amplificador de FI que se ve arriba. El libro decía que los amplificadores con 1 transistor eran escasos para los amplificadores de FI porque cuando tratabas de cambiar la ganancia de uno de ellos, el Q del circuito tanque de salida cambia, y entonces vienen los silbidos y ruidos. “¡Sí! ¡Sí!”, grité. “¡Ese es mi problema!” El circuito de arriba usa 2 transistores bipolares en cada etapa en una configuración “cascodo”.

El transistor de entrada está conectado como un amplificador normal en emisor común con su entrada de alta impedancia. La parte ingeniosa es que el segundo transistor está conectado al primero en una configuración de base común. Esto le da al amplificador una impedancia de salida superalta, que supuestamente lo hace inmune a cambiar la polarización de la primera etapa. Además, la frase “amplificadores en cascodo” suena bien y quería usar alguno. Este amplificador en cascodo me funcionó bien. Produce más señales y menos ruido y oscilaciones que mis anteriores esfuerzos.

Es interesante ver lo que pasa cuando uno sintoniza un amplificador de FI con una sonda de osciloscopio en la salida del amplificador. Como era de esperar, las señales de audio viajan sobre la señal a la frecuencia de la FI, similarmente a la modulación de amplitud. Cuando el amplificador está sintonizado para una recepción óptima de señales, el osciloscopio muestra que el amplificador está produciendo *la máxima modulación en la señal de la FI*. Pero cuando la salida está sintonizada de forma ligeramente distinta para producir la mayor señal de 9 MHz, la recepción está bien, pero no es la mejor. No me había dado cuenta de que tales 2 atributos no eran la misma cosa.

## **El control automático de ganancia (CAG) no es un lujo**

(N. del T.: en inglés, el CAG se denomina AGC, siglas de “automatic gain control”)

El control automático de ganancia es una característica del receptor que mantiene el nivel de señal relativamente constante mientras sintonizas señales de intensidad variable. Antes de construir uno, pensé que el CAG estaba en la misma categoría que los indicadores digitales de frecuencia y las carcasas bonitas. ¿Por qué necesito uno? ¿Soy demasiado vago para subir y bajar la ganancia de la FI? Resulta que un CAG tiene muchas ventajas. La principal es que ayuda a conseguir la gigantesca gama dinámica en la recepción de señales (100 decibelios) que necesitas en un receptor práctico para radioaficionados. Después de construir un CAG, me di cuenta que era también una gran ayuda para librarse de ruidos y oscilaciones.

Aunque había estado contento con el rendimiento de mi FI sin CAG, nunca pude librarme de la “zona de ruido” en mi control de ganancia de FI. Es decir, tenía que mantener la ganancia de FI por debajo de cierto nivel, o produciría un rugido de estática generada por el receptor. Aparentemente, las etapas amplificadoras de la FI sólo son felices cuando están procesando señales de una gama de amplitudes limitada. Hay ruidos y oscilaciones cuando las señales en la última etapa del amplificador de FI son demasiado grandes. Con un control automático de ganancia era más fácil sintonizar la FI de modo que el control de ganancia de FI actúa como un “control de volumen” sin zona de ruido.

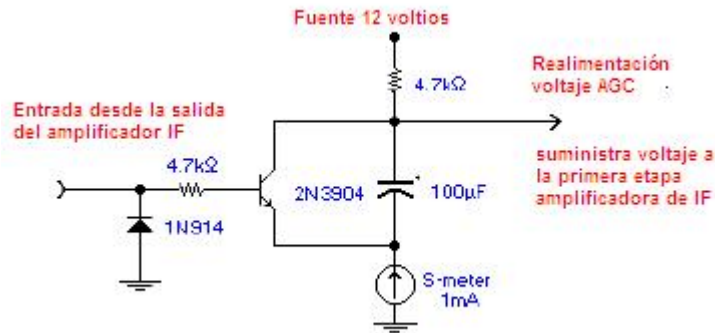
## **El medidor de señal y otros usos del CAG**

Una ventaja del CAG es que, cuando selecciono un filtro a cristal de mayor selectividad, el CAG compensa la atenuación del filtro en mayor medida. También cuando pones un medidor en el nivel del CAG, tienes un medidor de señal (en otras palabras, un medidor de intensidad de las señales recibidas). El medidor de señal me enseñó que lo que oyes en los auriculares no siempre se corresponde con la intensidad de la señal en la FI. En otras palabras, el medidor se señal reacciona a señales grandes en la frecuencia de la FI, no al nivel de modulación de tales señales portadoras. (N. del T.: esto se nota particularmente en modulación de amplitud o de frecuencia; menos en CW, debido a que la diferencia de frecuencia puede no estar favorecida por el amplificador de audio únicamente si no se ajusta bien el OFB; y muy poco en BLU, dado que es la amplitud de la voz la que determina la potencia de la emisión.)

Un uso útil del medidor de señal es sintonizar el VFO del transmisor para que coincida con la frecuencia del receptor. En otras palabras, si estás respondiendo un CQ, puedes sintonizar tu transmisor justo sobre la estación a la que quieres llamar. Primero, necesitas seleccionar un filtro de 3 o 4 cristales. Luego, según vas ajustando el VFO del transmisor a la frecuencia, el medidor de señal se irá elevando cuando estés exactamente sintonizado a la frecuencia de tu correspondiente. Sin usar esta técnica, invertirás mucho tiempo en hacer el “batido cero” del VFO. Los transceptores modernos no tienen este problema de sincronización porque el receptor y el transmisor usan el mismo VFO.

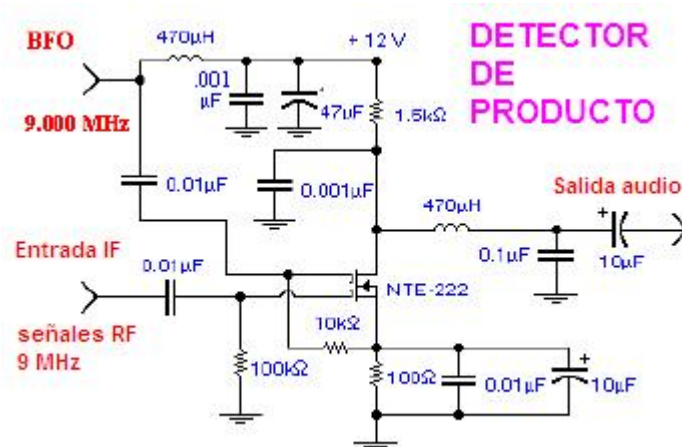
Originalmente usé un medidor de señal digital de barra gráfica (N. del T.: se refiere a un tipo de milivoltímetro que presenta el resultado iluminando una fila de LED) que parece muy bonito. Desgraciadamente, como casi todo lo digital, produce un silbido radioeléctrico cuando cambia de nivel, y yo no necesito eso. Hice todo lo que pude para filtrar el circuito de barra gráfica pero, como es habitual, no pude librarme del silbido. Finalmente, lo sustituí con un medidor analógico a la antigua usanza y el ruido desapareció.

## Control automático de ganancia (CAG)



Un CAG funciona muestreando el nivel de salida de la última etapa del amplificador de FI. Las señales se detectan como en una radio de galena, usando un diodo y promediando con un condensador para producir un nivel de corriente continua proporcional a la intensidad de la señal de FI. Este nivel de corriente continua se amplifica y se usa para polarizar los amplificadores de FI. Por ejemplo, el circuito anterior entrega una tensión positiva de polarización a las etapas del amplificador de FI formadas por MOSFET de doble puerta. O si los amplificadores de FI están hechos con transistores bipolares, el mismo circuito puede poner una corriente de polarización de clase A en las bases de los transistores. Con señales grandes, el CAG desconecta automáticamente la polarización y pone a los transistores en clase C. Entonces, cuando las señales se debilitan, las bases están polarizadas para conducir de modo que tales señales no tienen que exceder la barrera de entrada de 0,6 voltios.

## El detector de producto



Mi detector de producto es básicamente el mismo circuito que he usado como mezclador. Los detectores de producto son “mezcladores de conversión directa” que mezclan una señal de “frecuencia de batido” de RF (OFB) con la señal de la frecuencia de la FI para producir una frecuencia diferencia que es la señal de audio. Un choque de RF de 470 microhenrios evita que la RF pase con la señal de audio. Para decirlo de otra forma, el choque evita que el condensador de 0,1 μF cortocircuite la RF mientras que permite que las frecuencias de audio pasen al amplificador de AF.

Date cuenta de que la alimentación de 12 voltios de continua para el oscilador del OFB pasa por otro choque y va a la caja del oscilador del BFO que está en el panel frontal. Es decir, la entrada de alimentación para el OFB y la salida de RF de 9 MHz comparten el mismo cable. El choque de 470 microhenrios evita que la señal de 9 MHz cortocircuite la línea de alimentación.

Un detector de producto es exactamente lo que se necesita para CW o BLU. Sin embargo, cuando sintonizas una estación de radiodifusión de AM, tendrás un silbido omnipresente hasta que ajustes el OFB perfectamente para eliminarlo. Si tienes pensado escuchar habitualmente estaciones de radiodifusión de AM, probablemente querrás puentear el filtro de cristal de la FI. De otro modo, el ancho de 2 KHz de un sólo cristal será demasiado estrecho y el sonido será de “baja fidelidad”. Otro cambio que podrías considerar es poner un conmutador para saltarte el detector de producto y usar un detector ordinario con diodo para las señales de AM. Cualquiera de los 4 tipos de transistores MOSFET de doble puerta mencionados anteriormente irán bien, incluyendo el NTE221.

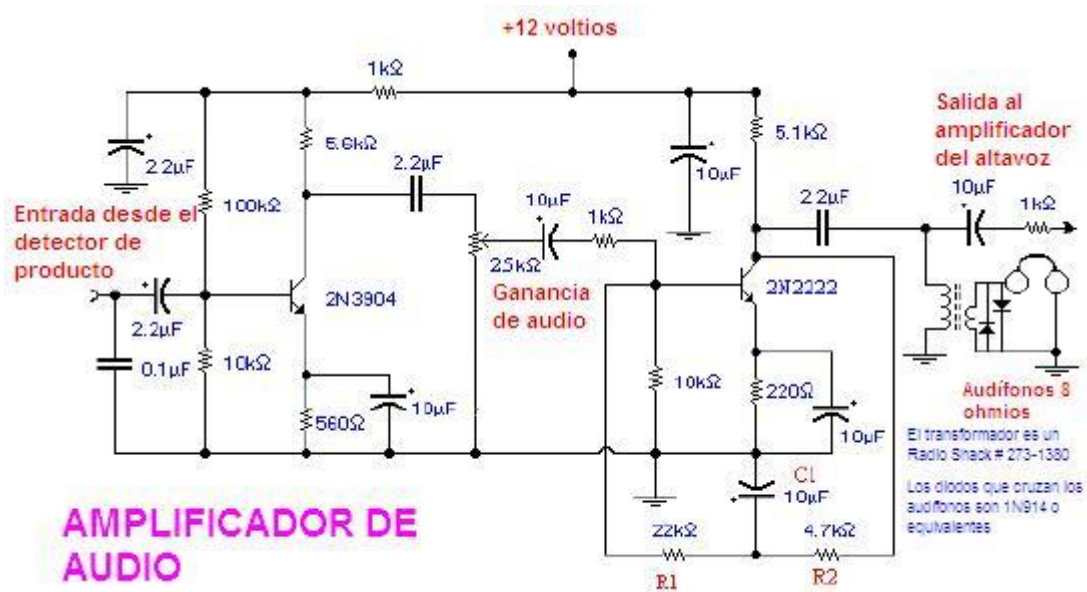
### **Con un detector de producto, todo funciona al menos un poquito**

En mi experiencia, los mezcladores de RF del receptor que producen una salida de FI son extremadamente delicados y con frecuencia están plagados de baja sensibilidad y oscilaciones a uno y otro lado de la banda. Por contra, un detector de producto es sorprendentemente poco crítico. No he tratado de hacer uno con virutas de madera o con grava de la carretera, pero no me sorprendería que aún pudiera oír señales.

Por ejemplo, construí una cadena de FI y un detector de producto nuevos con la esperanza de mejorar el problema del ruido. Funcionó, pero me decepcionó la sensibilidad. Estaba inspeccionando mi detector de producto con MOSFET cuando me di cuenta de que había soldado el MOSFET rotado 90°. En otras palabras, el drenador estaba conectado a la puerta de entrada de RF, la fuente estaba conectada al circuito del drenador y la entrada del OFB estaba conectada a la fuente. Encantado de haber descubierto mi problema, soldé correctamente un transistor nuevo. Cuando lo hice correctamente, funcionó mejor; pero no tremendamente mejor.

En otro experimento desconecté la entrada de RF de modo que la entrada al detector de producto era sólo el acoplo parásito de la cadena de FI. Las señales eran débiles, ¡pero seguía funcionando sorprendentemente bien! Finalmente, desconecté la entrada del OFB. Me alivió confirmar que ya no sintonizaba ni recibía señales en las bandas de radioaficionados. En su lugar, funcionaba como una radio de galena y recibía las señales más fuertes en, o cerca de, la banda de radioaficionados de entrada. Por ejemplo, en 17 metros, capté la *Deutsche Welle* (“La voz de Alemania”) alto y claro.

## El amplificador de AF



La salida del detector de producto es una señal de audio que necesita ser amplificada antes de que vaya a los auriculares o altavoz. La mayoría de los diseños de la ARRL usan circuitos integrados marcados “amplificador de audio”. El LM386 es uno de los típicos amplificadores de audio monolíticos. Los he usado y normalmente funcionan estupendamente. Pero desde luego que no aprendí de esa experiencia. Así que esta vez construí mi amplificador de audio con componentes discretos de un ejemplo de mi *Handbook* de 1986. Parecía como 2 simples “amplificadores con acoplo R-C” en serie. Pero el diseño tenía componentes extras de filtro que yo no comprendía. Quité cada componente que no comprendía. Esa era mi instrucción. El amplificador estaba tan muerto como una piedra cuando lo conecté.

### Un control automático de ganancia de audio (CAG)

Estaba particularmente desconcertado por el enlace de realimentación de baja frecuencia, R1, R2 y C1. No podía comprender qué clase de “filtrado de baja frecuencia” trataba de conseguir el diseñador. Pero, cuando el amplificador parecía completamente muerto, puse de nuevo esos componentes misteriosos en el circuito. ¡Voilà! Los auriculares volvieron a la vida. Resultó que ese bucle polariza el transistor en conducción con señales bajas y en corte con señales grandes. Es una especie de CAG de audio.

Recuerda que para que un transistor bipolar conduzca, la señal de entrada deber ser mayor de 0,6 voltios o no circulará corriente en la base. En un amplificador de clase A, se añade una señal de corriente continua a la base. Esto incrementa la tensión de la base por encima de 0,6 voltios de modo que siempre está conduciendo. De esta manera, un amplificador de clase A puede amplificar señales mucho menores de 0,6 voltios. La realimentación de baja frecuencia ajusta la polarización para las señales débiles y fuertes. Cuando las señales son débiles, el segundo transistor se pone en corte, de modo que su tensión de colector es alta y no cambia. Esta tensión de colector grande llega a C1 para proporcionar una polarización directa para ese transistor poniéndolo en conducción y elevando su ganancia. A la inversa, cuando las señales son fuertes, por el colector circula una corriente grande pero hay una tensión media baja entre el colector y masa. Esta tensión inferior polariza el transistor más cerca del corte.

## Protegiendo tus oídos de las señales fuertes

El amplificador es capaz de atronarte los oídos cuando encuentres una señal fuerte. Por lo tanto es esencial añadir un circuito recortador para limitar la tensión que llega a los auriculares a menos de 1 voltio. Al principio hice esto colocando en paralelo con la salida de auriculares un par de diodos Zener de 5 voltios opuestos en serie. En la práctica, con auriculares sensibles y modernos de 8 ohmios, encontré que menos de 1 voltio de pico es volumen más que suficiente para mí. Al final, puse 2 diodos normales de silicio 1N914 en antiparalelo (es decir, en paralelo y en oposición a la vez) en la salida para los auriculares. Esto limita los picos positivos y negativos a justo +/- 0,6 voltios y mis oídos no se han atronado desde entonces.

## ¿Cuánta “alta fidelidad” debe tener?

El circuito original también estaba regado de condensadores de desacoplo de 0,1 microfaradios como si el diseñador estuviera tratando de eliminar todos los sonidos de alta frecuencia y derivar la mayoría del audio a masa. Ya que yo siempre estaba tratando de obtener más ganancia, quité los desacoplos. El amplificador funcionó bien sin ellos, pero el sonido de la estática tenía un tono alto desagradable e hiriente que irritaba mis oídos. Puse de nuevo los desacoplos y, como esperaba, el audio sonaba más “grave” y se hizo algo más débil. Sin embargo, deshacerse de esa estática tan molesta e hiriente bien valía la pérdida de ganancia. ¡Experimenta!

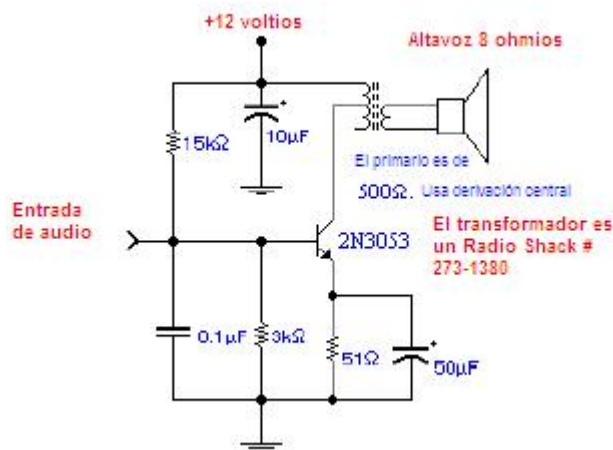
El diseño original tampoco tenía condensador de desacoplo de emisor, el condensador de 10 microfaradios en paralelo con la resistencia de 220 ohmios. Sin este condensador se reduce la ganancia porque parte de la tensión de audio se desperdicia en la resistencia de emisor de 220 ohmios. Dado que necesitaba la ganancia, puse el condensador y mi ganancia subió notablemente. Este desacoplo no tiene desventajas que yo pueda detectar.

## Filtrado de audio

Muchos receptores tienen filtros de audio que limitan la frecuencia de audio de las señales que llegan a los auriculares. Esto puede ser útil para separar las señales de CW que están en frecuencias muy próximas. Si no tuviera mi selección de múltiples filtros de cristal, querría filtros de audio. Pero en la práctica, cuando tengo QRM (interferencias), el tipo que me está interfiriendo tiene normalmente el mismo tono que el amigo al que quiero oír. Obviamente, en este caso un filtro de audio no ayudaría. Pero si quieres añadirlo más tarde, nunca es demasiado tarde. A diferencia de los filtros de cristal de FI, los filtros de audio pueden añadirse más tarde, externos al receptor (N. del T.: hoy en día existe una amplia gama de estos filtros basados en modernos sistemas de DSP, o procesadores digitales de señales).

## Atacando a un altavoz

Si no necesitas un altavoz, no necesitas una tercera etapa amplificadora. Por el mismo motivo, un altavoz de 8 ohmios conectado a la salida de auriculares de 8 ohmios sonará muy débil. También, una señal de 0,6 voltios de pico es insuficiente para excitar un altavoz. En el diseño original del amplificador de AF del *Handbook*, la tercera etapa era un seguidor de emisor para excitar tanto un altavoz como unos auriculares de baja impedancia. La ventaja de este diseño era que el seguidor de emisor se conectaba directamente al altavoz y no necesitaba un transformador de impedancias. El altavoz se conectaba entre el emisor y masa mientras que el colector estaba conectado a la alimentación positiva. Parecía sencillo para mí, así que lo probé. Desgraciadamente, el seguidor de emisor distorsionaba el sonido y sonaba como el motor de una barca con señales fuertes. Es decir, el sonido salía en ráfagas. Probé varias modificaciones para resolver estos problemas pero nunca fui capaz de arreglarlo. Renuncié al seguidor de emisor y usé otro transformador de impedancias para conectar los auriculares de baja impedancia. Resulta que tengo un puñado de transformadores pequeños para altavoz en mi caja de chatarra de transformadores, así que para mí esta era una solución fácil.



Un amplificador opcional extra para atacar a un altavoz externo

Hallarás que un altavoz grande suena mucho mejor que uno pequeño. Un altavoz lo bastante pequeño para caber en el receptor sonará metálico. Al final conecté mi salida de altavoz a uno remoto de 30 centímetros de diámetro (N. del T.: 12 pulgadas).

## Conversores para otras bandas de HF

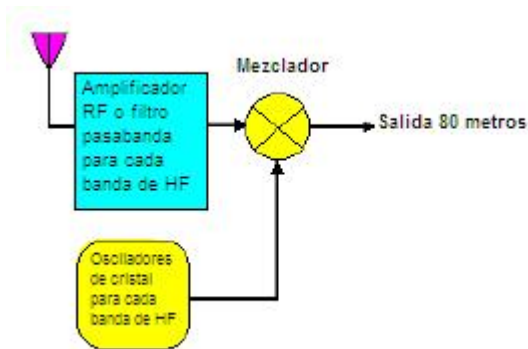


Diagrama de bloques de un conversor de banda de HF

Usé los amplificadores de RF y osciladores de cristal del receptor de W7ZOI y K5IRK. Construí esos módulos cerca a lo que estaba en el *Handbook* y funcionaron directamente. Para mi módulo mezclador usé el mismo circuito con el MOSFET de doble puerta que desarrollé para el receptor de 80 metros. Tuve algunas dificultades con los filtros de preselección de frecuencias bajas, así que usé otros diseños que describiré.

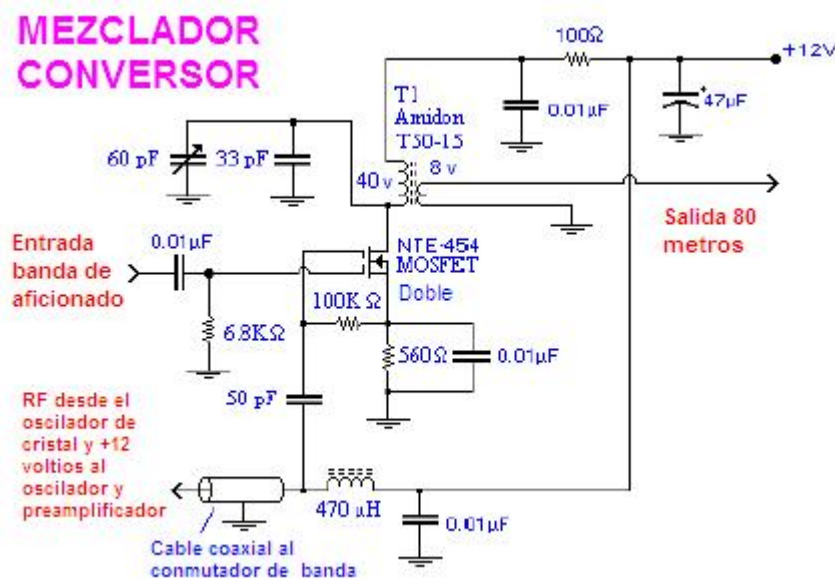
En mi receptor, todos los conversores para bandas que no son la de 80 metros comparten el mismo mezclador con MOSFET de doble puerta. La conmutación de bandas sería más fácil si cada conversor tuviera su propio mezclador. Por otra parte, esos MOSFET de doble puerta son transistores caros, así que haz lo que quieras. Cada banda necesita su propio oscilador controlado a

cristal y un filtro de paso de banda presintonizado, o “preselector”, para limitar la entrada a la banda deseada. Las bandas por encima de 30 o 40 metros necesitan un amplificador de RF. Por debajo de 20 o 30 metros, las señales y el ruido son más fuertes y no debería hacer falta un amplificador de RF en la entrada de antena. Tuve algunos problemas con señales débiles en 30 metros, así que quizá debí haber añadido un amplificador de RF en 30 metros después de todo. Por otra parte, puede que las señales sean simplemente débiles.

### Cada banda de radioaficionados necesita su propio conversor de HF

En los viejos días de las válvulas, estas eran grandes y hubiera sido extravagante que un constructor casero usara un conversor separado para cada banda. Mi viejo receptor a válvulas de construcción casera tenía un único conversor multibanda que tenía que ser sintonizado manualmente para cada banda superior. Cada vez que sintonizaba una estación débil, tocaba 3 condensadores variables y 3 controles de ganancia separados.

Los transistores y los núcleos bobina de polvo de hierro son pequeños, así que hoy podemos fácilmente alojar un conversor para toda la HF en unos pocos centímetros cúbicos. Aún más, cada conversor funciona con una tensión baja de corriente continua. Esta simplicidad significa que la tensión puede ser dirigida al conversor usando el mismo coaxial que recibe la entrada del conversor. Ya que cada conversor está optimizado para una única banda, puede ajustarse una vez y olvidarse.



El conversor mezclador que se ve arriba se comparte por todos mis conversores. Un conmutador de bandas rotativo conecta la señal de RF filtrada y amplificada en la entrada superior. La entrada inferior recibe la RF del oscilador local a cristal para cada banda. Además, la “entrada” inferior es también una salida que proporciona la alimentación de 12 voltios al oscilador y al preamplificador de esa banda.



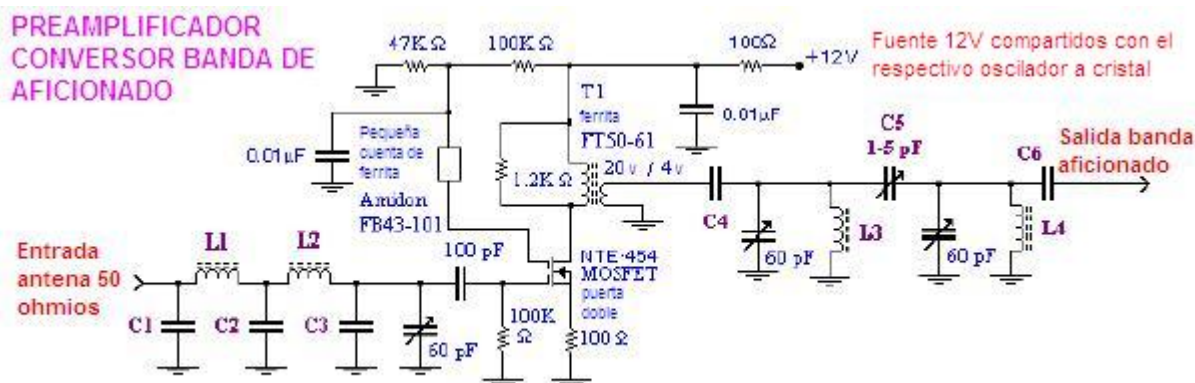


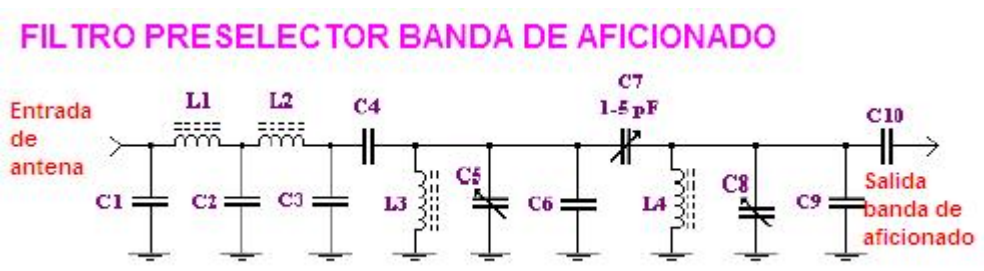
Tabla de valores de componentes para los filtros del conversor preamplificador

<i>Banda</i>	<i>C1</i>	<i>C2</i>	<i>C3</i>	<i>C4</i>	<i>C5</i>	<i>L1</i>	<i>L2</i>	<i>L3</i>	<i>L4</i>
	(pF)	(pF)	(pF)	(pF)	(pF)	(μH)	(μH)	(μH)	(μH)
30 m	300	680	33	33	4,1	0,68/13	3,36/29	1,16/17	
20 m	220	500	22	27	4	0,58/12	2,50/25	1,16/17	
17 m	180	390	nada	22	3,9	0,40/10	1,94/22	1,44/19	
15 m	150	330	nada	20	3	0,40/10	1,60/20	1,44/19	
12 m	120	200	nada	12	2,1	0,26/8	1,44/19	0,58/12	
10 m	110	250	nada	12	1,6	0,26/8	1,16/17	0,40/10	

Las bobinas están devanadas sobre núcleos toroidales tipo T50-6 CWS de Amidon, y junto a su valor en μH, se especifica el número de vueltas de la bobina (p. ej.: 0,40 μH, al que le corresponden 10 vueltas de hilo sobre el núcleo).

**Preseletores para las bandas inferiores de radioaficionados**

Como se explicó antes, las bandas de radioaficionados inferiores a los 30 metros no deberían requerir un preamplificador de RF. El único propósito del preselector es limitar las señales de entrada a la banda en concreto. Este diseño que se ve más abajo es el recomendado por W7ZOI y K5IRK.



### Tabla de valores de componentes para el filtro de preselección (sin amplificador)

Banda	C1 C3 (pF)	C2 (pF)	C4 C10 (pF)	C5 C8 (pF)	C6 C9 (pF)	C7 (pF)	L1 L2 (μH)	L3 L4 (μH)
30 m	300	600	32	180	50	4,1	0,68/13	1,16/17
40 m	430	860	42	180	50	4,6	1,16/17	2,50/25
160 m	1720	3440	nada	250	120	20	4,64/29	30/79

Las bobinas están devanadas sobre núcleos toroidales tipo T50-6 CWS de Amidon (**excepto en 160 metros**, que son T68-2), y junto a su valor en μH, se especifica el número de vueltas de la bobina (p. ej.: 30 μH, al que le corresponden 79 vueltas de hilo sobre el núcleo).

Mi filtro de 160 metros es similar al diseño original del *Handbook* y lo extrapolé de los valores para 40 metros. Para 30 y 40 metros usé el siguiente diseño de filtro que adapté de un artículo de QEX:

#### FILTRO PRESELECTOR PARA 30 Y 40 METROS



### Tabla de valores de componentes para el filtro de preselección alternativo

Banda	C1, C2 (pF)	C3, C4, C5, C6 (pF)	C7, C8 (pF)	L1, L2, L3 (μH)	L4 (μH)
30 m	710	33	2000	3,5/30	4,6/34
40 m	1000	47	3000	5,0/35	6,6/41

Las bobinas están devanadas sobre núcleos toroidales tipo T50-6 CWS de Amidon, y junto a su valor en μH, se especifica el número de vueltas de la bobina (p. ej.: 6,6 μH, al que le corresponden 41 vueltas de hilo sobre el núcleo).

El diseño anterior es una serie de 4 circuitos LC en serie, cada uno de los cuales en su propio compartimento de “cartón de huevos” soldado a la placa de circuito impreso. Las señales pasan de una pequeña cámara a la otra usando condensadores de 1 nF. Soldé condensadores extras para acercar sus valores a los de la tabla. Estos filtros se sintonizan bien y no tengo quejas del rendimiento del receptor en 40 metros y por encima. Los 80 y los 160 metros son más difíciles,

como se dijo antes y se dirá ahora.

### **Los 160 metros son difíciles**

Los 160 metros presentan 2 problemas. Primero, las señales de radiodifusión son enormes y están justo por debajo de 1,800 MHz. Si no atenúas las señales de la banda de radiodifusión, puedes quedar maldito con las señales más fuertes de AM colándose en tu FI. Puede que encuentres útil el filtro de radiodifusión de AM descrito en el capítulo 7. Funcionó mejor cuando se puso entre el preselector de 160 metros y la entrada de la placa del receptor de 80 metros. No era tan útil en serie con el conector de antena afuera del receptor. Mi preselector de 160 metros era primariamente un filtro de paso alto.

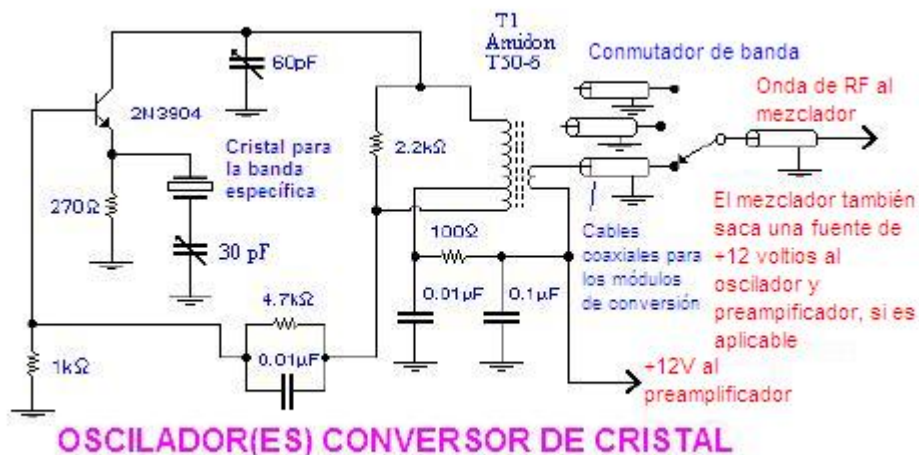
El segundo problema con los 160 metros es su proximidad a los 80 metros. Al principio de haber conseguido que mi conversor de 160 metros funcionara, inmediatamente oí radioaficionados y creí que había tenido éxito. Fue varias tardes después que descubrí que algunos de esos radioaficionados estaban realmente en 80 metros. ¡Epa! Cuando sintonizaba una estación de radioaficionado, me pasaba a 80 metros a ver si aún estaba allí. Si había desaparecido, entonces sabía que estaba en 160 metros. Ya que el núcleo de mi receptor está diseñado para 80 metros, el filtrado de paso de banda en el conversor de 160 metros debe ser bastante selectivo para dejar fuera tanto las señales de radiodifusión como las de 80 metros. Aún no estoy muy contento con mi filtro actual. Como he dicho en otro sitio, los 80 y los 160 metros funcionan mucho mejor cuando los escuchas usando el acoplador de antena en T de tu transmisor.

Puede ser difícil encontrar un cristal adecuado y económico para 160 metros. Los de 5,5 MHz están disponibles como patrón de frecuencia y parecen ideales. Desgraciadamente, estos producen un enorme pitido en 2,00 MHz. 5,6 MHz funcionan perfectamente, porque ahora el pitido está en 2,1 MHz, completamente fuera de la banda de radioaficionados de 1,8 a 2,0 MHz (N. del T.: esta es la cobertura de 160 metros en EE.UU. y los países de la región 2; en la región 1, y en España en particular, la cobertura de esa banda es mínima).

Una dificultad con los 160 metros es que, si construyes un filtro multietapas como los que hemos visto para 40 y 30 metros, los condensadores variables serán físicamente bastante grandes. Yo no tengo espacio para un preselector tan grande, pero si comienzas con un chasis físicamente bastante grande eso no debería ser un problema. Para reducir el filtro de 40 metros a 160 metros, multiplica los valores de cada condensador y bobina por 4. ¡Buena suerte!

### **Osciladores a cristal para los conversores**

Estos osciladores son casi idénticos al oscilador del OFB descrito anteriormente. La alimentación de 12 voltios para cada oscilador le llega por el cable del conmutador de bandas.



**Tabla de valores de componentes para los osciladores a cristal**

<i>Banda</i>	<i>Frecuencia del cristal</i>	<i>Primario T1 vueltas totales</i>	<i>Toma intermedia vueltas</i>	<i>Secundario vueltas</i>
160 m	5,600	39	8	7
40 m	11,000	30	7	6
30 m	13,800	26	6	5
20 m	18,000	28	5	4
17 m	21,900	20	4	4
15 m	25,000	20	4	4
12 m	24,800	17	4	4
10 m	32,000	14	3	3

Todos los toroides son CWS (Amidon) T50-6 de hierro en polvo.

Ya que estoy convirtiendo a 80 metros, mi receptor usa las mismas frecuencias de oscilador local que usé en mi transmisor de CW, que usa un VFO de 80 metros. Para la mayoría de las bandas usé cristales cortados para microprocesadores para frecuencias de 4,0 MHz por encima de la banda de radioaficionados deseada. Por ejemplo, usé 11 MHz para 40 metros, 18 MHz para 20 metros, 25 MHz para 15 metros y 32 MHz para 10 metros.

También podrías usar frecuencias de oscilador local por debajo de la banda deseada. Por ejemplo, para cubrir 15 metros, podría usar un oscilador a cristal de 17,5 MHz. Esto convertirá la banda de 15 metros a la gama de 3,5 MHz a 3,95 MHz. Date cuenta de que la dirección de sintonía del VFO está invertida con respecto a usar frecuencias del oscilador por encima de la banda deseada. Hagas lo que hagas, es bueno ser consistente de modo que coincidan la dirección de sintonía y la calibración. Además, si las frecuencias del oscilador local son números redondos, como 11, 18, 25 y 32 MHz, las calibraciones decimales en el VFO serán idénticas. Desgraciadamente, para conseguir cristales de calidad para las bandas WARC que no patinaran, tuve que encargar que fabricaran cristales bajo pedido para mí. Tal vez, que sea barato no es tan importante después de todo.

### Construcción mecánica de conversores

Yo he construido mis conversores en placas de circuito impreso de doble cara. Soldé tiras de placa de circuito impreso sobre la placa principal para hacer paredes y particiones al estilo del “cartón de huevos”. Las tapas de aluminio plegado rechazan la mayoría de la RF espúrea. El montaje de abajo contiene 4 conversores para 20, 40, 30 y 12 metros. Parece desalentador, pero construí una banda cada vez a lo largo de varios meses. Sólo construí otro conversor cuando estaba listo para escuchar una nueva banda.



Módulos conversores para 20 metros, 30 metros, 40 metros y 12 metros.



Este módulo contiene conversores para 160 metros y 17 metros.

## Conmutar las bandas



El primer módulo de mi receptor que funcionó adecuadamente fue el conversor para 15 metros. Lo comprobé usando mi viejo receptor sintonizado en 80 metros. Inmediatamente me di cuenta de que funcionaba mejor que el viejo receptor sintonizado en 15 metros. Posteriormente, cuando el nuevo receptor de 80 metros comenzó a funcionar, podía escuchar los 15 metros conectando el receptor de 80 metros al conversor de 15 metros directamente con cables coaxiales con conectores RCA. A continuación construí un conversor para 10 metros y 40 metros. Cuando cambiaba de banda, movía mis cables de un lado a otro como las clavijas en un antiguo panel de teléfono.

Eventualmente, según construí más conversores, este proceso se fue haciendo cada vez más incómodo. Finalmente apreté los dientes y pasé una tarde de sábado cableando el conmutador de bandas que se ve arriba. Para cambiar de una banda a otra, un conmutador rotativo selecciona el filtro de entrada/amplificador de RF y el oscilador local deseado para cada banda. Como el diseño del OFB descrito antes, la alimentación de 12 voltios para cada oscilador local y preamplificador de RF llega al mezclador por el mismo cable que la señal de RF del oscilador local. En otras palabras, un sólo circuito de conmutación lleva tanto la señal del oscilador local como la alimentación de 12 voltios. Incluso con esta reducción en complejidad, el conmutador de bandas de 9 posiciones se convierte en una pila confusa de espagueti de cable coaxial RG-174. Asegúrate de etiquetar cada conector de cable y de chasis. Yo he usado un poco de cinta adhesiva blanca de plástico en cada cable y la he etiquetado con un rotulador permanente de punta fina.

## Enmudecimiento del receptor

Mientras estás transmitiendo, es molesto oír tu propia señal en el receptor reventándote los oídos. Incluso con la antena conmutada al transmisor, el receptor aún se saturará por tu propia señal. Una señal de CW sonará normalmente distorsionada e interferirá con lo que estás manipulando. He hallado que lo mejor es desconectar totalmente el receptor mientras transmites. Por eso construí un monitor de código Morse en mi manipulador electrónico de modo que pudiera escuchar un tono limpio mientras estoy transmitiendo.

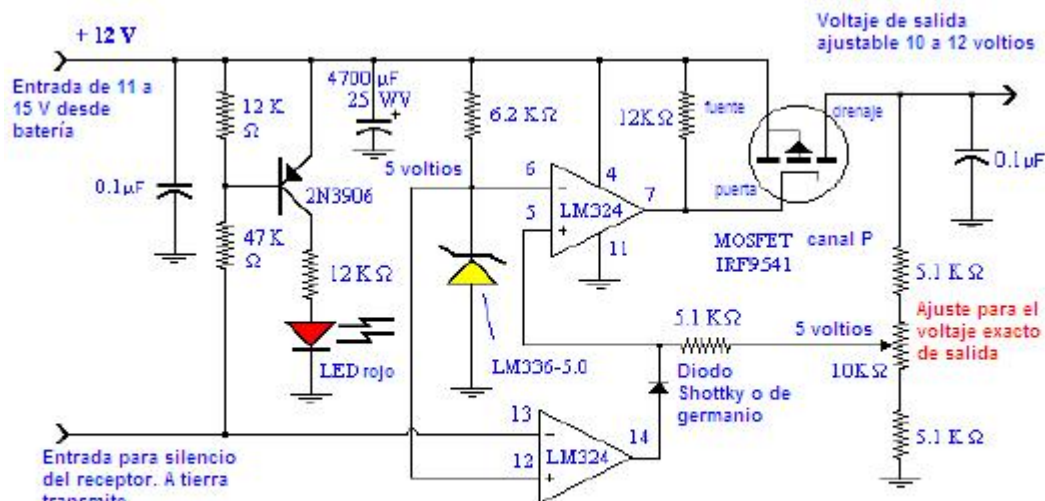
Desconectar el receptor a mano es demasiado lento, así que necesitarás construir un circuito de enmudecimiento. Yo activo el mío con la misma línea de señal transmisión/recepción que uso para conectar el transmisor. He hallado que la solución más simple es desconectar algunas de las líneas de alimentación. Intenté sólo bajar los potenciómetros de audio y FI conectando a masa los cursores usando conmutadores a transistores. Eso no fue adecuado, así que desde entonces me he pasado a conectar y desconectar la alimentación del receptor, como hice con el transmisor. Dejo la

alimentación del VFO del receptor conectada constantemente para evitar la deriva causada por el calentamiento y enfriamiento repetidos.

### Fuentes de alimentación del receptor

¡La alimentación del VFO del receptor es la misma descrita en el capítulo 10! También podrías la fuente de alimentación regulada en serie descrita en el capítulo 8. Yo opero mi estación con una batería de 12 voltios, así que sólo necesito el regulador de baja caída de tensión que se ve abajo. Los requisitos de alimentación del receptor son similares a las etapas de baja potencia del transmisor. He usado la misma fuente de alimentación que desarrollé para usar con mis módulos de QRP del capítulo 8. Esta fuente está sobredimensionada para un receptor y puede suministrar al menos varios amperios.

La posibilidad de enmudecimiento se ha realizado con un amplificador operacional sin usar configurado como comparador. El cable de entrada de enmudecimiento viene del transmisor. O en mi caso, la línea de enmudecimiento viene del conmutador de transmisión/recepción en mi manipulador de construcción casera. Durante la transmisión, la línea de enmudecimiento se conecta a masa. Durante la recepción, las resistencias de 12K y 47K ponen la línea de enmudecimiento a 12 voltios.



**FUENTE DE ALIMENTACIÓN DE 12 VOLTIOS DE BAJA CAIDA CON CAPACIDAD DE SILENCIO**

Con respecto al amplificador operacional inferior, cuando la entrada positiva conectada a la referencia de 5 voltios es mayor que la línea de enmudecimiento, la salida del amplificador operacional, la pata 14, sube a 12 voltios. Esto causa que la corriente fluya por el diodo a la entrada positiva del amplificador operacional superior, pata 5. Cuando la entrada positiva (pata 5) es mayor que la referencia de 5 voltios de la pata 6, la salida del amplificador operacional (pata 7) sube a 12 voltios, desconectando el MOSFET de potencia y cortando la alimentación del receptor.

### Luz roja de indicación de enmudecimiento

Mientras el receptor está enmudecido, la base del transistor 2N3906 está conectada a una tensión baja, haciéndolo conducir e iluminando el LED rojo. Mi LED era uno de alto brillo que sólo necesita 1 miliamperio para tener una luminosidad adecuada. Puedes necesitar una resistencia menor de 12 K para que tenga un buen brillo.

### **Usa reguladores lineales en serie, no reguladores conmutados**

Intenté usar fuentes conmutadas con este receptor, pero la recepción siempre se deterioraba con el ruido de la fuente conmutada. El proceso de conmutación de la fuente causa zumbidos y silbidos en todas las bandas de radioaficionados. Filtrar la RF fue una gran mejora, pero nunca lo bastante buena. Construir un receptor con poco ruido ya es lo bastante difícil sin tener que luchar con un generador de ruido incorporado.

### **Resumiendo**

Si ya has construido transmisores caseros, te darás cuenta de que construir un receptor es más fácil que construir tu transmisor de CW multibanda controlado por VFO. Las partes más difíciles son el preselector de 80 metros, el mezclador de 80 metros y el amplificador de FI. Después de eso, es bastante sencillo. Los receptores no necesitan etapas de ganancia de potencia de RF, así que las corrientes son bajas y la distribución de componentes en la placa de circuito impreso es tolerante.

Para terminar, recuerda que cuando construyes un transmisor, oírás un sinfín de quejas sobre su señal hasta que le quites todos los problemas. Pero cuando estás en el aire con tu receptor de construcción casera, tus contactos nunca se quejan de tu receptor. O al menos no puedes oírlos quejarse.



## Transmisores y receptores a válvulas



Mi proyecto QRP a la vieja usanza comenzó el día que adquirí una antigua válvula tipo 216A. Es un maravilloso aparato tipo Julio Verne con una bola redonda de cristal montada en una elaborada base de latón niquelada. Es la “tríodo” de tres elementos más simple con todas sus tripas a la vista. Tiene el filamento en el centro con una “rejilla” de hilo y una placa a cada lado del filamento. La base tiene impresos varios números de patentes datando desde 1907 a 1918. Decidí que debería usarla para construir un transmisor controlado a cristal de una válvula, como en los viejos días. Como verás, había problemas con este sueño.

El transmisor descrito en este capítulo usa la más antigua tecnología de válvulas que yo pudiese utilizar, mientras que todavía sonaba bastante bien en el aire. Algunas de las partes que use eran raras e ilocalizables como partes nuevas. No obstante, si no puedes encontrar componentes similares en ferias locales, siempre las puedes comprar on-line. También es posible sustituir más válvulas modernas que todavía están disponibles.

### ¿Cuán antiguo puedes llegar?

Le di un enorme puntapié a la construcción del transmisor de chispa y el receptor de juegos de cristal. Mi única pena fue que no podría usarlos en el aire. Estaba maravillado de cómo un transmisor de la vieja ola todavía podía ser usado hoy. Aproximadamente en 1920 los

aficionados comenzaron a reemplazar los transmisores de chispa con osciladores de simple válvula sintonizados con LC. En principio, estos VFOs no fueron diferentes de los VFOs descritos en el capítulo 10. Desgraciadamente los viejos VFOs eran bastos y patinaban varios kilohercios por minuto. Obviamente uno de esos antiguos transmisores no sería aceptable hoy.

Los transmisores de chispa fueron totalmente prohibidos en 1927 porque salpicaban sobre toda la banda y malgastaban el espectro. Después de la reorganización internacional de las bandas de aficionados en 1929, los aficionados fueron confinados a lo que entonces fue considerado porciones “estrechas” del espectro.

El control a cristal para aficionados fue introducido por primera vez en la revista QST en 1927. La QST de mayo del 2001 tenía un artículo de transmisores de aficionado usados en la década de 1920. El artículo advertía que estas primeras máquinas no deberían usarse en el aire. ¡Esto no es divertido! En mi grupo de noticias local de aficionados Yardley Beers, W0JF, describía un transmisor que construyó en 1930 que parecía prometer. Era un oscilador de una válvula, de 10 vatios, con un tríodo tipo 210. Me figuré que un oscilador tríodo con control de cristal debería ser tan vieja tecnología como yo podía alcanzar.

### **¿Por qué molestarse con válvulas?**

Un constructor casero que nunca construyó con válvulas se ha perdido una aventura. Le dije a mi sobrino ingeniero eléctrico que estaba construyendo un transmisor a válvula. Hubo silencio en el teléfono. ¿”Por qué”? soltó finalmente. Me sobresalté. Para nosotros los viejos excéntricos “porque” es obvio. Vamos a usar trenes como analogía: una vez tuve el privilegio de montar en el TGV francés (Tren de Gran Velocidad) que se traduce a algo como “El tren realmente rápido”. A 240 kilómetros por hora el TGV ciertamente es rápido. Cuando pasó otro tren en la vía adyacente, el ruido de paso duró menos de dos segundos. Cuando el TGV pasa un puente, la tierra desaparece tan rápidamente que sientes como si despegaras en un cohete. El equipo moderno de aficionados es como el TGV. Sus atractivos son la sofisticación y alto comportamiento. Cada verano trenes de vapor de vía estrecha petardean arriba y abajo por los cañones de Colorado. Estos anacronismos de los viejos tiempos están cargados con turistas. Los trenes de vapor no son populares tanto por su funcionamiento, sino por su sonido y apariencia. Los transmisores de válvulas, especialmente los de los años 30 y 40, no tienen un funcionamiento impresionante, ¡pero sus aspectos son magníficos! Los transmisores de aquellos tiempos tenían unas magníficas bobinas grandes, condensadores variables en “caja de cuchilla” y pasmosas válvulas de cristal. Sus medidores de corriente de placa se ven como si perteneciesen a una planta de energía. Las válvulas tienen la misma función que los transistores. Están construidas como las bombillas. Dentro de una cámara de vacío, normalmente cristal, tienen filamentos incandescentes para manejar electrones fuera de su superficie. La malla metálica, llamada rejilla de control, regula la relativamente gran corriente que pasa a través del vacío entre el filamento (cátodo) y la placa metálica. La rejilla es análoga a la base de un transistor bipolar o la puerta de un transistor de efecto de campo. Las válvulas fueron el primer dispositivo práctico amplificador de señal. Dominaron la electrónica a lo largo de 50 años. La mayoría de circuitos analógicos sofisticados e incluso circuitos de computadores fueron primeramente montados con tubos de válvulas. Cuando los transistores llegaron a estar

disponibles, fue relativamente fácil para los ingenieros de válvulas rediseñar los viejos circuitos usando transistores.



¿Si las válvulas son tan fáciles, por qué fallaron mis dos primeros transmisores?

Siempre me preocupó por qué mis primeros dos transmisores caseros no funcionaron hace 45 años. Mi primer transmisor fue uno de 7 vatios para 80/40 metros construido con planos del manual de la ARRL de 1957. Trabajaba bien alrededor de la ciudad, pero apenas nadie me escuchaba fuera de la ciudad. Ahora que construyo modernos QRPs y receptores, confirmo que la media de los receptores de aficionado anteriores era tan pobre que difícilmente nadie podía escuchar un QRP. Mi segundo transmisor casero se suponía que ponía 30 vatios de salida pero nunca trabajo adecuadamente. Carecía del equipo de prueba y conocimiento para encontrar por qué. Eventualmente compré un kit de transmisor comercial, igual como todos los que estaban usando otros novatos. En el transmisor descrito abajo, la fuente de alimentación se volvió mi mayor obstáculo. Estoy convencido que también fue mi mayor problema atrás en 1957. Si, mi fuente era capaz de suministrar la potencia requerida, pero ahora como entonces, mi fuente de alimentación era demasiado débil o “blanda” para suministrar la potencia necesaria sin una caída significativa de voltaje. Siempre que el transmisor arrastraba corriente de la fuente, el voltaje fracasaba causando que el transmisor corriese a impulsos llamados de “motora”. Ya que no tenía por entonces un osciloscopio de alta frecuencia, no podía ver que estaba ocurriendo.

### **La fuente de alimentación**

Las válvulas trabajan conduciendo electrones a través de un vacío. Personalmente, estoy asombrado de que es posible. Pero una vez que pasas por ello, no debería ser una sorpresa

que una válvula tiene una relativamente alta resistencia. Así que si quieres pasar grandes corrientes, necesitas grandes voltajes para empujar la corriente a través del vacío.

### **Potencia = Voltaje x Corriente**

Para conseguir gran potencia necesitas tanto gran voltaje o gran corriente, o ambos. El transmisor descrito aquí necesita al menos 250 voltios para desarrollar 5 vatios de salida. Y debido a su baja eficacia de conversión de energía, planea suministrar 15 vatios de potencia DC en lugar de solo 5 vatios. Por ejemplo,

15 vatios = 250 voltios x 60 miliamperios

### **Seguridad de fuente de alimentación de alto voltaje**

La desventaja principal del alto voltaje es el peligro de quemaduras y descargas. Las válvulas casi siempre operan a altos voltajes, típicamente por encima de 100 voltios. Para amplificadores de alta potencia de bandas de aficionado el voltaje de placa puede ser de 1000 voltios o incluso 3000 voltios DC. Las malas noticias es que esto puede causar una severa sacudida y quemadura cuando tus dedos tocan la fuente de **CORRIENTE DIRECTA**. Las buenas noticias es que, aunque el alto voltaje de DC puede derribarte a lo largo de la sala, te quema malamente y sobresalta los sentidos, el alto voltaje DC raramente mata a nadie. Puede matar, pero habitualmente no.

### **Shock**

Técnicamente, la palabra “shock” significa electrocución, así que el voltaje DC normalmente no causa “shock” a los aficionados. Por el contrario, una fuente de alimentación de 1000 voltios DC tiene 1000 voltios de **CORRIENTE ALTERNA** en su rectificador. Si tus manos cruzan eso, la muerte es bastante posible, incluso probable. Cualquier fuente de alimentación que se enchufa al AC principal tendrá al menos 220 voltios AC y esto es bastante para matarte. Todas las fuentes de alimentación son potenciales asesinas si tocas el alto voltaje AC. En contraste, cuando el voltaje AC de 50 Hz está por debajo de 20 voltios, alcanza a ser “seguro”. No obstante, si humedeces ambas manos, sujetas firmemente los dos cables de modo que pasen 20 miliamperios de corriente AC a través de tu pecho, incluso 12 voltios AC pueden matarte. En resumen, hay que ser extremadamente cauto con el voltaje AC. Siempre que sea posible, desconecta la fuente de alimentación antes trabajar en tu equipo alimentado a la red.

### **Quemaduras de RF**

Otra promulgación de seguridad son las quemaduras de RF. El voltaje AC de radio frecuencia de alto voltaje y alta frecuencia no te causa shock porque tus nervios no pueden responder con la rapidez suficiente para ser polarizados por el cambio de voltaje. No

obstante, el voltaje de RF puede quemar grandes agujeros en tu mano. Si tocas el circuito placa de tu válvula de transmisión, puedes esperar al menos un pequeño agujero en tu piel. Y a mayor potencia de RF estés usando, mayor se hará el agujero. En resumen, cualquier voltaje AC, DC o RF mayor de aproximadamente 50 voltios merece gran respeto. Tu primera lección trabajando con válvulas debería ser ***“no toques nada hasta que la alimentación esté desconectada”***. Y después que la alimentación esté desconectada, ***se cauteloso de grandes condensadores que pueden estar cargados a alto voltaje DC***.

\*\*\*\*\*

## La válvula del transmisor QRP

Una vez comencé la planificación de mi QRP a válvula, comencé realmente a hundirme en ello.

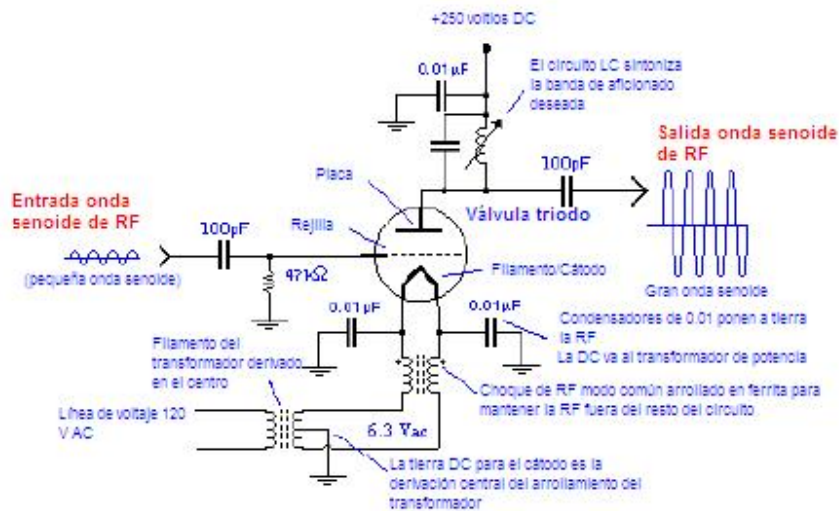
- Primero, solo tengo una válvula 1918. Aborrezco romperla.
- Segundo, esta válvula no tiene cátodo. Solo tiene un simple filamento. Esto significa que los electrones vienen directamente del filamento. Un simple filamento de tungsteno o carbono da electrones reticentemente, así que estas válvulas primeras tienen bajas corrientes operativas. Esto significa que mi transmisor QRP podría ser extremadamente débil, como de unos pocos milivatios. Había una buena razón para que los aficionados usasen transmisores de chispa hasta 1927. No podían construir válvulas de potencia hasta los años veinte. Fue duro generar cualquier potencia significativa de salida hasta que las válvulas que fueron desarrolladas pudieron manejar cientos de miliamperios de corriente, en lugar de solo unos pocos miliamperios. Apostaría que también las válvulas de entonces costaban una fortuna.
- De acuerdo a mi manual de la ARRL de 1979, “es casi imposible construir un transmisor de una válvula que no chispee en algún grado”. Supongo que el chisporroteo era normal en los antiguos días. Pero hoy tu señal sería duramente criticada si te atreves a chisporrotear a los modernos aficionados que se mueven por las ondas hoy día. Más aún para un transmisor de una válvula.
- Un problema relacionado es que, a mejor suena un oscilador manipulado, menor será la potencia de salida que conseguirás de él. En otras palabras, un oscilador manipulado que suena bien saca poca o inservible potencia de RF. Comencé a entender que mi transmisor de 100 milivatios podía fácilmente finalizar como un transmisor de 20 milivatios.

En mi opinión la tecnología de la década de 1930 es tan temprana como puedas ir y no atascarte con ella hoy. Eventualmente construí mi transmisor usando válvulas que había recuperado de viejas radios construidas durante los años 30. Me gustan las válvulas de esa era porque son grandes y espectaculares. Las válvulas más modernas de los 40 y 50 son

solo grandes si manejan alta potencia. Más aún, sus filamentos incandescentes están ocultos por los manguitos de sus cátodos.

En el diseño descrito abajo usé un simple tríodo como amplificador final. Creo que el filamento ha sido tratado sin torio de modo que emite electrones con reticencia. Las triodos tienen relativa baja ganancia no eran muy lineales en sus características de amplificación. Las válvulas que usé fueron del tipo 68 y 71. Si no puedes recuperar algunas válvulas viejas, la más moderna 6L6 está todavía disponible. Para eliminar el chisporroteo, usaba dos válvulas más para excitar el final. Así que mi QRP de simple válvula al final era un transmisor de 3 válvulas. ¡Y todo lo que conseguí de ello es 5 vatios! El oscilador corre a muy baja potencia y puede ser manipulado con muy pequeño chisporroteo. El oscilador es seguido por un amplificador “parachoques” que amplifica la pequeña señal del oscilador hasta el nivel que puede excitar el final. Mi oscilador y buffer son válvulas tipo 41, las cuales son pequeños pentodos de potencia. Se ven anticuadas pero fueron hechas en los años 30 y son equivalentes a las más modernas y todavía disponibles válvulas 6V6 o 6K6. Las 6V6 y 6K6 fueron fabricadas durante las décadas de los 40 y 50 y todavía están disponibles para ser compradas en RF Parts Company y otras compañías.

## Amplificadores a válvula



Un amplificador RF a válvula

La válvula más simple es un dispositivo de tres elementos. La “rejilla de control” es análoga a la puerta o base de un transistor. La “placa” es análoga al drenaje o colector y el filamento incandescente es comparable a la fuente o emisor. Las válvulas son dispositivos principalmente controlados por voltaje, aunque tiene una pequeña corriente que fluye en la rejilla de control. La rejilla de control modula la corriente más grande que fluye del filamento a la placa. Así que como deberías esperar, la señal de entrada es colocada en la

rejilla y la señal de salida es la corriente que pasa a través de una resistencia de carga o inductor de carga, como se muestra abajo.

### **Filamentos – tres circuitos en uno**

Refiriéndose al diagrama de arriba, ¿qué es todo ese material cableado al filamento? Este es el tipo de complejidad que manejan los principiantes en la electrónica en otras líneas de trabajo. Realmente, una vez desenredas las partes, no es tan malo. La dificultad con el uso de una antigua válvula es que el filamento tiene tres tareas para hacer simultáneamente.

**Función señal de cátodo** Primero, el filamento sirve como “cátodo” para lanzar nuestra corriente de radio frecuencia desde la masa del chasis a través de la placa. Esto es, sirve de igual forma como un emisor en un transistor bipolar o una fuente en un FET. La RF conduce fácilmente a través de condensadores de 0,01 microfaradios, de modo que conducen RF desde masa al filamento. El choque RF en modo común mantiene la RF fuera del transformador del filamento.

**Función calentador** Segundo, el filamento deberá ser calentado para bullir los electrones del filamento en el vacío. La función de calentamiento del filamento está proporcionada por una señal AC de alta corriente de 6,3 voltios. Así que es necesario pasar una gran corriente de bajo voltaje AC a través del filamento para calentarlo, como una tostadora. Por otro lado, no queremos AC a 50 Hz impresa en la señal que estamos intentando amplificar. Si no tomamos pasos especiales para evitarlo, los individuos con los que estamos hablando podrían oír un gran zumbido en nuestra señal.

Para mantener la AC fuera de la señal de radiofrecuencia, el lazo simple del filamento es alimentado con voltaje AC que está referenciado a masa en el centro del arrollamiento del filamento. Esto es, una parte del filamento está conectada a 3,15 voltios AC, mientras la otra mitad está conectada a 3,15 voltios AC con la polaridad opuesta. En el centro del filamento, el gradiente de voltaje pasa a través de cero voltios. La corriente de filamento de 50 Hz AC balancea la corriente fluyente a través del vacío. Sin embargo, ya que la derivación a masa del arrollamiento del transformador, la mitad del filamento está liberando electrones extra, mientras la otra mitad esta liberando menos electrones. Como resultado, la señal de 50 Hz es cancelada y la señal de RF que produce el amplificador no está modulada con los 50 Hz. ¡Aja! Toda esta complejidad del filamento es un fastidio, así que las válvulas más novedosas como la 6V6 y 6L6 tienen un tubo metálico rodeando el filamento que es calentado por el filamento. Cuando está caliente, es el cátodo el que suelta los electrones. De ese modo, la función calentados está eléctricamente separada de las señales del cátodo.

**Función balance DC** Tercero, toda válvula o circuito transistor tiene un punto de operación óptima de corriente directa para el tipo de amplificador que estés intentando construir. Por ejemplo, si quieres una señal de audio de alta fidelidad amplificada con tan pequeña distorsión como sea posible, el balance de una válvula es activado la mitad del resto. Esto es, es balanceado para operar en clase A. En clase A, según la señal de audio va a positivo y negativo desde el punto restante, la amplificación será igual para niveles de subida y bajada de voltaje. Si el punto de operación estuviese equivocado, la mitad superior o inferior de la señal podría ser amplificada más que la otra, o si acaso cortadas juntas. Cualquier distorsión podría arruinar el sonido de la música. A diferencia de los transistores bipolares, la válvula

ya está medio girada sin resistencia de seguimiento de balance yendo a la rejilla desde el voltaje de placa. En el caso de un amplificador de RF transmisor de CW, el balance para una válvula es simple: solo ponemos a masa la DC en el cátodo para proporcionar el balance correcto. En el caso de un transmisor de CW a válvula, usamos esta conexión a masa para encender y apagar el amplificador. Para enviar código Morse la llave telegráfica es usada como un interruptor entre masa y la derivación central del arrollamiento del filamento en el transformador.

### **El oscilador de onda senoide de RF**

La radio moderna comenzó con el oscilador de onda senoide de válvula. Un oscilador de RF consiste de un amplificador de RF que amplifica su propia salida. Esto es, una porción de realimentación desde la salida es devuelta a la entrada causando que la válvula produzca una señal de salida de gran onda senoide. Los osciladores de RF a válvula operan con los mismos principios como los osciladores de RF a transistores tratados en el capítulo 6 y capítulo 10. Si la construcción adecuada de un VFO transistorizado es difícil, realmente no querrás usar un VFO a válvula hoy por hoy. Lo intenté y el criticismo no era agradable. Consecuentemente mi QRP a la vieja usanza usa control a cristal.

### **Cristales de cuarzo**

Mientras construía mi transmisor descubrí que los viejos cristales de mi caja de trastos viejos ya no oscilaban. Cuando son nuevos, los cristales son tan fiables que nunca se me ocurrió que los cristales viejos no pudiesen trabajar. Mis cristales tenían desde 20 a 50 años y no habían sido usados en décadas. Los únicos que aún oscilaban lo hacían solo bajo extrema estimulación. Afortunadamente para mí eran receptáculos de cristales FT-243 grandes, al viejo estilo, que podían ser desmontados. Los desmonté y limpié con alcohol. Dos de ellos comenzaron a oscilar de nuevo, pero los otros permanecieron inertes. Sospecho que la abrazadera de goma suelta un vapor que se condensa en el cristal y literalmente engoma las vibraciones. En resumen, si intentas usar viejos cristales y el oscilador no trabaja, o si solo desarrolla una pequeña señal, necesitas limpiar el cristal o comprar uno nuevo.

### **Oscilador tríodo y pentodo**

Para estar al “viejo estilo” comencé con triodos sin cátodos. Las válvulas de potencia más viejas que tenía en esa categoría eran las válvulas del tipo 68 y 71. Rápidamente aprendí que una de las razones por las que los triodos perdieron popularidad es que su señal de salida varía con el voltaje de la fuente de alimentación. Aquellas otras válvulas tetrodo y pentodo con rejilla hacen la señal amplificada relativamente independientemente del voltaje de la fuente de alimentación. Para decirlo de otro modo, una válvula pentodo tiene características V/I que recuerdan los transistores NPN y canal N. Esto era particularmente importante para el oscilador a cristal. El voltaje de alimentación se hunde ligeramente cuando la llave se suelta y causa chirrido. Cuando se usa un tríodo, no podía nunca eliminar suficientemente el chirrido, así que finalmente usé un pentodo tipo 41. Los pentodos trabajan estupendamente.



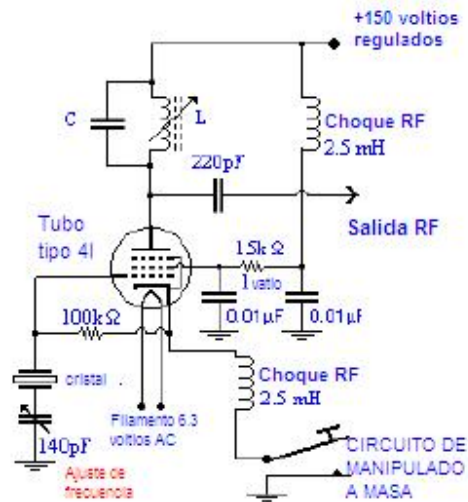
### **Circuitos a la vieja técnica**

Usé un circuito genuino a la vieja técnica de un pino. Un tablero de madera me permite mover componentes dentro del chasis metálico y cambiarlas con poco esfuerzo. Desde que las bases para las válvulas de 4 y 6 patillas ya no están disponibles, tenía que hacer mis propias bases de válvulas taladrando agujeros en un circuito preformado de fibra de vidrio. Para sujetar las patillas de la válvula, enrollaba hilo de cobre alrededor de ellos. Esto trabajaba mucho mejor de lo que esperaba. Puedo incluso desenchufar y reemplazar las válvulas.



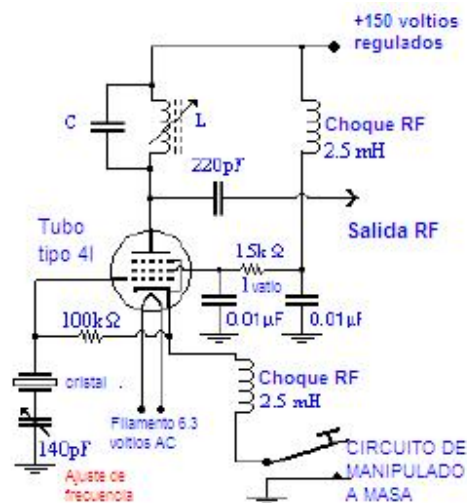
### **El mejor circuito oscilador**

Hay varios circuitos osciladores de válvulas. El de abajo es el más fácil de entender y produce la mayor señal de salida. El cristal, el cual es cableado normalmente en serie con un condensador, está conectado entre la placa (la salida) y la entrada de la rejilla. Esto pone alto voltaje en el cristal y produce una oscilación extremadamente fuerte. Fui capaz de conseguir 10 vatios de salida de este oscilador con una fuente de 300 voltios. Podría ser mayor, pero este oscilador es difícil para manipular para código Morse. El mío arrancaba tan lentamente que solo era capaz de generar dashes. El oscilador simplemente era incapaz de arrancar a tiempo de enviar "dots". Sonaba más como un pájaro enfermo que código Morse. Su chirrido era más que "malo".



### Un mejor oscilador de válvula para CW

El oscilador de abajo es el circuito usado más a menudo en los viejos transmisores a válvulas. La primera pregunta que probablemente tienes es “¿Dónde está la realimentación?” No hay una conexión visible entre la entrada de la rejilla y la salida de la placa. Sin embargo, hay realimentación entre el cátodo y la rejilla por medio de la resistencia de 100K. También hay realimentación por capacidad extraviada (accidental) entre la rejilla y la placa. Recuerda que una válvula ya está activada a la mitad incluso cuando el voltaje de la rejilla es cero. Si hay cualquier cambio aleatorio en el voltaje de placa (y/o voltaje de cátodo), un voltaje pequeño será acoplado a la rejilla. Cuando aparece este cambio en el voltaje a través del cristal, el cristal responderá, reforzando por ello una oscilación a la frecuencia resonante del cristal. La ventaja de este oscilador es que se manipula bien y hace buen código Morse. Las malas noticias es que la salida de señal es pequeña. El mío solo pone ondas senoides de 6 voltios de pico. Esto comparado con ondas senoides de 30 voltios cuando usaba realimentación placa a rejilla. Como se ve en el diagrama, eventualmente establecí el uso regulado de 150 voltios de voltaje de placa.



## Regulación de voltaje en los viejos tiempos

Mi oscilador a válvula estaba alimentado por una simple fuente de transformador de alto voltaje alimentado de la línea de red. Cuando el oscilador estaba en “espera”, el voltaje de placa en el condensador filtro se elevaba a un nivel proporcional a la altura de las ondas senoides de la línea de energía. Entonces, cuando pulsaba la llave telegráfica, el voltaje caía a un estado firme inferior. Esto causaba un notorio “chirrido” en el tono. Para solucionar esto usé una válvula reguladora de voltaje de 150 voltios. Estas válvulas son el equivalente de los viejos tiempos a un diodo Zener. Los reguladores son simples viales de cristal conteniendo gas inerte a baja presión. Tienen dos electrodos. Un hilo central “cátodo frío” corre abajo por el centro y una placa cilíndrica recolecta los electrones desde el cátodo. Cuando el voltaje es aplicado a través de los dos electrodos no ocurre conducción hasta que el voltaje alcanza un voltaje umbral donde el gas inerte se ioniza en un plasma incandescente. Según aumenta la corriente a través del gas, más y más gas es ionizado y el voltaje a través de la válvula permanece aproximadamente constante. Mediante el diseño de válvulas de diferentes dimensiones y usando diferentes mezclas de gases, las válvulas regulan diferentes voltajes. Para regular mi fuente osciladora usaba una válvula 0D3 la cual regula a 150 voltios. Ésta recorta el rizado de mi fuente de alimentación y mejora enormemente el sonido de la CW. El regulador hierve con un color violeta encantador.

## El desarrollo de las válvulas

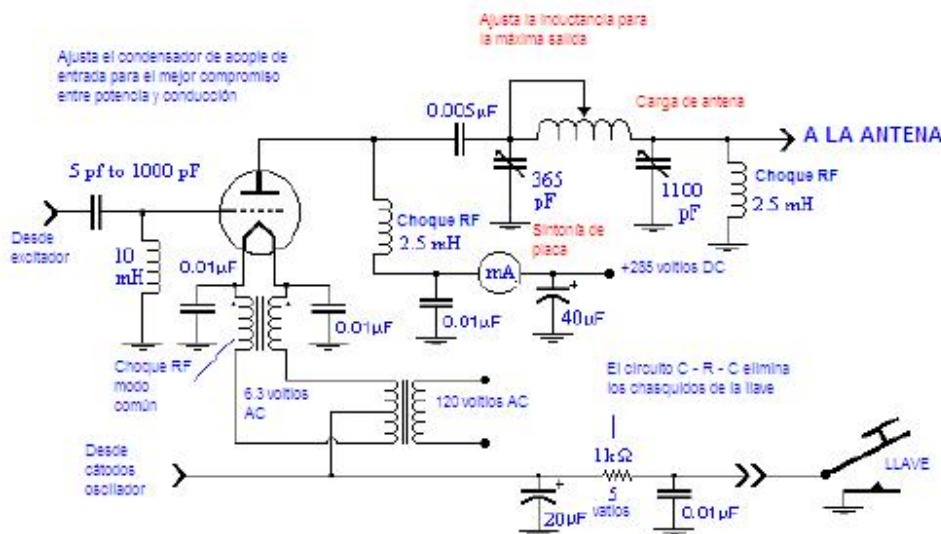
Después de la construcción de mi propio transmisor, ahora sospecho que la calidad “normal” de la señal realmente era baja por entonces. Era capaz de construir un oscilador controlado a cristal de una válvula que manipulaba bien y no podría ser criticado por chirridos de manipulado, chasquidos, desplazamiento, hundimiento o cualquier otro mal de las válvulas.

Desgraciadamente, solo saca 300 milivatios. Como decía el manual de la ARRL, es casi imposible construir un transmisor de una válvula que no chirrié. Pienso que están en lo cierto. Necesité al menos un transmisor de dos etapas.

### El amplificador final

Todavía buscaba usar el triodo tipo 68 como mi final. La 68 tiene una forma redondeada simple como las válvulas desde 1920 y tienen un gran filamento abierto que se ve como un elemento de tostadora de pan con incandescencia naranja. Casi puedes imaginar cayendo pequeñas tortitas para el desayuno. La tipo 71 trabajaba tan bien como una 68, pero el cristal tiene la forma más novedosa de doble curvatura.

A diferencia de las válvulas más modernas, todos los tres elementos de esas triodos están plenamente visibles. En orden a operar un filamento de triodo como un “cátodo”, el arrollamiento del transformador del filamento debe estar aislado de masa y la DC tomada a través de una derivación central. Ya que ambos lados del filamento son entradas DC para la función de cátodo, el choque de cátodo deberá ser un diseño de modo común. Usé un moderno toroide de núcleo de ferrita. Bueno, se aproxima bastante. Había bastante buenos núcleos de polvo de hierro anteriormente a estos.



Mi triodo final está mostrada arriba. Más que amplificar la señal de entrada, el triodo prefería oscilar por si mismo. Cuando no estaba auto-oscilando por si mismo, la excitación desde el endeble oscilador era insignificante para lograr una salida de potencia útil. Me maravillaba como los típicos transmisores de novatos de los años 40 se manejaban con solo dos lámparas. “¡Debe ser aquellos finales de pentodo de alta ganancia!”. Yo tiraba junto a una 6L6 final y lo intenté. No cambió. La 6L6 tenía la misma ganancia como mis ancianas triodos. Si esto era lo que trabajaba, necesitaba más excitación de rejilla. Finalmente

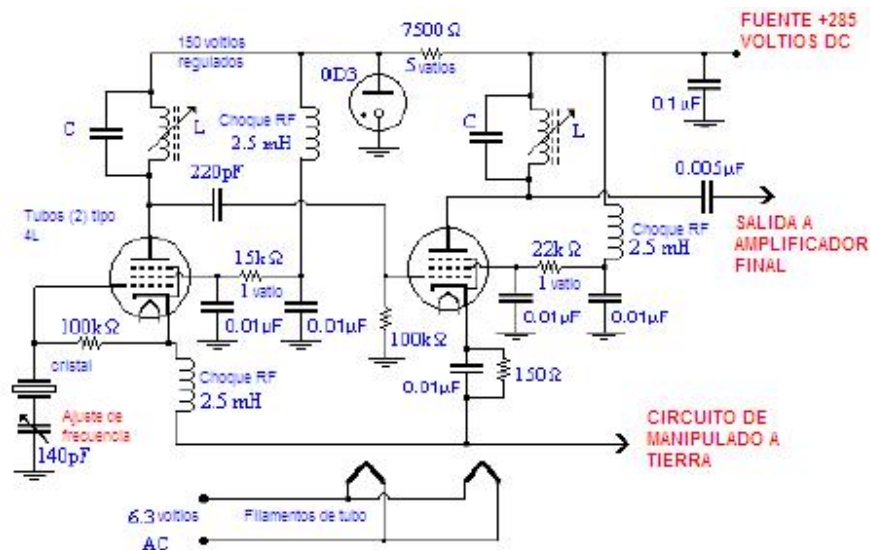
concluí que aquellos kits de Heathkits, Knight y Viking Rangers simplemente estaban bien diseñados. Lograban sorprendente actuación con muy pocos componentes.

### Chasquidos de llave

Nota el filtro C-R-C en el circuito de manipulado. Esto es lo que tenía que hacer para eliminar los chasquidos de llave. Los chasquidos de llave son sonidos chasqueantes agudos, desagradables en el código Morse causados por los dots y las dashes cambiando muy rápidamente. Aunque mis transmisores de CW transistorizados se ven tener momentos de subida y caída abruptos, mis transmisores transistorizados no habían tenido problema con los chasquidos. No entiendo esto, pero el filtro C-R-C enfrente de la llave motiva a las válvulas a manipular con suavidad y el transmisor de válvula no chirría más.

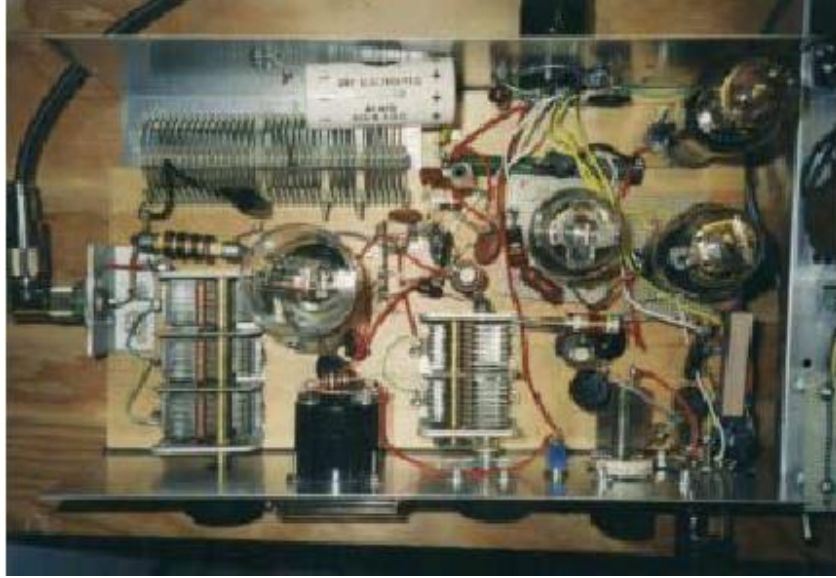
### Amplificadores amortiguadores

Después de forcejear unas cuantas horas, añadí un “amplificador amortiguador” hecho de otro tipo de pentodo 41 entre el oscilador y el final. Ahora tenía suficiente excitación para el tríodo final. ¡Así que para esto son los amortiguadores!



### Etapas amortiguador y oscilador

La válvula osciladora excita un amplificador amortiguador para aumentar la excitación del final. Nota que la válvula reguladora 0D3 para la alimentación a la placa del oscilador. Una resistencia de 7500 ohmios baja la alimentación de 285 voltios a 150 voltios mientras la válvula reguladora la mantiene a ese nivel.



El transmisor de 40 metros completo

El amplificador final está a la izquierda. Las válvulas osciladora, amortiguadora y reguladora están atrás a la derecha. La bobina de placa es la bobina larga, con derivación, al fondo. En teoría se suponía que trabajaba en varias bandas, por lo cual es que la bobina tiene secciones múltiples. Sin embargo, de lejos solo he conseguido que trabaje en 40 metros. Las bobinas de placa para el oscilador y amortiguador fueron arrolladas en bobinas sintonizadas por placas, lo cual era el modo popular de hacerlo en los días de las válvulas.

### **Chirridos de triodos**

Mientras que hasta mis oídos en válvulas, despertó en mí que aquellos “amplificadores lineales de kilovatio” caseros en los viejos manuales de la ARRL hechos de triodos no pueden ser lineales. El voltaje de salida de una triodo varía con el voltaje de alimentación, no solo con el voltaje de rejilla. Bueno, podrían ser lineales, pero el rango operativo a lo largo de la línea de carga tendría que ser realmente estrecho y la fuente debería estar perfectamente regulada. Dudo que esos diseños conociesen alguno de estos criterios.

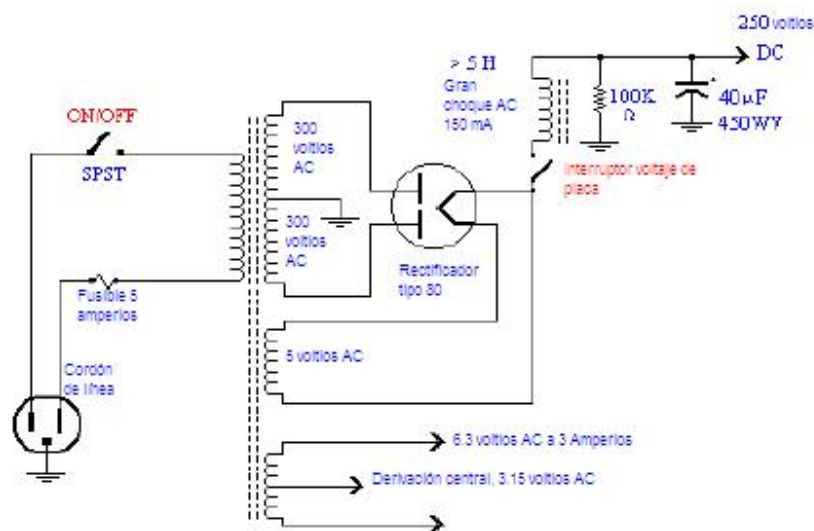
## **LA FUENTE DE ALIMENTACIÓN**

### **Una fuente de alimentación inadecuada hecha de componentes a la vieja usanza**

Antes que pudiese intentar un transmisor QRP, necesitaba una fuente de alimentación. Primero intenté usar una fuente de alimentación salvada de una radio inservible de 1935. Desgraciadamente esta fuente de alimentación no desarrollaba suficiente potencia para un transmisor QRP pero, como siempre, era educativa.



Una fuente de alimentación hecha de partes salvadas de una vieja radio



### Esquema de la fuente de alimentación de 1935

La energía AC de la pared viene a la fuente y primero encuentra un fusible de 5 amperios. En caso de que la fuente esté cortocircuitada, el fusible puede fundirse y evitar daños mayores. Cinco amperios es un fusible mayor del que necesita pero está dentro de los estándares eléctricos para pequeñas aplicaciones. Un interruptor conecta el arrollamiento primario del transformador de alimentación con la línea AC. El transformador está equipado con tres arrollamientos secundarios. Un arrollamiento de alto voltaje saca aproximadamente 300 voltios a 30 miliamperios. Un arrollamiento de filamento saca 5 voltios a casi 2 amperios. Este arrollamiento es usado exclusivamente para funcionar la válvula rectificadora. Un segundo arrollamiento de filamento saca 6,3 voltios a casi 3 amperios.

El arrollamiento de 6,3 voltios está derivado del centro. Esto significa que realmente, es un arrollamiento de 3,15 voltios en serie con un segundo arrollamiento de 3,15 voltios. La derivación central es esencial si deseas usar una vieja lámpara que no tiene cátodo separado y debe usar el filamento como cátodo. La derivación central ofrece acceso balanceado al circuito del filamento para completar el circuito principal entre la placa y el filamento. Sin una derivación central, el ruido de la línea de energía de 50 Hz será impreso en la corriente y aparecerá en la señal transmitida.

### **Válvulas rectificadoras**

Antes de que pueda ser usado el alto voltaje, debe ser rectificado y convertido a DC. Los rectificadores de válvula son un tipo de diodo y solo conducen electricidad en una dirección. Específicamente conducen electrones desde el filamento (o cátodo calentado) a la placa. El símbolo del círculo con el filamento y dos placas es un rectificador dual de “onda completa”. Convierte ambas mitades de la señal AC en una simple señal DC en la cual ambas mitades rectificadas de la onda senoide tienen la misma polaridad. Ambos lados del arrollamiento de alto voltaje están conectados a las dos placas de modo que, en cualquier momento, un lado siempre está conduciendo mientras el otro no. Los dos voltajes positivos son sumados juntos en el filamento para una salida única continua positiva.

### **Filtración del rizado**

Para que el código Morse suene claro y puro, el voltaje que excita el transmisor no debe haber rizado sobre la onda senoide. Esto se hace con un filtro “L”. Un inductor y un condensador hacen los dos brazos de la “L”. El choque, siendo un gran inductor de 5 henrios, no permite que la corriente fluya a través de él para cambiar rápidamente. Esto prolonga el periodo de carga del condensador y ayuda a suavizar el rizado. Muchos diseños añaden un segundo gran condensador filtro en el lado de entrada del choque. Esta práctica causa grandes corrientes en oleada a fluir en el primer condensador y puede saturar el transformador. La saturación de vuelta causa que el transformador se caliente y probablemente no sea tan efectivo como poniendo ambos condensadores en el lado de aguas abajo del choque. Demasiada teoría. En la práctica un receptor necesita de lejos menos corriente DC que incluso un pequeño transmisor. Una dificultad fue que la válvula rectificadora tipo 80 al viejo estilo me costaba 50 voltios de caída por si misma. Otra era que el filtro L y C era insuficiente para evitar el rizado haciendo que el código Morse sonase basto y áspero. Pero lo peor de todo, el transmisor arrastraba tanta corriente que el voltaje caía precipitadamente y tendía a corren en “estallidos” llamados “*motora*”. Una cura es usar la entrada más pequeña de capacidad de acoplamiento a la rejilla del amplificador final. Con suerte, esto puede parar el petardeo y dar aún una buena salida. Sin una fuente de alimentación suave el condensador de acople puede necesitar ser tan bajo con 5 pF en 40 metros. También intenté usar un viejo tipo 83 de válvula rectificadora de vapor de mercurio. Esta es una válvula rectificadora que contiene un toque de vapor de gas de mercurio dentro. Esto disminuye la resistencia de la válvula y eleva la capacidad de corriente de la fuente de alimentación. La tipo 83 fue una gran mejora, pero todavía no adecuada para uso en el aire. Yo tenía suficientes reportes de mala señal, gracias.



## Comprobación de un viejo transformador

Los transformadores de alta potencia han sido siempre caros. Esto es por lo que mi fuente de alimentación del transmisor de novato de 1957 era tan débil e ineficaz – Pensaba que no podría conseguir una mayor. Los viejos manuales de radio afición sugerían usar transformadores de potencia de los juegos de válvulas de TV. Sin embargo, las válvulas de TV de desecho son raras hoy día. Si tienes tal TV vieja, saca el transformador del chasis con cuidado asegurándote de etiquetar cada par de cables (normalmente negros) que van a la línea AC. Supón que algún colega de tu radio club te da un transformador de potencia y te asegura que es “perfecto” para construir un transmisor. Te pone en la mano un pedazo de hierro de kilo y medio con un nido de cables negros sin marcar sobresaliendo del fondo del transformador. Piensas “¿Y ahora qué?”

El primer paso en la comprobación de un viejo transformador es desnudar los extremos de los cables de modo que puedas medir la resistencia de cada arrollamiento. Si tienes suerte, encontrarás que una vez hayas limpiado la suciedad y brea, los cables tienen códigos de colores. Los códigos de colores más comunes son como sigue:

**Dos hilos negros** – el arrollamiento primario de 220 voltios.

**Dos hilos rojos** – el secundario de alto voltaje para la fuente de placa, típicamente 1000 voltios con derivación central para un transmisor de 50 vatios.

**Un cable desnudo amarillo y rojo** – la derivación central del arrollamiento de alto voltaje. Este cable será puesto a masa en un circuito rectificador de “onda completa”.

**Dos hilos amarillos** – un arrollamiento de filamento de 5 voltios normalmente es bueno para 1 o 2 amperios. Este es usado exclusivamente para el filamento del rectificador.

**Dos cables verdes** – un arrollamiento de filamento de 6,3 voltios. Este suministra la corriente de filamento para las válvulas de transmisión.

**Un cable desnudo amarillo y verde** – este es la derivación central para el arrollamiento de 6,3 voltios. Lo necesitarás si usas una válvula amplificadora final tríodo de los viejos tiempos. Si usas una válvula más moderna con un cátodo separado, entonces simplemente encinta el extremo del cable de derivación central y sujétalo pulcramente. No lo cortes. Algún día puedes quererlo.

A menudo no hay pistas visuales que te digan que arrollamiento es cual. O algunas veces los arrollamientos simplemente están soldados en ojales montados en el borde del transformador. Usando tu ohmiómetro, mide las resistencias de los arrollamientos escogiendo uno a uno. Etiquétalos con cinta y escríbele las resistencias. El arrollamiento de más alta resistencia será el arrollamiento de alto voltaje.

Por ejemplo, se puede leer, digamos, 40 ohmios. Y la derivación central de alto voltaje tendrá la mitad como mucho de la resistencia completa medida de extremo a extremo. El arrollamiento primario de 220 voltios tendrá la siguiente más alta resistencia. Los arrollamientos de resistencia más baja serán los dos arrollamientos de filamentos. Estos tendrán un ohmio o dos como mucho.

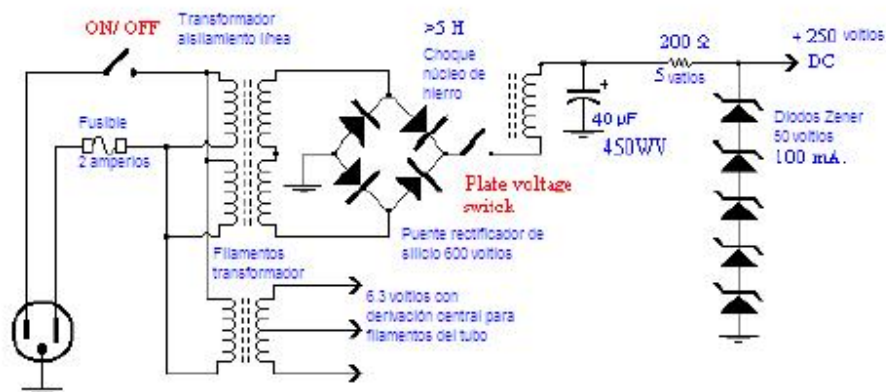
Una vez que piensas que tienes los arrollamientos identificados, necesitas probarlos antes de atornillar y soldar el transformador en tu transmisor. Si éste no trabaja, querrás saberlo lo antes posible. Ahora que estás considerando enchufarlo, tienes una gran oportunidad para

electrocutarte tu mismo, disparar disyuntores y comenzar incendios. Pero si eres cuidadoso y procedes concienzudamente, la comprobación de un transformador puede ser hecha con seguridad. La idea es limitar la corriente que fluye en el transformador. De este modo no ocurrirá nada terrible incluso si te lanzas o si el transformador está internamente cortocircuitado.

### Probando un transformador de potencia

Para probar el transformador debes conectar el arrollamiento que crees ser el primario a la fuente de voltaje de 50 Hz. Cuan seguro quieres estar es tu decisión. Pero AL MENOS no enchufes el transformador a probar en la alimentación principal sin soldar una resistencia de 10K ohmios (o mayor) en serie con el arrollamiento primario. De este modo, incluso si el primario tiene un profundo corto, fluira poca corriente y no ocurrira nada malo. Mide los voltajes del circuito secundario abierto con tu multímetro ajustado a voltaje AC. Luego mide el voltaje AC a través de cada par de arrollamientos que previamente aislaste. Conecta tu voltímetro a los secundarios del transformador usando pinzas de prueba. No intentes presionar los cables contra las puntas de prueba. Se te podrían escapar. Vete a lo largo de los arrollamientos uno por uno y deberas ser capaz de confirmar las suposiciones que hiciste por las mediciones de resistencia. Cualquier cosa que hagas, no lo conectes simplemente a un cordón de línea y lo enchufes a la pared. Idealmente, deberas construir un equipo especial fijo de prueba equipado con un interruptor, transformador de aislamiento, fusible de protección, terminales de prueba aislados y una impedancia variable entre la fuente AC y los arrollamientos de prueba que crees ser el primario.

### Una adecuada fuente de alimentación QRP de válvula hecha de elementos modernos



Cuando mi primera fuente trabaj pobremente construí otra hecha de transformadores modernos y semiconductores. Esta fuente era adecuada para hacer trabajar el transmisor de válvula. Idealmente produce 250 voltios a 200 miliamperios. Esta vez no había significativa

caída de voltaje a través del moderno puente rectificador y la moderna cadena de diodos Zener recortaban el rizado y me daba un tono puro de CW.

Solo necesitaba 60 miliamperios, así que los 140 miliamperios extra la hacían “firme”. Esto es, esta fuente se comportaba como una buena fuente de voltaje sobre un amplio rango de corriente. El otro requerimiento de alimentación para las válvulas es una fuente de 6 voltios para encender los filamentos. Cada filamento de válvula necesita aproximadamente 0,5 a 1,2 amperios de corriente. ¡Nota que casi 5 vatios son gastados solo para calentar cada válvula! Los transmisores de válvula son inherentemente ineficaces.

Podría encontrar un transformador de triple arrollamiento adecuado, pero hay alternativas. Magnetek hace un transformador de aislamiento que puede aislar un instrumento de tierra para protección de shock. (Magnetek/Triad #VPS230-350 se vende por aproximadamente 30€). Tiene cuatro arrollamientos de 120 voltios. Cada arrollamiento está tasado para 350 miliamperios – suficientemente “firme”. Estos dos pares de arrollamientos pueden ser conectados en serie o paralelo. Para esta aplicación podrías poner dos arrollamientos en paralelo para un primario de 120 voltios. Los arrollamientos secundarios pueden ser conectados entonces en serie para darte un secundario de 240 voltios tasado a 350 miliamperios. Nota las marcas de puntos en los arrollamientos. Estos te dicen la dirección de fase del voltaje senoidal. En el lado primario debes conectar los terminales de modo que los puntos deberán estar conectados juntos. De este modo, los dos arrollamientos trabajarán juntos. En el lado del secundario, el extremo punteado de un arrollamiento va al extremo no punteado del otro arrollamiento. Nota que si conectas los arrollamientos secundarios de modo que los dos extremos punteados o los dos extremos no punteados están amarrados juntos, los voltajes se cancelarán uno al otro en lugar de sumarse. En lugar de 240 voltios tendrás cero voltios.

Yo uso cuatro modernos diodos rectificadores de silicio tasados para 600 voltios pico de voltaje inverso y dispuestos como un puente rectificador. Ya que no estás usando una válvula rectificadora, no necesitas un arrollamiento de filamento de 5 voltios como el mostrado anteriormente en la fuente de alimentación de 1935. Necesitarás un transformador de filamento de 6,3 voltios separado para tus filamentos de válvula transmisora.

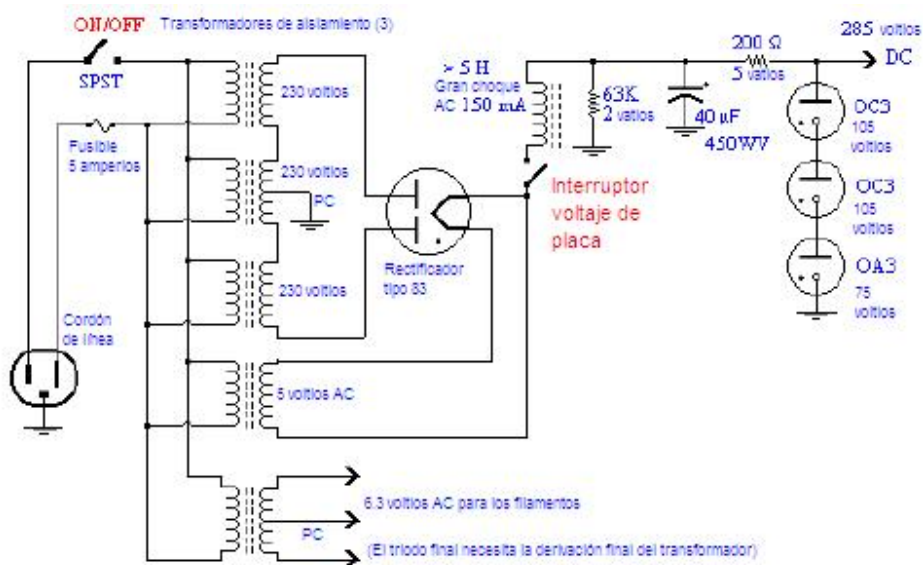
Mi fuente hecha con elementos modernos puede sacar 42 vatios y eso es suficientemente “firme” para dar mis minúsculos 10 vatios sin hundirse. Usando los modernos rectificadores de silicio sacaba 4 vatios a mi transmisor. Para regular el voltaje de salida usaba cinco diodos Zener en serie.

### **Una fuente de alimentación para el transmisor de válvula construida de componentes al viejo estilo**

Aunque ahora tenía el transmisor trabajando, todavía buscaba usar exclusivamente elementos viejos. Desgraciadamente, para usar una vieja válvula rectificadora con rectificación a onda completa necesitaba 480 voltios con derivación central. Así que añadí un segundo transformador. Esto trabajaba, ¡pero la caída de voltaje extra a través de la válvula rectificadora tipo 83 me costaba la mitad de mis 4 vatios! Finalmente añadí todavía otro transformador y conseguí una media de voltaje DC bien regulado de aproximadamente 285 voltios.

Intenté usar gigantescos condensadores filtro, pero no estaban disponibles en 1935 y causaban hundimiento en gran término. Estaba sorprendido de descubrir que un total de dos condensadores de 40 microfaradios eran suficientes cuando se usaban con reguladores de alto voltaje. Para regular mi DC de 285 voltios usé una válvula 0A3 (75 voltios) y dos válvulas 0C3 (105 voltios) reguladoras de voltaje, de gas, en serie. La 0A3 brilla con un espectacular color naranja mientras la 0C3 brilla violeta.

Para regular mientras el transmisor es manipulado, las válvulas reguladoras de voltaje deberán estar al menos ligeramente incandescentes en todo momento. Para la mejor regulación, puedes tener que reducir la resistencia de limitación de corriente de 200 ohmios a 150, 100 o incluso cero ohmios. Probablemente encontrarás que los reguladores solo permanecen alumbrando mientras la llave está abajo cuando el transmisor está perfectamente sintonizado a la antena. Cuando está fuera de sintonía, el transmisor arrastra demasiada corriente y las válvulas reguladoras se apagarán y esencialmente se van del circuito. ¡He visto estas viejas válvulas reguladoras a gas ofrecidas a la venta a tanto como 30€ cada una! Afortunadamente puedes encontrar alguna en un mercadillo. Nota que podría haber usado seis pequeñitos Zeners de 100 miliamperios por menos de 2€ cada uno. De cualquier modo, cuando todo estaba dicho y hecho tenía 5 vatios de bastante buena sonora CW. ¡He aquí! ¡Había creado el transmisor más ineficaz del mundo!



Esquema de la fuente QRP regulada hecha con elementos del viejo estilo



Ello no es que no puedas construir material de alta tecnología con elementos de 1935, es solo que el montaje llega a ser descomunal y caro. El encuentro de especificaciones con elementos viejos me recuerda una escena en la película “Regreso al futuro”. “Doc” sustituyó un circuito integrado quemado con un circuito de válvula del tamaño de un cesto de lavado. ¡Debió haber sido un chip de baja escala de integración!



QRP de vieja tecnología

### **Un final feliz**

En conclusión, los elementos viejos no son eficaces de ningún modo. No obstante, puedes conseguir usar montón de ellos para conseguir muy poco y se ven terroríficos. Los reguladores de voltaje brillan naranja y violeta, pero cuando manipulas el transmisor el brillo parpadea inversamente con la CW.

Cuando enciendo por vez primera el rectificador de vapor de mercurio, el mercurio se condensa en el vidrio en una niebla de plata blanca. Entonces, según se calienta, el vapor se evapora y la válvula corre en un glorioso brillo azul con los filamentos brillando en naranja. ¡Gran demostración de labor! Olvidé mencionar el “picadillo del rectificador de vapor de mercurio” que logras escuchar en el receptor. Ah, y otra cosa – no coloques los transformadores de alimentación del transmisor cerca de tu receptor. El receptor puede sintonizar un zumbido de 50 Hz. Probablemente tendrás que apagar la fuente de alto voltaje del transmisor durante la recepción. ¡Hay montones de razones por las que estos viejos elementos están extinguidos!

Finalmente estoy en el aire trabajando gente con mi QRP al viejo estilo. Estoy sorprendido de cuanta gente está interesada en esta clase de QRP. Yo llamo CQ, menciono “/QRP” y consigo respuestas de otros fanáticos. ¿Quién más podría responder un CQ RST 449 de un área 0 americana? Normalmente podemos apenas escuchar al otro, pero nos divertimos. ¡Sin embargo nunca lo sabrás! Yo tengo un 599 desde Albuquerque. Puede ser que esté simplemente bromeando. De cualquier modo, ¿hasta dónde puedes llegar con la vieja técnica?

---

## **SUPER-REGENERATIVO DE VIEJA TÉCNICA**

### **¿Cómo puedes usar un receptor al viejo estilo hoy en el aire?**

Una vez que tuve mi transmisor de CW al viejo estilo de la era de 1935 trabajando, pensé que podría ser divertido completar mi antiguo transmisor con un receptor al viejo estilo. Para ser útil en las bandas de CW, me figuré que necesitaba un superheterodino con un filtro a cristal. Ya tenía construido un muy buen receptor de CW a válvula de modo que tenía poco interés en hacer el mismo proyecto de nuevo. Las válvulas de 1930 deberían ser mayores que las válvulas de 1960, pero de otro modo podría ser el mismo proyecto.

Yardley Beers, W0JF, me habló acerca del receptor regenerativo que construyó en 1930. Yo dudaba si trabajaría suficientemente bien para las bandas de hoy porque tenía una experiencia previa con receptores regenerativos. De modo que Yardley no me animó a construir otro. Unos pocos meses después trabajé a Mike, N0MF. Estaba usando un receptor súper-regenerativo casero hecho de modernos FETs como se describió en la revista QEX. Obviamente era sensitivo y selectivo suficiente para escuchar mi QRP en 40 metros. Puede ser que un receptor súper-regenerativo no fuese tan absurdo.

### **Válvulas antiguas**

Nunca he sido capaz por mi mismo de tirar válvulas. Tengo cajas de ellas en mi ático. Siempre he estado especialmente fascinado con las válvulas primigenias. Tienen envolturas como lámparas de cristal, enchufes a bayoneta y números como 201, 216, 224, 227 y 301A. Ésta era mi oportunidad para construir realmente un receptor al viejo estilo.

Comencé construyendo un amplificador de salida de RF de una válvula tipo 201. No tenía especificaciones para una 201, pero incrementé suavemente el voltaje del filamento hasta

que conseguí sacar una estupenda incandescencia naranja del filamento. Eso ocurrió a 2,5 voltios y 0,3 miliamperios. Desgraciadamente no podía amplificar el ruido de RF de la antena para nada. La señal de la placa era más pequeña que la entrada en la rejilla. Intenté invertir los cables de rejilla y placa... no hubo suerte. No importaba como balanceaba la rejilla, la válvula no se activaba. Aumenté la corriente del filamento para producir una incandescencia amarilla y prontamente se quemó el filamento. ¡Oh! Comenzando de nuevo, intenté construir un oscilador regenerativo, pero se negó a oscilar o amplificar. Sospechaba que estas válvulas se los años 20 eran de extremadamente alta impedancia.

### Receptor al viejo estilo

Ya que mis viejas válvulas se veían inertes, me fui de los triodos antes de arruinar más de ellos. Lo reintenté con una tipo 224 de alta tecnología. Esta válvula es un tetrodo. Tiene dos rejillas e incluso tiene un cátodo. ¿Demasiado moderna? Las 224 son las versiones tempranas de las válvulas tipo 24 y 24A que fueron comúnmente usadas en la década de 1930. Las 224 trabajaron inmediatamente en los mismos circuitos que había estado intentando antes y pronto mi súper-regenerativo estaba sintonizando en 40 metros de aficionado y 31 metros de radiodifusión comercial. Las estaciones de 31 metros eran principalmente sermones, pero la calidad del sonido era bastante buena. Una de mis válvulas 224 tenía una etiqueta de prueba en ella de Marshing Radio y Electric Company en el 246 Main de Longmot, Colorado, fechada el 19 de diciembre de 1932. La etiqueta dice que la válvula es “dudosa”. ¡Muestra lo que ellos sabían!

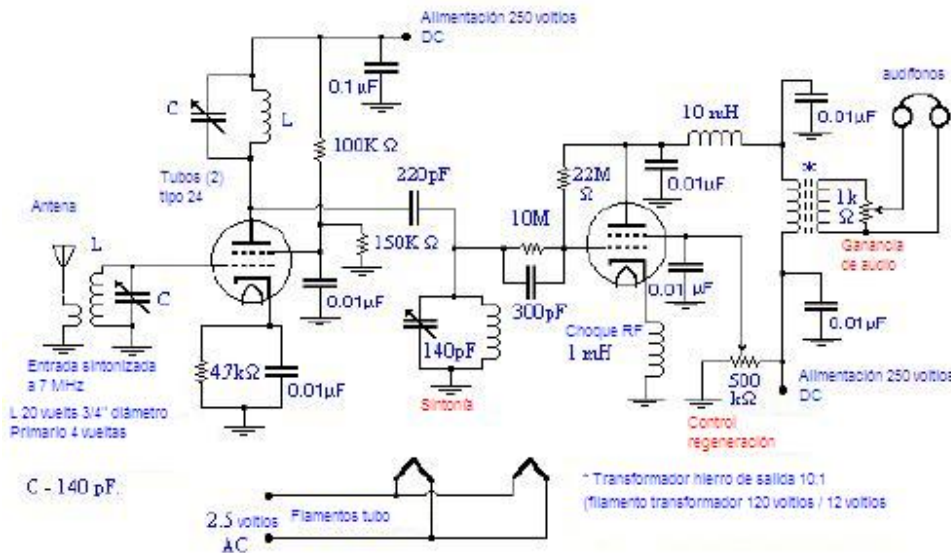


Diagrama del circuito del receptor súper-regenerativo al viejo estilo

### **Diseño del súper-regenerativo**

Cuando piensas acerca de ello, un receptor súper-regenerativo de una válvula es realmente bastante asombroso. Una válvula está proporcionando amplificación de RF, detección, amplificación de audio y un BFO todo en una válvula.

Hace esto por la realimentación a la salida, proporcionando mucha más ganancia que un simple amplificador de RF puede lograr. Da buena sensibilidad para escuchar aficionados en las bandas de HF. Más aún, la auto-amplificación incrementa enormemente el circuito Q, haciendo el amplificador mucho más selectivo que lo que podría ser de otro modo. Para un transformador de salida de audio yo usaba un transformador de hierro de 12 voltios de filamento, por ejemplo 120 VAC a 12,6 VAC. Trabaja estupendo y era más fácil que intentar encontrar un transformador de audio real de los viejos tiempos. El lado secundario va a los audífonos de baja impedancia. El lado primario de 120 voltios va al circuito de placa de la válvula.

### **El petardeo puede ser una buena cosa**

“súper-regenerativo” significa que el amplificador está deliberadamente diseñado para “petardear”. Esto es, la fuente de alimentación está dando deliberadamente una impedancia alta de fuente con una inductancia en serie (10 mH). Esto causa que la válvula oscile en cortas explosiones. Esto ocurre típicamente a una relación de 1 KHz. Normalmente, cuando el petardeo de los circuitos de RF es una molestia leve y persistente para eliminar. Es irónico que ese petardeo era mi gran problema con el transmisor y aquí es vital para lograr la sensibilidad del receptor.

En un súper-regenerativo hace dos tareas útiles: máxima sensibilidad y selectividad son obtenidas durante la realimentación, cerca del pico de cada estallido. El tono lateral causado por esta oscilación hace un batido de audio que sirve como un BFO. Si estás escuchando una modulación AM, la regeneración puede ser tirada abajo hasta justo por debajo del punto donde comienza el batido.

### **La súper-regeneración difunde lo que estás escuchando**

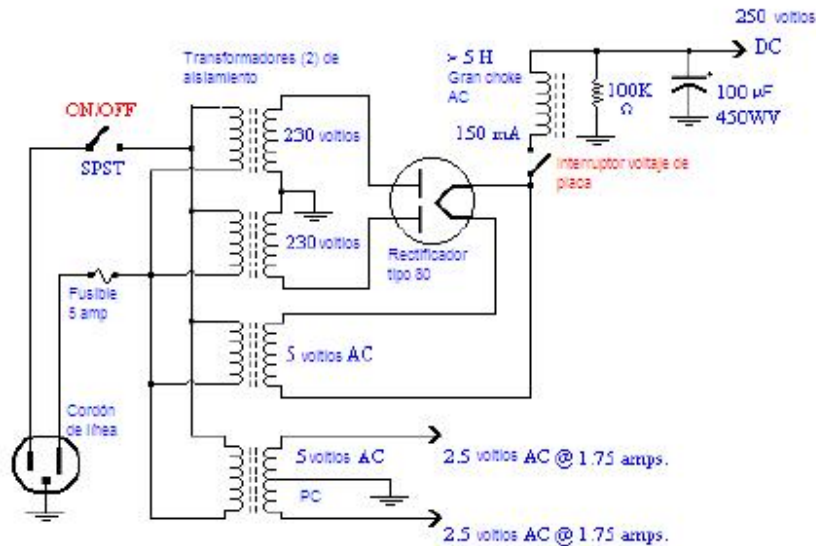
Desgraciadamente, si hoy quieres usar un receptor súper-regenerativo, debe ser un dispositivo de dos etapas. Un amplificador de RF (u otro dispositivo) debe aislar el oscilador de la antena. De otro modo estarás difundiendo todo lo que estás escuchando en tu frecuencia de recepción.

Incluso con un amplificador de aislamiento de RF, estarás radiando unos cuantos milivatios de señal de RF. Para demostrar esto, desconecta la antena de tu moderno receptor de comunicaciones de modo que no haya señales audibles en la banda. Ahora sintoniza el moderno receptor a la frecuencia de tu receptor súper-regenerativo. Repentinamente, viniendo del moderno altavoz escucharás exactamente lo que estás escuchando en los audífonos de tu súper-regenerativo. ¡El súper-regenerativo realmente redifunde las señales que sintoniza!



## La fuente de alimentación

Bob, K6VGA, me habló acerca del receptor casero súper-regenerativo que construyó haya por 1935. Decía que su peor fallo era el zumbido de AC. Era tan malo que sustituyó la fuente de alimentación AC con baterías. Después de esa historia me figuré que habría que filtrar ese infierno fuera de la fuente de alimentación con un gran choque, grandes condensadores y un regulador de voltaje de la era de 1940. Sin embargo, un regulador de voltaje se vio ser matar moscas a cañonazos. A diferencia de mi transmisor QRP de vieja técnica, la fuente de alimentación para el súper-regenerativo se vio ser remarcablemente fácil. En otras palabras, fuentes de alimentación simples como las que intenté usar para mi transmisor trabajaron bien para el receptor. Si, el receptor zumba ligeramente, pero demasiado poco para molestarme.



Una fuente de alimentación de vieja técnica para el súper-regenerativo

Como se explicó primeramente, no puedes comprar un transformador nuevo de válvula de los viejos tiempos con ambos arrollamientos de alto voltaje y filamento de rectificador nunca más. Sin embargo, transformadores de filamento de 5 voltios están todavía disponibles como unidades separadas. Es necesario un transformador de 5 voltios con derivación central, 2 amperios, para proporcionar el voltaje de filamento de 2,5 voltios para las válvulas tipo 24. ¡Aquellas viejas válvulas arrastran 1,75 amperios de corriente de filamento! Mi suposición es que los viejos ingenieros cambiaron de filamentos frágiles de baja corriente a filamentos de alta corriente para aumentar la emisión del cátodo y hacer los filamentos más robustos. Los filamentos de la 224 funcionan a un color amarillo brillante. Esa es la misma intensidad que fríe la vieja válvula 201A. El transformador de filamento de válvula debe estar separado del transformador usado para el rectificador. De otro modo todos los filamentos deberían tener +250 voltios DC en ellos.

En mi receptor usaba un viejo transformador de placa que sucedía que tenía. Sin embargo, tú puedes usar dos de los mismos transformadores que usé en mi transmisor QRP de vieja tecnología. Para un choque usaba el primario de aún otro transformador de filamento.

Debido a que la corriente de drenaje es tan baja, una válvula reguladora de voltaje es innecesaria.



### **Súper-regenerativo en las bandas de aficionado modernas**

En resumen, mi súper-regenerativo trabajaba bastante bien para la escucha de estaciones de radiodifusión de onda corta en la banda de 31 metros, alrededor de 10 MHz. Estas eran estaciones extremadamente poderosas como la Deutsche Welle (Radio Alemania) y varias estaciones religiosas. Para escuchar estaciones AM, el control regenerativo es bajado justo por debajo del batido. El batido modula el código Morse y lo hace audible. Desgraciadamente, como temía, mi súper-regenerativo no es sensible y selectivo suficiente para ser usado hoy en día en el aire. Si, escucho montones de estaciones de aficionado en CW en 40 metros, incluyendo tipos que yo he trabajado antes. La estabilidad se ve OK una vez que la señal ha sido sintonizada. Pero esto es porque estoy escuchando al menos 20 KHz de ancho de banda a la vez. En otras palabras, estaba escuchando la mayoría de las estaciones de CW en 40 metros a la vez. El peor problema es que la recepción es “quebradiza”. Si simplemente toco un control, la sintonía de la señal de CW salta a inaudible. O brinca de un estupendo tono a un sonido áspero, como de estática. Cuando intento sintonizarlo mejor, la señal es probable que se desvanezca del todo. Si, puedo trabajar a gente con este receptor, pero sería más un despropósito que práctico.

En conclusión, los modernos diseños súper-regenerativos FET aparentemente logran mucho más alto Q que el que consigo usando componentes de los viejos tiempos, gigantescos, con su capacidad desviada y fuga de inductancia. Pero el proyecto fue divertido y aprendí un montón. En el lado contrario, no hay razón para que no pudiese construir un súper-

heterodino usando 6 o 7 válvulas antiguas y cristales de 1927. Eso rellenaría un enorme chasis y requiere cargas de trabajo. Hasta que revise el entusiasmo, supongo que un receptor práctico de la vieja técnica permanecerá en uno de aquellos inconclusos proyectos en mi ático. ¡Pero espera! Tengo una QSL de Biz, WDOHCO. Afirma que cuando me trabajó, estaba usando un súper-regenerativo hecho de dos válvulas tipo 30. Encontró el diseño en un manual de la ARRL de 1932. Uhmmm... Puede ser que me esté precipitando.

(página en blanco)

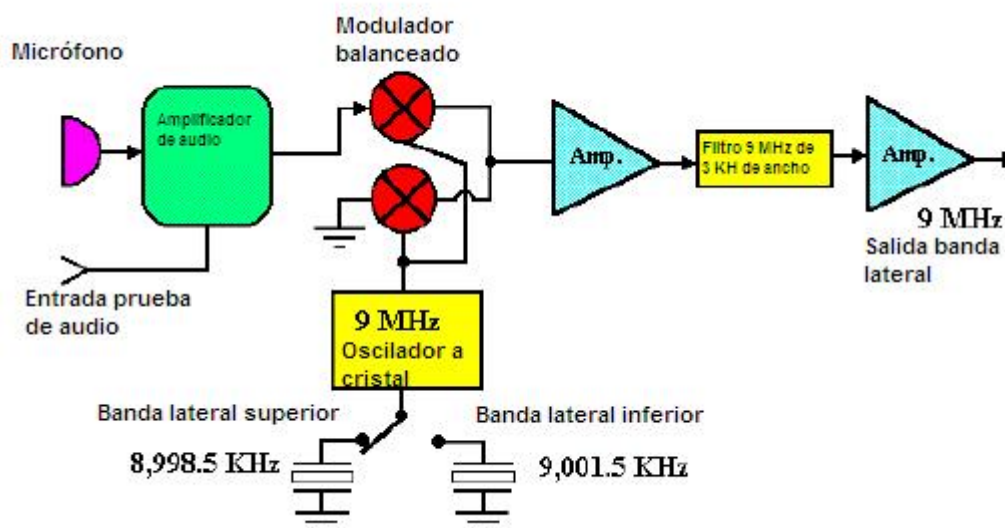
## EL PREMIO NOBEL DE LA BANDA LATERAL

### Cómo funciona la banda lateral

Al comienzo del libro describí cómo Glenn Johnson, W0FQK, atraía a los jóvenes del instituto hacia la radioafición. Caminábamos por la calle pensando en nuestras cosas cuando Glenn salió de su casa y nos cogió. “¡Venid chicos, y os enseñaré cómo funciona la banda lateral!” La esposa de Glenn nos servía leche y galletas mientras Glenn contactaba con montones de personas en fonía de banda lateral en 20 metros. Yo me sentaba en silencio y miraba cómo Glenn operaba sin esfuerzo un equipo tan grande que costaba como un coche. Estaba fascinado por la radioafición, pero no aprendí demasiado sobre cómo funcionaba la banda lateral. Tenía la impresión de que la banda lateral era *MODULACIÓN PARA MILLONARIOS* y demasiado complicada para un montaje casero. La descripción oscura del manual de 1957 de los “rotores de fase” y “moduladores equilibrados” sólo confirmaban mi opinión.

Hoy la BLU es asequible, pero la tecnología es aún exótica para el radioaficionado medio. En una reunión de mi club local oí de pasada una conversación que decía algo así: “Una vez conocí a un tipo que se construyó su propio transmisor de banda lateral” “¿EN SERIO? ¡Asombroso! ¿Seguro que no era un *kit*?” La implicación de esto es que hacer un montaje casero de banda lateral tenía más o menos el mismo nivel que un premio Nóbel de Física. Entonces, ¿hay alguien interesado en el premio Nóbel de banda lateral? Si ya has hecho montajes caseros de transmisores QRP, VFO y receptores, la banda lateral es el siguiente proyecto lógico. La BLU utiliza los mismos circuitos básicos. Además, realmente no comprenderás la banda lateral hasta que hayas hecho un montaje.

### Comenzamos con el generador de banda lateral



Hay diferentes formas de generar una señal de RF de fonía en banda lateral, pero el más sencillo es el que se muestra arriba. El diagrama de bloques muestra los 5 bloques necesarios para generar una señal de banda lateral en 9,000 MHz. Este generador es similar al que se encuentra en el manual de la ARRL de 1986. Tras generar la señal BLU de 9 MHz, debe llevarse a la banda de radioaficionados deseada usando un mezclador y un VFO de alta frecuencia de la gama correcta de frecuencias.

Los circuitos que has usado en los capítulos anteriores son el amplificador de audio, el filtro de cristal, el oscilador/amplificador de RF y los módulos de conversión para llevar la señal del VFO a

las bandas de radioaficionados. El diseño del amplificador es similar al del receptor de construcción casera del capítulo 13. El oscilador/amplificador de RF de 9 MHz usa la misma tecnología utilizada en el equipo QRP descrito en el capítulo 6. En teoría, el VFO podría ser la señal del VFO de tu receptor. Cuando comencé este proyecto, supuse que si el generador de banda lateral no funcionaba, al menos tendría una señal de CW que estaría en la misma frecuencia que mi receptor, de modo que sería más fácil hacerle el batido cero a la señal del correspondiente con el que quería hablar. Desgraciadamente, resultó ser más difícil de lo que parecía.

### No quemes tus puentes

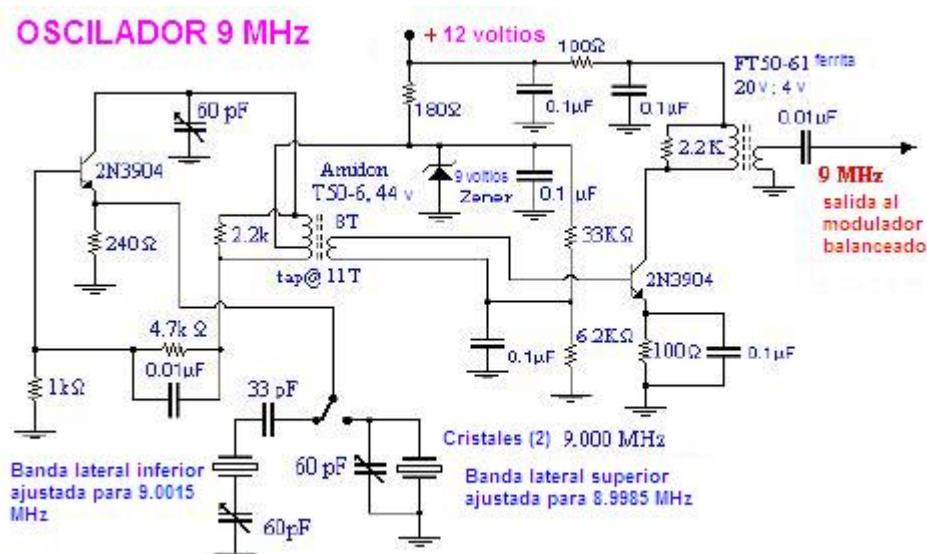
Si estás pensando en modificar un transmisor de CW que ya está funcionando para usarlo en banda lateral, no te lo recomiendo. Si ya tienes un amplificador de QRP basado en los capítulos 6 u 11 de este libro, tales diseños están llenos de amplificadores sintonizados y mezcladores. Los amplificadores sintonizados tienden a autooscilar cuando se usan para banda lateral. Para tener una buena posibilidad de que funcione, cada etapa con ganancia debe convertirse a banda ancha. Si conviertes tu viejo transmisor, es probable que luches durante meses en los cuales no estarás en el aire. ¡Comienza desde cero! ¡No estropees un transmisor que funciona!



Transmisor BLU de construcción casera

### Cómo funciona la banda lateral

Las emisiones de AM en la banda de radiodifusión transmiten 3 señales separadas. Estas son la señal portadora y 2 bandas laterales de modulación hablada. La banda lateral única comienza con la AM, pero un proceso de cancelación quita la portadora, y 1 de las 2 bandas laterales se filtra con un filtro de cristal. Comencemos con el oscilador de cristal:



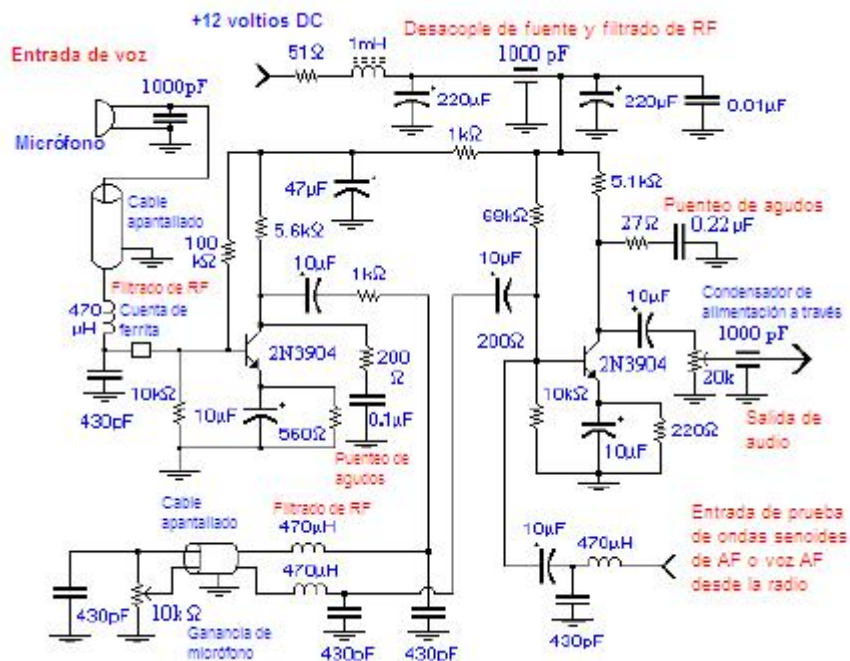
## Oscilador/amplificador de 9 MHz

Generamos una señal de RF estable y de frecuencia fija con un oscilador/amplificador controlado a cristal de 9 MHz que se parece al transmisor QRP de 7 MHz descrito en el capítulo 6. El oscilador a cristal tiene 2 cristales. Cada uno de ellos tiene un condensador de sintonía, de modo que la frecuencia pueda ser desplazada alrededor de 1 KHz hacia arriba y hacia abajo. Esto permite que ambas bandas laterales de la señal de AM se puedan alinear adecuadamente con el filtro de banda lateral en escalera que sigue al modulador equilibrado. El filtro corta la banda lateral (superior o inferior) no deseada.

Un conmutador permite elegir 2 pares de cristal y condensador para el oscilador, de modo que el operador pueda cambiar a banda lateral superior o inferior. El filtro de cristal que quita la banda lateral no deseada está en 9,000 MHz, casi exactamente. Fíjate que la banda lateral superior se genera mediante una onda senoidal que está 1,5 KHz por debajo de 9,000 MHz. La banda lateral inferior se genera mediante una onda senoidal que está 1,5 KHz por encima de 9,000 MHz. Para subir la frecuencia del cristal por encima de 9,000 MHz, el condensador de ajuste está en serie con el cristal. Para bajar la frecuencia del cristal por debajo de 9,000 MHz, el condensador de ajuste está en paralelo con el cristal.

Cuánta capacitancia en paralelo o serie se necesita, depende del cristal concreto. El difícil es el del oscilador del lado bajo. Comienza eligiendo la frecuencia natural de oscilación más baja entre tus cristales. Para algunos cristales, puede llegarse a 8,9985 MHz con el condensador en serie con el cristal. Para otros cristales, hace falta el método de la capacidad en paralelo, e incluso puede que tengas que poner otro condensador en paralelo con el de ajuste. Como siempre, el circuito LC del colector del oscilador debe estar sintonizado a la región donde se encuentra la frecuencia del cristal.

## El amplificador de audio

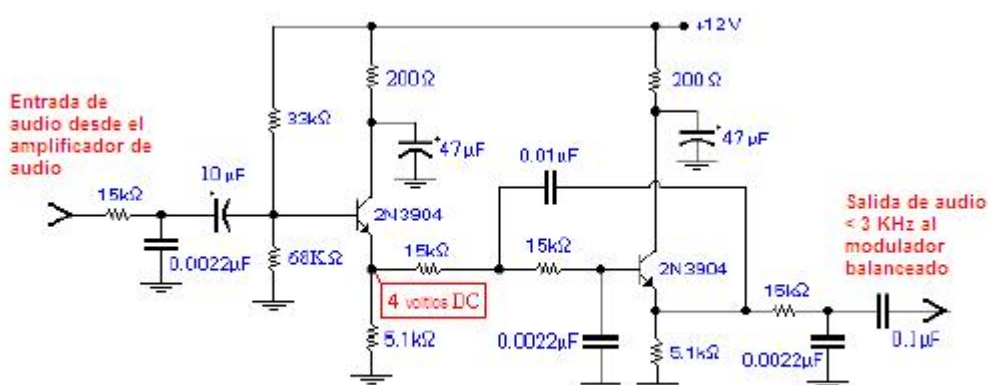


Un amplificador de audio con entrada de pruebas.

El micrófono necesita un amplificador de audiofrecuencia (AF) de alta ganancia antes de poder atacar al modulador equilibrado. El amplificador es bastante corriente excepto por el heroico esfuerzo por aislarlo de la RF. Fíjate en los choques de RF y condensadores de desacoplo en las 2 entradas de audio, el potenciómetro de ganancia de audio y la entrada de alimentación de 12 voltios.

Dado que los micrófonos de cristal tienen una salida débil, me hicieron falta 2 etapas para llevar la señal a unos 5 voltios de pico. Mi micrófono de cristal exageraba las altas frecuencias, así que las atenué con *filtros de agudos RC* en serie en los colectores de ambas etapas amplificadoras. Quizá estés tentado de añadir otra etapa más de ganancia de audio. ¡No lo hagas! Es mucho mejor tener la ganancia de micrófono totalmente abierta que tener amplificación extra y dejar la ganancia de micrófono baja. La amplificación extra sólo es una invitación al ruido y a la propensión a la realimentación de RF. Si lo prefieres, puedes sustituir la mayoría de este circuito por un CI pero, como siempre, será más formativo si construyes tu propio amplificador con componentes discretos.

Después de que tengas el amplificador funcionando, mira la forma de onda de audio de manera crítica. Puedes encontrarte con que los picos de voz positivos y negativos no son simétricos. Si es este el caso, puedes tener demasiada polarización, o muy poca, en la segunda etapa. Es decir, puedes querer aumentar o disminuir la resistencia de 51K que polariza al segundo 2N3904. Idealmente, el amplificador debería ser capaz de entregar una señal simétrica de 10 voltios de pico.



**FILTRO PASABAJOS DE AUDIO (< 3 KHz)**

He añadido el filtro *Butterworth* de arriba para asegurarme de que el ancho de banda de mi señal sea menos de 3 KHz. Al igual que los filtros de agudos de los que hablé antes, tu generador puede no necesitarlo. El filtro Butterworth corta de forma precisa prácticamente toda señal de audio por encima de 3 KHz. Por contra, el filtro de agudos sólo enfatiza las frecuencias bajas. El filtro usa 2 amplificadores a transistores conectados en *seguidor de emisor*. Fíjate que la resistencia de carga (5,1k) de cada transistor está conectada entre el emisor y masa, en vez de entre el colector y la alimentación positiva.

### Las ventajas de los seguidores de emisor

Los seguidores de emisor tienen la ventaja de que su impedancia de entrada es extremadamente alta y la de salida es muy baja. Una impedancia de entrada alta significa que no va a cargar o afectar a la fuerza de la señal de entrada. Una impedancia de salida baja significa que proporciona una corriente alta a una carga resistiva baja. Otra característica de los seguidores de emisor es que *la ganancia en tensión es menor que la unidad*. Es decir, que no amplifican la tensión. En este caso es una ventaja porque asegura que el amplificador no va a autooscilar. Los filtros de Butterworth se suelen hacer con amplificadores operacionales. Hasta este filtro, yo nunca había hecho uno con transistores. Sí, con simples transistores también funciona.

No importa el circuito de amplificador de audio que uses, será sensible a interferencias de RF de cualquier señal de RF de tu cuarto de radio. Por ejemplo, si estás usando un simple acoplador de antena sin blindaje como el mío, esas señales de RF tenderán a meterse por el cable del micrófono. Para evitar esto, puse choques de RF, condensadores de desacoplo y una perla de ferrita en serie con la entrada del micrófono. Ya que el potenciómetro de ganancia de micrófono está lejos del módulo de audio, los cables de este potenciómetro también tiene choques de RF y condensadores de desacoplo de filtro. Incluso la salida del amplificador pasa por un condensador de acoplo de camino



al modulador equilibrado.

### **El condensador de salida de audio de 0,1 $\mu$ F**

Date cuenta de que el condensador de salida del circuito del filtro no es el típico condensador grande de 10  $\mu$ F, sino un condensador de sólo 0,1  $\mu$ F. Este condensador va a la entrada de audio del modulador equilibrado. Si pones un condensador más grande aquí, le llevará un tiempo cargarse cuando se comienza a transmitir y le llega corriente al amplificador de audio. Un condensador grande puede necesitar 2 segundos o así en cargarse y haría que el modulador equilibrado silbara brevemente y se emitiese este sonido. La resistencia de entrada al modulador equilibrado es muy alta, 100.000 ohmios. Por lo tanto, la constante de tiempo para 100K ohmios multiplicada por 0,1  $\mu$ F es alrededor de 0,01 segundos. Esto permite hasta 100 Hz y es más que suficiente para operar en BLU de Hi-Fi (N. del T.: una modalidad que consiste en obtener la mejor calidad de sonido de un canal de BLU, ampliando para ello el ancho de banda ocupado).

### **Desacoplo del cable de alimentación**

El cable de alimentación de 12 voltios para el amplificador de audio también tiene un choque de RF grande (1 milihenrio) en serie con el cable y pasa por otro condensador de acoplo. Además, el cable de alimentación está aislado o *desacoplado* por una resistencia de 51 ohmios y los condensadores de 220 microfaradios. El propósito de estos condensadores es asegurarse de que la tensión suministrada al amplificador no puede variar tan rápido como las señales de audio. Todos los módulos de un transmisor de BLU, excepto el amplificador final, necesitan estar desacoplados de cambios en el nivel de la alimentación de 12 voltios. Si no, según se hable en el micrófono, la corriente consumida por el amplificador final de alta potencia variará rápidamente, y la tensión que recibirá cada módulo subirá y bajará en sincronía con la voz. Según la tensión suba y baje, la salida de RF de cada módulo subirá y bajará también. Esta realimentación produce picos en la señal de radio que suenan como ruido sobrepuesto a la voz. De hecho, hace casi el mismo zumbido que las interferencias de RF.

El amplificador final consume demasiada corriente para que sea práctico desacoplar su alimentación. De hecho, son los enormes picos de corriente de 10 amperios consumidos por el paso final los que causan el ruido en el resto del transmisor. En general, cuando menos corriente consume un bloque de circuito, más grande debe ser el desacoplo. Por ejemplo, el amplificador de audio tiene una resistencia en serie de 51 ohmios y un condensador en paralelo de 440 microfaradios. En contraste, el excitador de 5 vatios de RF tiene sólo una resistencia de 1 ohmio y un condensador de 0,1 microfaradios.

### **Los micrófonos son importantes**

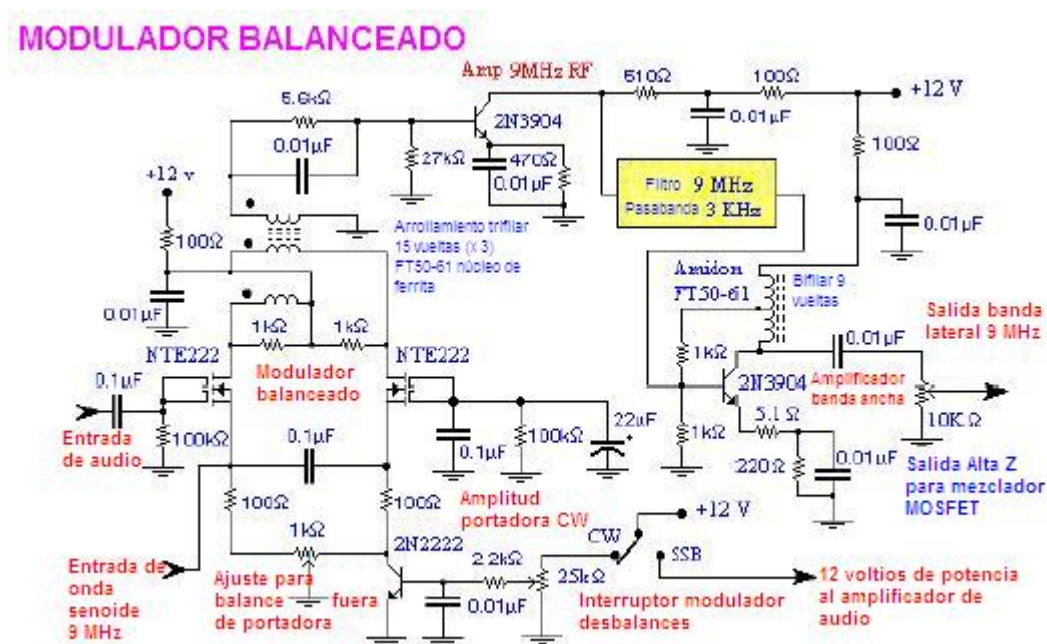
No todos los micrófonos son iguales. Yo he probado 3 micrófonos de cristales. 2 cápsulas pequeñas de micrófono de Radio Shack tenían un sonido metálico. Pude compensarlo con redes paralelas RC en los colectores de los 3 transistores para limitar las componentes de altas frecuencias (agudos) de la voz. Por ejemplo, fíjate en las combinaciones de resistencia de 200 ohmios y condensador de 0,1 microfaradios que van de la masa a los colectores de los primeros 2 transistores. También probé un viejo micrófono de cristal Hallicrafters diseñado para un tranceptor móvil. Funcionó perfectamente sin las redes RC paralelas. Después probé 2 pequeños micrófonos electret de condensador. Uno tenía demasiados bajos (graves) y hacía un zumbido de baja frecuencia. El otro, un Radio Shack código PN # 270-092A, funcionó perfectamente. Para polarizar el electret con unos 4 voltios, usé una resistencia de 7,5k para reducir la tensión de 12 voltios.

Cuando al fin tuve un generador de BLU operativo, pude usar tanto el antiguo micrófono comercial como uno hecho en casa con la cápsula electret de Radio Shack. Para blindar la cápsula electret, la monté en un tubo de cobre de 19 mm (N. del T.:  $\frac{3}{4}$  de pulgada). Soldé discos de cobre (de placa de circuito impreso) a las partes superior e inferior del tubo, de manera que el micrófono estuviese bien blindado. La cápsula entró a presión en el orificio superior. Puse un condensador de 1 nF en paralelo con el micrófono para reducir las interferencias de RF. La cápsula electret está conectada al

transmisor con 2 trozos cortos de cable coaxial RG-174: 1 para la señal de audio y otro para la línea de alimentación de 4 voltios de corriente continua para la cápsula electret. Procura que los cables sean tan cortos como se pueda. Un cable largo es una invitación a las interferencias de RF.

La caja/tubo de cobre del micrófono también contiene un conmutador de transmisión (N. del T.: con frecuencia llamado *PTT*, de “push to talk” en inglés) de 1 circuito. Este conmutador conecta el transmisor igual que el que está montado en mi manipulador. El cable de conexión al conmutador tiene su propio trozo de cable coaxial RG-174. Así, como puedes ver, mi cable de micrófono tiene realmente 3 trozos en paralelo de cable coaxial RG-174. Obviamente, mi cable de micrófono debería ser un cable blindado de 3 conductores, pero ya que no tenía tal cosa, usé los 3 cables blindados separados. Para conectar el micrófono al transmisor, usé un conector de micrófono (bastante) normal, de 4 conductores internos y el blindaje externo. Encontré este par de conectores en Radio Shack y por algún milagro, era el mismo conector de mi viejo micrófono de cristal.

## El modulador equilibrado



El modulador equilibrado es el “circuito de supresión de portadora”. Es una especie de mezclador doble en el que una señal de audio se mezcla con una señal senoidal de 9 MHz para producir una señal modulada en amplitud, exactamente igual que la radio en AM. Una señal de AM tiene una portadora como la señal de CW más 2 bandas laterales de RF causadas por la modulación de audio. Lo que es distinto en un modulador equilibrado es que consiste en 2 mezcladores en paralelo. El segundo mezclador no tiene entrada de audio, por lo que su salida es sólo otra señal de CW, igual que su entrada de RF. Ambos mezcladores comparten un transformador de salida común que tiene 3 devanados, 2 primarios y 1 secundario. Hay 1 primario por cada mezclador. La parte ingeniosa es cuando los primarios generan señales magnéticas en el núcleo de hierro del transformador. Los devanados están orientados de manera tal que los 2 primarios trabajan el uno en contra del otro. Las señales de CW en ambos devanados está “equilibrada” con un potenciómetro de ajuste, de modo que ambas se cancelan. Esto significa que las únicas señales que aparecen en el devanado secundario son las 2 bandas laterales. *En resumen, un modulador equilibrado produce una señal de doble banda lateral sin portadora.*

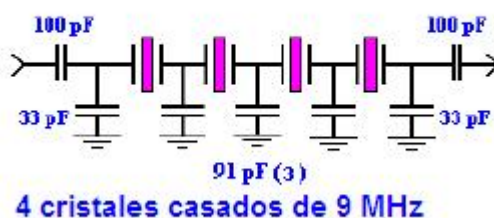
Los transistores son MOSFET de doble puerta con ambas puertas unidas. La idea es usar transistores sin uniones P-N de diodo. Según el manual, las uniones P-N actúan como varicaps y distorsionan ligeramente la voz. Usamos MOSFET de doble puerta simplemente porque son los

MOSFET pequeños de RF más comunes que hay. Un MOSFET pequeño de RF de una sola puerta está bien, pero probablemente no podrás encontrarlo. El circuito de arriba ha sido adaptado del manual de 1986 de la ARRL.

Para usar este modulador para CW, hay un conmutador de CW/BLU que desequilibra el modulador y permite que pase algo de portadora al filtro. Date cuenta de que cuando el conmutador está en la posición de BLU, al amplificador de audio del micrófono le llegan 12 voltios, así alimentándolo. Cuando el conmutador está en la posición de CW, se envía una portadora de CW al filtro. Desgraciadamente, esta forma de CW será difícil de usar para hacer contactos en CW reales, porque el filtro de cristal tenderá a quitar la portadora de nuevo. Sin embargo, esta pequeña onda senoidal de 9 MHz, es útil para ajustar una antena con una señal de prueba o para situar el VFO sobre la estación a la que quieres llamar. Para operar en CW, puedes saltarte el filtro de BLU o usar un oscilador de 9 MHz distinto. Este generador de banda lateral también se puede modificar para generar modulación de amplitud. Eso lo discutiremos en el capítulo 16. También puedes salir al aire en DBL (doble banda lateral). Muchos constructores caseros toman este camino. Sonará como la banda lateral, pero la señal será el doble de ancha que una normal.

### El filtro de banda lateral

El filtro de banda lateral



Puedes comprar filtros de banda lateral de una banda pasante de 3 KHz, normalmente de 9.000 KHz a 9.003 KHz. A veces también hay cristales para osciladores a juego que situarán la señal de RF óptimamente para adaptarla a ese filtro particular. En el capítulo 13 construimos un filtro en escalera para un receptor de CW que era bastante similar. La diferencia está en el tamaño de los condensadores que van en paralelo. En el receptor eran de 220 pF. Sin embargo, *cuanto más pequeños sean los condensadores, mayor será la banda pasante del filtro*. El valor de 91 pF del filtro de la imagen ha sido adaptado del filtro de un transceptor de banda lateral diseñado sobre un generador de 8,000 MHz que usaba condensadores de 100 pF. Este filtro parece funcionar, así que no he tenido que experimentar.

El estilo del constructor casero es comprar un lote de cristales de microprocesadores de 9,000 MHz a Mouser o Digi-Key por 86 céntimos la unidad (N. del T.: estas tiendas también venden componentes electrónicos a través de Internet, aunque normalmente será preferible tratar de localizarlos antes en nuestra ciudad o país). Usando el oscilador de RF que hemos visto anteriormente y un frecuencímetro, mide la frecuencia de cada uno de tus cristales. Cuando se usan como filtros, sus frecuencias naturales pueden no ser las mismas que en tu oscilador, pero sus frecuencias *RELATIVAS* serán comparables. Elige 4 cristales que estén tan próximos como puedas. Con que las diferencias sean menores de 100 Hz será suficiente. Yo intenté ajustar cada cristal a la misma frecuencia usando condensadores de ajuste en paralelo con los cristales. Después vi que era innecesario y entonces quité los condensadores.

Usando un generador de señal como señal de prueba, estos filtros parecen tener su pico muy cerca de su frecuencia nominal. Por ejemplo, un cristal puede oscilar en 9,0015 MHz en tu oscilador de prueba, pero el filtro tendrá un pico muy cerca de 9,000 MHz. Hasta ahora he construido 3 de esos filtros y todos han funcionado bien, centrados más o menos en 9,000 MHz.

### **Los osciladores de cristal están desajustados en CW**

El filtro de cristal está hecho para cortar o bien la banda lateral superior o bien la inferior. Cuando desequilibras el modulador equilibrado para producir una señal de CW, haces que pase una pequeña señal senoidal por el filtro que puede ser lo bastante grande como para que ajuste el acoplador o el transmisor. Sin embargo, debido a que el centro del filtro de cristal de BLU (9,000 MHz) está ajustado a 1,5 KHz de ambos osciladores de cristal (8,9985 MHz y 9,0015 MHz), esta señal de CW será bastante más pequeña que la máxima potencia que puedes obtener en los picos de voz.

Cuando construí un filtro comparable para 8,000 MHz, el filtro estaba centrado en 7,995 MHz, 5 KHz más abajo. No comprendo por qué este filtro era diferente, porque en un oscilador, las frecuencias de los cristales estaban bien por encima de 8,000 MHz. Debido a lo bajo que estaba el filtro, el oscilador de 8 MHz de banda lateral superior tuvo que ajustarse a 7,9935 MHz. Para llevar tan abajo el oscilador, tuve que poner un condensador enorme de 150 pF en paralelo con el cristal. La mejor práctica de ingeniería obligaría a usar un cristal cortado específicamente a esa frecuencia. Una solución más barata sería comenzar con una colección de cristales diferente que estuvieran debidamente centrados en 8,000 MHz.

## **CONSTRUCCIÓN MECÁNICA**

### **¡Lo siento! Tienes que blindar los montajes de banda lateral**

Cuando construimos transmisores de CW, algunos de nosotros creemos que es bonito tener los componentes al aire donde podemos verlos. Desgraciadamente, un problema enorme con la BLU es la realimentación de RF. Para evitarlo, debes encerrar todos los módulos de tu transmisor BLU en metal. Todas las conexiones deben estar hechas con cables blindados. Yo comencé usando cables de alimentación blindados para mis módulos de RF, pero al final encontré una manera de montar los conectores Molex directamente en las cajas blindadas. Así podía conectar el módulo al chasis sin cables visibles.

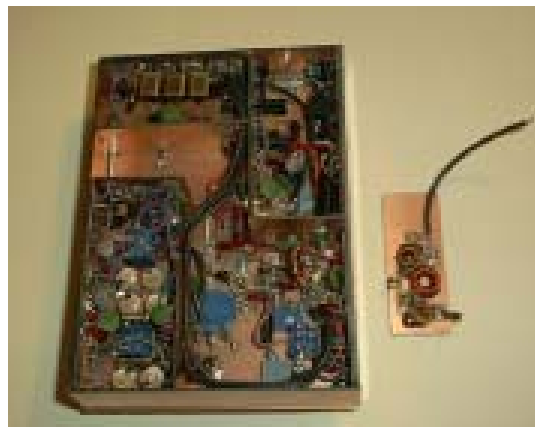
Hoy día, aún dejo el amplificador lineal al aire, pero todos los módulos de baja potencia y las fuentes de alimentación están bien blindadas. Todos mis módulos consisten en una placa de circuito impreso de doble cara con paredes de placa de circuito impreso soldadas a los extremos para formar una caja. Luego, doblo una lámina de aluminio sobre la caja para hacer la tapa.



Generador de BLU terminado. Una tapa de aluminio cubrirá la caja.



El generador de BLU de 9 MHz visto desde el lado de control



Arriba se puede ver el módulo generador de BLU dual de 9 MHz y 8 MHz

Después de ver que usar un generador de BLU en 9 MHz era poco práctico para usarlo en 17 metros, construí un nuevo generador de frecuencia dual para BLU. Los cristales de 8 MHz están en una fila en la parte superior izquierda. Los cristales de 9 MHz están en una fila justo debajo de ellos. Los 2 osciladores de frecuencia están en la parte inferior izquierda. El modulador equilibrado está en la parte inferior derecha. Date cuenta de que muchos de los componentes están montados sobre tiras de circuito impreso de 25 mm (N. del T.: 1 pulgada) de alto soldadas verticalmente. Esto me permitió meter un 50% más de componentes de los que hubiera sido posible de otra manera.

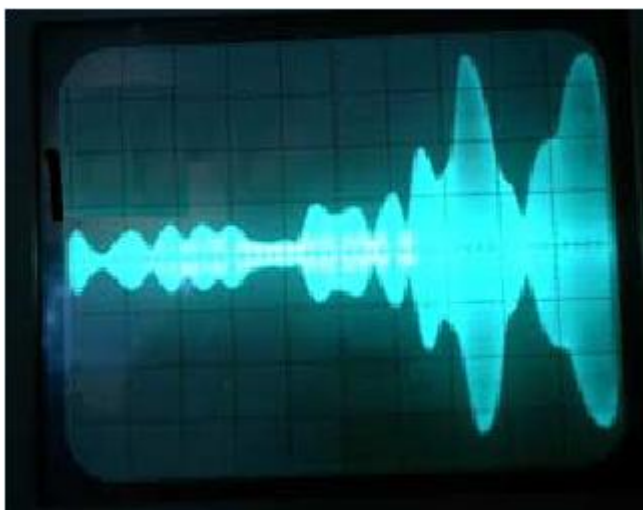
Una ventaja de esta técnica es que los circuitos que no funcionan bien pueden ser fácilmente quitados y sustituidos. La plaquita suelta a la derecha es un filtro de paso bajo que saqué cuando pareció ser innecesario. La quité causándole poco o ningún daño al módulo. Como puedes ver, algunos componentes, especialmente aquellos directamente cableados a los mandos y conectores, están montados en la base de la caja. Si quieres sustituir la circuitería de la base, puedes desoldar todos los componentes antiguos y comenzar de nuevo con otra placa que haga un “parche” sobre la antigua, disponiendo la nueva circuitería sobre la base de la caja como antes.

### **Ajuste y prueba del generador de banda lateral**

Las herramientas esenciales para ajustar tu generador son *un frecuencímetro, un osciloscopio y un*

*buen receptor de radioaficionado*. Idealmente, necesitas uno de esos receptores modernos para escuchar tu señal. El generador de BLU de arriba genera una señal de banda lateral de 9 MHz. Ten en cuenta que cuando escuches la señal de 9 MHz en tu receptor de radioaficionado, a menos que tu generador esté bien blindado, seguirás oyendo la señal de la portadora y de la banda lateral suprimida que se escapan de tu oscilador de 9 MHz. Esto se debe a que tales componentes de la señal están presentes en tu placa de circuito y tu receptor tendrá pocas dificultades para oírlos.

Para comprobar el generador, introduce una señal de audio de una radio portátil en la entrada de prueba para que te permita ajustar el generador. Sintoniza la radio en una emisora que emita un programa de voz e inyecta la señal de audio en la entrada de prueba. La voz debe ser no sólo perfectamente comprensible en tu receptor de radioaficionado, sino que la fidelidad debe ser lo bastante buena como para reconocer la voz de la persona. Cuando desconectes el OFB y pongas el receptor en AM, la voz debería ser irreconocible. La música siempre va a sonar horrible. Si la música suena bien, tu ancho de banda es demasiado grande.



La señal de voz de BLU en 9 MHz vista en un osciloscopio.

Una señal de voz de BLU debe verse en tu osciloscopio tal como se muestra en la imagen. La modulación de audio es simétrica alrededor del eje cero. Entre sílabas o palabras, la fuerza de la señal cae casi a cero. Los flancos de los picos de la senoide deben ser razonablemente escarpados, lo que significa que la frecuencia debe seguir pura con niveles de modulación variables. Cuando no hay entrada de audio, no debe existir salida de RF.

Comprobar el micrófono y el preamplificador de micrófono puede ser complicado. Es difícil escuchar tu propia voz de manera crítica. Además, el sonido del altavoz del receptor de radioaficionado se realimentará por el micrófono. Mi solución fue colocar el micrófono contra unos auriculares de alta fidelidad de un reproductor de cintas portátil. Luego, rodeé los auriculares con ropa para atenuar el sonido. Para escuchar cómo sonaba en el aire, escuché la señal del generador de banda lateral en el receptor de radioaficionado usando auriculares. Desgraciadamente, cuando se usa con el amplificador de 50 vatios, la RF de la carga resistiva y el acoplador interfirieron con el reproductor portátil, así que esta técnica sólo funcionaba bien con 5 vatios. Fui capaz de probar el lineal de 50 vatios al escuchar mi propia voz mientras llevaba los auriculares sin conectar la antena al receptor. Al menos pude confirmar que no había realimentación de RF.

### **Prueba del generador de audio**

Es instructivo alimentar un tono de un oscilador de audio en el conector de entrada. Según vas barriendo el espectro de 20 Hz a 3 KHz, observa en el osciloscopio la salida de RF del generador de banda lateral. A diferencia de la modulación en AM, no debe existir modulación de frecuencia de audio visible en la señal de radio. Es decir, por cada señal senoidal de audio debes ver una señal pura, como en CW. Otra forma de pensar en la banda lateral única es como una clase de modulación

de frecuencia de banda extremadamente estrecha. Según cambia la frecuencia de audio, la frecuencia de la señal sube y baja en proporción directa. A diferencia de la modulación en AM, la amplitud de la señal transmitida no debe cambiar cuando introduces una frecuencia de audio de amplitud constante. Es decir, en BLU no debes ver rizados en la amplitud de la señal proporcionales a la frecuencia. La amplitud sólo debe cambiar con la amplitud de la voz, no con la frecuencia de la voz. En contraste, la FM pura no cambia su amplitud con la de la voz, o con la frecuencia de audio.

### **Supresión de realimentación de RF y acoplo de baja frecuencia en la fuente de alimentación**

Mi primer contacto de banda lateral dijo: “¡Lo siento, compañero! Oigo algunos ruidos siseantes, pero no comprendo ni una palabra de lo que dices”. Resultó que los cables de la fuente de alimentación en el generador y otros módulos del transmisor necesitaban desacoplo de baja frecuencia. En el generador de banda lateral esto consistió en la resistencia de 51 ohmios y los 2 condensadores de 220 microfaradios en la línea de 12 voltios. Sin el desacoplo, el audio se convierte en ruido y el generador compite con los amplificadores por conseguir su tensión de trabajo. Es decir, los 12 voltios de la fuente suben y bajan con la voz y los amplificadores lo exageran.

Después de estas mejoras mi siguiente contacto podía comprenderme, pero dijo que mi voz era “áspera y con crujidos”. Yo no tenía laringitis, así que le pregunté a Jack Quinn, KØHEH, sobre la crítica. Él diagnosticó el problema instantáneamente: “Es realimentación de RF. Mejora los blindajes del micrófono y del amplificador de audio”. Coloqué el condensador de 1 nF directamente en paralelo con el micrófono, el condensador de desacoplo de 430 pF y las bobinas de 470 microhenrios en serie con las entradas y la alimentación. Además, la alimentación y la salida de audio pasan por condensadores en paralelo para atenuar aún más la RF. Cuando la realimentación de RF es realmente mala, la señal se convierte en un ruido que puede sonar similar a problemas de desacoplo de baja frecuencia en la fuente de alimentación.

\*\*\*\*\*

## **La parte difícil: llevar la señal de BLU a una banda de radioaficionados**

### **¿Son los 9 MHz una banda de radioaficionados?**

Para salir en el aire necesitas amplificar la señal de banda lateral de 9 MHz hasta 50 o más vatios. Desgraciadamente, al menos la última vez que lo miré, los 9 MHz no son una banda de radioaficionados. La parte más difícil de este proyecto resulta ser llevar la señal de 9 MHz a la(s) banda(s) de tu elección. O bien, podríamos escribir al WARC para pedirles que establezca una banda de radioaficionados de 6 KHz centrada en 9,000 MHz. Mejor que no.

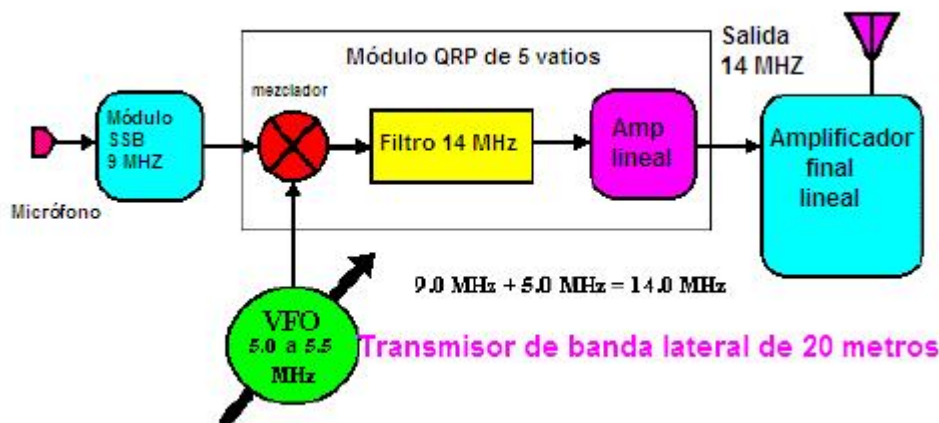
Llevar la BLU a una banda de radioaficionados es con mucho la parte más difícil de la construcción de equipos de banda lateral. Sin embargo, si no cometes los errores que yo cometí, tal vez no sea tan complicado. Los 6 principios que aprendí por la vía difícil fueron:

- *Convierte tu señal de banda lateral sólo una vez.* Hacer una doble conversión puede parecer oportuno, pero es extremadamente difícil de hacer sin distorsión. En otras palabras, no hagas la parte más difícil 2 veces.
- *En la conversión entre los 9 MHz y tu banda de HF, asegúrate de que las frecuencias de entrada del mezclador están lejos de la frecuencia final.* Por ejemplo, para convertir a 20 metros, es práctico sumar un VFO de 5 MHz para conseguir 14 MHz. Por otro lado, hallé que no era factible llevar una señal de BLU de 4 MHz a 21 MHz usando un oscilador de cristal de 25 MHz. Cada vez que dejaba de hablar, una señal de 25 MHz bastante notable se escapaba directamente hacia los filtros de salida del amplificador.

- *Planea tus frecuencias de VFO y banda lateral de modo que sus armónicos (múltiplos) no caigan en la banda deseada.* Por ejemplo, el segundo armónico de 9 MHz es 18 MHz. Este hecho hace extremadamente difícil usar un generador de BLU de 9 MHz o un VFO de 9 MHz para generar una señal de 17 metros (18 MHz). Date cuenta de que 6 MHz también es difícil porque su tercer armónico es 18 MHz.
- *No uses amplificadores y mezcladores sintonizados.* Cuando dejas de hablar, los amplificadores sintonizados tienden a autooscilar a frecuencias similares a las que están sintonizados. De hecho, librarse de los ruidos y oscilaciones cuando NO estás hablando es más difícil que hacer que la voz sea inteligible. A diferencia de la CW, es mejor usar mezcladores y amplificadores de banda ancha y poner todo el filtrado para la banda de radioaficionados en 2 redes de filtros pasivos. ¡La banda lateral es diferente de la CW!
- *Cuidado con tener demasiada ganancia en tu generador de BLU y tu conversor de frecuencia.* Originalmente yo ponía amplificadores de banda ancha extras a la salida del generador y también justo después del mezclador de conversión. Estos amplificadores extras amplificaban el ruido. Cuando yo no hablaba, a menudo comenzaban a autooscilar.
- *A veces ayuda conectar todas las masas a la cara exterior de las placas de circuito impreso.* Las conexiones a masa de todas las etapas de RF de alto consumo deben tener una inductancia extremadamente baja. En caso contrario, si tu distribución de componentes en la placa no está bien diseñada, las tensiones de RF en todas las conexiones a masa dentro de la caja de circuito impreso “rebotarán arriba y abajo” con las corrientes en las etapas amplificadoras de potencia. Esta realimentación introduce ruido en la etapa mezcladora y hace que el módulo QRP sea difícil o imposible de ajustar. Si estás usando placas de circuito impreso de doble cara, se pueden añadir masas sólidas taladrando cada placa en las conexiones de masa y soldando un cable a través del orificio a la superficie de cobre intacta que está en el lado exterior.

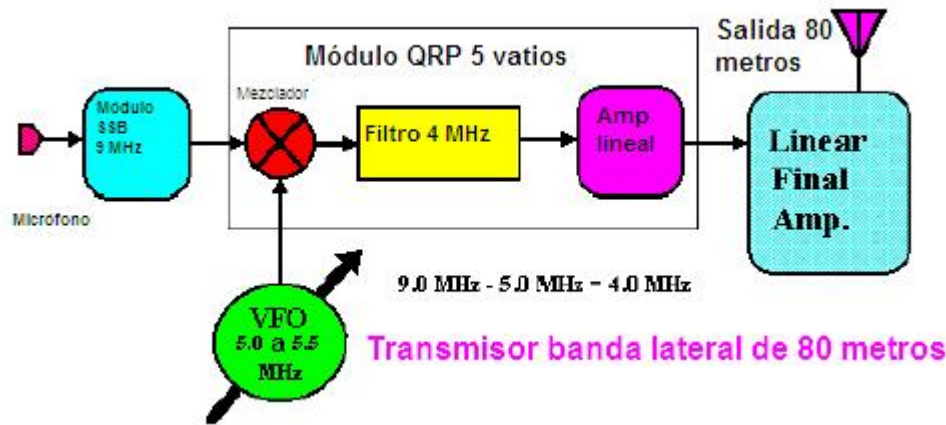
## Salir en 20 y 80 metros

### Conversor heterodino para el generador de BLU



Cuando partimos de una señal de BLU de 9 MHz, la banda de radioaficionados más fácil de obtener es la de 20 metros. Para esta banda, mezclamos una señal de un VFO de 5,000 a 5,350 MHz con los 9 MHz para conseguir de 14,000 a 14,350 MHz. La diferencia entre 9 MHz y 14 MHz es de un 36%. Por lo tanto, construir un filtro para extraer la componente de 20 metros y eliminar la señal de 9 MHz es relativamente fácil.





Ahora supongamos que quieres llevar la señal de BLU de 9 MHz a la banda de 80 metros. 9 MHz menos 5 MHz son 4 MHz. La banda de fonía abarca hasta 4,0 MHz. Así, la señal de salida de 80 metros (75 metros) puede tener una diferencia de sólo 20% con respecto a la del VFO. Filtrar la señal de 80 metros es casi el doble de difícil que en 20 metros. ¿Qué ocurre si tu filtrado es inadecuado? Cada vez que dejes de hablar, tu amplificador lineal transmitirá una portadora senoidal en la frecuencia de tu VFO, 5 MHz. Como veremos, cuando partes de una señal de banda lateral de 9 MHz, todas las demás bandas de HF son más difíciles que los 20 metros.

### Autooscilación

Cuando construyes una etapa amplificadora o de filtro de alto Q, tiende a autooscilar por sí misma cuando no tiene señal en la entrada. Esto significa que, entre palabras, tu módulo de QRP puede autooscilar en alguna frecuencia aleatoria en la misma o cerca de la banda de radioaficionados que estés usando. A veces esta autooscilación puede suprimirse poniendo una resistencia de 50 o 100 ohmios en la entrada de la etapa afectada. Otro método es colocar una resistencia de entre 1k y 2k en paralelo con el primario del transformador de RF en el colector, o también puedes añadir una resistencia pequeña (de unos 10 a 20 ohmios) en serie con el emisor del transistor (y sin condensador en paralelo). Desgraciadamente, estos trucos no bastan habitualmente. *¡La mejor solución es usar amplificadores de banda ancha!* Incluso con amplificadores de banda ancha tendrás que usar algunos o muchos de estos trucos para evitar que autooscilen.

### No es de extrañar que la mayoría de equipos sean transceptores

Hay gran similitud entre un receptor y un transmisor de banda lateral. Una vez que has construido un receptor, te das cuenta de que la mayoría de módulos del transmisor son iguales y que estás construyendo los mismos circuitos 2 veces. Por otra parte, usar los mismo módulos de circuitos para ambas tareas requiere delicadeza. Desgraciadamente, los constructores caseros ya tenemos bastantes problemas sin esa complejidad extra.

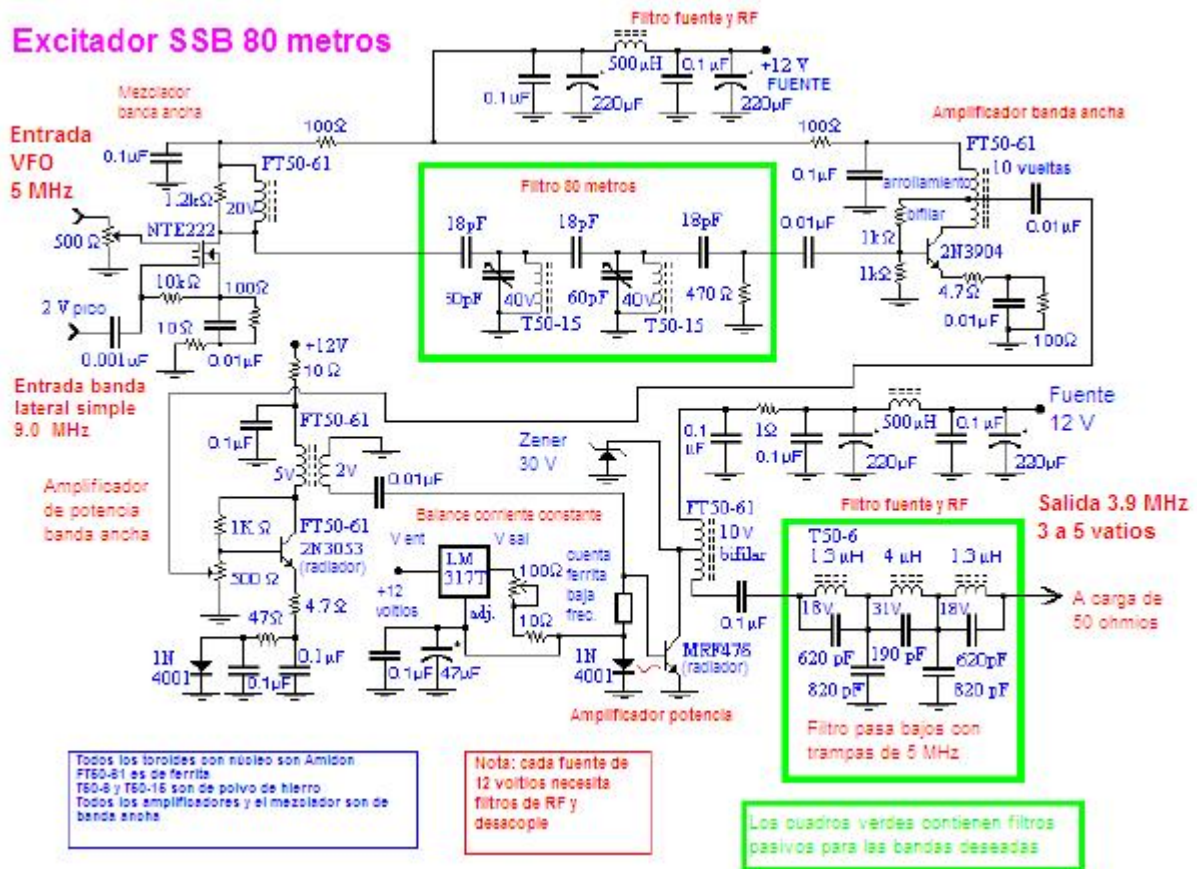
Idealmente, lo mejor sería usar el VFO de 5,0 MHz de tu receptor. De ese modo las frecuencias del transmisor y del receptor estarán en perfecta sincronía. Cuando contestes un CQ, no vas a querer gastar tu tiempo sintonizando el VFO del transmisor. Cuando salí al aire con mi VFO separado de 5 MHz, me encontré con que, para cuando había sintonizado correctamente a quien estaba llamando CQ, con frecuencia ya estaba hablando con otra persona.

Desgraciadamente, usar el VFO del receptor no es fácil. Si simplemente lo conectas al transmisor con un cable largo, el receptor tendrá de repente intermodulación, ruido y pitidos que no tenía antes. Para solucionarlo, la señal del VFO debe aislarse del receptor mediante un amplificador de separación. Además, el OFB de 9,000 MHz y el oscilador del generador de banda lateral deben estar exactamente en la misma frecuencia. Hummm... Más aún, los osciladores de conversión de bandas del VFO en el receptor y el transmisor deben tener una diferencia de 1 o 2 Hz. No es tan fácil después de todo. Los transceptores resuelven este problema usando los mismos osciladores para ambas tareas, de modo que la sincronización no sea un inconveniente. Como solían decir mis

libros de texto del instituto, estos problemas se dejan como ejercicios para el estudiante interesado.

### Un excitador de banda lateral QRP para 80 metros

Tal como expliqué antes, un mezclador de banda ancha debe ir seguido por un *filtro totalmente pasivo*. Es decir, el filtro debe ser sólo una red de circuitos LC. No debe tener transistores. En su lugar, la ganancia la proporcionan 2 o 3 etapas en serie sin sintonizar. 3 amplificadores de banda ancha y alta ganancia en serie pueden funcionar sin autooscilar, siempre que en su entrada haya muy poco ruido. El diseño básico que muestro más adelante tiene la ventaja de que puede usarse en cualquier banda de HF. Para cambiar de banda, conectas diferentes secciones de filtro que se ven en los rectángulos verdes del esquema.



Todas las etapas de transistores son de banda ancha, incluso el mezclador. Fíjate en la resistencia de 2K (N. del T.: yo veo una de 1K, pero no la de 2K que menciona el texto) en el primario del primer transformador de núcleo de ferrita. Sin esta u otra realimentación, los amplificadores de banda ancha tienden a generar una señal incontrolada cuando la entrada de BLU cae a cero entre palabras o pausas de la voz. Las resistencias de emisor de 4,7 y 10 ohmios sin condensadores en paralelo en dos de los amplificadores también ayudan a evitar oscilaciones. Para reducir picos y realimentación de RF al módulo excitador, filtré mis cables de alimentación con choques de RF, condensadores grandes y condensadores cerámicos pequeños.

A diferencia de los módulos de CW en QRP, la etapa de salida del módulo de BLU necesita corriente de polarización directa para funcionar en modo lineal. La fuente de corriente con LM317 proporciona la corriente necesaria. Este circuito compensado en temperatura se usó en el amplificador lineal de 50 vatios del capítulo 12 y es excesivo para este amplificador final de 5 vatios, pero ¡qué demonios! Experimentando hallé que sólo 20 miliamperios de polarización directa son más que suficientes para operar linealmente y dar buena calidad de voz. En teoría, una resistencia de 560 ohmios y 1 vatio puede proporcionar esta polarización de forma mucho más económica. Sin embargo, no lo he probado.

El filtro pasivo de 80 metros está entre el mezclador y el primer amplificador de banda ancha. El filtro de salida es el típico Chebyshev de paso bajo excepto que los condensadores se han puesto en paralelo con las bobinas. Esto hace que las bobinas resuenen en 5 MHz y proporcionen una atenuación extra para librarse de los 5 MHz de la señal del VFO. Fíjate en que he usado el equivalente de 5 circuitos LC serie y paralelo para limpiar la señal de 80 metros. En contraste, como verás más adelante, un equipo QRP de 20 metros (5 MHz + 9 MHz) puede hacerlo con sólo 2 circuitos LC y un filtro de salida de paso alto.

### Cuidado con la señal residual del VFO

Una vez que tuve mi excitador de 80 metros funcionando correctamente, lo conecté a mi amplificador lineal descrito en el capítulo 12. Con el amplificador producía de unos 60 a 100 vatios en los picos de voz. Sin embargo, cada vez que dejaba de hablar, el frecuencímetro volvía a la frecuencia del VFO de 5 MHz incluso aunque la amplitud de la señal en la pantalla del osciloscopio parecía despreciable. Cuando subí la amplitud del osciloscopio, entonces sí, había una señal senoidal de 5 voltios de pico en la salida. Eso representaba unos 0,25 vatios de onda senoidal de 5 MHz. Para eliminarlas, reconstruí el filtro de salida de paso bajo del amplificador final de 80 metros usando otro diseño de filtro “elíptico”. Fíjate en que cada bobina tiene un condensador en paralelo que resuena en 5 MHz y evita que la señal de 5 MHz salga a la antenna. He usado los valores que se muestran en la imagen. Después de ese cambio, la señal residual sin modulación era de sólo 1 voltio de pico y el frecuencímetro midió correctamente la frecuencia de salida de 3,9 MHz.



Si eres como yo, tendrás serios problemas para que tus excitadores de BLU produzcan una modulación inteligible sin pitidos ni ruidos ni problemas. Todo lo que te puedo decir es que sigas reflexionando sobre las dificultades. Blinda y filtra tu prototipo hasta que esa maldita cosa funcione. ¡La persistencia ganará al final!

### Oír el VFO del transmisor en el receptor

Una consecuencia de blindar y filtrar cada módulo de baja potencia de mi transmisor de BLU era que no podía oír la señal de mi propio VFO. Esto hizo imposible sintonizar el VFO a una estación con la que yo podría querer hablar. Al final solucioné el problema conectando un condensador pequeño, de 10 pF, al terminal de antenna del receptor en el relé de la antenna. Este condensador está conectado a un cable blindado que va hasta mi módulo de QRP y se enchufa en un conector blindado en ese extremo. Dentro del módulo de QRP hay un cable abierto que va al primero de los 3 amplificadores de banda ancha y pasa por dentro del núcleo de ferrita. Este cable sonda no es una espira completa. *NO* está conectado a masa o a ningún otro sitio. Este cable sirve como si fuera un condensador pequeño que capta un poco de la señal del VFO para el receptor. Durante la transmisión el relé de antenna desconecta el cable sonda del transmisor para evitar que cause realimentación de la antenna al transmisor.



Cuando pulso el botón “Sintonía” en mi transmisor, todos los módulos de baja potencia del transmisor reciben 12 voltios de alimentación. En este modo de “sintonía”, la tensión de 12 voltios *NO* llega a las últimas 2 etapas de amplificador de potencia del transmisor QRP. Los 12 voltios llegan al VFO de 5 MHz, el generador de BLU, el conversor de frecuencia del VFO (si se usa en esa banda particular), y el mezclador y primer amplificador de banda ancha del módulo de BLU del transmisor QRP. El primer amplificador es el primer lugar del transmisor donde la verdadera frecuencia de emisión está presente para poder tomar una muestra. Dado que la frecuencia final de emisión depende de la señal de 9 MHz del generador de BLU, no habrá señal del generador de BLU a menos que estés hablando o el generador esté en el modo de “CW”. Resumiendo, para oír el VFO sin transmitir, el generador de BLU debe estar en el modo de “CW”, el botón de “Sintonía” debe estar pulsado, y la antena del receptor necesita un pequeño acoplo capacitivo con el primer amplificador de banda ancha. En BLU, incluso las cosas sencillas son complicadas.

### Adición de la banda de 20 metros al módulo QRP de 80 metros

En el módulo de 80 metros anterior hay 2 redes de filtros. Puedes llevar el módulo de QRP a los 20 metros conmutando un filtro de 14 MHz después del mezclador y sustituyendo el filtro de paso bajo de la salida con un filtro de paso alto. En 80 metros, las señales problemáticas de 9 MHz y 5 MHz están por encima de 4 MHz. Por lo tanto, el módulo QRP de 80 metros tiene un filtro de paso bajo. En contraste, en 20 metros las componentes de frecuencias indeseadas están por debajo de 14 MHz. Por lo tanto, es deseable un filtro de paso alto para 14 MHz. Los filtros a poner el módulo en 20 metros se muestra abajo. Mi módulo usa 2 conmutadores de 2 posiciones y 2 circuitos para elegir entre ambas bandas.



### Realimentación y distorsión. ¡No sobrecargues!

Un problema frecuente con el que me he encontrado era usar demasiada señal en una etapa. Por ejemplo, construí mi prototipo para 20 y 80 metros. Después de muchos cambios y problemas conseguí que funcionara. Entonces reproduje el circuito para 17 y 12 metros. Sin embargo, la segunda vez sabía lo que estaba haciendo y el circuito fue mucho más “limpio”. El resultado de mi cableado compacto y bonito era más eficiencia y más potencia en cada etapa amplificadora. En lugar de 3 vatios de salida, ahora tenía 6 u 8 vatios o más, y estaba sobrecargando el amplificador lineal final. El exceso de excitación le dio a mi señal un sonido duro y áspero que hacía que la voz

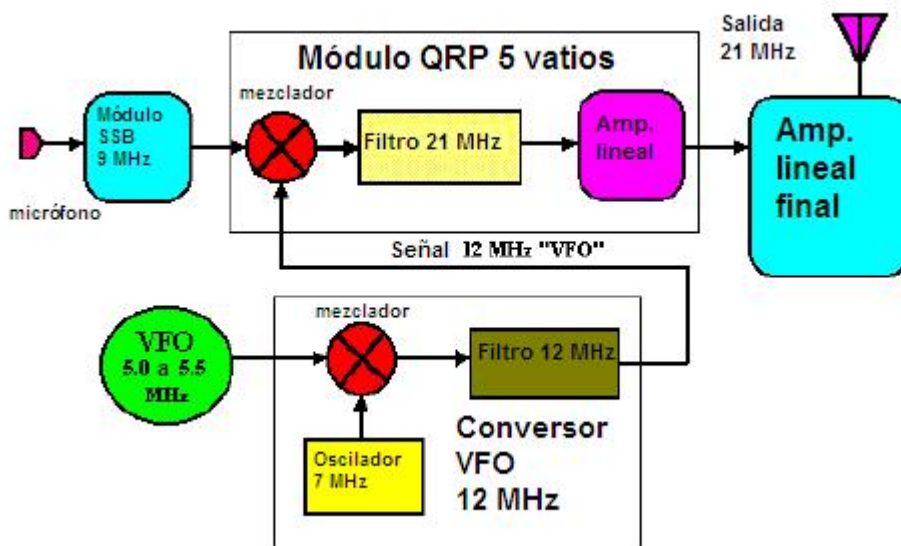
fuera difícil de comprender. Para arreglar esto, tuve que reducir la señal por diversos métodos. Reduje el número de espiras de los transformadores que atacaban a las bases de los transistores, puse más realimentación negativa (resistencias de emisor), etc. Finalmente puse un potenciómetro de 500 ohmios delante del segundo amplificador de banda ancha. Esto me permitió obtener justo lo que necesitaba y nada más. Al fin la calidad de la voz era aceptable. El potenciómetro funcionaba tan bien, que lo instalé en mi módulo excitador de 80/20 metros.

### Llevar la señal de BLU a las bandas de radioaficionados “difíciles”

Como he explicado antes, las bandas de radioaficionados más fáciles de conseguir con tu generador de BLU son 20 y 80 metros. Desgraciadamente, los fines de semana la banda de 20 metros es la más ocupada. Está llena de tipos emitiendo con picos de 2000 vatios y antenas Yagi a 15 metros del suelo. Por si eso no fuera lo bastante malo, sus transmisores de banda lateral están exquisitamente diseñados para sacar el máximo de modulación de cada vatio. Si entras en 20 metros con tu pequeño transmisor casero, probablemente llegarás a 20 o 40 vatios en los picos de voz. Combina eso con tu antena dipolo y va a ser difícil que esos tipos de oigan. Por otra parte, una banda como 15 metros, o posiblemente 17 metros, está menos saturada de gente y es más probable que hayas contactos interesantes y agradables en ellas.

## Salir en 15 metros

¿Cómo llevamos los 9 MHz a 21 MHz con un VFO de 5 MHz? Mi solución fue llevar el VFO de 5 MHz a 12 MHz. Luego sumé mi VFO de 12 MHz a 9 MHz para conseguir 21 MHz (12 MHz + 9 MHz = 21 MHz). Después de la mezcla, la señal de 21 MHz era un 43% diferente de la componente de frecuencia más cercana, y el filtrado fue relativamente fácil. Desgraciadamente, llevar el VFO a 12 MHz suena realmente complicado. Sin embargo, usa tecnología que ya dominas. Así que, mirando atrás, creo que cambiar la frecuencia del VFO es la manera más fácil de conseguirlo.



### Generar una señal de VFO de 12 MHz

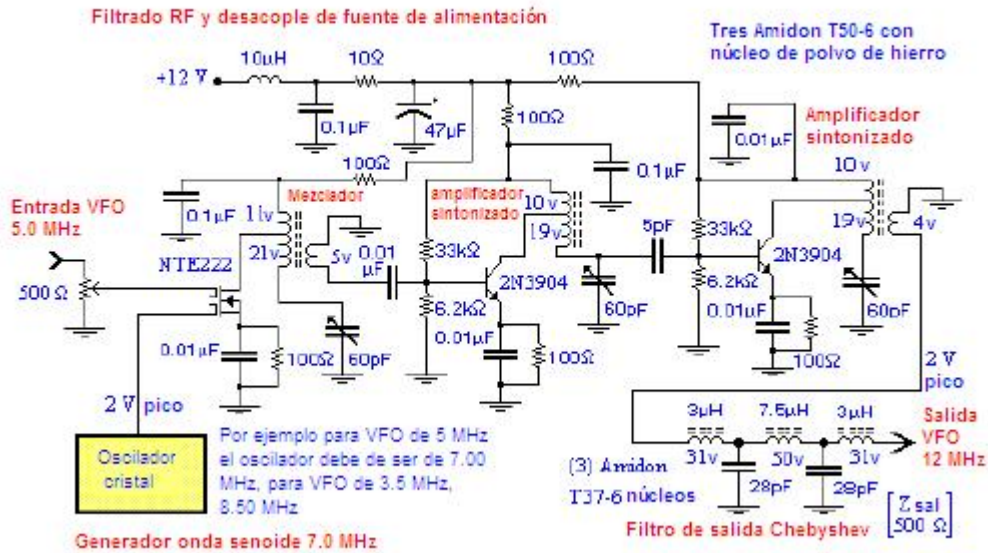
La señal del VFO es simplemente una onda senoidal así que, comparada con trasladar la señal de banda lateral, llevarla a 12 MHz es relativamente fácil. No hay componente de modulación de amplitud o frecuencia, de modo que la señal de 12 MHz se puede filtrar y purificar fácilmente. Para llevar los 5 MHz a 12 MHz, mézclalo con una señal de 7,00 MHz de un oscilador a cristal. Piensa en el convertor del VFO como si fuera un sintetizador de frecuencia primitivo.

### Un convertor de VFO de 5 MHz a 12 MHz

El convertor de frecuencia contiene los mismos circuitos que usé en mis placas QRP de HF en las

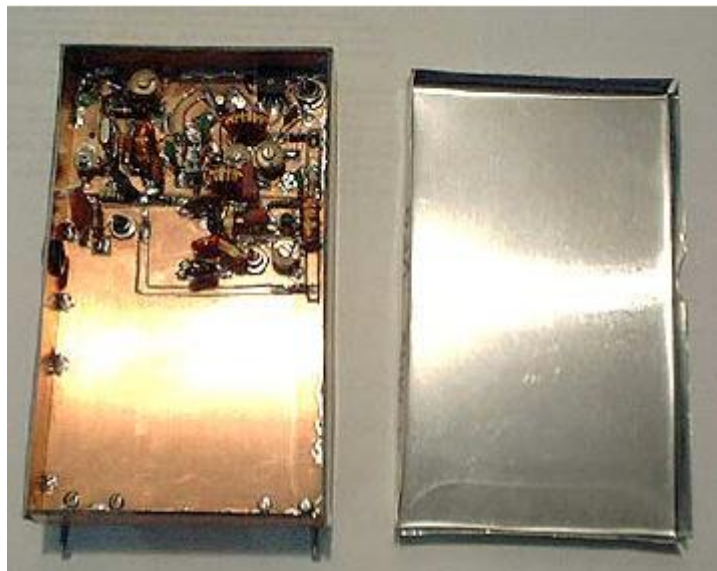
que empleé un VFO de 80 metros para generar una señal de CW en todas las bandas de HF. Usé un mezclador de doble puerta porque era más simple que los mezcladores con transistores bipolares que usé en mis primeras placas de QRP. Si partes de un VFO de 80 metros, se puede combinar con una onda senoidal de 8,5 MHz para conseguir 12 MHz. Pillas la idea, ¿verdad?

## Convertor VFO 12 MHz para 15 metros



El convertor del VFO lleva la señal del VFO de 5 MHz a 12 MHz.

Antes de que lo construyas, te sugiero que mires todos los convertidores de VFO para 17 y 10 metros que describo más tarde. Creo que esos diseños de convertidores de VFO más modernos son más estables, más versátiles y más fáciles de ajustar.



El convertor de VFO de 12 MHz. He dejado espacio para un segundo convertor de VFO para alguna otra banda.

## Un "QRP" lineal de banda lateral para 15 metros

Una vez que has generado un VFO estable de 12 MHz, hay que mezclarlo con la señal de banda lateral de 9 MHz para salir en 21 MHz. Usando el mismo diseño que el transceptor QRP de 80 metros descrito anteriormente, ahora todo lo que necesitas son los 2 filtros pasivos que van en el

módulo de QRP. El filtro de paso de banda tiene el mismo diseño que antes, pero he usado un filtro de paso alto de 5 elementos en la salida para eliminar las señales por debajo de 15 metros que tienden a aparecer cuando no estoy hablando. Ambos filtros se muestran abajo.



Date cuenta de que la salida del excitador QRP descrito anteriormente tiene un filtro de *PASO ALTO* diseñado para una impedancia de 50 ohmios que funciona mejor cuando ataca a un amplificador final. Si quieres usar el excitador “a pelo” y salir al aire con sólo 5 vatios de pico, también te hará falta un filtro de paso bajo, como los que acabas de construir para los excitadores QRP de CW. Las frecuencias indeseadas más problemáticas son el segundo armónico del VFO de 12 MHz (24 MHz) y el segundo armónico del generador de BLU, 18 MHz.



Un módulo excitador de 21 MHz. La tapa de la caja está sobre la placa.

Date cuenta del cable de alimentación trenzado en el excitador de la foto. Este cable era una invitación a interferencias de RF, ya que actúa como antena. Posteriormente, modifiqué el conector de modo que quedase montado en la cara inferior de la caja del módulo. Ahora, el módulo se conecta directamente al chasis metálico del transmisor, sin cables expuestos a la RF. Las realimentaciones de RF no han sido problema.

### Los 17 metros pueden ser realmente difíciles

Mi primer problema con los 17 metros era que el oscilador de barrido de mi osciloscopio genera una señal de 18 MHz que mi receptor capta justo en medio de la banda de 17 metros. Otro problema extraño con los 17 metros es que interfiere con mi teléfono inalámbrico y mi equipo de música. Las otras bandas no causan estas interferencias, por lo que son un misterio para mí. Y lo que es más importante, me pone nervioso pensar lo que puede estar ocurriéndole a mis vecinos.

Incluso sin esos problemas, la banda de 17 metros es también particularmente problemática cuando se parte de un generador de BLU de 9 MHz. 18 MHz es el segundo armónico de la señal de BLU de 9 MHz. Por lo tanto, el conversor de frecuencia de 17 metros también amplificará el segundo armónico de la señal de banda lateral. Esto significa que aunque puede haber una buena señal en 17 metros, donde se supone que tiene que estar (por ejemplo, 18,130 MHz), también habrá una señal pequeña similar a la de banda lateral en 18,000 MHz. Por supuesto, la desviación de frecuencia de la señal indeseada tendrá el doble de la frecuencia moduladora de audio. Antiguamente era habitual llevar los VFO de baja frecuencia a las altas frecuencias usando amplificadores multiplicadores de frecuencia. Es difícil evitar el construir aquí un multiplicador/amplificador, y será difícil librarse de

las señales indeseadas de 18 MHz con simples filtros.

Además, si generas una señal de VFO de 9,130 MHz para sumarla a la señal de BLU de 9,000 MHz para obtener 18,130 MHz, también estarás transmitiendo el segundo armónico de la señal del VFO de 9 MHz. Es decir, si la frecuencia deseada es 18,130, habrá también otra pequeña onda senoidal transmitida en 18,260.

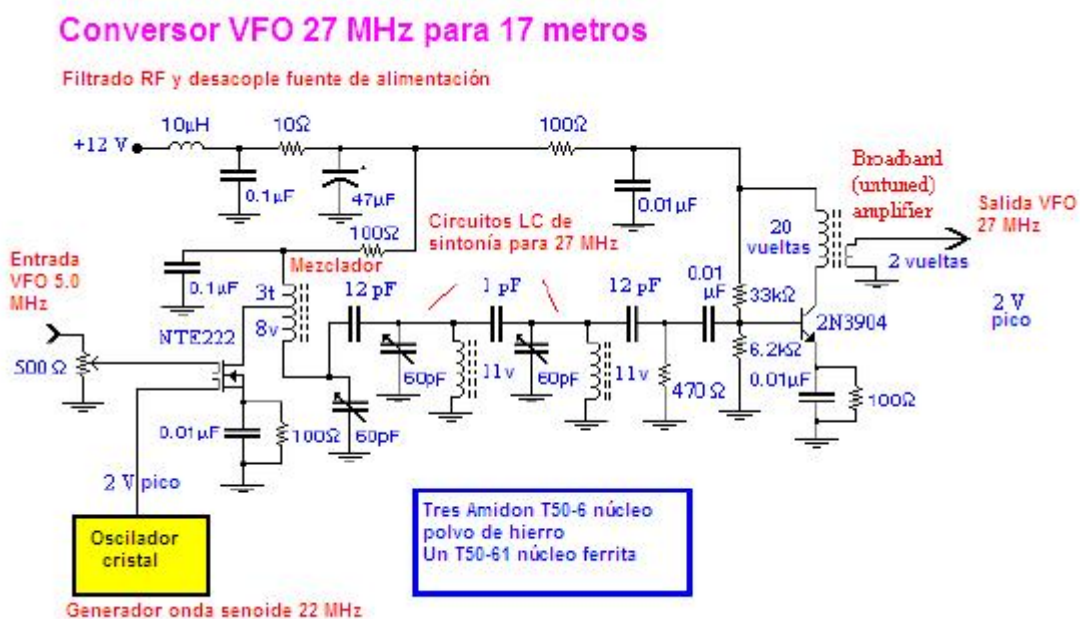
### Enfoques prácticos para salir en 17 metros

A pesar de esos problemas con los armónicos, insistí en usar los 9 MHz. Para evitar el segundo armónico de un VFO de 9 MHz, sumé mi VFO de 5 MHz a un oscilador de 22 MHz para producir una señal de VFO de 27 MHz. Luego resté los 9 MHz de los 27 MHz para obtener 18 MHz. *Date cuenta de que cuando restas una señal de BLU de una frecuencia superior, la banda lateral superior se convierte en la inferior y viceversa.* El VFO funcionó bien, pero descubrí que ocasionalmente emitía en 18,000 MHz, el segundo armónico de la señal del generador de BLU, no la componente de frecuencia correcta. Abreviando, el comportamiento de un generador de BLU de 9 MHz era demasiado errático para confiar en él.

*La mejor manera de salir en 17 metros es comenzar de nuevo con una frecuencia del generador de BLU diferente, digamos 8,0 MHz.* Entonces puedes combinarla con un VFO de 26 MHz e irá bien. En otras palabras,  $26,13 \text{ MHz} - 8 \text{ MHz} = 18,13 \text{ MHz}$ . Con este enfoque no usas componentes de frecuencia de 9 MHz y es muy improbable que haya emisiones fuera de banda provenientes del segundo armónico. Recomiendo vivamente este enfoque. Realmente no creo que un generador de BLU de 9 MHz sea fiable en 17 metros sin primero llevar la señal de 9 MHz por encima de 18 MHz. Mi filtro de cristal de 8 MHz era como el de 9 MHz, pero con los condensadores de 91 pF incrementados proporcionalmente a 100 pF.

Hay montones de maneras de fastidiarla en 17 metros. Por ejemplo, *comienza con una señal de BLU de 6 MHz y el tercer armónico de la señal estará en 18,000 MHz y será igual de malo que con los 9 MHz.* También puedes fastidiarla con 8 MHz. Por ejemplo, la señal de BLU de 8 MHz puede sumarse a un VFO de 10,15 MHz para obtener 18,15 MHz. Desgraciadamente, el segundo armónico de 10,15 MHz es 20,30 MHz. Esta onda senoidal continua está lo bastante cerca de 18 MHz para salir al aire cuando dejas de hablar.

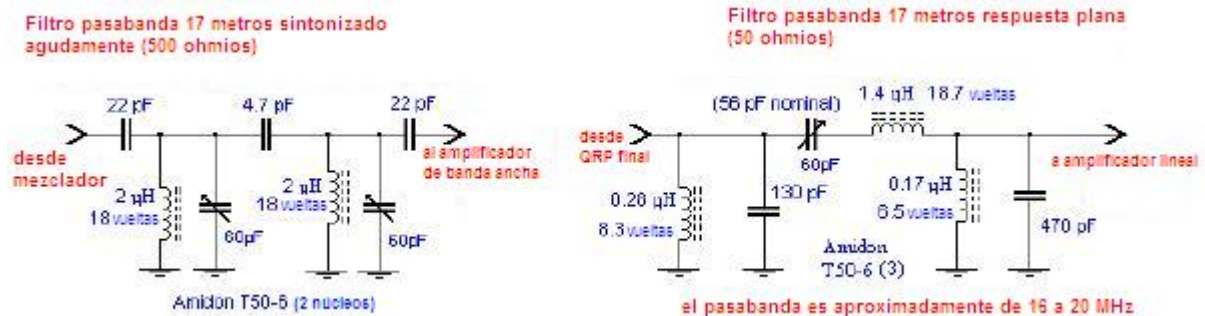
### 17 metros con un generador de BLU de 8 MHz:





Como muestro más adelante, eliminé el problema del armónico del VFO generando un VFO de 26 MHz. El segundo armónico de un generador de BLU de 8 MHz es 16 MHz. Afortunadamente, no fue difícil evitar sintonizarlo accidentalmente a 16 MHz. Date cuenta de nuevo de que estamos restando la señal de BLU de una frecuencia superior y, por lo tanto, debemos poner el generador de BLU en banda lateral inferior para salir en 17 metros en banda lateral superior.

La salida del excitador de 5 vatios necesita tanto un filtro de paso bajo para eliminar la componente de 26 MHz como un filtro de paso alto para evitar el problema de los “impulsos” de baja frecuencia. En vez de elegir entre paso alto o paso bajo, usé un segundo filtro de paso de banda de 18 MHz que atenúa enormemente tanto 9 MHz como 26 MHz. Este filtro de paso de banda de respuesta plana está diseñado para 50 ohmios. En contraste, el filtro de paso de banda de sintonía afilada que sigue al mezclador está diseñado para alta impedancia, 500 ohmios en la entrada y en la salida. El filtro de 500 ohmios es más fácil de diseñar, pero no puede aguantar una señal de potencia y la impedancia es incorrecta para la salida del transmisor QRP.



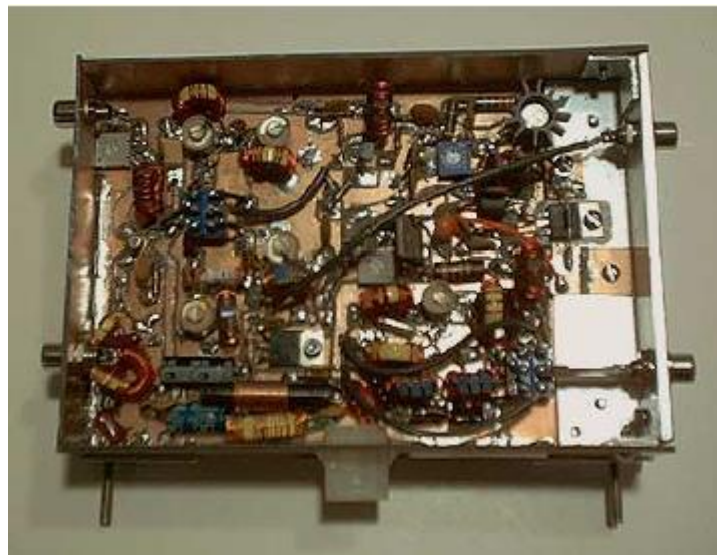
El filtro de la derecha tiene una respuesta plana desde alrededor de 16 MHz hasta 20 MHz. Para obtener la respuesta plana, los 3 circuitos resonantes LC tienen valores distintos. Y, por supuesto, los 3 circuitos LC interactúan, así que un cálculo sencillo no iba a funcionar de todos modos. Derivé este circuito mediante prueba y error usando el programa *Spice*. Los valores de los componentes deben ser bastante precisos porque si no, la respuesta tendrá picos afilados. Date cuenta de que en los núcleos hay vueltas que no son completas. Estas deberían ayudarte a ser consciente de que bobinar un poco más o un poco menos puede suponer una diferencia. He hallado que hacer el condensador más pequeño variable es útil para el ajuste final. Unos pocos picofaradios pueden constituir una gran diferencia. En cualquier caso, fue una lucha, pero funcionó. El ajuste del condensador variable en serie permite obtener el pico del filtro en 18 MHz.

### Filtros para 12 metros

En contraste con 17 metros, los 12 metros fueron mucho más fáciles. Generé una señal de VFO de 15,9 MHz sumando mi VFO de 5 MHz a un oscilador a cristal de 10,700 MHz. El transmisor QRP combina la señal de BLU de 9 MHz con el VFO de 15,9 MHz para producir 24,9 MHz. El filtro de paso de banda que sigue al mezclador está sintonizado a 24,9 MHz. En la salida del módulo QRP, todas las frecuencias indeseadas están muy por debajo de 12 metros. Por lo tanto, el filtro de salida de baja impedancia es un sencillo filtro de paso alto.

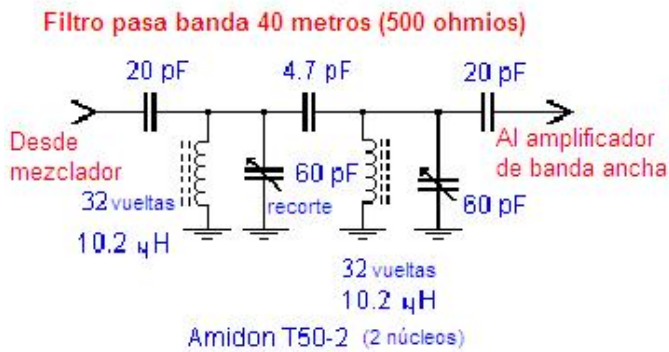


El excitador para 12 y 17 metros se puede ver abajo. Date cuenta de cómo este módulo tiene el conector Molex para alimentación en la parte inferior. Se conecta directamente al chasis del transmisor y evita cables expuestos. Este excitador QRP también tiene una tapa de aluminio para blindar de la RF el circuito.



### Salir en 40 metros en BLU

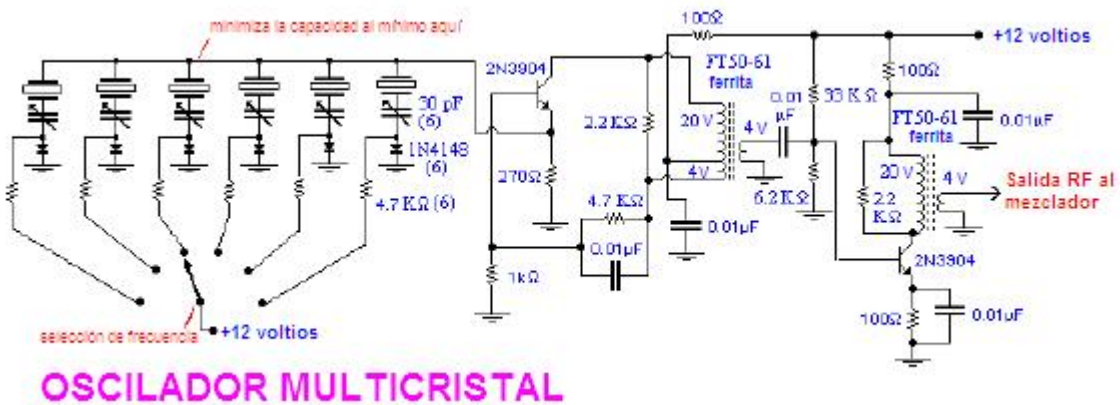
Los 40 metros también fueron fáciles. Generé una señal de VFO de 16 MHz a 16,5 MHz sumando el VFO de 5 MHz a un oscilador a cristal de 11,000 MHz. Luego resté la señal de BLU de 9 MHz para obtener de 7,00 a 7,50 MHz. Debido a la resta, la señal de BLU de 9 MHz de banda lateral superior producía la señal de banda lateral inferior en 40 metros. El filtro del mezclador del módulo QRP de 40 metros usa casi los mismos filtros sintonizados de paso de banda usados en el receptor de conversión directa del capítulo 7. Ya que todas las componentes de frecuencia están muy por encima de 7 MHz, puse a la salida un filtro de paso bajo de baja impedancia. Como es habitual, los 40 metros me fueron bien y funcionaron directamente. En seguida fui capaz de entrar en la red estatal matutina de 40 metros.



## BLU en 10 metros

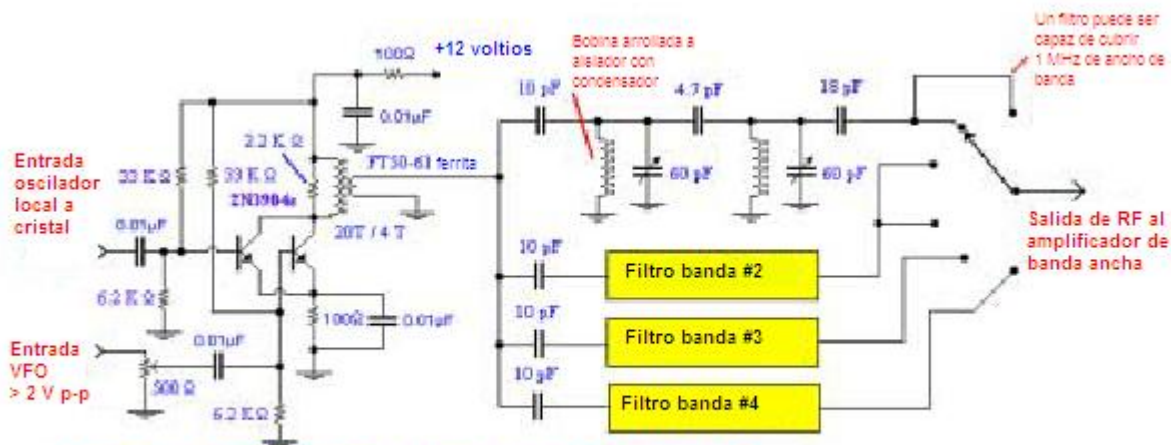
La parte complicada de los 10 metros es que tiene un ancho de 1,7 MHz, de 28,0 a 29,7 MHz. Mi VFO sólo sintoniza una gama de 0,5 MHz. Por lo tanto, se necesitan 4 osciladores de premezcla para cubrir toda la banda. Resolví el problema con un oscilador de 4 cristales. Con un conmutador rotativo de 6 posiciones y los cristales adecuados cubrimos los segmentos de 28, 28,5, 29 y 29,5 MHz. Mi oscilador usa las otras 2 posiciones para cubrir las bandas de 12 y 40 metros. En lugar de conmutar directamente los cristales, conectamos a masa el que necesitamos por medio de diodos que son polarizados directamente con una señal de 12 voltios de corriente continua que pasa a través de una resistencia de 4,7K. La ventaja de este método de conmutación mediante corriente continua es que el conmutador rotativo puede estar físicamente lejos del oscilador, en el panel frontal.

Asegúrate de minimizar las capacitancias entre el emisor del oscilador y la masa. Todos esos cristales conectados al emisor se verán afectados por la capacitancia extra. Esto tenderá a alejar la frecuencia de oscilación de cada cristal de su valor nominal. Demasiada capacitancia, y no habrá oscilación alguna.



El oscilador multicristal cubre una gama muy amplia, así que no podía ser sintonizado y tuvo que ser de banda ancha. Por lo tanto, la frecuencia del oscilador está completamente controlada por la frecuencia del cristal. Obviamente, cada cristal debe oscilar espontáneamente en esa frecuencia y no en otra primaria inferior. Y ya que la etapa del oscilador no está sintonizada, su señal de salida es minúscula, décimas de voltio. Por lo tanto, tuve que pasar la señal del oscilador por un amplificador de banda ancha para amplificarla lo bastante, unos 2 voltios de pico, para llevarla al mezclador y mezclarla con el VFO de 5 MHz.

Después del mezclador, cada señal del VFO debe filtrarse para seleccionar la componente de frecuencia deseada. Mi conmutador rotativo de 6 posiciones tiene otro circuito que me permite insertar un filtro para cada frecuencia. Hallé que con sólo 2 filtros sintonizados podía cubrir toda la banda de 10 metros. Al final no necesité 4 filtros.



## MEZCLADOR FRECUENCIA MÚLTIPLE

Los filtros sintonizados son de alta impedancia y están conectados al mezclador con condensadores de 10 pF. Como todos los filtros están conectados a un bobinado de baja impedancia de un transformador, el mezclador puede alimentarlos a todos ellos a la vez. Tal como se ve, la carga total es de sólo 40 pF. El conmutador rotativo a la derecha elige la salida del filtro deseado. Otro amplificador de banda ancha amplifica la señal antes de que llegue al excitador QRP de BLU donde se combina con la señal BLU de 9 MHz. Por cierto, intenté usar el truco del diodo de conmutación a masa para elegir los filtros, pero no fue bien. Para 10 metros, este conversor de VFO genera señales de VFO de 19 a 21 MHz.

Sinceramente, mi transmisor QRP sólo parece funcionar bien hasta 29 MHz. No funciona debidamente por encima de esa frecuencia porque mi mezclador QRP no tiene una banda suficientemente ancha. Supongo que necesito 2 filtros sintonizados de alta impedancia. Además, ya que los 10 metros llevan muertos más de 1 año (N. del T.: dicho en 2003; esto es debido a la caída de la propagación, que se irá recuperando en el futuro, siguiendo el ciclo solar de 11 años), aún tengo que hacer 1 contacto de BLU en 10 metros. No hace falta decir que mi transmisor de BLU de 10 metros está aún en construcción.

### Salir en 60 metros: ¡ni te molestes!

Antes de que la banda de 60 metros en BLU estuviera disponible para los radioaficionados americanos el 4 de julio de 2003 (N. del T.: esta banda, que ha sido dividida en canales, no está disponible para los radioaficionados de todo el mundo), creí que sería divertido salir en el aire antes de que existieran equipos comerciales en el mercado. Pensé ingenuamente que los constructores caseros serían dueños de la frecuencia durante un tiempo. Lo que no sabía es que algunos de los transceptores más modernos podían reprogramarse para operar en cualquier frecuencia de HF con sólo pulsar unos botones. En cualquier caso, la banda se encontró inmediatamente atiborrada de transceptores comerciales. Aún peor, 2, 3 o 5 de las frecuencias estaban siempre ocupadas con radioteletipo. Como resultado, sólo quedaban libres 2 o 3 de los canales para que todos en el país los intentaran usar a la vez.

### Comprobación del módulo de QRP

Tendrás que experimentar con la manera de escuchar tu señal de banda lateral a un nivel de señal que simule cómo sonaría si estuvieras recibiendo una señal remota por la antena. Yo conecto mi transmisor QRP a una carga resistiva de 50 ohmios. Luego desconecto la antena del receptor y dejo el cable de la antena sobre la mesa a unos decímetros del generador de banda lateral. Si eso no es lo bastante intenso, conecto el cable de una punta de prueba a la masa del transmisor y luego conecto el otro extremo al conductor central del conector coaxial de antena del receptor.

Empiezo a alimentar una señal senoidal de 9 MHz (CW) a mi placa de QRP y luego sintonizo los filtros para producir la mayor señal senoidal estable sobre la carga resistiva. Monitorizo la frecuencia con un frecuencímetro para estar seguro de que el VFO está controlando la frecuencia adecuadamente en toda la banda de radioaficionados. Ajusto el nivel de entrada del VFO para que produzca la máxima señal de salida. Sin embargo, sólo uso el mínimo nivel del VFO de 5 MHz que logra esto. Cuando *NO* estás hablando, una señal excesiva del VFO tenderá a inducir señales en frecuencias no deseadas. Incremento la polarización de corriente continua del transistor de salida hasta que consume unos 20 miliamperios más que con la polarización al mínimo.

Después de que funcione correctamente el modo de CW, paso a BLU y uso una señal de audio inyectada en la entrada de prueba del generador. Uso una señal de voz de una emisora de radio tal como sale de una radio portátil. Si tienes suerte, la voz debe sonar bastante bien en tu receptor de radioaficionado. Si no, reduce el nivel en las 2 últimas etapas del transmisor QRP usando el potenciómetro de 500 ohmios. Puede que también necesites reducir el número de vueltas en el secundario del transformador de acoplo del transistor de salida. Por ejemplo, en vez de 3 vueltas, 2 (o incluso 1) pueden ser el óptimo para tu placa QRP particular.

### **Atacar a un amplificador lineal**

Un transmisor de banda lateral QRP está muy bien para comunicar en la ciudad. 1 o 2 vatios son más que suficiente para hablar a unos cuantos kilómetros. Pero a menos que tengas una buena antena y unas buenas condiciones, no hablarás con muchas estaciones con sólo unos pocos vatios. Para estaciones lejanas, un amplificador lineal será una gran mejora. En el capítulo 12 se explica la construcción de un amplificador lineal de 50 vatios. Si vas a tener problemas con realimentación de RF e insuficiente desacoplo en la alimentación, un amplificador lineal grande pondrá en evidencia esos problemas. La RF de mi acoplador de antena se realimenta en mi radio portátil y (normalmente) hace que no se pueda usar como fuente de voz para las pruebas. Normalmente escucho el receptor con auriculares y el volumen muy, muy bajo. ¡No te quedes sordo! Cuando hablo en el micrófono, mi voz debe sonar clara, como si estuviera hablando por un sistema de megafonía. No debe sonar áspera o dura.

Observa la forma de onda de salida en la carga resistiva. La forma de onda debe ser tal como salió del generador de 9 MHz. Probablemente verás que al principio la voz suena horrible. Pueden ser sonidos explosivos, abruptos.

### **Ajuste de la polarización de corriente continua en el paso final**

Tendrás que ajustar la polarización de corriente continua en el paso final para una calidad óptima de la modulación. Según vayas incrementando la corriente de polarización, observa el consumo total del transmisor. No debería ser más de 2 amperios cuando no estés hablando. Cuando hables, la corriente debería aumentar a unos 6 a 12 amperios, dependiendo de los niveles de excitación, la banda en la que estés, etc. Como siempre, cuanto más alta la frecuencia, más difícil será obtener una modulación clara. *La polarización de corriente continua que es adecuada para una banda no tiene por qué serlo para otra.* Esa pequeña perla de sabiduría me costó días de frustración.

Si la voz sigue sonando mal, puede ayudar filtrar la alimentación de cada módulo con choques de RF y filtros RC de desacoplo. También filtra la alimentación que entra al chasis del transmisor y la línea de “enmudecimiento” remoto que va al receptor. Si los problemas persisten, filtra todos los cables que entran en el transmisor.

### **Finalmente, la BLU funciona mejor con una buena antena**

Lo más deseable es una antena direccional de alta ganancia. Cuando escuches a las otras estaciones de BLU, verás que la mayoría de señales fuertes vienen de una antena direccional. Las antenas direccionales mejoran la señal al enfocar la mayor parte de la energía de RF hacia el tipo con el que estás hablando. Piensa en las antenas direccionales como algo comparable con el espejo reflector de una linterna. El espejo concentra la energía en una sola dirección.

### En conclusión

Mi primer contacto real en banda lateral fue con W9WFE, un compañero a unos miles de kilómetros de distancia. Cuando le expliqué que mi transmisor era de construcción casera, dijo: “Bueno, desde luego a mí me suena como banda lateral. ¡Parece que funciona!” Dulce éxito.

Mis transmisores de banda lateral aún están en la categoría de experimentales. Verás que hay muchos compromisos y problemas para que la BLU quede bien ajustada de modo que suene bien y no radie en frecuencias no previstas. ¡No te crearás la cantidad de dolencias que se inventará tu transmisor de BLU para que las venzas! La banda lateral no es un proyecto para impacientes.

Poco después de tener mi transmisor de banda lateral funcionando, traté de quedar en el aire con Doug KD6DCO de California. No pudimos hacer el contacto. En ese momento de debilidad, pensé en dejar de enredar con chatarra de fabricación casera y comprarme un transmisor moderno. No, espera. Si lo que quiero es comunicar con Doug, lo único que tengo que hacer es escribirle un correo electrónico o llamarlo por teléfono. Ya estoy conectado y las conferencias son baratas. Si quisiera usar radio, podría incluso hablar con él por teléfono móvil. No, para mí era volver al tablero de diseño.

Después de un rediseño importante, mi siguiente cita con Doug tuvo éxito, pero mi señal era bastante débil en California. Eso está bien. Tengo que seguir recordándome que, mientras mi estación se quede corta en lo que es técnicamente posible, mi afición continúa. ¡Ay de mí si alguna vez termina! ¡Vivan los montajes caseros!



## LA ANTIGUA MODULACIÓN

### Y otros tópicos

Cuando regresé a la radio, hace cinco años, mis amigos radioaficionados me dijeron que la AM estaba extinguida. Tenía la impresión que la SSB era el único modo permitido de fonía en HF. Más tarde supe que la AM realmente no era ilegal y había unos pocos tradicionalistas usando AM en las bandas de fonía de 80 y 10 metros. Incluso escuché estaciones en AM en 15 y 160 metros. De hecho, puedes encontrar un uso para ello. Además, es un reto interesante un transmisor transistorizado modulado en AM.

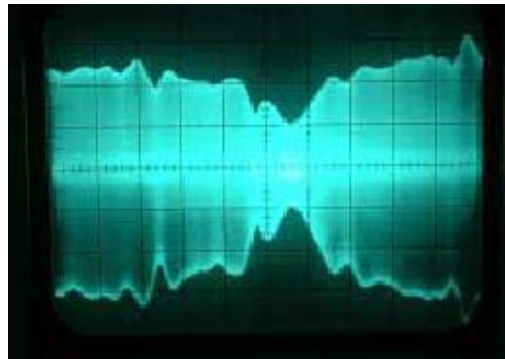
### AM casera

En los días de las válvulas de vacío muchos de nosotros construimos nuestros propios transmisores AM. Mi primer transmisor AM fue un Heathkit DX-20. Era un transmisor a válvulas de 50 vatios en CW, de construcción en kit, al cual añadí un modulador casero de AM. A diferencia de la SSB, la AM podía ser añadida a un transmisor de CW existente. En lugar de generar una señal AM de baja potencia y luego amplificarla con un amplificador lineal, en los viejos días el método usual era modular con AM el amplificador final del transmisor de CW.



En un osciloscopio, el distintivo de la AM es que, cuando **no** estás hablando, la onda portadora de RF sale continuamente a una potencia media. Esto es, en AM el pico de potencia más alto y la potencia cero solo ocurren en los picos de voz más altos. Aunque no podía ver estos picos transitorios en el osciloscopio, cuando intenté capturar uno con un

osciloscopio con memoria, eran estadísticamente raros y no pude capturar un nivel de potencia cero. La forma de onda de abajo era típica de lo que veía.



En contraste con la AM, la amplitud de salida de RF en SSB siempre es cero mientras no estés hablando. Nota en la foto de SSB del osciloscopio de abajo que cada bache de RF representa el comienzo de audio desde cero. No arranca desde el punto medio de un nivel de portadora continua.

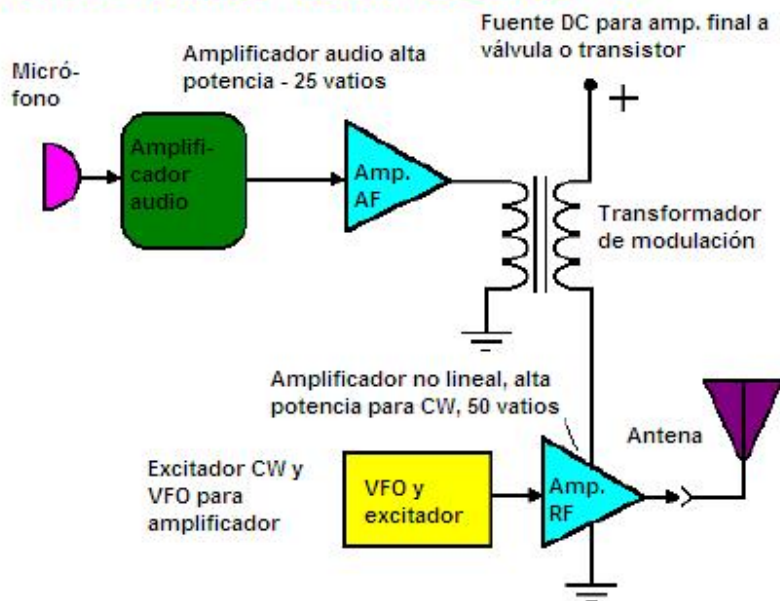


### **Moduladores de placa, pantalla y cátodo**

Primeramente había tres métodos comunes de modulación AM. El método “Mercedes” era usar un “transformador modulador de placa”. El transformador imprimía la señal de audio en la corriente DC de alimentación. Esto es, según hablabas la corriente DC de entrada se elevaba y caía alrededor del nivel del que podía ser para una onda senoide de CW. Para un transmisor de 100 vatios, este transformador era aproximadamente del tamaño de un balón de voleibol, pesaba una tonelada y costaba una locura. El transformador era excitado con un gran amplificador de audio que ponía al menos el 50% de potencia de portadora de CW. En otras palabras, el modulador de placa era casi tan grande y caro como el resto del transmisor.



## MODULADOR DE "PLACA" O "COLECTOR"



Las aproximaciones "Ford" y "Skoda" para la modulación AM eran modular la ganancia de la válvula amplificadora final inyectando el audio en la pantalla o cátodo respectivamente. Los moduladores de pantalla generalmente sonaban bastante bien. La modulación de cátodo, llamada algunas veces modulación Heizing, tendía a producir "bajada de modulación" lo cual significaba que la potencia disminuía mientras estabas hablando. Sonaba bien, pero tenía un uso ineficaz de la potencia de salida de RF. Estos métodos requerían menos potencia de audio que la modulación de placa y eran fáciles para un chico de instituto encararlo y construirlo.

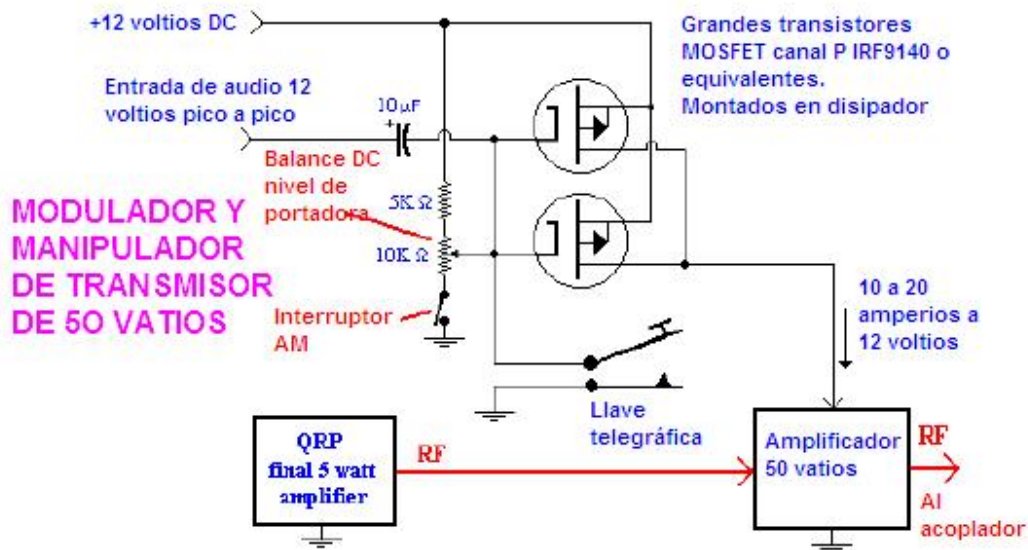
### Construcción de una moderna AM

Ahora en el 2003. La mayoría de los modernos transceptores de SSB tienen la capacidad de generar modulación AM. Para ir a este modo, lee tu manual durante 20 minutos, vete al menú #26, pulsa los botones número 14, 7 y 12 y ya lo has hecho. No era difícil, supongo. Pero ¿has aprendido algo?

Vamos a suponer que eres un fanático de la construcción casera y quieres construir tu propio transceptor AM usando transistores. ¿Es difícil? Uhhmm. Bueno, por una cosa, los transistores no tienen cátodos y rejillas de pantalla. Los emisores son análogos a los cátodos pero, como se explicó arriba, la modulación de cátodo no era del todo estupenda. Otra diferencia entre las válvulas y los transistores es que, para los mismos niveles de potencia, **el transistor amplificador final tiene corrientes DC 50 veces mayores**. De modo que para la modulación de alimentación DC, debes inyectar 10 o 15 amperios de señal de audio en la línea de alimentación de 12 voltios DC. El transformador de modulación tendrá que ser solo así de grande pero necesitará un arrollamiento de salida de super baja impedancia.

## Modulando un transmisor de CW transistorizado de 50 vatios

Tengo un transformador “modulador de placa” de 25 vatios desde 1960, diseñado para usar con un modulador transistorizado. Ya que tenía arrollamientos primarios de baja impedancia, pensé que podría reutilizarlo y suministrar suficiente corriente excitadora de audio para construir un “modulador de colector” de AM. Usé una vieja válvula amplificadora de Hi-Fi de 10 vatios y se la uní. Definitivamente, incluso con música sonaba estupendo cuando la radiaba en una carga ficticia. Sin embargo solo modulaba aproximadamente el 30% de la amplitud portadora. Esto es, estaba gastando la mayoría de mi potencia de RF. Podría haber construido un amplificador de audio de 25 vatios, pero tenía una idea más moderna. ¿Por qué no usar mi manipulador CW MOSFET como modulador de audio?

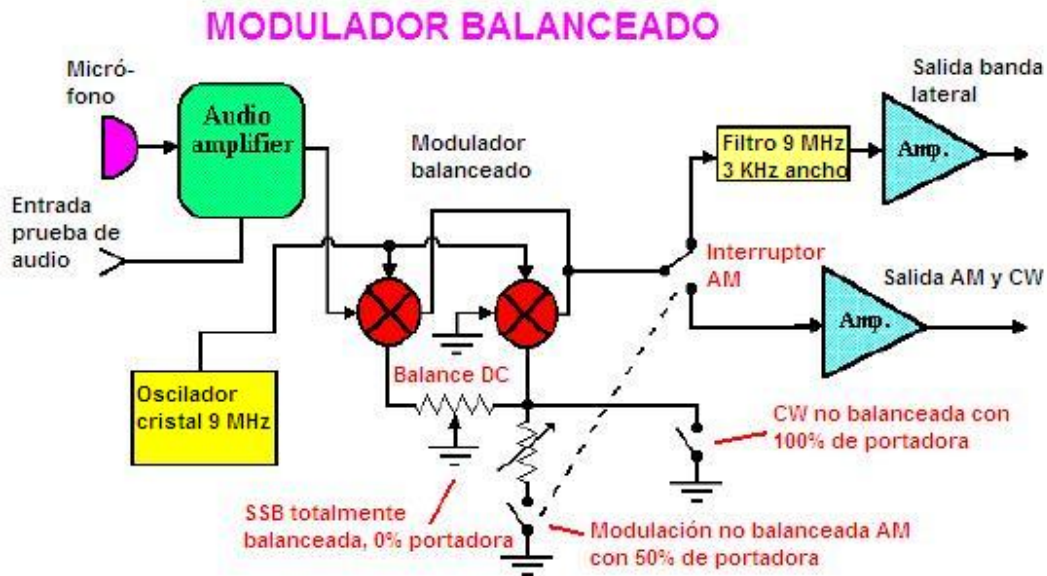


El manipulador de arriba fue diseñado originalmente para encender y apagar la potencia DC a mi final con una llave telegráfica. Mi esquema de modulación AM era medio activar los MOSFET con un simple potenciómetro DC, luego modular las puertas con una señal de audio P-P de 12 voltios. Este esquema simple trabajaba bastante bien, pero era extremadamente enrevesado. Era fácil tener o demasiado balance o demasiado poco, o demasiada modulación o demasiada poca. El problema es que la característica de transferencia del voltaje de puerta contra la corriente de drenaje es bastante no lineal. Con realimentación y un circuito de excitación más sofisticado, creo que este método puede ser hecho para que trabaje bien.

## La aproximación SSB para AM

En este punto de mi I+D no había logrado construir un transmisor SSB práctico. Así que en lugar de invertir más tiempo en “modulación obsoleta” volví a trabajar en SSB. Me figuré que si conseguía que la SSB trabajase, podría ser fácil modificar mi generador de SSB a AM.

Esto resultó ser cierto. Intenté varias variaciones. Sin embargo, *el método que fue más simple y trabajo mejor fue cuenteando el filtro de cristal de SSB con un interruptor y desbalanceando el circuito modulador balanceado usando un circuito que recuerda el interruptor de CW.*



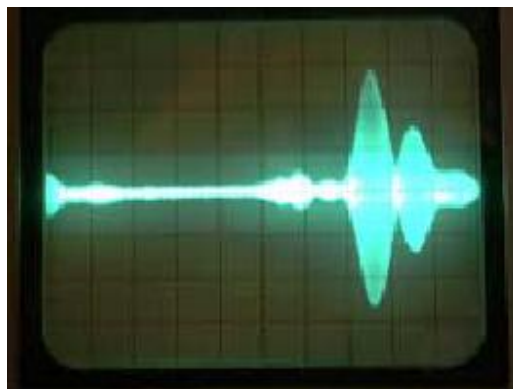
La AM se parece a la CW en que es generada continuamente una portadora senoide. Sin embargo, el mismo interruptor “desbalanceado” usado como un interruptor de modo SSB/CW no puede ser usado para AM. Cuando es aplicada modulación, la potencia instantánea debe elevarse arriba y abajo del nivel de portadora no hablada. La modulación ideal de AM excita la portadora alternativamente entre cero y el 200% del nivel de portadora. Ya que hay mucha amplitud de señal para trabajar con ella, *la portadora debe ser ajustada al 50% del nivel usado para CW.* Esto da el rango disponible para modular al +/- 100%. Un interruptor bipolar separado de modo AM puentea el filtro SSB y desbalancea el modulador un 50%. El interruptor AM está en serie con una resistencia ajustable de 5K que desbalancea el modulador justo lo suficiente para producir el 50% de la portadora.

El potenciómetro de ganancia de audio y tu nivel de voz deberían estar ajustados para producir picos de voz del doble del nivel de portadora. Comparado con la SSB encontrarás que la modulación AM es bastante Hi-Fi. Mientras probaba el generador y el transmisor en una carga ficticia de 80 metros, la música retransmitida desde un magnetófono fue bastante aceptable. En contraste, en el uso de SSB, la voz sonaba bien pero la música era realmente terrible. La diferencia principal es que el filtro de banda lateral atenúa mucho las frecuencias por debajo de 300 Hz mientras la AM mantiene las frecuencias bajas. En contraste, la voz transmitida en SSB puede sonar como la voz natural de la persona, pero la música en SSB es realmente terrible. Esto solo es bueno. Lo último que escuché es que la música en la radioafición todavía es ilegal.

## COMPRESIÓN POR ACCIDENTE

### O algunas veces tenemos suerte

Un moderno generador de banda lateral simple procesa el audio amplificado desde el micrófono antes de que el audio sea alimentado al modulador balanceado. Este proceso de “compresión” intenta equilibrar los picos de voz de modo que son transmitidos tantos elementos de voz como es posible con total potencia cubriendo los picos. Sin este proceso, la mayoría de lo que tienes que decir será transmitido con bastante menos de la potencia de pico nominal. Cuando la mayoría de tus frases están reducidas a un murmullo QRP, tu inteligibilidad sufre.



En otras palabras, sin compresión, la cobertura de RF de banda lateral única de una palabra hablada es cercana a cero la mayoría del tiempo. Se debería ver algo como la forma de onda mostrada arriba.

Un circuito compresor intenta dejar los picos solos mientras amplifica proporcionalmente los meneos sutiles de bajo voltaje de la onda cerca del eje horizontal. Supongo que los ultimísimos transceptores usan procesamiento digital para conseguir esta hazaña. Sin embargo hace 15 años un circuito compresor realizaba normalmente las siguientes tareas:

1. amplificaba la onda de audio integra.
2. recortaba los picos de audio más altos.
3. y finalmente, filtraba el audio recortado con un filtro pasabanda de 300 Hz a 3 KHz.



Después de la compresión, la misma onda de RF de banda lateral podía verse como la foto de arriba. La idea es que todo el material diminuto cerca de cero haya sido expandido. (Estas formas de ondas no son realmente fotos de antes y después, pero ilustran el principio). Después de la transmisión algunos receptores modernos “re-expanden” la forma de onda para intentar restaurar la forma de onda original. Este procedimiento entero es llamado “*companding*” (compresión y expansión). No obstante, para mí, la construcción de un SSB casero que trabajase en todo se vio verdaderamente dificultoso. Por ello no me preocupé de situaciones como “companding”.

### **Un filtro de cristal hace más que recortar la banda lateral no deseada**

Por otro lado, estaba atemorizado de que mi señal de RF pudiera ser demasiado ancha. Así que, ya que era relativamente fácil, construí un filtro pasabajos de audio de 3 KHz. Eliminó lo que no necesitaba. Una vez que había pasado la señal de doble banda lateral de RF de 9.000 MHz a través del filtro de cristal para cortar la banda lateral no deseada, encontré que el filtro también había eliminado virtualmente de cualquier modo todo por encima de los 3 KHz. También, cuando ajusté la frecuencia de la onda original para eliminar cualquier trazo de la portadora, encontré que el filtro también había recortado los 300 Hz inferiores del audio. Es destacable como puede sonar una voz normal sin los 300 Hz inferiores. La música suena horrible, pero las voces son bastante naturales. En ningún caso el filtro de cristal consiguió el mismo filtrado que lo especificado por el manual de la ARRL para el compresor de audio. ¡Interesante!

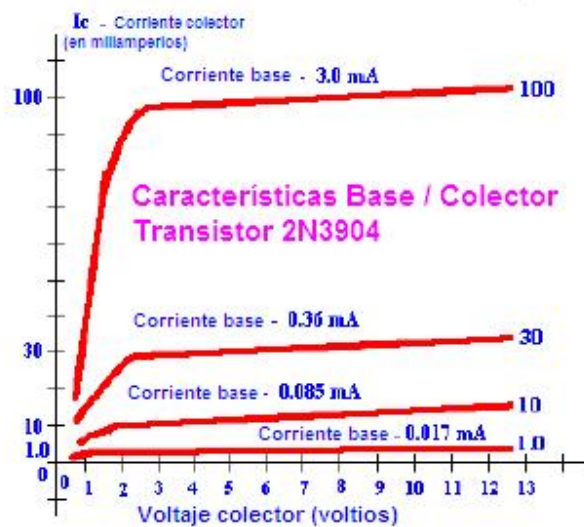
### **Un transmisor de SSB tiene varios amplificadores en serie**

Después que ha sido generada la señal de RF SSB a un nivel de milivatios, la señal debe ser amplificada y convertida a la banda de aficionado deseada. Incluyendo el mezclador, esto significa que mi señal de SSB tenía que pasar a través de 5 etapas de amplificación para conseguir 100 vatios de pico. Cada etapa lineal es balanceada hacia delante de modo que incluso señales minúsculas serán amplificadas. Sin este balance, todo lo que escuchas son los picos de voces. En otras palabras, un amplificador no balanceado corta todas las pequeñas señales de audio que un compresor intenta acentuar. Sabía que la linealidad de todas estas etapas en serie no eran posiblemente “perfectamente lineales”. Pero ya que sonaba bien, no me preocupé de la linealidad.

### **¿Dónde ha ido toda la modulación AM?**

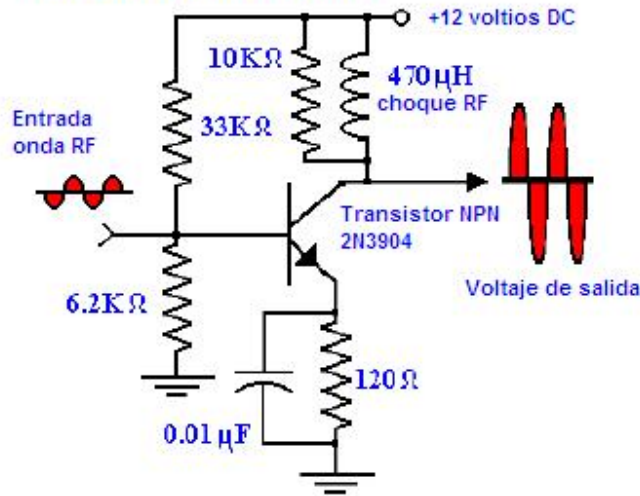
No comprendí que mis amplificadores de RF eran significativamente no lineales hasta que añadí un modo Modulador de Amplitud a mi generador de SSB. Escuché mi pequeño generador de AM de 9 MHz en el receptor y sonaba estupendamente y se veía como al 100% de modulación en el osciloscopio. A continuación alimenté la señal del generador de AM de 9 MHz en el módulo “lineal” QRP de 80 metros lo cual sacó aproximadamente 3 vatios en 80 metros. Si, trabajaba, pero la señal era casi toda portadora. En lugar del 100% de modulación en 80 metros solo tenía aproximadamente un 5% de modulación. ¿De dónde había venido esa enorme señal portadora? ¿Qué le ocurrió a mi modulación?

## Los transistores no son lineales



“Lineal” implica que señales grandes serán amplificadas tanto como las pequeñas. Sin embargo, si la salida pelada del transistor cubre la mayoría del rango de operación del colector, entonces las señales pequeñas serán amplificadas más que las grandes. Tengo dos transistores 2N3904 en mi cadena de amplificadores, tal como las características de corriente Base/Colector para este transistor son mostradas arriba. Nota que un miliamperio de corriente de colector requiere 0.017 miliamperios de corriente de base. Pero para conseguir 10 miliamperios de corriente de colector necesita 0.085 miliamperios. Eso es 5 veces más corriente de base para lograr 10 veces más corriente de colector. Pero si quieres 100 miliamperios de corriente colector necesitas 3.0 miliamperios de corriente base. Eso es unas 35 veces más adicionales de corriente base. Seguro que para mi se ve no lineal. **¡HE AQUÍ UN COMPRESOR NO LINEAL!**

### Amplificador a transistor



El amplificador “lineal” de arriba ilustra un circuito compresor accidental. La resistencia de 33K balancea el transistor activo de modo que incluso minúsculas señales de RF serán amplificadas. (Del mismo modo, la resistencia de 10K a través del inductor mantiene el amplificador oscilando cuando no hay señal de entrada). La razón principal para la resistencia de 120 ohmios es proporcionar realimentación negativa DC para hacer térmicamente estable el amplificador. Sin la resistencia del emisor el amplificador trabaja, pero el transistor corre extremadamente caliente. La resistencia del emisor también hace más lineal al amplificador que lo que podrían sugerir las características del transistor porque la realimentación restringe al transistor a un rango más estrecho de operación. Sin embargo la realimentación de 120 ohmios está a distancia de ser lineal. 470 ohmios son mejor, pero todavía está lejos de ser perfecto.

Bueno, ¿por qué pelearlo? Para solucionar mi modo AM reduje el desbalance del modulador balanceado a justo un pequeño porcentaje de los picos de voz. Esto me da grosso modo un 50% de portadora en el momento que llega al amplificador final. Y como para la SSB, ya trabaja bien. Aparentemente tenía todo un estupendo sistema trenzado de compresión a lo largo e incluso no lo sabía. ¡Imagina! ¡Un feliz accidente! No suelen ocurrir.



## TELEVISIÓN DE AFICIONADO – El viejo modo

### Primero, un vistazo de la moderna TV de aficionado



Fui inspirado a escribir este artículo para mi noticiero local por Jim Andrews, WA0NHD. En nuestra reunión del radio club de agosto del 2003 nos dio una maravillosa presentación de una hora de duración de la moderna ATV. Nos mostró imágenes de osciloscopio y analizador de espectro formas de ondas de audio, RF y video y diagramas de bloques de todas las cajas negras necesarias. Al final de su presentación incluyó un recorrido por el equipo de TV de aficionado disponible comercialmente. Se concluyó que puedes poner una estación ATV de primer nivel por menos de 1000€ Menos si ya posees una cámara conveniente, antena, etc. Si planeas apoyar tu servicio de emergencia local y televisar tumultos y fuegos forestales, entonces necesitas una estación como la de Jim. En el lado contrario, si solo te gusta jugar con los circuitos como a mí, entonces construir algo de desechos puede ser más satisfactorio.

.....

### TV casera de aficionado

Paradójicamente, uno de los mejores atributos de los viejos días era nuestra relativa pobreza y más bajo nivel de tecnología. Muchos servicios y mecanismos que son rutinarios hoy existían hace 45 años pero eran raros o inabordables. La telefonía a larga distancia, los walkie-talkies, el RTTY y las cámaras de TV son ejemplos obvios. La radioafición nos permitió a los chicos de instituto jugar con estos juguetes décadas antes de que fuesen baratos y incluso disponibles para adultos normales. Ya que nuestros juguetes fueron la novedad, estábamos excitados con ellos. Si muestras una cámara de TV a los chicos modernos se caen dormidos.



La TV me fascinó tanto como la radio de onda corta. Así que después de tener una estación de HF operativa quise tener una TV. En los años 50 la parte difícil de la TV de aficionado era la cámara. El modo más barato de conseguir una era comprar una cámara de bomba volante de excedente de la Marina de la Segunda Guerra Mundial. La Marina construyó bombas volantes radiocontroladas que podían impactar en navíos enemigos, al estilo kamikaze. Después de mucha búsqueda finalmente fui capaz de comprar una cámara con su enorme tubo de cámara iconoscópico. Desgraciadamente al final de los 50 encontrar un iconoscopio que todavía trabajase era difícil y el mío no funcionaba. En contraste, los monitores de TV fueron fáciles de conseguir. Recorrí las tiendas de reparación de TV y compre juegos viejos que sus dueños no querían pagar para reparar.

### Una cámara de punto volante



Ya que las cámaras de TV de tubo estaban fuera de alcance, recurrí a usar un juego de TV como un escáner. Cartulinas o transparencias de papel de cebolla eran encintadas al tubo de TV. Un tubo foto-multiplicador 914 estaba montado en la caja de aluminio inclinada de la izquierda. El foto-tubo “miraba” a la luz desde una trama de foto vacía de TV pasando detrás de la diapositiva. El punto volante de luz escaseaba la diapositiva, una línea de cada vez. Ello tomaba cinco etapas de amplificación para ampliar la señal a los pocos voltios requeridos. Habitualmente usaba los pulsos en blanco de retorno desde la TV para hacer pulsos bastos de sincronización. Los pulsos eran combinados con la señal variante de luz para hacer una señal completa de TV. Cableé un conmutador de polaridad en mi circuito combinador de modo que mis transparencias pudiesen ser negro en blanco o viceversa.

La señal de TV era relativamente de alta frecuencia y era fácilmente separable de la señal constante de luminosidad de fondo. Consecuentemente no era necesario operar en la oscuridad o cerrar el escáner en una caja. El basto pulso vacío de sincronismo trabajaba, pero tiraba de la imagen abajo y a la izquierda. El modo fácil de conseguir pulsos reales de

sincronismo era recibir el canal 4, luego eliminar la imagen. Mi señal de luz estaba recombinada con los pulsos del canal 4 y luego enviados al monitor.

### **Diversión con los puntos de vuelo**

Obviamente no podíamos televisar incendios forestales con este escáner, pero jugamos con él de otras maneras. Cuando estás en el instituto, las tonterías pueden ser una gran diversión. Aparte de los patrones de prueba televisada me gustaba hacer siluetas de monigotes con las manos gestos con los dedos. Mis amigos y yo usábamos para dibujar transparencias de señal como “Socorro, estoy atrapado en tu televisor” o podíamos dibujar simples imágenes de dibujos y transparencias mostrando supuestos anuncios de TV humorísticos.

La sincronización de la imagen al canal 4 tenía una depravada ventaja más. Podía retransmitir imágenes y superimponerlas arriba de la transmisión del canal 4 real. Por ejemplo, tenía un pequeño recorte de un buitre que podía colocar en el hombro de David Brinkley durante las noticias nocturnas de Huntley-Brinkley de la NBC. Alternativamente, una silueta gigante en blanco de una mano podía deslizarse en la imagen y cosquillearle bajo la barba.

Normalmente solo transmitía este entretenimiento alrededor de la casa. Sin embargo, los chicos de la calle estaban interesados así que pensé “solo son unos pocos milivatios. Lo transmitiré por el canal 3. Son 6 metros en lugar de los 15 metros legales máximo, pero más allá de eso ¿cuánto más lejos puede ir? Mi pequeña transparencia y recorte mostrados para los chicos fueron estupendos. Nada más ocurrió hasta varios años después cuando Jim Synder, W0UR, estaba visitando mi cuarto de radio. Le hablé de mi primer proyecto de punto volante y dijo: “¡así que tu fuiste el culpable!”. Describió cómo su hermano estaba viendo la TV en su sala de estar al otro lado de la ciudad desde mi casa cuando de repente comenzó a chillarle a Jim para que viniese a ver la TV. Jim llegó en el momento de ver la palabra “SOCORRO” escrita encima del canal 4. Unos momentos después la misteriosa señal desapareció. Desenterré mis viejas transparencias para Jim y pensó que reconocía al culpable. Esto fue interesante porque nunca radié deliberadamente encima del canal 4 usando una antena exterior. Incluso en el instituto, no era tan negligente. Por el contrario, si mi banda lateral inferior estaba en el canal 3, la banda lateral superior debería haber estado en... el canal 4.

### **Transmitiendo adecuadamente en 420 MHz UHF**

Desgraciadamente, siendo un chico pobremente equipado, era incapaz de generar y recibir una señal en 70 cm sobre cualquier distancia. Construí un pequeño transmisor de 420 MHz que parecía que trabajaba bien. Esto es, una resistencia de 50 ohmios de ½ vatio en la salida se calentaba y todas las etapas “reaccionaban” cuando se sintonizaban. Todo lo que podría decir es que trabajaba. En ese tiempo nunca escuché de filtrar la salida con un filtro de cavidad resonante para conseguir eliminar la banda lateral inferior, así que los restos de impresión de banda lateral eran felizmente ignorados. También construí un

supuesto conversor de 420 MHz que recibía mi propia señal, aunque no tenía conocimiento de en que frecuencia realmente estaba emitiendo y recibiendo.

Otra barrera fue que ninguno de mis amigos aficionados estaba interesado en poner antenas de UHF, construcción de conversores y todo eso. Estaban todos demasiado ocupados con el DX, construyendo finales de kilovatios, walkie-talkies, RTTY y así. Teníamos todos diferentes intereses y el instituto era un tiempo ocupado.

Como puedes ver, mi proyecto de TV de aficionado no fue un éxito completo. Ello ilustra la dificultad con la construcción casera en VHF y UHF. Para asegurar que estás produciendo una señal de calidad en la frecuencia adecuada, necesitas un caro equipo de pruebas de UHF. Más aún, necesitas un alto nivel de destreza para controlar las oscilaciones no deseadas. Si los 10 metros son intrincados, ¡imagina los 0,70 metros para trabajar correctamente! Las únicas ventajas son que puedes usar bajos niveles de potencia QRP y compensarlo construyendo pequeñas antenas de alta ganancia. La mayoría de las dificultades con las bandas altas de HF ocurren cuando intentas generar altas potencias por encima de 1 vatio. En contraste con una pequeña antena en el tejado unos pocos milivatios de VHF o UHF pueden conseguir que abarques la ciudad.

En el lado contrario, mi proyecto de TV tenía montones de diversión y aprendí estupendamente. Cuando cacharreas, las recompensas son habitualmente bastante diferentes de la radio afición comprada en tiendas y puede ser bastante insospechada. Por ejemplo, ¿quién habría pensado que la televisión QRP podría trabajar tan bien?

(página en blanco)