

# РАДИО

АУДИО • ВИДЕО • СВЯЗЬ • ЭЛЕКТРОНИКА • КОМПЬЮТЕРЫ



## ЭЛЕКТРОННАЯ ИГРА-ГОЛОВОЛОМКА



...на RP2040

- ДОРАБОТКА ИЗМЕРИТЕЛЯ RLC
- СВЕТОДИОДНАЯ ЕЛКА-ГИРЛЯНДА
- ЗАДНИЙ ВЕЛОСИПЕДНЫЙ ФОНАРЬ
- АМПЛИТУДНЫЙ МОДУЛЯТОР ДЛЯ ГЕНЕРАТОРА ЗЧ

...и ещё 20 конструкций



# 11 2024

# "Музыка Москва 2024" и Light + Audio Tec 2024

Э. ЭЛИНС, г. Москва

(см. статью на с. 24)



Ударные и перкуссия, электрогитары, духовые инструменты (стенд компании "Музыкальный Арсенал").

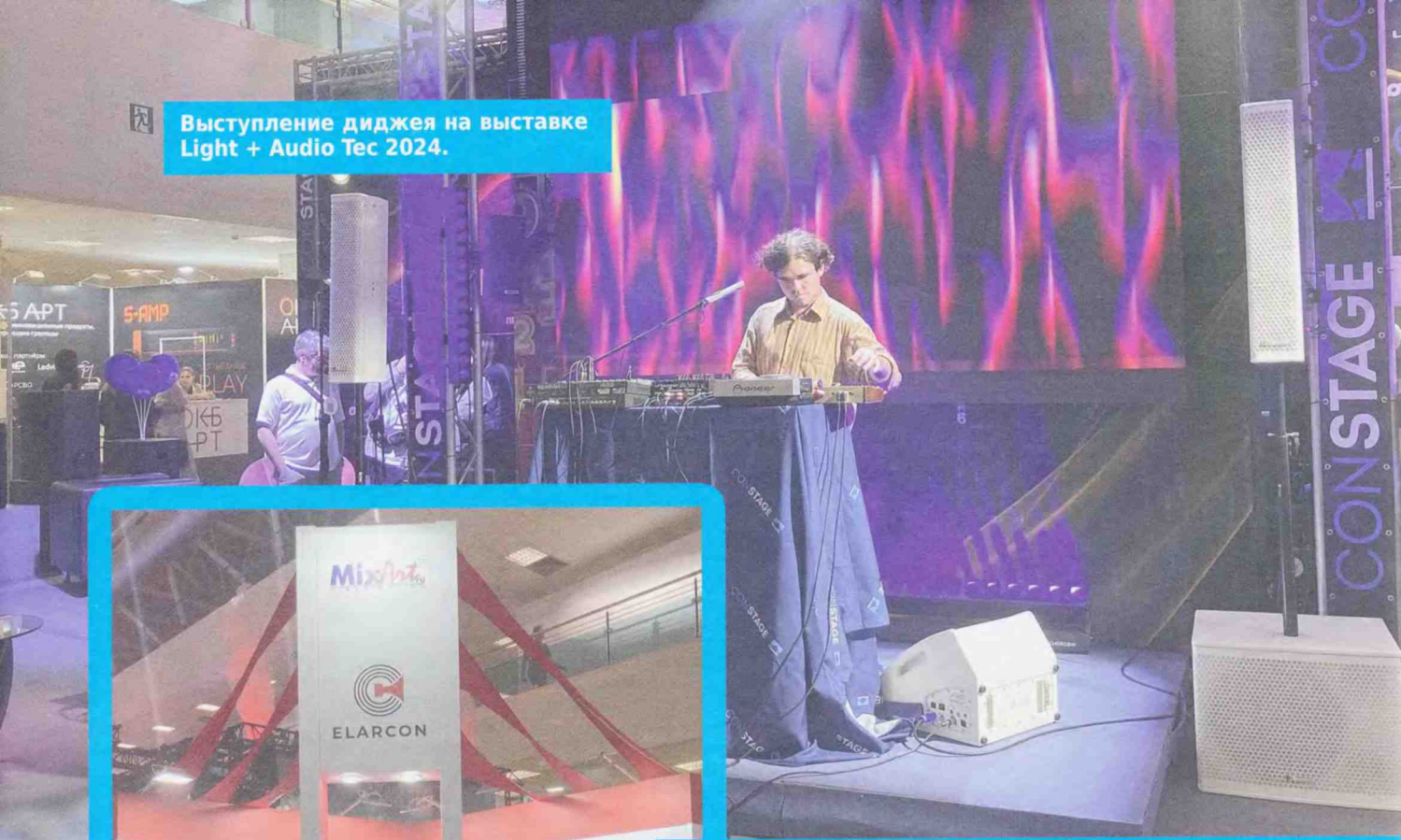


Гитары, гитарные эффекты и ударные инструменты (стенд компании "Аваллон").

Цифровая микшерная консоль Allen & Heath dLive (стенд компании MixArt).



Выступление диджея на выставке  
Light + Audio Tec 2024.



Компактные микшерные пульта и  
акустические системы Elarcon на  
Light + Audio Tec 2024.

"МУЗЫКА МОСКВА 2024" И LIGHT + AUDIO TEC 2024  
17 – 19 СЕНТЯБРЯ 2024 г., ЭКСПОЦЕНТР, МОСКВА



Цифровые пианино Rockdale, бара-  
баны Tama, электрогитары Ibanez и  
многое другое на стенде компании  
A&T Trade.

<b>НАУКА И ТЕХНИКА 4</b>	А. ГОЛЫШКО. Протоинтернет . . . . . 4
<b>РАДИОПРИЁМ 8</b>	В. ШЕПТУХИН. Новости вещания . . . . . 8 Х. ЛОХНИ. Электронные компоненты для обработки и обновления полупроводниковых радиоприёмников выпуска 1970—1990 гг. Часть 1. . . . . 9
<b>РАДИОЛЮБИТЕЛЬСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ 19</b>	А. ВОВК. Печатная плата из фольгированного полиимеда . . . . . 19
<b>ВЫСТАВКИ 24</b>	Э. ЭЛИНС. "Музыка Москва 2024" и Light + Audio Тес 2024 . . . . . 24
<b>РЕМОНТ 25</b>	И. ПОДУШКИН. Опыт ремонта ЖК-телевизора Samsung UE42F5000AK. . . . . 25 А. ПАНЬШИН. Случай ремонта беспроводной компьютерной мыши . . . . . 27
<b>ИЗМЕРЕНИЯ 28</b>	А. СТАРОВЕРОВ. Доработка миллиомметра на базе мультиметра . . . . . 28 И. НЕЧАЕВ. Амплитудный модулятор для генератора ЗЧ. . . . . 29 А. ДЫМОВ. Доработка многофункционального измерителя RLC . . . . . 32
<b>РЕТРО 33</b>	К. МОРОЗ. Устройство плавного пуска электроинструмента . . . . . 33 С. БИРЮКОВ. Автомат плавного пуска коллекторных электродвигателей . . . . . 34 В. КЕЛЕХСАШВИЛИ. Устройство плавного пуска электроинструмента . . . . . 37 П. ГАЛАШЕВСКИЙ. Устройство плавного пуска асинхронного двигателя . . . . . 39 Тиристорные регуляторы напряжения. . . . . 41 И. ЧУШАНОК. . . . с амплитуднофазовым управлением. . . . . 41 Е. ФУРМАНСКИЙ. . . . с фазоимпульсным управлением . . . . . 41 В. ПОПОВИЧ. . . . с аналогом однопереходного транзистора . . . . . 42 В. ПОНОМАРЕНКО, В. ФРОЛОВ. . . . на симисторе . . . . . 42 В. КРЫЛОВ, В. ЛАПШИН. . . . с улучшенной регулировочной характеристикой. . . . . 42 В. КРЫЛОВ, В. ЛАПШИН. . . . со стабилизацией выходного напряжения. . . . . 42
<b>ПРИКЛАДНАЯ ЭЛЕКТРОНИКА 44</b>	С. ГЛИБИН. Доработка электронных часов. . . . . 44 Д. МАМИЧЕВ. Электронные игры-головоломки "Пятнашки" и "Танграм" на модуле RP2040 . . . . . 46 И. НЕЧАЕВ. Бесконтактный датчик из электретного микрофона и конструкции на его основе-2 . . . . . 49 В. СУРОВ. Звуковой сигнализатор окончания стирки в стиральной машине Веко . . . . . 51
<b>ЭЛЕКТРОНИКА ЗА РУЛЁМ 53</b>	Ю. РЯБЧУК, Л. НЕФЕДЬЕВА. Программируемый задний велосипедный фонарь . . . . . 53
<b>"РАДИО" — О СВЯЗИ 55</b>	Л. ПУЗАНКОВ. Новые успехи крымчан в спортивной радиопеленгации. . . . . 55
<b>"РАДИО" — НАЧИНАЮЩИМ 57</b>	Д. МАМИЧЕВ. Ёлка-гирлянда на светодиодах WS2812B . . . . . 57 И. НЕЧАЕВ. Доработки малогабаритного налобного светодиодного фонаря Navigator . . . . . 59 Р. СЕРГЕЕНКО. Викторина "Микрокомпьютеры Lichee" . . . . . 63

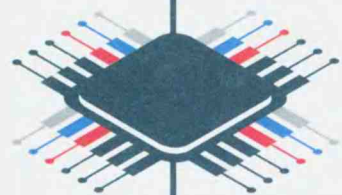
НА КНИЖНОЙ ПОЛКЕ (с. 7, 54).

ДОСКА РЕКЛАМНЫХ ОБЪЯВЛЕНИЙ (с. 3, 4, 18, 38, 56, 4-я с. обложки).

**На нашей обложке.** Электронные игры-головоломки "Пятнашки" и "Танграм" на модуле RP2040 (см. статью на с. 46).

**ЧИТАЙТЕ  
В СЛЕДУЮЩЕМ  
НОМЕРЕ:**

**КОНВЕРТЕР ФАЙЛОВ SPRINT-LAYOUT—AUTOCAD  
АВТОНОМНЫЙ ЩУП ДЛЯ ОСЦИЛЛОГРАФА  
ДОРАБОТКА МОДУЛЕЙ ЗУ TR4056  
ЭЛЕКТРОННЫЙ КАЛЕНДАРЬ**



# ЭЛЕКТРОНИКА РОССИИ

Международная  
ВЫСТАВКА-ФОРУМ

26|27|28  
НОЯБРЯ  
2024 МОСКВА  
Крокус Экспо



12+

**Забронируйте стенд:**

+7 (812) 401 69 55, [electron@mvk.ru](mailto:electron@mvk.ru)



Организатор:



Официальная поддержка:



Партнеры:



"Radio" is monthly publication on audio, video, computers, home electronics and telecommunication

12+

УЧРЕДИТЕЛЬ И ИЗДАТЕЛЬ:

АНО «РЕДАКЦИЯ ЖУРНАЛА «РАДИО»

Зарегистрирован Министерством печати и информации РФ 01 июля 1992 г.  
Регистрационный ПИ № ФС77-82030

Главный редактор В. К. ЧУДНОВ

Редакционная коллегия:

А. В. ГОЛЫШКО, А. Н. КОРОТОНОШКО, К. В. МУСАТОВ,  
И. А. НЕЧАЕВ (зам. гл. редактора), Л. В. МИХАЛЕВСКИЙ,  
С. Л. МИШЕНКОВ

Выпускающий редактор: С. Н. ГЛИБИН

Обложка: В. М. МУСИАКА

Вёрстка: Е. А. ГЕРАСИМОВА

Корректор: Т. А. ВАСИЛЬЕВА

Адрес редакции: 129090, Москва, Протопоповский пер., 25, к. Б

Тел.: (495) 607-31-18.

E-mail: [ref@radio.ru](mailto:ref@radio.ru)

Приём статей — e-mail: [mail@radio.ru](mailto:mail@radio.ru)

Отдел рекламы — (495) 607-31-18; e-mail: [advert@radio.ru](mailto:advert@radio.ru)

Распространение — (495) 607-31-18; e-mail: [sale@radio.ru](mailto:sale@radio.ru)

Подписка и продажа — (495) 607-87-39

Бухгалтерия — (495) 607-87-39

Наши платёжные реквизиты:

получатель — АНО "Редакция журнала "Радио", ИНН 7708187140,  
р/сч. 40703810538090108833

Банк получателя — ПАО Сбербанк г. Москва

корр. счёт 3010181040000000225 БИК 044525225

Подписано к печати 24.10.2024 г. Формат 60×84 1/8. Печать офсетная.

Объём 8 физ. печ. л., 4 бум. л., 10,5 уч.-изд. л.

В розницу — цена договорная.

Подписной индекс:

Официальный каталог ПОЧТА РОССИИ — П4014;

КАТАЛОГ РОССИЙСКОЙ ПРЕССЫ — 89032.

За содержание рекламного объявления ответственность несёт редакция.

За оригинальность и содержание статьи ответственность несёт автор.

Редакция не несёт ответственности за возможные негативные последствия использования опубликованных материалов, но принимает меры по исключению ошибок и опечаток.

В случае приёма рукописи к публикации редакция ставит об этом в известность автора. При этом редакция получает исключительное право на распространение принятого произведения, включая его публикации в журнале «Радио», на интернет-страницах журнала или иным образом.

Авторское вознаграждение (гонорар) выплачивается в течение двух месяцев после первой публикации в размере, определяемом внутренним справочником тарифов.

По истечении одного года с момента первой публикации автор имеет право опубликовать авторский вариант своего произведения в другом месте без предварительного письменного согласия редакции.

В переписку редакция не вступает. Рукописи не рецензируются и не возвращаются.

© Радио®, 1924—2024. Воспроизведение материалов журнала «Радио», их коммерческое использование в любом виде, полностью или частично, допускается только с письменного разрешения редакции.

Отпечатано в ОАО «Подольская фабрика офсетной печати»

142100, Моск. обл., г. Подольск, Революционный проспект, д. 80/42.

Зак. 03770-24.



Компьютерная сеть редакции журнала «Радио» находится под защитой Dr.Web — антивирусных продуктов российского разработчика средств информационной безопасности — компании «Доктор Веб».

[www.drweb.com](http://www.drweb.com)

Бесплатный номер службы поддержки в России:  
8-800-333-79-32

## Протоинтернет

А. ГОЛЫШКО, канд. техн. наук, г. Москва

*"Мы хлопочем, чтобы изменить жизнь, чтобы потомки были счастливыми, а потомки скажут по обыкновению: прежде лучше было, теперешняя жизнь хуже прежней".*

А. П. Чехов

Первые глобальные компьютерные сети обрели успех в США благодаря хорошо регулируемому государственному финансированию и совместным исследованиям, в то время как аналогичные и зачастую разрозненные усилия в СССР ничем не закончились, проиграв борьбу за бюджет и за умы советских чиновников, которые попросту не были готовы к новой реальности.

В середине 60-х годов прошлого века корпорация Rand по заказу Агентства перспективных исследований министерства обороны США (ARPA) несколько лет работала над созданием надёжной коммуникационной сети, способной пережить ядерную атаку. В тот момент национальная телекоммуникационная система США имела централизованную архитектуру, так что малейшее повреждение главной станции привело бы к полной блокировке всех линий связи. Потом была запущена ARPANET, первая распределённая компьютерная сеть с коммутацией пакетов, которая со временем породит Интернет, каким мы его знаем сегодня. Распределённая сеть изначально была разработана с целью опередить СССР в скорости реакции на инциденты, позволяя компьютерам учёных и правительственных лидеров США обмениваться различной информацией, в том числе и в случае ядерной атаки. Однако схожие мысли приходили в голову и советским инженерам, о чём свидетельствуют теперь уже хорошо известные отечественные истории по созданию глобальной сети.

Вырождение рыночной конкуренции, дефицит ресурсов, лоббистская деятельность, искусственный рост потребления и регуляторные кризисы давно подталкивали капиталистические государства к подобному планированию, которое, как известно, присутствовало в СССР, где планированием и распределением ресурсов занимался ГОСПЛАН. При этом именно там предпринимались попытки сделать цифровую систему национального управления задолго до появления Интернета.

В 1959 г. кибернетиком Анатолием Ивановичем Китовым Н. С. Хрущёву был представлен план "Красная книга" по созданию ЕГСВЦ — Единой Государственной Сети Вычислительных Центров с высокой производительностью. Мощности ЕГСВЦ в мирное время работали бы как система управления национальной экономикой и различными хозяйственными подразделениями. А. И. Китова с полным основанием можно считать отцом советской кибернетики, хотя он и не имел ни заоблачных постов в советской научной иерархии, ни почётных регалий, которыми власть оделяла атомщиков и космонавтов. Китов мог бы стать и отцом советского Интернета, если бы судьба в лице высокопоставленных бюрократов оказалась к нему более благоприятна.

О зарубежных отцах-основателях информатики и информационных технологий (ИТ) Алане Тьюринге, Норберте Винере и других написано много книг, снято много художе-

ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА — КОМПАНИЯ «РИНЕТ»

**RINET**  
БЛИЖЕ К ЛЮДЯМ

Телефон:  
+7(495)981-4571  
E-mail:  
[info@rinet.ru](mailto:info@rinet.ru)  
Сайт:  
[www.rinet.ru](http://www.rinet.ru)

ственных и документальных фильмов. Однако и в СССР были свои звёзды ИТ, о которых сегодня почти никто не знает. Вот одним из них и был А. И. Китов. Он написал первый учебник по компьютерам, создал два языка программирования и за десять лет до американцев придумал первый проект общенациональной сети ЭВМ. Чем не прототип Интернета?

Анатолий Иванович Китов родился в 1920 г. в Самаре, в школе был "звездой первой величины", учился на отлично по всем предметам, регулярно побеждал на олимпиадах по математике и физике. В 1939 г. А. И. Китов окончил школу и поступил на физико-математический факультет Среднеазиатского государственного университета, но через два месяца ушёл в армию и поступил на учёбу в Ленинградское артиллерийское училище. В июне 1941 г. младшим лейтенантом попал на фронт командиром артиллерийского взвода. Дошёл до Германии, несмотря на тяжёлое ранение. Сохранилась тетрадь, в которой Анатолий Иванович конспектировал материалы по высшей математике в перерывах между боями.

После войны А. И. Китов поступил сразу на второй курс в Артиллерийскую академию им. Ф. Э. Дзержинского. После её окончания с золотой медалью стал работать научным помощником в Министерстве обороны, где в 1952 г. защитил первую в СССР диссертацию по программированию: "Программирование задач внешней баллистики ракет дальнего действия".

До начала 1950-х кибернетика считалась в СССР "теорией, предельно враждебной народу и науке". А ещё говорили, что машины отберут хлеб и рабочие места у классово сознательных пролетариев. Вот так о кибернетике писали в Философском словаре (1954 г.): "Поджигатели новой мировой войны используют кибернетику в своих грязных практических делах... для разработки новых приёмов массового истребления людей". Советские идеологи изощрялись в придумывании уничтожительных определений для этой "реакционной лже-науки", как именовал её Философский словарь. Диапазон упоминаний кибернетики в советских СМИ колебался от служанки до продажной девки капитализма.

В 1951 г. А. И. Китову удалось прочесть в спецхране СКБ-245 "Кибернетику" Н. Винера, бывшую тогда под запретом в СССР. Труд Винера произвёл на молодого учёного глубокое впечатление. Он один из первых понял, что ЭВМ — это не просто большой калькулятор, а нечто совсем новое, позволяющее решать огромный круг задач, и совсем необязательно чисто вычислительных. К числу таких задач относятся и задачи управления, включая управление целыми хозяйственными комплексами.

Но сначала нужно было реабилитировать кибернетику (сейчас этот термин не в ходу, его сменил другой — computer science) как научное направление. Реабилитация стала возможной после смерти Сталина, и с середины 1953 г. по 1955 г. А. И. Китов вместе с математиком Алексеем Андреевичем

Ляпуновым и некоторыми другими учёными колесит по ведущим НИИ с лекциями о кибернетике, проводя "подготовку почвы". Следует отметить, что на их стороне были многие известные деятели и должностные лица, включая некоторых работников идеологического отдела ЦК.

В 1955 г. А. И. Китов написал статью "Основные черты кибернетики" о пользе компьютеров в экономике и военном деле, а также о том, как преуспел Запад и как ошибались советские философы, приняв новую науку в штыки. Статья была доработана при участии Ляпунова, а в качестве авторитетной поддержки в соавторы пригласили академика Соболева. Это была первая работа в СССР, в которой о кибернетике впервые говорилось как о перспективной науке. Занятно, что с высоты сегодняшних дней как роботизация, так и стремления современных "поджигателей", вроде ВЭФ (Всемирный Экономический Форум), грезящих о цифровом концлагере или сокращении человеческой популяции, свидетельствуют о том, что составители Философского словаря были в чём-то не так уж неправы.

В 1954 г. А. И. Китов собрал команду учёных и возглавил вычислительный центр "ВЦ № 1 МО СССР". В нём работали лучшие специалисты — слушатели курсов по ЭВМ артиллерийской академии. Под руководством А. И. Китова они представили в 1959 г. мощнейшую на тот момент в мире ламповую ЭВМ М-100 (100 тысяч операций в секунду). Для сравнения ЭВМ AN/FSQ-7 от IBM могла только 75 тысяч. В М-100 был реализован новый для того времени принцип параллельных вычислений, а также постоянное запоминающее устройство на ферритовых магнитопроводах. М-100 обрабатывала информацию, поступающую от радиолокационных станций, помогала наводить зенитные ракеты систем ПВО на объекты противника.

Во второй половине 50-х годов А. И. Китов сам и с соавторами публикует первые в СССР книги по компьютерам и программированию: "Электронные цифровые машины" (1956 г.), "Элементы программирования" (1956 г.), "Электронные цифровые машины и программирование" (1959 г.) — первый официальный учебник по ЭВМ и программированию в стране. Примечательно, что в работе "Электронные цифровые машины" есть раздел "Неарифметическое использование ЭВМ" — о применении ЭВМ в экономике, автоматизации производственных процессов и даже о задачах искусственного интеллекта.

В 1958 г. А. И. Китов в брошюре "Электронные вычислительные машины" впервые в СССР написал о перспективах использования ЭВМ в автоматизации работы с информацией и предложил связать вычислительные центры страны в единую систему. По сути, речь шла о советском протоинтернете.

Работая вместе с академиком Глушковым над автоматизацией советских предприятий, А. И. Китов вместе со своими помощниками разработал на

основе популярного в то время языка программирования АЛГОЛ-60 и прежних наработок для системы ПВО алгоритмический язык АЛГЭМ, который получил широкое распространение не только в СССР, но и в странах Восточной Европы. А после перехода в область медицинской информатики в 1970 г. А. И. Китов разработал другой алгоритмический язык — НОРМИН, фактически заложив в СССР основы медицинской кибернетики.

Главным делом жизни А. И. Китова, увь, не доведённым до практического воплощения, можно считать разработку плана создания той самой компьютерной сети ЕГСВЦ для управления народным хозяйством и одновременно для решения военных задач. Этот план Анатолий Иванович направил сразу в высшую инстанцию, отправив в январе 1959 г. письмо Никите Хрущёву. Не получив ответа (хотя начиная на словах было поддержано в различных кругах), осенью того же года он заново направляет на самый верх письмо, приложив к нему 200-страничный детальный проект, получивший название "Красная книга". Последствия такой настойчивости были катастрофическими: А. И. Китова исключили из партии и сняли с должности начальника созданного им ВЦ-1, фактически уволив из рядов Вооружённых Сил без права занимать руководящие должности.

Собственно, записка, направленная им в обход непосредственного начальства, начиналась с критики руководства Минобороны за медленное внедрение ЭВМ. Проект А. И. Китова из ЦК КПСС был переслан на рассмотрение в Минобороны, поэтому реакция последнего была ясна. К тому же предлагаемые изменения были столь капитальными, что в ЦК многие напрялись и тоже высказались против идеи.

Говорят, правда, что до Хрущёва то письмо не дошло. Его сын Сергей вспоминал, что идея с самого начала не понравилась идеологическому отделу ЦК. М. А. Суслов "начал нашёптывать", что из-за "Красной книги" роль партии в сельском хозяйстве сведётся к нулю. Комиссия Министерства обороны СССР сообщила сотрудникам, что "усмотрела в предложениях А. И. Китова не государственные, а какой-то личный, карьерный интерес", обвинила учёного в попытке опорочить руководство Минобороны и принизить руководящую роль КПСС.

С другой стороны, идея автоматизированного управления, идеально вписывающаяся в концепцию плановой экономики (эти начинания вызвали даже заметное беспокойство на Западе), не нашла поддержку у советских управленцев и экономистов. Эти люди инстинктивно понимали, что с внедрением объективных показателей и систем строгого учёта власть уйдёт из их рук к электронным мозгам.

Катастрофой случившееся с А. И. Китовым может быть названо только при взгляде со стороны. Настоящего учёного больше всего волнует предмет его исследований, а не отношение к ним, к примеру, ЦК КПСС. Утром, после исключения из партии, домашние с



изумлением увидели его сидящим за письменным столом над очередной научной статьёй. Он и не думал отчаиваться, продолжил пропаганду идей ЕГСВЦ, в 1963 г. защитил докторскую диссертацию. И тем сумел удивить многих знакомых и сотрудников, полагавших, что А. И. Китов уже давно является доктором наук.

С позиций сегодняшнего дня мы можем назвать её много причин, по которым такие глобальные проекты, как ЕГСВЦ и общегосударственная автоматизированная система учёта и обработки информации (ОГАС), едва ли были бы доведены до реализации. Но, несомненно, А. И. Китов предвосхитил ряд вещей, ставших стандартными в наши дни. Это автоматизированные системы управления предприятиями (АСУП), технологическими процессами (АСУ ТП), информационные системы банков и торговых предприятий и многое другое. Да и вообще, современная экономика (как, заметим, и военное дело) немислима без компьютерных систем, включая и глобальные информационные сети.

Кстати, после создания в США сети ARPANET, которая связала военные объекты, университеты и органы управления США, советские руководители сильно удивились и в срочном порядке вернулись к идее единой сети. А за основу взяли другой проект — проект академика Глушкова.

24 августа 1923 г. в Ростове-на-Дону родился выдающийся кибернетик Виктор Михайлович Глушков, который предложил спасти плановую экономику компьютерными сетями. В. М. Глушков вырос в семье горного инженера, с детства любил технику и несмотря на слабое зрение достиг больших успехов в учёбе. В войну те края оккупировали нацисты, из-за этого В. М. Глушкову был заказан путь в МГУ, поэтому пришлось поступать в Новочеркасский индустриальный институт по специальности инженера-теплотехника, а затем в Ростовский университет на заочное отделение мехмата. В. М. Глушков после учёбы попал по распределению на Урал. Он поступил в аспирантуру, успешно защитил диссертацию и в итоге стал одним из ведущих советских специалистов по кибернетике.

В 1962 г. В. М. Глушков представил Н. С. Хрущёву свой проект по созданию ОГАС, которая должна была стать "мыслящей" сетью и управлять в режиме реального времени экономикой страны, став прообразом "цифрового государства". Эту систему ещё называют прообразом Интернета, но это не совсем верно. ОГАС, как и ЕГСВЦ, можно назвать протоинтернетом, она была сетью вычислительных центров для автоматизации советской экономики, и уже поэтому её сложно сопоставить с современным инфопространством.

Почти параллельно с работой над ОГАС велась и работа по созданию АСУ. Это была всё та же дерзкая попытка автоматизировать трудные процессы, сделать их более быстрыми и эффективными. У истоков разработки АСУ стояли А. И. Китов, А. А. Ляпунов, А. И. Берг и В. М. Глушков.

В то же самое время В. М. Глушков уже стал директором Института кибернетики Академии наук УССР. Чуть меньше, чем через три года, после провала "Красной книги", он переосмыслил идею А. И. Китова и вернул её на высший уровень, где с помощью Косыгина (на тот момент являвшегося заместителем Председателя Совета Министров СССР) она была принята. Ещё должна была быть внедрена новаторская система электронных платежей, для второй половины 60-х годов казавшаяся фантастической. Через ОГАС должны были проходить и зарплаты. Кроме основной системы на территории РСФСР, предполагалось создание аналогичных менее масштабных систем и в других республиках с центрами в их столицах. Кроме этого, В. М. Глушков видел надвигающийся кризис в управлении. Он понимал, что невозможно даже множеству людей полностью контролировать всё народное хозяйство. Например, для точного управления советским хозяйством требовалось производить порядка  $10^{16}$  математических операций в год. Без машины для такой работы потребовалось бы около 10 миллиардов человек (звучит ужасно, но вот вам вводные данные: в году примерно 30 млн секунд, а один человек пусть совершает одну операцию в секунду).

Советская экономика была плановой и, что важно для понимания особенностей ОГАС, без частного предпринимательства. Все предприятия получали план, утверждённый наверху, и это касалось не только крупных программ вроде постройки ядерных реакторов, прокладки железных дорог через Восточную Сибирь или перевооружения армии. Производство туалетной бумаги, шоколадок, иголок или носков тоже подчинялось плану, равно как и розничная торговля. Даже замена канализационного люка в конце концов упиралась в министерства, поскольку новый люк надо отлить на металлургическом заводе (государственном), привезти на нужное место (государственным транспортом) и установить силами рабочих, которые получают зарплату (из государственных фондов).

В. М. Глушков и его единомышленники, среди которых был и А. И. Китов, предложили оперативно обрабатывать всю необходимую экономическую информацию с помощью системы вычислительных центров. В. М. Глушков не только занимался теоретическим обоснованием ОГАС, но и ездил на места, чтобы понять, какую именно информацию должна передавать шахта, а какую — завод. Учёные были уверены, что ЭВМ, объединённые в сети, смогут эффективно осуществлять экономическое планирование и даже управлять различными процессами на основе большого объёма данных, стекающихся в центры управления информацией. Идея показала правительству здоровой и перспективной.

По изначальному плану В. М. Глушкова в трёхуровневую систему входили компьютерный центр в Москве, 200 центров в регионах и около 20000 терминалов на местах. Обмен должен был про-

исходить в реальном времени с помощью уже существующих, строящихся и проектируемых телефонных сетей по всему огромному государству. Предполагалась частичная интеграция с уже существующими территориальными и отраслевыми АСУ.

Позже, в 1965—1967 гг., Косыгин даже применил ряд "кибернетических" предложений В. М. Глушкова, но всё свелось к внедрению АСУП. Деньги наверху просто так отдавать не хотели, решив сэкономить. Вместо крупномасштабной сети началось формирование ряда малых АСУ, которые в большинстве случаев даже не были связаны друг с другом.

Учёные предлагали подчинить сеть ВЦ специально созданному Госкомитету при Совете Министров СССР, но, как и раньше с А. И. Китовым, не всех такие предложения устраивали. Против проекта ОГАС возражали Центральное статистическое управление и ряд советских экономистов. Ведомство, которое распоряжалось бы ОГАС, могло стать центральным органом управления страной. Началась борьба за потенциальную возможность неограниченной власти. Эта борьба, по мнению многих, и стала причиной того, что проект лёг под сукно. Исчерпывающе объяснить причины, по которым проект так и не был реализован, невозможно, поскольку большинство документов по его обсуждению всё ещё засекречено. С уверенностью можно сказать, что над проектом всерьёз работали, у него были как поклонники, так и те, кто выступал с обоснованной критикой. Зато определено ясно и то, что учёные смогли создать, во всяком случае на бумаге, систему, которая за счёт автоматизации и механизации процессов сбора и обработки информации высвободила бы большое число специалистов (бухгалтеров, финансистов, статистов), органов планирования и управления, по некоторым данным, до 1 млн человек в стране, где в принципе отсутствовала безработица.

Разумеется, на реализацию столь крупномасштабных проектов требовались огромные деньги. По предположительным оценкам, первая версия проекта требовала 20 млрд рублей или порядка 800 млрд по нынешнему курсу. В то время зарплата инженера составляла около 150 рублей, а автомобиль стоил несколько тысяч. Сам В. М. Глушков уверял, что для полного успеха необходимо не менее четырёх пятилеток, но первые результаты в виде 100 млрд рублей будут видны уже через пять лет. Скорость работы и устранение человеческого фактора в принятии решений, по заверению проектировщиков, могло сделать государственное планирование эффективнее и быстрее — растрата ресурсов впустую и дефицит остались бы в прошлом.

А ещё, по словам В. М. Глушкова, была очень высокая сложность проекта, сложнее ядерной и космической программ, вместе взятых. Помимо компьютеров, система ОГАС нуждалась в математических моделях, позволяющих, к



примеру, спрогнозировать потребность предприятий в сырье. Для разработки таких моделей учёным пришлось бы дать засекреченную информацию. А данные засекречивали не только по военным соображениям (сколько производится в стране патронов и сколько выплавляется стали для танков), но подобная статистика обнажала изъяны советской экономической системы. А это уже политика.

Кстати, А. И. Китов в своей "Красной книге" в целях снижения стоимости предлагал создать систему двойного назначения: в мирное время — преимущественно управление народным хозяйством, в случае войны — оперативное переключение вычислительных мощностей на нужды военных. Характерной чертой проекта была полная автономность главных ВЦ, которые предполагалось разместить в защищённых бункерах. Все операции должны были осуществляться дистанционно по сети.

Напомним, что первая компьютерная сеть на Западе, как это принято считать, заработала лишь в 1965 г. Это иллюстрирует главный принцип проекта А. И. Китова в части соревнования с США — "обогнать, не догоняя". В дальнейшем, как известно, этот принцип решительно отвергли, и в 1969 г. было принято решение о копировании IBM System/360, которое многие склонны считать катастрофическим для советской компьютерной отрасли. Кстати, и А. И. Китов, и В. М. Глушков, да и большинство других деятелей советского компьютеростроения выступили против, но их не послушали.

Утром 1 октября 1970 г. В. М. Глушков прибыл в Кремль, чтобы встретиться с Политбюро на тему старта ОГАС. На пути у В. М. Глушкова стоял один человек — министр финансов Василий Гарбузов, который не горел желанием, чтобы какие-то "оптимизированные в реальном времени компьютерные сети" управляли экономикой целого государства. Вместо этого он призвал к созданию простых компьютеров, которые, к примеру, будут зажигать освещение и воспроизводить музыку на птицефермах, чтобы увеличить производство яиц. Чтобы выступить против Гарбузова и поддержать советский Интернет, Глушкову нужны были союзники. Вместо них в тот день там были два пустых кресла для первых лиц государства: одно — А. Н. Косыгина, второе — Л. И. Брежнев. В таком составе Гарбузов успешно убедил Политбюро в том, что проект ОГАС с его амбициозными планами по моделированию и управлению информационными потоками в плановой экономике слишком поспешен. Заметим, что подобная формулировка изначально уничижает всё, что можно было бы назвать прорывной идеей.

Удивительно, что идея автоматизированного управления, идеально вписывающаяся в концепцию плановой экономики СССР, в очередной раз не нашла поддержки у советских управленцев и экономистов. Последних В. М. Глушков в своих воспоминаниях

называет как "те, которые вообще ничего не считали". Однако идея так и не ушла дальше партийных кабинетов. "Эксперты" из ЦК КПСС так отвечали академику В. М. Глушкову: "Методы оптимизации и автоматизированные системы управления не нужны, поскольку у партии есть свои методы управления. Для этого она советуется с народом, например, созывает совещание стахановцев или колхозников-ударников". Как говорится, без комментариев...

В начале 80-х годов в ВНИИПОУ (Всесоюзный научно-исследовательский институт проблем организации и управления) появился "Технический проект системы ОГАС", но значимых подписей под ним не появилось, так что восстановление проекта из небытия можно считать случайностью. В 1982 г. со смертью В. М. Глушкова реализация проекта остановилась окончательно.

ОГАС всё же не была советским Интернетом и по ряду технических признаков. В существующем Интернете оконечные узлы соединяются по топологии звезда или кольцо через коммутаторы. Информация делится на пакеты и доставляется до адресата через несколько узлов с пакетной коммутацией по оптимальному маршруту. И дело не в виде пакетов или протоколе их передачи, в ОГАС предполагалось соединять два оконечных узла напрямую или, говоря по-научному, используя полносвязную топологию. Для сотни центров подобная архитектура годилась (причём это самый надёжный вариант для передачи информации), но миллиарды подключённых устройств она бы не выдержала. Поэтому назвать это советским Интернетом можно лишь на уровне заложенных в проект идей.

При этом стоит понимать, что эти идеи были во многом впереди существовавших тогда технологий. Впрочем, если бы проект ОГАС начал реализовываться, на каком-то этапе инженерам неизбежно пришлось бы отходить от полносвязной топологии, заниматься пакетной коммутацией, транспортным протоколом и др. К примеру, к 60-м годам прошлого века телефонные сети общего пользования по тем же самым причинам давно не строились по полносвязной топологии. Тогда же аналоговые телефонные сети с коммутацией каналов достигли вершины своего развития, и уже недалеко была эпоха цифровых сетей. Однако в СССР новые задачи так и не были поставлены, а история не имеет сослагательного наклона, поэтому случилось то, что случилось, и к нам пришёл Интернет "из-за бугра".

Несомненно, проект ОГАСа для В. М. Глушкова был чем-то более масштабным, чем Интернет, каким мы его знаем сейчас. Он должен был изменить не только структуру экономики, введя электронный документный и денежный обороты, но и структуру общества, которое должно было стать более приспособленным к сиюминутным изменениям и сделать экономику более честной.

Вот такая ирония судьбы: первая глобальная компьютерная сеть возникла благодаря тому, что капиталисты вели себя как кооперирующиеся социалисты, а не как социалисты, ведущие себя как конкурирующие капиталисты.

По материалам

<https://habr.com/ru/articles/440344/>,  
<https://tass.ru/obschestvo/18511889>,  
<https://skillbox.ru/media/code/ot-superkompyutera-do-sovetskogo-interneta/?ysclid=m06qv2v9ze445385823>,  
<https://habr.com/ru/companies/gaz-is/articles/753970/>,  
<https://ria.ru/20100809/263341026.html>

**Вышла в свет новая книга**



М. А. Киреев  
Проектирование и расчёт  
узлов вторичного  
электропитания

**Киреев М. А.**  
 Проектирование и расчёт узлов вторичного электропитания. — М.: Горячая линия — Телеком, 2024. — 272 с.: ил.

Рассмотрены виды, структура построения и основные параметры источников вторичного электропитания (ИВЭП). Изложены основы теории выпрямителей, сглаживающих фильтров, транзисторных и ламповых стабилизаторов напряжения, корректоров коэффициента мощности ИВЭП. Теоретический материал дополнен подробными методиками практического расчёта узлов ИВЭП. Рассмотрены вопросы отвода тепла от полупроводниковых компонентов, а также приведена методика расчёта различных типов радиаторов охлаждения.

Представлены некоторые справочные материалы. Дополнительно к обычным расчётам в некоторых случаях приведена их программная реализация в среде визуального программирования Delphi 7, позволяющая значительно упростить процесс вычисления электрических режимов и параметров радиокomпонентов, включённых в схемы.

Для широкого круга специалистов, занимающихся вопросами разработки и конструирования ИВЭП, а также для опытных радиолюбителей. Может быть полезна студентам вузов соответствующих специальностей.

**Адрес издательства в Интернет  
WWW.TECHBOOK.RU**

Раздел ведёт В. ШЕПТУХИН (R5GF), г. Липецк

## РОССИЯ

**АЛТАЙСКИЙ КРАЙ.** 30 августа 2024 г. радиостанция "Алтай ФМ" начала вещание в Рубцовске на частоте 87,9 МГц (источник — URL: [https://vk.com/teleradio22?w=wall-199537691\\_1270%2Fall](https://vk.com/teleradio22?w=wall-199537691_1270%2Fall) (22.09.24)).

**ВОЛОГОДСКАЯ ОБЛ.** В Вологде начала вещание радиостанция "Радио Гордость". Частота вещания — 92,7 МГц (источник — URL: [https://vk.com/rtrs\\_vologda?z=photo-38848202\\_457239091%2Falbum-38848202\\_00%2Frev](https://vk.com/rtrs_vologda?z=photo-38848202_457239091%2Falbum-38848202_00%2Frev) (22.09.24)).

29 августа 2024 г. филиал РТРС Вологодский ОРТПЦ начал трансляцию радиостанции "Комсомольская правда" в Вологде на частоте 97,2 МГц. Для запуска радиостанции специалисты вологодского филиала смонтировали передатчик и дополнительное вещательное оборудование и подключили антенну, размещённую на высоте 125 м. Передатчик имеет мощность 1 кВт (источник — URL: <https://vologda.rtrs.ru/tv/radioveshchanie/rtrs-nachal-translyatsiyu-radio-komsomolskaya-pravda-v-vologde/> (22.09.24)).

**ВОЛГОГРАДСКАЯ ОБЛ.** 1 сентября филиал РТРС Волгоградский ОРТПЦ начал УКВ-трансляцию радиостанции "Радио Орфей" на частоте 87,5 МГц в Волгограде. Передатчик мощностью 1 кВт охватывает сигналом 1,5 млн жителей Волгограда и Волжского (источник — URL: <https://volgograd.rtrs.ru/tv/radioveshchanie/rtrs-nachal-fm-translyatsiyu-radiostantsii-orfey-v-volgograde/> (22.09.24)).

**ЗАПОРОВСКАЯ ОБЛ.** В Мелитополе на частоте 88,4 МГц начала вещание радиостанция "Маяк". Мощность передатчика — 2 кВт (источник — URL: [https://vk.com/teleradioldnr?w=wall-212065317\\_10783](https://vk.com/teleradioldnr?w=wall-212065317_10783) (22.09.24)).

**ИВАНОВСКАЯ ОБЛ.** Началось вещание радиостанции Like FM в Кинешме. Частота вещания — 101,7 МГц (источник — URL: <https://www.gpmradio.ru/news-page/uid/38663> (22.09.24)).

**КЕМЕРОВСКАЯ ОБЛ.** С 11 сентября 2024 г. в Новокузнецке начала своё вещание радиостанция "Радио Гордость". Частота вещания — 98,3 МГц (источник — URL: [https://vk.com/tvradio42?w=wall-201441304\\_426](https://vk.com/tvradio42?w=wall-201441304_426) (22.09.24)).

**КОМИ.** 15 августа филиал РТРС РТПЦ Республики Коми начал УКВ-трансляцию радиостанции "Радио Дача" в Усть-Куломе на частоте 99,7 МГц. Благодаря инвестиционной программе РТРС эта радиостанция стала четвёртой, разместившей передатчик на объекте связи филиала РТРС в Республике Коми в 2024 г. (источник — URL: <https://komi.rtrs.ru/tv/radioveshchanie/rtrs-nachal-fm-translyatsiyu-radio-dacha-v-ust-kulome/> (22.09.24)).

**Примечание.** Время всюду — UTC. Время MSK = UTC + 3 ч.

29 августа 2024 г. с передающего объекта филиала РТРС РТПЦ Республики Коми в Ухте начата эфирная трансляция новой для региона радиостанции "Радио Шоколад" в УКВ-диапазоне на частоте 103,9 МГц. Передатчик мощностью 1 кВт охватывает сигналом 97 тысяч жителей Ухты (источник — URL: <https://komi.rtrs.ru/tv/radioveshchanie/rtrs-nachal-fm-translyatsiyu-radio-shokolad-v-ukhte/> (22.09.24)).

В селе Визинга стартовало вещание радиостанции "Радио Дача". Частота вещания — 94,4 МГц. Охват населения — 9,6 тыс. человек (источник — URL: <http://www.krutoymedia.ru/news/12944.htm> (22.09.24)).

**КРАСНОДАРСКИЙ КРАЙ.** В Новороссийске на частоте 107,4 МГц началось вещание радиостанции "Русское Радио" (источник — URL: <https://rusradio.ru/news/radio/russkoe-radio-zazvuchalo-v-novorossiiske> (22.09.24)).

С 24 августа 2024 г. в Геленджике началось вещание первого муниципального радио "Геленджик ФМ". Частота вещания — 95,7 МГц. Вещание радиостанции будет состоять полностью из собственного контента, отмечают в администрации края. Жителям Геленджика и туристам будет рассказывать про историю, культуру и жизнь курорта (источник — URL: <https://tele-satinfo.ru/index.php?id=18583> (22.09.24)).

В Тихорецке на частоте 95,2 МГц начала вещание радиостанция "Казак ФМ" (источник — URL: [https://vk.com/tvfm23?w=wall-206132844\\_2140](https://vk.com/tvfm23?w=wall-206132844_2140) (22.09.24)).

**ЛИПЕЦКАЯ ОБЛ.** В Липецке на частоте 96,7 МГц началось вещание радиостанции "Радио Гордость" (источник — URL: [https://vk.com/fmtv48?w=wall-109318878\\_2487%2Fall](https://vk.com/fmtv48?w=wall-109318878_2487%2Fall) (22.09.24)).

**МОРДОВИЯ.** В Рузаевке на частоте 93,8 МГц началось вещание радиостанции "Катюша ФМ" (источник — URL: [https://vk.com/radioitvmordovii?w=wall-174056299\\_1272%2Fall](https://vk.com/radioitvmordovii?w=wall-174056299_1272%2Fall) (22.09.24)).

**ОРЕНБУРГСКАЯ ОБЛ.** Началось вещание радиостанции "Авторадио" в г. Бузулуке. Частота вещания — 98,4 МГц. Вещание ведётся в круглосуточном режиме (источник — URL: <https://www.gpmradio.ru/news-page/uid/38668> (22.09.24)).

**ПЕНЗЕНСКАЯ ОБЛ.** Стартовало вещание радиостанции "Маруся ФМ". Вещание ведётся в круглосуточном режиме с РТПС Пачелма на частоте 89,6 МГц (источник — URL: [https://vk.com/penzaradiotv?w=wall-48482341\\_1342%2Fall](https://vk.com/penzaradiotv?w=wall-48482341_1342%2Fall) (22.09.24)).

**ПРИМОРСКИЙ КРАЙ.** Радиостанция "Приморская волна" начала вещание в Артёме и Надеждинском районе на частоте 100,4 МГц. Это уже 11-я точка вещания радиостанции в регионе

(источник — URL: [https://vk.com/primvolna?w=wall-52252609\\_284%2Fall](https://vk.com/primvolna?w=wall-52252609_284%2Fall) (22.09.24)).

В Артёме с 26 августа 2024 г. возобновлено вещание на частоте 105 МГц радиостанции "Европа Плюс" (источник — URL: [https://vk.com/wall-62613163\\_23994](https://vk.com/wall-62613163_23994) (22.09.24)).

На частоте 91,7 МГц во Владивостоке началось вещание радиостанции "Радио Гордость" (источник — URL: [https://onair.ru/main/enews/view\\_ms\\_g/NMID\\_89938/](https://onair.ru/main/enews/view_ms_g/NMID_89938/) (22.09.24)).

**СТАВРОПОЛЬСКИЙ КРАЙ.** В Зеленокумске с 10 сентября 2024 г. начала вещание радиостанция "Маруся ФМ" на частоте 100,5 МГц (источник — URL: [https://vk.com/wall-62613163\\_24041](https://vk.com/wall-62613163_24041) (22.09.24)).

**ТАТАРСТАН.** В селе Актаныш, что является центром одноимённого района, начала вещание радиостанция "Куңел". Частота вещания — 90 МГц (источник — URL: [https://vk.com/tatarstanradiotv?w=wall-14553046\\_57586%2Fall](https://vk.com/tatarstanradiotv?w=wall-14553046_57586%2Fall) (22.09.24)).

**ТОМСКАЯ ОБЛ.** С 1 сентября 2024 г. филиал РТРС Томский ОРТПЦ начал трансляцию радиостанции "Радио Гордость" на частоте 98 МГц в Томске. Мощность передатчика — 1 кВт. Ранее на этой частоте осуществлялось вещание радиостанции "Радио Книга" (источник — URL: <https://tomsk.rtrs.ru/tv/radioveshchanie/rtrs-nachnet-fm-translyatsiyu-radio-gordost-v-tomske/> (22.09.24)).

11 сентября 2024 г. в Томске начала вещание радиостанция Radio Monte Carlo. Частота вещания — 89,5 МГц (источник — URL: <https://www.riatomsk.ru/article/20240916/radiomonte-karlo-tomsk/> (22.09.24)).

**ТЮМЕНСКАЯ ОБЛ.** С 28 августа 2024 г. в Ялуторовске произошла смена частоты вещания радиостанции "Радио Сити" с частоты 107,2 МГц на частоту 93,9 МГц (источник — URL: [https://vk.com/wall-225248477\\_49](https://vk.com/wall-225248477_49) (22.09.24)).

**УЛЬЯНОВСКАЯ ОБЛ.** Радиостанция "Радио Гордость" начала вещание в Ульяновске на частоте 91,8 МГц (источник — URL: [https://vk.com/tvfm73?w=wall-17219610\\_12170%2Fall](https://vk.com/tvfm73?w=wall-17219610_12170%2Fall) (22.09.24)).

**ЯМАЛО-НЕНЕЦКИЙ АО.** На частоте 88,3 МГц в Новом Уренгое началось вещание радиостанции "Радио Ваня" (источник — URL: <https://nur24.ru/news/sobytia/radio-sigma-zazhigaet-zvyozdy-didzhey-sergey-gordeev-otkryvaet-v-novom-urengoe-radio-vanya> (22.09.24)).

## ЗАРУБЕЖНОЕ ВЕЩАНИЕ

**АРГЕНТИНА.** Международное информационное агентство Sputnik запустило круглосуточное радиовещание на испанском языке. Непрерывный эфир идёт на одной из УКВ-частот Аргентины. Программы Sputnik можно слушать в столице страны и пригородах, а также в провинциях Мендоса и Чубут. В эфире испаноязычного радио Sputnik рассказывают новости и проводят интервью с теми, кто формирует повестку дня, как в Аргентине, так и во

всём латиноамериканском регионе. Студия располагается всего в 600 м от президентского дворца Каса Росада. Особое место включения корреспондентов с мест событий по всему континенту. Редакция Sputnik Mundo в своей работе будет использовать и искусственный интеллект. Звучащие в начале каждого часа короткие новости будет зачитывать виртуальный диктор (источник — URL: <https://vk.com/@-46499225-rossiiskoe-informagentstvo-zapustilo-radio-na-ispanskom-yazy> (22.09.24)).

**США.** Вещатели сталкиваются с несоответствиями в системе сбора платежей Федеральной комиссии по связи (FCC). Радиовещатели, желающие ускорить уплату ежегодных сборов, столкнулись с сюрпризом при доступе к Системе регистрации комиссий Федеральной комиссии по связи (CORES). FCC открыла онлайн-окно для сбора платежей 11 сентября 2024 г. Хорошей новостью является то, что вещатели в этом году будут платить примерно на 6 % меньше сборов, однако, по крайней мере, один вещатель сказал, что они

были в тупике, когда обнаружили неверную информацию после входа в CORES. Произшёл сбой в ПО, и некоторым вещателям были выставлены неверные завышенные счета. Ситуация была исправлена в течение недели, и вещатели должны были успеть оплатить сборы до конца дня 25 сентября 2024 г. Ежегодные сборы, собранные FCC, пойдут на финансирование её предлагаемого бюджета в размере 390,2 млн долларов на финансовый год, начинающийся 1 октября (источник — URL: <https://www.radioworld.com/news-and-business/business-and-law/broadcasters-face-inconsistencies-with-the-fccs-fee-collection-system> (22.09.24)).

**ФИНЛЯНДИЯ.** Христианская медиаорганизация Alfa Media Group направила заявку на начало радиовещания на частоте 963 кГц на Россию со старого передающего центра в Пори. Alfa Media Group является преемником финской христианской телекомпании Alfa Tv, которая обанкротилась в 2022 г. В интервью директор компании

Ханну Хаукка рассказал, что теперь они планируют не только религиозные, но и разговорные программы на русском языке в сотрудничестве с западными вещателями. Передатчик мощностью 600 кВт по-прежнему находится в Пори. Его зона покрытия включает в себя крупные города западной части России (источник — URL: <https://swling.ru/2024/09/03/planiru-etsja-srednevolnovoe-veshanie-iz-finlandii-na-russkom-jazyke/> (22.09.24)).

**ЧЕХИЯ.** С 1 сентября 2024 г. русская служба Radio Prague International меняет режим работы. Редакция переходит на формат интернет-журнала. Также отменяются трансляции на коротких волнах через Всемирную радиосеть. Ежедневное 30-минутное звуковое вещание сокращается, теперь передачи будут выходить с получасовой программой лишь один раз в неделю, по средам (источник — URL: <https://t.me/radiopraha/3151> (22.09.24)).

*Хорошего приёма и 73!*

# Электронные компоненты для обработки и обновления полупроводниковых радиоприёмников выпуска 1970—1990 гг.

## Часть 1

*ХАЙО ЛОХНИ, Германия/Россия, г. Гай Оренбургской обл.*

*Автор выявил при реализации "долгоиграющего" проекта доработки и модернизации радиоприёмников "Океан" и Selena, а также других отечественных транзисторных приёмников XX века много интересных моментов с популярными электронными компонентами того времени, которые мало или вовсе не были освещены в общедоступных публикациях и документации того времени. Большая номенклатура популярных отечественных радиокомпонентов прошла стендовые измерения с помощью современной и общедоступной измерительной техники. С результатами этих исследований любопытный радиолюбитель сможет ознакомиться в этом цикле статей. В ней приведены разного рода заключения и предложения о применении компонентов для проектов доработки или модернизации радиотехнических узлов. В наше время цены на электронные компоненты растут, поэтому бывает целесообразно пустить в ход накопленные десятилетиями запасы, которые зря так долго ждали своего применения и не были отданы в руслу безумной утилизации и переработки драгметаллов.*

*В первом разделе наводится "порядок на прилавках" и в домашних запасах индуктивных ВЧ-компонентов, предлагается свежим взглядом их переоценить и создать фундамент для успешных радиотехнических проектов. По итогам многочисленных дискуссионных консультаций образовался перечень часто задаваемых вопросов и пробелов в радиолубительском рукоделии с катушками индуктивности, именно на этом сделан акцент, и без повторения общетеоретических положений.*

## 1. Введение

При реализации радиотехнических проектов мы постоянно будем сталки-

ваться с общепринятыми и признанными техническими решениями в различных публикациях, но часто при их повторении возникает подозрение о недо-

делках, о нераскрытых секретах, о недоговорённом, отчасти просто останется загадкой, как это правильно реализовать, какими правилами руководст-

воваться, какие компоненты и материалы использовать. В некоторый момент приходим к тому, что читаем публикацию про очередной приёмник/трансвер/передатчик, размечаемся, разочаровываемся, откладываем всё на потом, а потом уже не наступает — узнали себя? И часто нас отпугивали именно индуктивные элементы.

Внимательный наблюдатель не пропустил тот факт, что радиотехнические узлы и устройства за последние десятилетия стали "бескатушечными", что на первый взгляд должно радовать. Но нередко за этим стоит банально утерянное инженерное искусство в работе с индуктивными компонентами. Проще работать с резисторами и твердотельными фильтрами (керамикой, кварц), а усиление получить с помощью недорогих транзисторов и микросхем. Такое было целеполагание в 1970-х годах при разработке новых компонентов, всё-таки индуктивные компоненты — это трудоёмкий в изготовлении компонент, даже в настоящее время. К сожалению, вот так с "лёгкой руки" сегодня рождаются современные радиоприёмники с током потребления в разы больше, чем это имело место 40—60 лет назад.

В этой части рассматриваются индуктивные компоненты, которые в наше время доступны и выручают при восстановлении и модернизации транзистор-

источником этих компонентов были донорские старые приёмники и телевизоры, то в наше время, казалось бы, всё можно купить. Однако нередко сами продавцы плохо разбираются в свойствах товара и не могут дать квалифицированный совет, что создаёт как печальные, так и радостные сюрпризы, но точно осложняет продвижение радиотехнического проекта.

Российским радиолюбителям очень повезло потому, что магазины [www.quartz1.com](http://www.quartz1.com) и [www.mirekom.ru](http://www.mirekom.ru) предлагают широкий ассортимент точных изделий, в том числе ВЧ-компонентов в крайне широком интервале параметров. В Западной Европе подобные магазины давно исчезли. В этой статье приводятся товарные коды радиоэлементов этих магазинов (2015—2024 гг.) в формате Q-xxxx. За последние годы в [www.chipdip.ru](http://www.chipdip.ru) наблюдается приток ассортимента индуктивных элементов, улучшается их систематизация. К сожалению, азиатские поставщики чаще всего не имеют никакого представления о параметрах предлагаемых ферритовых магнитопроводов и могут от незнания продавать "совсем не то" и "что попало". С особыми требованиями к ферритовым изделиям лучше стоит обратиться в торговый дом отечественного производителя "Ферроприбор".

1980-х годов. Сразу видно большое число индуктивных изделий разных производителей, все они в наше время доступны, и про них рассказано в этом разделе.

Если разобраться в работе индуктивных компонентов, их правильном расчёте и изготовлении, можно на высоком качественном уровне реализовать все потенциальные ВЧ-параметры микросхем и транзисторов, которые не указаны в общедоступной справочной литературе.

## 3. Понятия и определения

### 3.1. Моточное изделие

**Моточное изделие** — это совокупность различных технических узлов, существенной частью которых являются обмотки (провод). Вся эта моточная часть в их конструкции называется намоткой и может состоять из множества отдельных частей.

**Катушка индуктивности (КИ)** как минимум имеет одну обмотку для создания индуктивности. Обычно она обозначается на схемах как L с физической единицей измерения Гн (Генри), но это слишком много для радиочастотных узлов, и реальный интервал индуктивности, как правило, составляет от 1 нГн до 100 мГн. Наличие конструктивных дополнений — каркасов, магнитопрово-

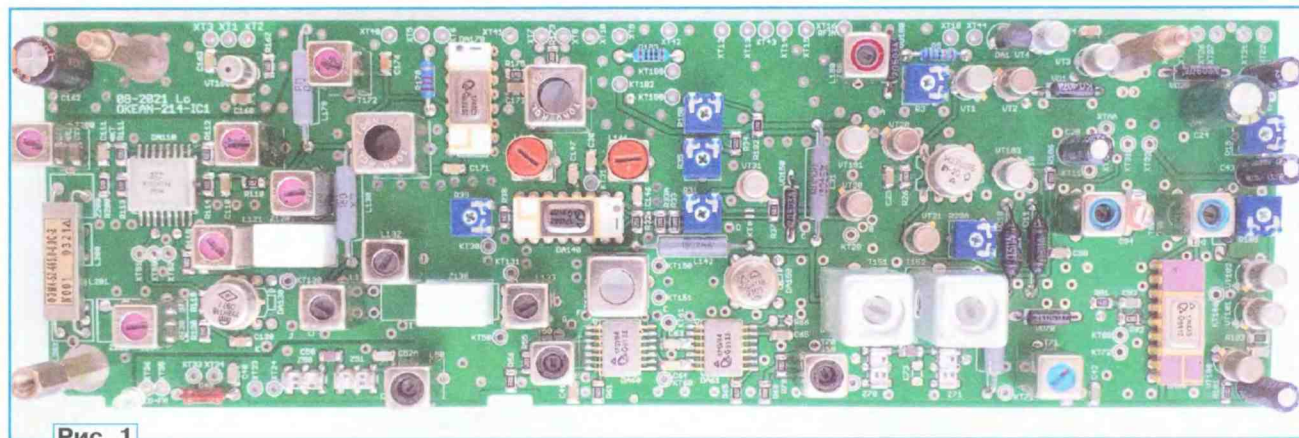


Рис. 1

ных приёмников из прошлого века. Можно собраться с духом, отправиться на чердак или в гараж и достать старые приёмники и свои забытые или "припаркованные" проекты, сдуть с них пыль и довести до завершения. Мало того, и импортная аппаратура того времени имеет слабые моменты и при всём разрекламированном качестве подлежит критическому анализу при восстановлении. Отчасти предложенные сведения пригодятся для восстановления ламповых приёмников.

## 2. Индуктивные ВЧ-компоненты — где их взять?

У начинающего радиолюбителя часто возникает проблема отсутствия запасов радиоэлементов для реализации творческих идей, и особенно сложно обстоит дело с катушками индуктивности. Если 40 лет назад основным

К сожалению, в продаже почти нет наборов деталей для изготовления самодельных ВЧ-индуктивностей, придётся почти всегда покупать готовые изделия и их переделывать для получения требуемых параметров.

Никто не отменил добрую радиолюбительскую традицию — выпаять из старой радиоаппаратуры катушки переменной индуктивности (КПИ) и другие уникальные ВЧ-компоненты. Даже если целиком они и не нужны, они могут содержать полезные материалы, такие как особый провод (литцендрат, посеребрённый провод), пластиковые или керамические каркасы, ферритовые магнитопроводы, подстроечники, экраны, что может спасти другой драгоценный радиоприёмник, годами ожидающий своего возрождения.

На рис. 1 показан пример современной реализации радиотракта для приёмника "Океан-214" на микросхемах

дов, подстроечников, экранов, вспомогательных обмоток и отводов — зависит от обстоятельств.

### 3.2. КПИ

КПИ служат для настройки резонансных систем во время налаживания и ремонта, аналогично подстроечным конденсаторам. Однако для подстроечных конденсаторов основной параметр — указывают интервал перестройки от  $C_{\min}$  до  $C_{\max}$ , а для КПИ подобное можно встретить очень редко, чаще указывают среднюю индуктивность при среднем положении подстроечника. Интервал перестройки по индуктивности обычно невелик и редко превышает соотношение  $L_{\max}/L_{\min} = 2$  при надёжной фиксации подстроечника. При правильном подборе контурной обмотки подстроечник должен оказаться в среднем положении, такая же практика считается

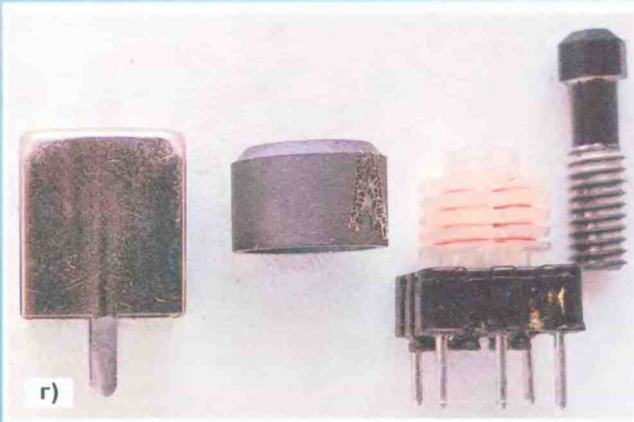
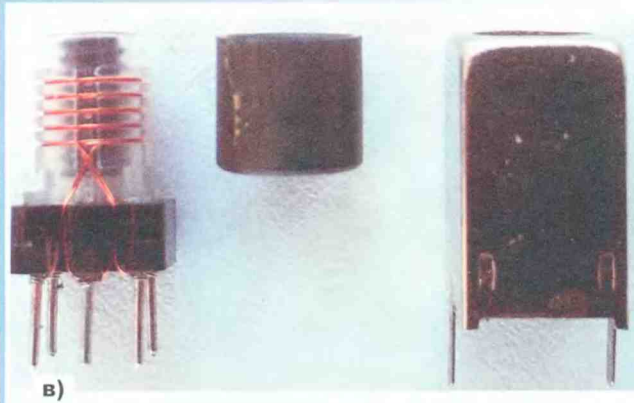
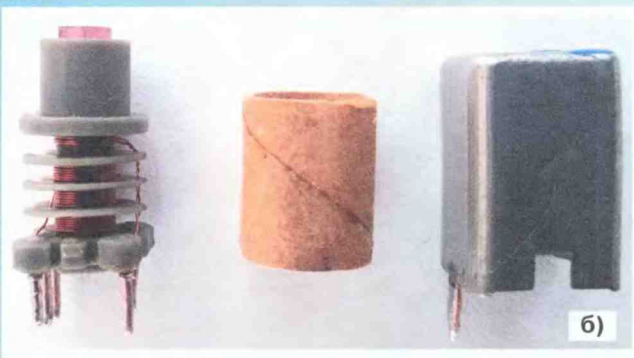
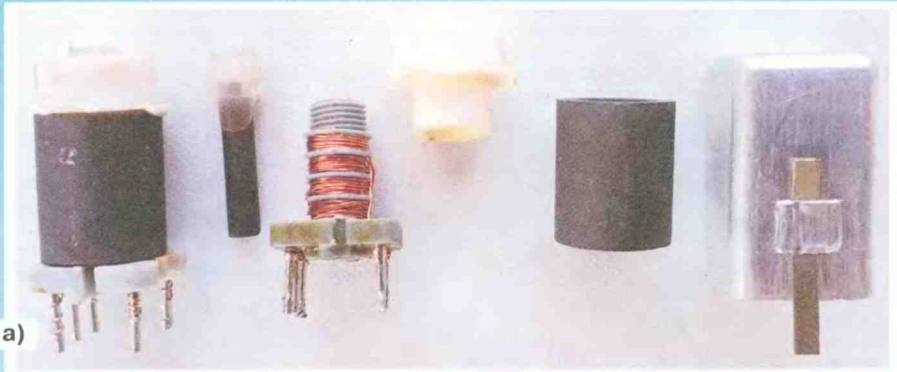
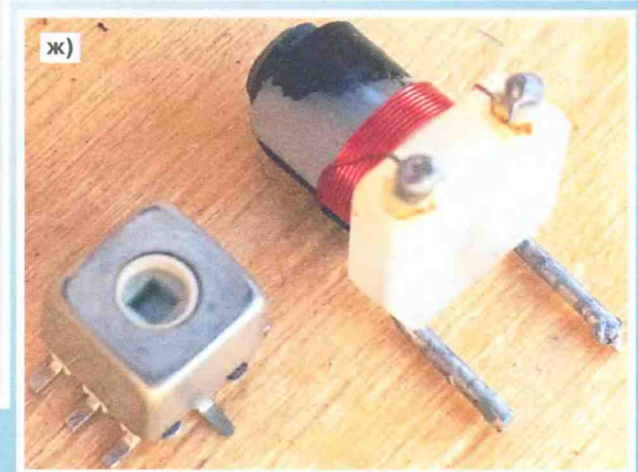
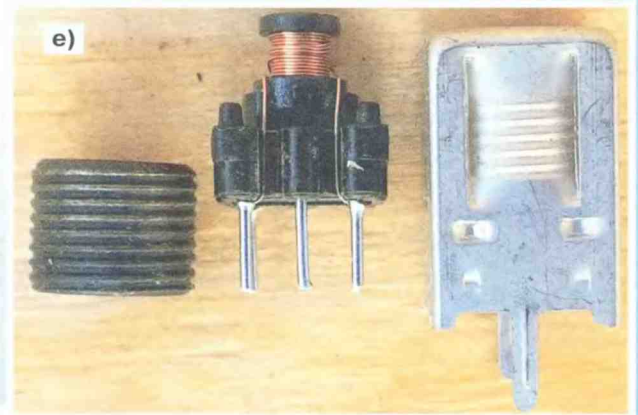
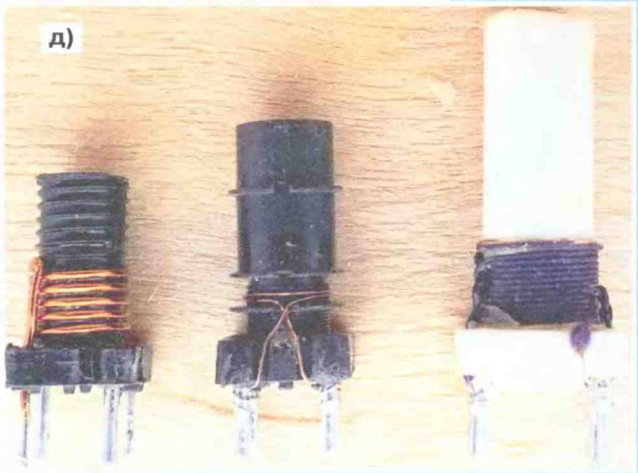


Рис. 2



хорошей и с подстроечными резисторами и подстроечными конденсаторами. Бывают случаи, когда специально подстроечник не устанавливают, например, для получения высокой температурной стабильности частоты гетеродина, или когда его до упора ввинчивают для лучшего замыкания магнитного потока (для трансформаторов с высоким КПД).

Примеры разобранных КПИ для гражданской радиотехники показаны на рис. 2, а—рис. 2, ж. Пластмассовый каркас, как правило, имеет основание, в котором закреплены выводы для припаивания проводов обмотки и для пайки на печатной плате. Зона для обмоток может быть секционированной для смещения паразитных резонансов к более высоким частотам. Иногда делают канавки для фиксации провода. Отдельная категория — это КПИ типа "гантель" (см. рис. 2, е), у которых обмотка размещена прямо на ферритовом магнитопроводе. Это идёт в пользу габаритов, но в ущерб добротности. Каркасы КПИ имеют резьбу для перемещения подстроечника, иногда она сформирована в экране (см. рис. 2, е). К сожалению, резьба не стандартизирована, поэтому позаимствовать подстроечники для других КПИ получается крайне редко.

Многие КПИ имеют дополнительную ферритовую чашку или построены вообще на броневых и чашечных магнитопроводах. Это замыкает магнитный поток, снижает наводки и может существенно увеличить добротность (в конечном итоге увеличить селективность колебательного контура). Несмотря на проблематичность, выпускаются КПИ даже в SMD-корпусах индуктивностью до нескольких микрогенри (см. рис. 2, ж).

Подстроечники имеют шлиц (паз) или углубление для подстроечного инструмента. Самый частый грех торопливого радиолюбителя — это прокрутка подстроечника неподходящим инструментом. Это быстро приводит к непригодности подстроечника, например, он может сломаться или сколоться. Лучше бы потратить несколько минут на изготовление подходящего инструмента, например шлифовку жала отвёртки. Но здесь главное — не применить немагнитные отвёртки. Их использование изменит параметры материалов подстроечника на низких и средних частотах, к тому же сдвинет частотную настройку в процессе налаживания. Подойдут керамические или из твёрдой пластмассы инструменты. Можно применить латунные или алюминиевые отвёртки, но для контуров на частотах выше 10 МГц, и особенно на УКВ, это заметно сместит резонанс вверх по частоте.

Экраны для ВЧ-КПИ изготовлены из алюминия или меди с покрытием (олово, кадмий). Ферромагнитные экраны на ВЧ работают неэффективно.

**Вариометры** применяются для индуктивной настройки контуров в процессе эксплуатации, на рис. 3 показан шаровой вариометр. Конструкция непростая, но обеспечивает постоянство добротности контура при перестройке резонанса в широких пределах. Соотношение  $L_{\max}/L_{\min}$  вплоть до десяти реализуется без проблем.

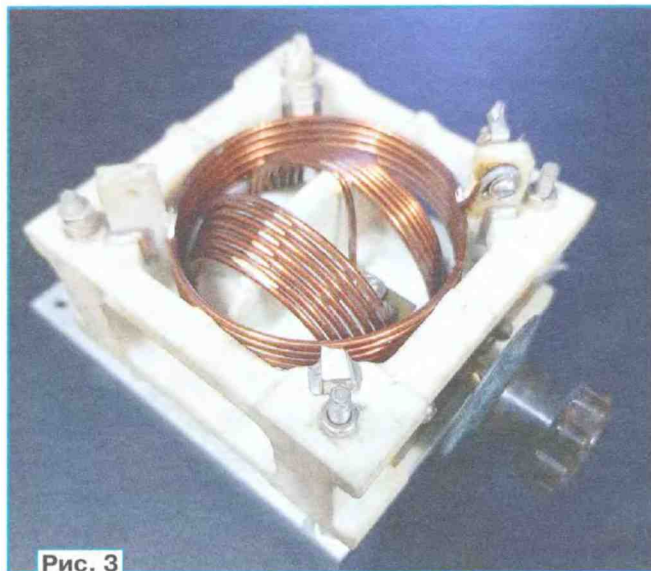


Рис. 3

В аппаратуре гражданского назначения применяются вариометры аксиального типа, у которых в цилиндрической обмотке перемещается ферритовый

для повышения общей индуктивности. Индуктивность растёт во второй степени с ростом числа витков в обмотке, но это только теоретически, а на практике могут быть от этого заметные отклонения в сторону меньшего роста индуктивности. "Просчёт" часто достигает 30...50 %, и на основании этого возникают различные эмпирические формулы, которые учитывают особую геометрию реально созданных конструкций. Проблема с такими формулами чаще всего такова, что их авторы плохо разъясняют их практическое использование или пределы их пригодности.

Для однослойной обмотки существует простой математический аппарат, и это делает такую конструкцию предсказуемой при повторении. Но бывают обмотки, разделённые на секции с промежутком между ними (рис. 4). Это специально сделано с целью увеличения добротности, смещения паразитного резонанса к более высоким частотам, а иногда для увеличения электрической прочности по напряжению.

Для увеличения индуктивности иногда делают обмотку многослойной, чем получают на практике тот самый "разгул параметров" и в результате — неудачу, если применить не тот провод, мотать небрежно, а не виток к витку, или случайным образом. Но иногда случайным

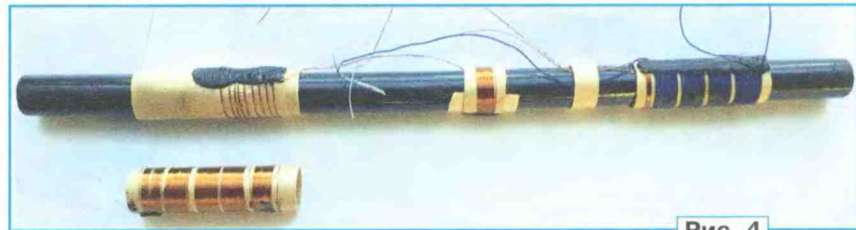


Рис. 4

или металлический подстроечник. Такая конструкция гораздо проще, и достаточно, если в контурах действуют небольшие мощности. Большое соотношение  $L_{\max}/L_{\min}$  достигается большой длиной обмотки и магнитопровода, но более десяти реализовать сложно.

### 3.3. Обмотки

Простая обмотка КИ выполняется намоткой одним проводом и имеет два вывода. Однако она может иметь отводы, которые при правильном исполнении припаяны к обмотке. Если провод выходит из тела намотки к выводу каркаса и оттуда другой траекторией заходит на продолжение, то это не отвод и уже не одна обмотка — это подключение двух обмоток к одному выводу. Без учёта этой "мелочи" часто "умирает" качество КИ на КВ, и рождаются мифы о (плохой) работе моточных ВЧ-изделий.

Обмоткой может быть и один виток, но чаще имеется в виду совокупность последовательно нанесённых витков



Рис. 5

распределением витков и нужно мотать для снижения паразитной ёмкости. Кстати, такой способ (намотка универсаль, рис. 5) для снижения паразитной ёмкости довели ещё 100 лет назад до



Рис. 6

совершенства в виде каркасных катушек для детекторных приёмников и крестообразное нанесение обмотки для магнитных антенн и полосовых фильтров в АМ-УПЧ. Добротность таких КИ достигает 200...300, а с замкнутым магнитопроводом из ВЧ-феррита — до 500.

**Контурная обмотка** в КИ и КПИ с несколькими обмотками — эта обмотка из нескольких витков задаёт резонанс вместе с подключённым к ней контурным конденсатором. Она является доминирующей обмоткой в резонансном трансформаторе.

**Обмотка связи** — это обмотка, которая обычно содержит меньшее число витков, чем контурная обмотка, и она служит для подключения источника сигнала или нагрузки. Эта обмотка может быть плотно намотана под или над контурной обмоткой, если нужна жёсткая трансформаторная связь. Если нужна малая ёмкостная связь между обмотками, оставляют промежуток между ними. На рис. 6 показан пример гетеродинной КПИ с обмоткой связи, расположенной выше контурной обмотки. Такая конструкция способствует подавлению гармоник сигнала, а также уменьшает частотный дрейф от нестабильной реактивной нагрузки (ёмкостной или индуктивной). Провода от верхней обмотки связи с лёгкой скруткой выведены вниз перпендикулярно к виткам контурной обмотки.

**Симметричная обмотка** — это важный конструкторский приём в ВЧ-технике, а также в импульсных источниках питания. Суть его состоит в том, что одновременно наносятся две обмотки сдвоенным проводом, которые максимально приближены друг к другу. Выводы каркаса и разводка на



Рис. 7

печатной плате также должны соответствовать этому замыслу. Такая конструкция позволяет получить практически одинаковые индуктивности обмоток (расхождение менее 0,1...1 %) с наилучшей магнитной связью между ними. Строго симметричная обмотка имеет недостаток — большую паразитную ёмкость, что усложняет её использование в резонансных усилителях. Легко может случиться так, что по расчёту в КВ-контуре нужно установить конденсатор ёмкостью 51 пФ, а с учётом собственной ёмкости обмотки резонанс может быть достигнут ещё при установке контурного конденсатора ёмкостью 20...30 пФ. В неудачном случае паразитная ёмкость окажется больше требуемой, и тогда нужно принципиально

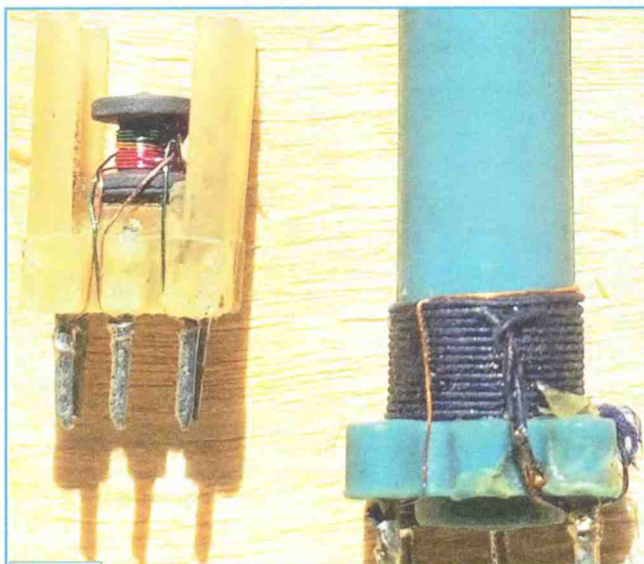


Рис. 9



Рис. 8

менять конструкцию КИ. На рис. 7 показано правильное выведение проводов из обмоток к выводам каркаса для КПИ на частотах до 10...20 МГц.

Если нужна симметричная обмотка связи на 1/3/5 витков, то получается, что средний отвод делит обмотку на 0,5+0,5/1,5+1,5/2,5+2,5 витков, и опасными для качества являются незавершённые витки. Реализация такой обмотки показана на рис. 8. Слева видны концы обмотки с лёгкой скруткой и диаметрально напротив — средний отвод со скруткой и пайкой до вывода. Остаточная асимметрия получилась менее -30 дБ при частоте 5 МГц и -26 дБ при 18 МГц.

### 3.4. Отводы

**Отвод** — это промежуточное подключение к обмотке, их может быть несколько. В электротехнике наглядным примером будет переключаемый автотрансформатор. Там обмотка на 230 В имеет большое число отводов, и галетным переключателем выбирают тот отвод, который выдаст нужное напряжение. Принцип автотрансформатора прекрасно работает и на ВЧ. Это не только экономия меди и пространства для намотки, но ещё решает проблему незавершённых витков. Отвод от 2,5 витка у контурной обмотки намного эффективнее, чем обмотка связи на 2,5 витка, так как 0,5 витка обмотки связи сработает слабее и даст выход внутреннего поля в открытое пространство.

Частая ошибка при создании отводов у ВЧ-КПИ — их свободное расположение, что выводит внутреннее поле наружу, которое не только приводит к паразитному излучению, но ещё и взаимодействует с проводами и экранировкой, что вызывает вихревые токи и потери. На рис. 9 слева показано

плохое исполнение КПИ с "раскрытым" отводом и незавершённым витком обмотки. Справа отвод сделан образцово, поле не "выходит" из КИ.

Просторные отводы могут значительно испортить широкополосные трансформаторы. Нужно всегда завершать виток с отводом близко к ферритовому магнитопроводу. Это уменьшит паразитную индуктивность, которая не даёт обеспечить правильное взаимодействие обмоток. Часто это приводит к тому, что "крутые" усилители и смесители не дают обещанное усиление и динамический диапазон, но хуже, если образуются резонансы с положительной обратной связью и усилитель превратится в УКВ-СВЧ-генератор. Разводка проводников на печатной плате тоже участвует в этих процессах и должна соответствовать поставленной задаче. Набрать "лишнюю" паразитную ёмкость монтажа менее страшно для узлов с импедансом менее 200 Ом, чем набрать мешающие паразитные индуктивности с букетом резонансов.

**Средний отвод** — это понятие необходимо при описании симметричных схем. Подразумевается, что обе половины обмотки с отсчётом от середины имеют одинаковые индуктивности и вторичные параметры. При проверке имеем общую индуктивность обмотки  $L$ , а от среднего отвода к концам одинаково — по  $0,25L$ . Если в описании схемы указан отвод от 50 % витков, то это не означает по умолчанию симметричность обмотки, это просто указывает на место подключения по счёту витков, не более того. Если в такой КПИ ферритовый подстроечник стоит не точно посередине, то две части обмотки могут иметь совершенно разные индуктивности.

**Горячий и холодный конец обмотки** удачно характеризует их целевое подключение. Горячим концом является тот вывод КИ, который в устройстве даст сигнал с максимальным напряжением относительно общего провода (земли). Следовательно, холодный конец — это тот, который по отношению к общему проводу имеет меньшее напряжение или который напрямую заземлён. Неправильное размещение этих концов на каркасе может существенно испортить качество узла, превратить усилитель в гетеродин или помешать гетеродину запуститься. Учитывая важность этого момента, эти концы на схеме, а иногда и на готовом изделии указывают точкой. К сожалению, не всегда такая маркировка совпадает с горячим концом, точки указывают только начало намотки в конкретной конструкции.

### 3.5. Трансформатор

**Трансформатор** — это система из хотя бы двух взаимодействующих катушек индуктивности, их гальваническая развязка непринципиальный признак (например, автотрансформатор), хотя часто гальваническое разделение подразумевается и является причиной применения трансформатора или даже условием его работоспособности.

В зависимости от конкретной реализации различают широкополосные и

резонансные ВЧ-трансформаторы, но и они могут быть реализованы разными способами. Обычная КПИ с коллекторной резонансной обмоткой и обмоткой связи к следующему транзистору — это уже ВЧ-трансформатор. При резонансе ВЧ-трансформатор работает как обычный классический электрический трансформатор. Однако резонансные трансформаторы позволяют работать с высокими значениями импеданса, до нескольких десятков килоом, но они "не любят" низкоомные подключения из-за ограниченной связи между обмотками. Токи и напряжения передаются по классическому правилу трансформатора через соотношение витков в обмотках, но в отличие от электротехники, радиолюбитель изначально не планирует трансформаторные стыковки с токами и напряжениями, да ещё радиотехнические узлы работают чаще всего в режиме согласования, что сильно пугало бы настоящих электриков. В радиотрактах изначально речь идёт о трансформации сопротивления/импеданса, а расчёты по токам и напряжениям проводяты уже при проверке работоспособности узла.

К примеру, ВЧ-трансформатор имеет по виткам соотношение 3:1, и к обмотке с меньшим числом витков подключён резистор сопротивлением 200 Ом, ещё параллельно к нему конденсатор ёмкостью 180 пФ. Эти два элемента "всплывут" на выводах обмотки с трёхкратным числом витков с импедансом в девять раз больше, что эквивалентно резистору сопротивлением 1,8 кОм и конденсатору ёмкостью 20 пФ. Зависимость этой трансформации — квадратичная функция от соотношения витков. Хороший пример из практики — это входной LC-контур КВ-приёмника, у которого телескопическая антенна подключена на 66 % обмотки входной КПИ (принято давать такие сведения по умолчанию с отсчётом от холодного конца). Сама телескопическая антенна имеет ёмкость 20 пФ к пространству в развёрнутом состоянии и ещё 20 пФ — монтажная ёмкость проводов внутри приёмника до этой КПИ. Следовательно, суммарная антенная ёмкость трансформируется в уменьшенную ёмкость  $C = 0,66 \cdot 0,66 \cdot (20 \text{ пФ} + 20 \text{ пФ}) = 18 \text{ пФ}$ , и этими параметрами развёрнутая телескопическая антенна участвует в настройке и налаживании входного резонансного контура. Хороший приём будет только при полном выдвижении телескопической антенны. Но если такую резонансную антенну трогать рукой, приём станет хуже из-за смещения резонанса входного LC-контура.

На ВЧ существуют два принципиально разных типа трансформаторов. Первый тип работает с передачей энергии через магнитный поток в магнитопроводе, аналогично традиционному трансформатору. Тут важно с подбором материала магнитопровода "попасть в точку", и промах может довести узел до неработоспособности. Нужно отметить, что отечественные ферриты перекрывают частотные диапазоны от НЧ до 200 МГц. На частотах выше 100 кГц эта задача отлично решается с ферритовыми кольцами, а на частотах выше 3 МГц идеально работают трансфлюктуры,

более известные как "бинокли". Второй тип трансформаторов работает на основе широкополосных линий трансмиссии (ШПЛТ), и феррит выполняет задачу каркаса и "отражателя" магнитного поля. На низких частотах подобные конструкции могут работать как обычный трансформатор, когда феррит окажется при "своих" частотах. Трансформаторы на ШПЛТ работают эффективнее на частотах от нескольких мегагерц, к тому же при продуманной конструкции могут перекрывать диапазон частот с соотношением  $F_{\text{max}}/F_{\text{min}}$  до 1000, даже с "обычными" материалами.

### 3.6. Завершённый виток

Самая простая **полноценная КИ** — это один виток провода, который полностью завершён. Для него можно с высокой точностью с помощью простых формул рассчитать индуктивность и при повторении конструкции ожидать тот же результат. Поэтому рекомендуется на практике с КИ составлять обмотки с полностью завершёнными витками. Измерительные рамки или индуктивные измерительные щупы именно так и устроены, что позволяет с помощью простых формул пересчитать измеренный ток (ЭДС) в напряжённость поля, и наоборот.



Рис. 10

Любой провод, который проходит через ферритовое кольцо, имеет предсказуемую индуктивность, и не важно, замыкается ли виток близко к ферритовому магнитопроводу или вдали от него. Это так гласит теория, и при проведении измерений это подтвердится. Однако "жизнь" ВЧ-трансформаторов полна особенностями, и всё это работает "по учебнику" при умеренном нарушении импеданса. Но если мы доведём режим до короткого замыкания, вредным остатком "всплывёт" эта лишняя пространственная петля подключения, как непобедимая паразитная индуктивность. Поэтому нужно и у трансформаторов на кольцах и "биноклях" следить



за тем, чтобы завершать обмотку близко к телу магнитопровода, после двух-трёх скруток отводить провода, отводы скрутить вплоть до магнитопровода, как показано на рис. 10.

### 3.7. Удельная индуктивность — это важно

**Удельная индуктивность** (часто обозначаемая  $A_L$ ) — это значимый инженерно-конструкторский и справочный параметр конкретного магнитопровода для изготовления КИ либо от комбинации магнитопровода с конкретным каркасом. Это не параметр из области науки и материаловедения, это — про изделие и его применение. Если у вас набралась коробка с различными магнитопроводами, но их удельная индуктивность неизвестна, с ними ничего целенаправленного сделать не сможете. Этот параметр является тем самым ключом к решению такой задачи, как, например, сколько нужно нанести витков для получения требуемой индуктивности. Он такой же значимый, как сопротивление резистора, ёмкость конденсатора. Но почему-то его редко приводят в документации или при продаже.

Отдельно взятый виток нам встретится в справочниках по ферритовым магнитопроводам, и с ним указывается удельная индуктивность на один виток. К примеру, приведено значение  $100 \text{ нГн/н}^2$ , и это реально даст при проверке с одним витком индуктивность на  $0,1 \text{ мкГн}$ . Но при проверке с двумя (или пятью) витками получим результат —  $0,4 \text{ мкГн}$  (или  $2,5 \text{ мкГн}$ ). Взглянув на формулы расчёта индуктивностей, станет понятно, что она растёт с квадратом числа витков. Поэтому этот параметр даётся с размерностью  $\text{нГн/н}^2$  или  $\text{мкГн/н}^2$ , где  $n$  — число витков. Изготовитель Amidon, в отличие от всех остальных, приводит удельную индуктивность для 100 витков, чем создаёт много путаницы в радиолокационной литературе. Например, если они дают в документации  $300 \text{ мкГн}$  ( $n = 100$ ), то для сравнения с изделием другого изготовителя нужно делить это на 10000, и это соответствует магнитопроводу с параметром  $30 \text{ нГн/н}^2$ .

Удельная индуктивность — это комплексный параметр конкретного изделия, и образуется он в первую очередь из технологических и физических параметров магнитопровода. Однако ещё влияет пластмассовый каркас, положение подстроечника, место обмотки на каркасе, многослойность обмотки, наличие экранировки, тип обмоточного провода, рабочая частота, постоянное подмагничивание, температура. Поэтому в справочниках нас не должен удивлять допуск на параметры до  $\pm 30\%$  для КИ. Для КПИ ещё добавляется действие подстроечника на  $\pm(10...50)\%$ . От этого параметр бесполезен? Отнюдь нет. Как показал опыт, если обмотку разместить на каркасе равномерно, можно именно с усреднённым параметром попасть достаточно точно с разбросом менее  $5\%$ . Крайние значения войдут в силу при крайне нестандартном размещении обмотки или при большом постоянном токе через обмотку.

К примеру, витки, которые в первом внутреннем слое многовитковой обмотки, имеют более сильное взаимодействие с магнитопроводом, а витки в четвёртом или десятом слоях имеют меньшую связь. Поэтому для определения этого параметра надо намотать несколько витков в усреднённом их будующем положении. Если при шести витках измеренная индуктивность  $1,8 \text{ мкГн}$ , то удельная индуктивность будет  $A_L = L_{\text{изм}}/n^2 = 1800 \text{ нГн}/(6 \cdot 6) = 50 \text{ нГн/н}^2$ , а если нанести 60 витков в несколько слоёв, усреднённое значение может быть  $40 \text{ нГн/н}^2$ , и индуктивность получается не  $180 \text{ мкГн}$ , а всего  $144 \text{ мкГн}$ .

Длинные ферритовые магнитопроводы (стержни) имеют значительный перепад в удельной индуктивности от краёв к центру, и, как у КПИ, необходимо определить интервал изменения этого параметра.

А в целом, стоит выделить время и перебрать свои ферритные запасы, подготовить провод ПЭТВ-2  $0,1...0,2 \text{ мм}$  длиной  $20 \text{ см}$  и нанести несколько витков, придав запасу КИ "товарный вид". Это существенно сократит потом затраты и время при планировании и реализации проектов. Частично можно заодно сделать вывод о материале магнитопровода (феррита) и его пригодности для работы на разных частотах, если к этой индуктивности подключить конденсатор ёмкостью  $10...500 \text{ пФ}$  и оценить работу колебательного контура по его селективности. Если получится добротность более 20, то это говорит о том, что магнитопровод "дружит" с такой частотой.

#### 3.7.1. Электропроводимость ферритов — полезная подсказка

Ферриты, как и другие материалы для магнитопроводов, как правило, сделаны из металлов и их окислов и поэтому имеют некоторую электропроводимость. Ферриты для НЧ могут очень хорошо проводить ток и при дефекте изоляции обмоточного провода существенно нагреваться. Ферриты для ВЧ и высокооборотных КИ имеют в целом очень слабую проводимость. К сожалению, нет единой методики измерения, и поэтому определить неизвестный феррит с помощью измерения его электропроводности — дело не однозначное, так как на это сильно повлияет качество контакта щупа к поверхности. Однако для быстрого наведения порядка на "складе" именно этот параметр поможет составить предварительную классификацию.

Для быстрой проверки надо установить щупы мультиметра на поверхность "голого" феррита с умеренным давлением и расстоянием между ними  $2 \text{ мм}$ . Сопротивления явно менее  $1 \text{ кОм}$  свидетельствуют о выраженном НЧ-феррите ( $M3000...M10000\text{НМ}$ ). Сопротивления  $1...10 \text{ кОм}$  свидетельствуют о марках  $M2500...M1000\text{НМ}$  для средних частот и широкополосных ВЧ-трансформаторов. ВЧ-ферриты  $M1000...M400\text{НМ}$  для колебательных контуров в диапазоне  $0,1...5 \text{ МГц}$  уже не показывают просто измеряемую проводимость, с большой площадью контакта кое-что можно

измерить на десятки и сотни килоом. Ферриты  $M200$  и более высокочастотные ведут себя практически как изолятор.

### 3.8. Вокруг — одни паразиты

Паразиты не только в биологии играют роль то вредителя, то полезного сожителя. В радиотехнике проблемы биологической стойкости материалов — это отдельный раздел науки, но в каждом электронном узле на каждом шагу присутствуют паразиты, они то ёмкостные, то индуктивные. Можно научиться превратить их в полезную часть (высшее мастерство) либо сдаться и жить с посредственными параметрами своей конструкции или хотя бы минимизировать их вредность.

**Паразитные индуктивности.** Простой прямой провод, вывод транзистора, намотанная лента плёночного конденсатора, проводник на печатной плате, даже громоотвод и мачта — всё, что имеет относительно малое сечение и некоторую длину, работает паразитным образом индуктивно и при некоторой высокой частоте может существенно менять даже задуманное подключение, поменять планируемый ФВЧ в ФНЧ и, наоборот, вызвать мешающие резонансы, перестать работать заземлением (на ВЧ). Здесь математический аппарат уже немного другой, чем у моточных изделий, исследование проблемы нужно провести на "подозрительных" частотах.

Классический пример этому — подключение к КПЕ для настройки частоты приёма. Во многих приёмниках такое подключение к плате осуществляется тонкими проводами. А тут мы подумали "раскрутить" приёмник и не ограничиться КВ-приёмом в диапазоне  $25 \text{ м}$  ( $11,5...12,2 \text{ МГц}$ ), и захотели перестроить его на диапазон  $16 \text{ м}$  ( $17,4...17,9 \text{ МГц}$ ). И вроде получилось всё, приём хороший. Только в начале шкалы в районе частоты  $17,5 \text{ МГц}$  приёмник никак не хочет работать, он "глухой", подстройка фильтров не помогает, и бывает, что гетеродин срывается или даже перестраивается по частоте в обратную сторону. При проверке с анализатором обнаружим, что КПЕ с этим проводом при своей ёмкости  $300...400 \text{ пФ}$  образует последовательный контур и превращает параллельные контуры УВЧ и гетеродина в последовательные контуры, которые эффективно закорачивают сигналы частотой  $17...18 \text{ МГц}$  на общий провод. Вот поэтому в хороших приёмниках найдём подключение КПЕ с помощью не тонкого провода, а широкой ленты с малой погонной индуктивностью по длине, и в результате вредный резонанс будет выше рабочих частот узла. По этой причине приёмники с барабанным переключением диапазонов показывают лучшие результаты, потому что позволяют в целом сделать всю ВЧ-проводку крайне короткой.

Для предварительной оценки влияния проводников на печатной плате (материал FR4 толщиной  $1,5 \text{ мм}$ ) при их ширине  $0,3...1 \text{ мм}$  за основу можно взять  $1,5...1 \text{ нГн/мм}$ . К примеру, в УКВ-блоках прошлого века можно найти горячие

провода длиной несколько сантиметров. Это обстоятельство может помешать их перемещению на диапазон 87...108 МГц. Установленный конденсатор ёмкостью 100 пФ на такой линии длиной 20 мм превращает её в последовательный контур с резонансом на частоте 100 МГц, и контур перестаёт себя вести в соответствии с расчётом, а задуманная переделка УКВ-блока не получится. В таких случаях нужно увеличить площадь общего провода и использовать малогабаритные конденсаторы. Иногда длинный проводник можно превратить в полезную индуктивность в составе межкаскадного согласования, этим и "дышит" разработчик УКВ-СВЧ-узлов.

### 3.9. Особенности КПИ для УКВ

КПИ для УКВ нужно либо совсем не экранировать отдельным экраном, либо предусмотреть экран размером не менее тройного диаметра обмотки и качественной поверхности внутри, так как такой экран начинает полезным образом участвовать в резонансе. Вершиной такого инженерного подхода являются фильтры типа Helix с крайне высокой добротностью до 1000, у которых корпус-банка сыграет роль контурной ёмкости. На частотах более 50...60 МГц имеются специальные ферриты, которые до частоты 200...300 МГц обеспечивают добротность до 100...150, но чудес от них ждать не следует, они позволяют уменьшить габариты КИ (главная польза) и снизить уровень наводок (ферриты марки М30...М7ВН). Подстроечник из цветного металла (иногда с покрытием серебром) уменьшит индуктивность, но мало снизит добротность, если останется перекрытие  $L_{\max}/L_{\min}$  менее 1,2.

### 3.10. Обмоточные провода

Чтобы образовался хорошо подобраный склад на все случаи жизни, радиолюбителю потребуются годы, и то всегда чего-то не хватает. Но есть набор проводов, с которым решаются большинство задач на "радиолюбительской кухне".

#### 3.10.1. Провода серий ПЭТВ-1 и ПЭТВ-2

Цифры в названии этих проводов указывают на число слоёв лака. Толщина слоя лака может быть существенным фактором, если нужно большое число витков в ограниченном объёме и нет проблем с обеспечением электрической прочности по напряжению и паразитной ёмкостью. Тогда ПЭТВ-1 — хороший выбор. Он ещё очень хорошо лудится при температуре 330 °С даже при диаметре 1 мм. Такой провод найдём в дешёвых низковольтных реле, и он прекрасно подходит для изготовления ВЧ-КИ и ВЧ-КПИ с однослойной обмоткой и если она разделена на секции. Легко собрать набор проводов диаметром 0,1...0,2 мм из низковольтных реле. Этот провод ещё отлично пойдёт для широкополосных ВЧ-трансформаторов на линиях трансмиссии, если требуется низкий импеданс при

малой мощности. При плотной скрутке волновое сопротивление двухпроводной линии приближается к 50 Ом. На проводах ПЭТВ-2 меньше 56 Ом не "скрутить", там более реалистичным значением на практике остаётся около 60 Ом.

Более качественные ВЧ-обмотки получим при использовании провода ПЭТВ-2, и этот провод чаще всего увидим на прилавках и в качественных реле. Этот провод можно лудить без обработки до диаметра 0,15 мм при температуре 360 °С припоем ПОС61 (с канифолью) и без применений кислот или огня. Вообще, практика сжигать лак нехорошая, ведь сгорит и медь, как и кислота при высокой температуре может "съесть" лишнее, провод потом может сломаться, и КИ выходит из строя — а это всегда причина затратного ремонта. Провод диаметром 0,15...0,3 мм достаточно острым ножом слегка процарапать на 3...4 продольных полосы, и они тогда тоже хорошо "принимают" припой с канифолью. При диаметре более 0,3 мм стоит полностью удалить лак с помощью острого ножа.

Провод диаметром 0,05 мм нужен редко, только для КИ с большим числом витков на НЧ или для малогабаритных ВЧ-трансформаторов габаритом не более 2...3 мм. Ещё это хорошее сырьё для изготовления литцендрата, так как этот провод отлично лудится.

Провод диаметром 0,07 мм подойдёт для изготовления КПИ на частотах 0,1...3 МГц с большим числом витков, например, КПИ для УПЧ на частоту 450...500 кГц. Также он хорошо "ляжет" в секционных каркасах малого габарита для КВ-КПИ, если нужно много витков. Этот провод ведёт себя мягко при намотке, хорошо прилегает к небольшим ферритовым кольцам диаметром до 5 мм.

Провод диаметром 0,1 мм является универсальным и обязательно должен быть в запасе. Его найдём не только в массовой продаже, он часто применяется в низковольтных реле и сетевых трансформаторах. Он подойдёт для большинства КИ и КПИ на частотах 0,1...30 МГц, если добротность не является главным параметром. Он хорошо скручивается в жгут для ВЧ-трансформаторов на кольцах диаметром до 7 мм. На большие КПИ открытого типа с трубчатым каркасом он не подойдёт, ему не хватит собственной жёсткости, для ферритовых антенн он также "слабоват" и рвётся.

Провод диаметром 0,12...0,15 мм идёт на КВ-КПИ с высокими требованиями по добротности и механической стабильности, но с ним быстро заполняется объём и много витков не наматывается. На ВЧ-трансформаторы диаметром 7...12 мм эти провода отлично лягут при намотке. Это важно для обеспечения широкополосности.

Провода диаметром 0,15...0,25 мм — самый хороший выбор для высокодобротных КИ и КПИ, а также для двухпроводных линий трансмиссии с волновым сопротивлением около 100 Ом (без скрутки), а также для широкополосных трансформаторов диаметром 7...16 мм (см. рис. 10).

Литцендрат 6×0,05 мм для КПИ на частотах 0,1...3 МГц можно считать, наверное, лучшим компромиссом. Он применяется в КПИ от УПЧ на частоту 465 кГц во многих отечественных приёмниках высших классов, добротность таких контуров на этой частоте могла доходить до 300. К сожалению, на заводе пайку проводили так, что часто из шести проводов через несколько лет задействованными оказывались только три или четыре из них. В более дешёвых приёмниках применяли литцендрат 4×0,05 мм, и добротность контуров уже не превышала 200. На частоте до 3 МГц ещё всё сечение провода диаметром 0,05 мм участвует в проводимости. Выше по частоте нужно было использовать провод ещё меньшего диаметра, что уже нецелесообразно из-за низкой надёжности, да и найти такой уже сложно. Отечественное обозначение литцендрата — ЛЭ, и потом следует уточнение. ЛЭП — это литцендрат без общей изоляции, из проводов с лаковой изоляцией. ЛЭШ... — это литцендрат в шёлковой оплётке для особо высокодобротных КИ. В конце следует информация о проводах. Например, ЛЭШО 10×0,05 — это литцендрат в общей шёлковой оплётке из десяти проводов диаметром по 0,05 мм, он хорош для магнитных антенн на ДВ и СВ.

Провода диаметром 0,25...0,3 мм хорошо применить в дросселях аксиального типа для тока до 1 А. Из них можно изготавливать бескаркасные УКВ-КИ диаметром 3...4 мм, индуктивности которых изменяют сжатием и растяжением. После налаживания их надо фиксировать парафином или эпоксидным клеем. Для качественных УКВ-КПИ они годятся только при намотке на каркасе и фиксации лаком.

Провод диаметром 0,35...0,4 мм идёт на качественные УКВ-КПИ, хорошо держит форму и позволит намотать его на оправку диаметром 5 мм с шагом и промежутком 0,3...0,5 мм между витками. Однако он должен иметь хорошую поверхность, гладкую и блестящую. Такие провода с лаковым покрытием найдутся редко. Лучше купить "голый" медный провод в магазинах рукоделия (Leonardo) и отполировать его поверхность до блеска. На частоте 100 (1000) МГц верхние 30 (5) мкм поверхности участвуют в 95 % проводимости. Оптический блеск свидетельствует о качестве поверхности с неровностями значительно меньше 1 мкм. Такой заготовленный провод нужно немедленно покрыть лаком без металлических или биологических красителей. Для частот до 1 ГГц не обязательно нужно серебрить провод. Улучшение качества получается только при качественном исполнении, что в домашних условиях вряд ли возможно. Покрытие серебром и золотом — это в первую очередь про борьбу с коррозией, и важно при этом обеспечить гладкую микроструктуру поверхности. Чёрный налёт окиси серебра мало влияет на ВЧ-качество, и его лучше не трогать, если он не матовый.

Тонкий медный лист толщиной 0,2...0,5 мм хорошо выручит для зазем-

ления с крайне малой паразитной индуктивностью и для горячей проводки к КПЕ или мощным радиолампам. Из такого листа несложно вырезать полосу шириной 3...7 мм и изолировать её с помощью термоусаживаемой трубки. Такую полосу можно паять, сверлить и придавать различную форму. При толщине 0,5 мм практически отсутствует вибрация, которую можно устранить полностью, если придать форму профиля в виде уголка.

Если для рамочных антенн или больших катушек нужны очень толстые провода, то лучше использовать медную трубку. Её надо гнуть при заполнении мелкозернистым песком, чтобы форма осталась круглой. ВЧ-токи будут протекать только на внешней поверхности, концы можно сжимать в плоские клеммы.

ВЧ-провода в шёлковой оплётке (коричневая, светлая, чаще всего синяя) хороши тем, что оплётка имеет отличные ВЧ-свойства и обеспечивает существенный промежуток между соседними витками, что уменьшает паразитную ёмкость. К тому же при дополнительном обильном покрытии лаком получается очень прочная обмотка ко всяким воздействиям. Такие провода часто используют для получения высокой добротности и стабильности для индуктивностей от 1 мкГн на КВ до частоты 10 МГц, а также на частотах ниже ДВ-диапазона.

### 3.11. Размеры КИ

**Габаритные параметры** КИ имеют большое значение для получения требуемого качества на ВЧ, и никаких чудес физики здесь нет. Переход к элементам для поверхностного монтажа — SMD в первую очередь решит массогабаритные вопросы, снизит стоимость аппаратуры, но принципиально противоречит высокому качеству на ВЧ. Качество КИ зависит от хорошей проводимости провода (сечение и поверхность), от малой ёмкости между витками (больше объём намотки), достаточного сечения магнитопровода. КИ с одной и той же индуктивностью при уменьшении размеров имеют более низкую(!) частоту собственного резонанса, а переход от типоразмера КИ 1206 к типоразмеру 0603 может быть фатальным для работоспособности ВЧ-узла. У резисторов и конденсаторов обычно при переходе на SMD-исполнение происходит улучшение их ВЧ-параметров, если нет ограничений по электрической прочности к напряжению. По этим причинам можно в качественной РЭА найти резисторы и конденсаторы с крайне малыми SMD-корпусами, но при этом на печатной плате установлены объёмные КИ. Это не "нарушение стиля", а наоборот, поддержание качества.

### 3.12. Дроссели

**Дроссель** (от нем. drosseln — убавить, погасить) — это моточное изделие, которое должно препятствовать протеканию в цепи переменного тока и не мешать постоянному току. Иногда стоит задача пропустить токи низкой частоты и блокировать высокочастотные, суть такая же. Например, в линии питания нужно развязать гетеродин от усилителей или в кабеле к электромотору переменного тока нужно убрать пульсацию ШИМ-привода, у интернет-модема нужно убрать импульсные



Рис. 11

ротность 50...120, ещё лучшую добротность имеют отечественные дроссели серий ДМ и ДПМ. Но есть другого рода дроссели для больших токов, которые не теряют свою индуктивность и не имеют большой добротности, они не годны для цепей сигнальной обработки. В эту категорию следует отнести различные дроссели типоразмера 1206 и меньше с ферритовым магнитопроводом. В них применены "мягкие" ферриты с большими потерями на ВЧ. В принципиальных электрических схемах за десятилетия применялись обозначения дросселей — Дг, ДР, Др, ЛDR, L, и сегодня в основном осталось обозначение L, как универсальное, что вполне отражает суть дросселя.

**Синфазный дроссель** содержит не менее двух одинаковых обмоток, и они одинаково взаимодействуют с магнитопроводом. Они не препятствуют протеканию постоянного тока или даже ВЧ-токам, которые идут через одну обмотку в одну сторону и через другую обмотку — обратно. Но высокочастотные токи, которые одинаковы и текут в одном направлении, будут сильно подавлены. По исполнению синфазные дроссели бывают разные. Для высоковольтных блоков питания обмотки, как правило, намотаны раздельно (рис. 11), что ухудшает их идентичность, и такие дроссели иногда нужно каскадировать для получения требуемого результата.

Если нет высоких требований по электрической прочности, лучше намотать провода вместе в жгуте или многожильном кабеле. Этот вид ещё известен как balun, так как он позволит заземлять на одном конце один вывод при симметричной подаче (отборе) сигнала с другого конца.

Для получения большого подавления ВЧ-помех применяется так называемая Z-обмотка. Она может быть выполнена на ферритовом магнитопроводе сетевым кабелем 230 В для измерительной аппаратуры (рис. 12) или антенным фидером для предотвращения попадания помех из здания к антенне через оплётку (см. статью **Х. Лохни**. Активные антенны E-поля. Часть 2. Первые шаги реализации. — Радио, 2022, № 3, с. 15—24).

Такой способ нанесения эквивалентен тому, что обмотка разделяется на две секции, что резко снижает проходную паразитную ёмкость обмотки в целом и расширит частотный диапазон подавления вверх, ориентировочно на 50 %.



Рис. 12

помехи в области УКВ, но пропустить импульсный поток в диапазоне до 10 МГц.

Тем не менее, изделия, коммерчески заявленные как дроссели, могут иметь отличные ВЧ-параметры в целом и служить в добротных фильтрах радиосигналов. К примеру, дроссели серии ЕС24 или CECL могут иметь доб-

### 3.13. Одновитковые дроссели, фильтры помех

**Бусинки и защёлки** — это индуктивности на одном прямом проводе с надетым цилиндрическим (или другой формы) ферритовым магнитопроводом. Самая большая серийная защёлка

обеспечивает индуктивность 2...3 мкГн при надевании на провод, а самые маленькие бусинки из феррита M400HN обеспечивают индуктивность 0,1...0,3 мкГн. Они блокируют помехи в диапазоне частот 30...200 МГц и на частотах ниже 20 МГц практически бесполезны для устранения помех. В миниатюрном исполнении (и SMD) они используются в цепи базы (затвора) транзистора для подавления возбуждения на УКВ, так как индуктивность 0,2...1 мкГн с малой добротностью как раз "угробит" УКВ-резонансы, но на КВ и ниже (почти) не мешает работе каскада. Фирма Murata (и некоторые другие) выпускает широкий и доступный ассортимент одновитковых SMD-дросселей серий BLM, которые пригодятся как в маломощных транзисторных ВЧ-каскадах, так и в мощных блоках питания. Они нормируются импедансом (Ом) на частоте 100 МГц, хотя имеют явно индуктивный характер на частотах ниже 10 МГц и малое омическое сопротивление для постоянного тока. В колебательных контурах эти изделия работают плохо.

### 3.14. Зазор в магнитопроводе

**Воздушный зазор**, поперечно внешенный в магнитопровод, резко снижает его эффективность на низких частотах и почти полностью разрывает магнитный поток для постоянного магнитного поля. Резко падает удельная индуктивность конструкции и на высокой частоте, но добротность снижается незначительно, а для некоторого частотного диапазона может даже увеличиться. Это полезно для КИ, через которые протекает постоянный ток, но при этом магнитопровод не должен быть выведен из нулевой точки кривой намагничивания. Такие КПИ в коллекторных LC-контурах даже при большой индуктивности можно сделать с относительно малыми габаритами. К тому же воздушный зазор отлично подходит для изменения индуктивности, если там разместить подвижный подстроечник, который практически меняет ширину зазора. Через обмотку КИ на ферритовых кольцах (без зазора) с выраженной добротностью желательно не пропускать постоянный ток, так как магнитопровод идеально замкнут. Часто в высоколинейных УВЧ с трансформаторной ООС большой коллекторный ток выводит магнитопровод из линейной части характеристики намагничивания, и при измерении такой усилитель не показывает обещанную линейность и не достигает полного частотного перекрытия. Тогда нужно заменить магнитопровод на более габаритное изделие или изменить марку феррита и способ нанесения обмотки. Самый элегантный способ — сделать УВЧ симметричным и мотать все обмотки на один магнитопровод для компенсации постоянного магнитного поля. Заодно и интермодуляционные искажения второго порядка уменьшатся примерно на 20 дБ.

КИ с почти замкнутым магнитопроводом и очень узким воздушным зазором (броневые и чашечные) имеют на месте зазора мощное поле, которое может

частично попадать в обмотку и вызвать вихревые токи в проводах. Это существенно снижает задуманную очень высокую добротность.

### 3.15. Экранировка

Экранировка КИ нужна для пространственного ограничения поля, чтобы различные контуры не взаимодействовали друг с другом вредным образом, и чтобы снизить наводки в целом. Если для КИ в НЧ-области экранировка должна быть из ферромагнитных материалов, то для частот выше 100 кГц это решение малоэффективно. Поэтому радиочастотные моточные изделия экранируют медными или алюминиевыми корпусами, иногда они бывают из нейзильбера. Экранировка в любом случае снижает индуктивность КИ, это даже отчасти справедливо для КПИ с якобы замкнутым магнитопроводом. К тому же экранировка снижает добротность. К примеру, в КПИ для частоты 10700 кГц, показанной на рис. 2,б, добротность падает на половину, а индуктивность — на 30 %, так как нет внешнего замыкающего магнитопровода. Это для применения в УПЧ с полосой пропускания 200 кГц не критично и по стоимости было в те годы оптимальным решением.

### 3.16. Каркасы КИ

**Каркас** очень выручает при намотке и секционировании обмотки, а также для установки КИ на печатной плате. Импортные изделия, как правило, имеют высокое качество оформления и прочности при пайке. Отечественные каркасы КИ для РЗА гражданского назначения из ПВХ (и подобных мягких пластмасс) не очень надёжны, и паять их без повреждения нужно ещё научиться. Каркасные КПИ позволяют более изящно комбинировать обмотки. Подстроечник перемещается внутри обмотки. При этом нужно учесть, что впоследствии, возможно, снова потребуется налаживание, поэтому фиксация должна быть умеренной. Шёлковая (или хлопковая) нить в резьбе и парафин отлично сохраняются десятилетиями. Плохо перемещающийся подстроечник можно запустить на мягкий плавкий ход, смазав его вазелином.

КПИ с магнитопроводом типа "гантель" (см. рис. 2,е и рис. 9 слева) имеют более простую конструкцию, и провод мотают непосредственно на магнитопровод. Подстроечник надевается сверху и изменяет зазор от "гантели" к чашке. Эти КПИ имеют лучшее трансформирующее действие.

Самая большая загадка — это принципиальное нежелание изготовителей кольцевых магнитопроводов решить проблему их монтажа на печатную плату, нет серийных решений для этой задачи. Очень выручает крепёж из ПВХ и полиамида (см. рис. 10). Каркасы некоторых серийных КПИ можно приспособить, если частично убрать моточную часть каркаса. В толстое основание отечественных КПИ можно врезать резьбу М4, а у изделий Q-4193ы и Q-4137 имеется уже резьба М3 по всей

длине. Однако есть случаи, когда нужны крайние короткие выводы, и тогда ферритовые кольца лучше крепить с помощью пластикового крепежа прямо на печатной плате, подложить только шайбу из изоляционного материала.

КИ с броневыми и чашечными магнитопроводами можно крепить с помощью резьбового крепежа, желательно пластмассового, чтобы не повлиять на магнитные свойства магнитопровода. В любом случае нужно применить пластмассовые шайбы для мягкой эластичной установки магнитопровода, иначе они могут лопнуть, поскольку керамика хрупкая. Фиксируют резьбу лаком средней прочности.

У ферритовых антенн (стержни) каркас не только удобен, он выполняет важную функцию — оставит некоторый промежуток между ферритом и обмоткой для повышения добротности. Промежуток 0,2...0,5 мм даёт лучший результат. Пропитанная парафином бумага вполне выполняет эту задачу, если она была сухая при пропитке. Такие обмотки старых приёмников прекрасно работают спустя 60 лет. Бумажный каркас тем удобен для домашнего изготовления, что можно его очень точно приспособить по диаметру стержня, и они прецизионно устанавливаются на нужную позицию, фиксируются парафином на стержне, если стержень подогревать феном заранее до 60...65 °С.

## 4. Заключение

После общего ознакомления с радиотехническими КИ в следующем разделе будет освоение этой темы с примерами, часто встречающимися на практике.

### МОДУЛЬНАЯ РЕКЛАМА

Предлагаем более 100 видов светодиодных модулей и линз, отладочные и демонстрационные платы и многое другое.

[www.radiodetali.perm.ru](http://www.radiodetali.perm.ru)

Тел: 8-800-201-75-54

\* \* \*

Дистанционные курсы обучения программированию микроконтроллеров STM32, AVR, Arduino, PIC, STM8 и др.

Занятия проводятся по электронной почте или с помощью программы Skype.

Обучение может быть направлено на решение стоящей перед вами задачи.

[www.electroniclab.ru/courses.htm](http://www.electroniclab.ru/courses.htm)

т. +7-912-619-5167

\* \* \*

### Для Вас, радиолобители!

Радиодетали, наборы, корпуса, материалы — наложенным платежом. Каталог по запросу.

**426072, г. Ижевск, а/я 1333,**

ИП Зиннатова Р.К.

rtc-prometej@yandex.ru

WhatsApp / тел. 8-912-443-11-24

# Печатная плата из фольгированного полиимида

А. ВОВК, г. Ангарск Иркутской обл.

*В статье предложен способ изготовления печатных плат из фольгированного полиимида. Он малозатратный, доступный для большинства радиолюбителей и специалистов при проектировании и изготовлении небольших партий электронных устройств и опытных образцов. Не требует вредных, агрессивных химикатов, дефицитных реактивов и приспособлений. Печать осуществляется обычным бюджетным струйным принтером с использованием водорастворимых чернил.*

Для изготовления гибких печатных плат используется полиимидная плёнка, а точнее каптон, который был изобретён ещё в 1960-х годах корпорацией DuPont. Материал остаётся стабильным в широком интервале температур (от 269 до +400 °С).

Качество печатных плат, изготовленных описываемым способом, очень высокое по сравнению с лазерно-утюжной технологией и другими методами. Минимальная ширина проводников и зазоров при использовании этого способа равна 200 мкм. Брак практически отсутствует. Аналогичный струйно-диффузионный способ был рассмотрен в моей статье "Струйно-диффузионный способ изготовления печатных плат" в "Радио" № 2 за 2011 г. на с. 33—35. Но он отличается от описанного ранее в журнале "Радио" тем, что можно использовать любой дешёвый струйный принтер с водорастворимыми чернилами. Раньше применялся принтер CANON PIXMA iP 4500 с лотком для печати на компакт-дисках. Размер заготовки, без переделки, ограничивался размерами 85×85 мм. Теперь можно наносить рисунок печатной платы размерами вплоть до формата А4. Струйные принтеры для печати на компакт-дисках сейчас найти или купить довольно-таки сложно. А специальные, сувенирные или планшетные принтеры, использующие сольвентные, УФ-чернила и др., очень дорогие и многим просто не по карману. Зачем тратить большие деньги, если нужно напечатать всего две-три платы?

Пять—десять лет назад фольгированный полиимид оставался недоступным для большинства радиолюбителей, он отсутствовал на российском рынке. Сейчас его можно приобрести по приемлемой цене в интернет-магазинах Shipdip, Продиэлком, Кабельгарант и др. размерами 220×240 мм и больше. Фольгированный полиимид бывает двух

видов: ПФ-1 — односторонний и ПФ-2 — двухсторонний. Толщина плёнки ПФ-1 — 0,08 мм, 0,1 мм (как у офисной бумаги "Снежинка", "Снегурочка" формата А4). Толщина слоя меди — 18 мкм, 35 мкм.

Фольгированный полиимид легко гнётся, режется простыми ножницами, что очень удобно при изготовлении миниатюрных печатных плат на два—десять элементов для поверхностного монтажа типоразмеров 0603, 0805, 1206, SOT23, SOT23-5, SOT23-6 (триггеры, таймеры, микросхемы сброса, запуска, включения, выключения, защиты, индикации и пр.). Изготовить боль-

Струйно-диффузионным способом из фольгированного полиимида ПФ-1 мною изготовлено несколько десятков печатных плат, получен определённый опыт, которым я хочу поделиться с уважаемыми читателями журнала "Радио".

Этот способ включает в себя несколько этапов.

Предпочтительнее брать всё-таки фольгированный полиимид толщиной 0,1 мм со слоем меди 35 мкм. Плёнка и так очень гибкая, а слой меди лучше, чтобы имелся с запасом, ведь мы будем производить механическую обработку после травления платы. Хотя работать приходилось с плёнками ПФ-1 толщиной 0,08 мм и 0,1 мм, слоем меди 18 мкм и 35 мкм, — результат всегда был положительный. Плёнка не должна иметь поверхностных дефектов, загибов. Один из полученных заказов, выпущенный в интернет-магазине, пришёл нормально упакованным и лежал между двумя плотными картонками, но всё равно плёнка на обоих листах была слегка местами помята, а один край прилично загнут. Повреждённая с краю часть была обрезана, и выбраны ровные места для будущей печати.

Из листа фольгированного полиимида размерами 220×240 мм, после разметки, ножницами вырезаем три полоски будущих заготовок печатных плат шириной примерно 80 мм и длиной 220 мм (в вашем случае размер может быть любым). Сверху и снизу отмечаем середину ширины (с обеих сторон по 40 мм). Разметку делаем простым карандашом твёрдости ТМ или Т, он не смывается и не размывается.

Далее производим обработку заготовок со стороны меди. Использовалось чистящее средство — порошок ПЕМО-ЛЮКС СОДА 5 (фото 1). Можно взять и другое средство, главное, чтобы частицы у него были мелкими, иначе на



Фото 1



Фото 2

шее число миниатюрных печатных плат из фольгированного стеклотекстолита толщиной 1,5...2 мм очень проблематично.

слое меди останутся глубокие царапины. Также смотрим, чтобы под заготовкой не было крупных слежавшихся частиц порошка, а то останутся вмятины

в виде бугорков. Смачиваем водой заготовку, насыпаем чуть-чуть чистящее средство, влажным двойным или тройным ватным косметическим диском начинаем процедуру зачистки. Движения производим от середины в одну сторону от руки, которой придерживаем заготовку, затем переворачиваем заготовку на 180 градусов и зачищаем то место, где находилась рука, опять от середины в противоположную сторону. Если делать поступательные движения, можно деформировать, помня фольгированный полиимид. Периодически меняем ватные диски, если нужно смачиваем и подсыпаем чистящее средство. Поверхность меди после обработки должна иметь равномерный блестящий оттенок, без отпечатков пальцев, тёмных и окисных пятен. Хорошо промываем заготовку, предпочтительнее тёплой водой. Сушим или промокаем салфеткой.

Затем поверхность заготовки обезжириваем с обеих сторон, сначала со стороны полиимида, затем со стороны меди. В качестве жидкости взят бензин "Галоша", в отличие от растворителей № 646, № 647, он обезжиривает значительно лучше и не оставляет разводов и маслянистых следов.

Шероховатая поверхность меди после обработки чистящим порошком и последующее обезжиривание улучшают адгезию (прилипание) чернил и красителя, который в них содержится, а также тонера после запекания.

Откладываем в сторону заготовку и готовим желатин для нанесения.

Я использовал пищевой П-11 — так написано на упаковке (**фото 2**), в виде мелких кристаллов.

Марка пищевого желатина не имеет никакого значения, он отличается один от другого только временем набухания.

Почему выбран именно пищевой желатин? Во-первых, он есть в любом магазине, во-вторых, у него невысокая стоимость, в-третьих, хорошая степень очистки — нет посторонних примесей. Желатин хорошо растворяется в воде при комнатной температуре, в отличие от агар-агара, которому необходима температура 95...100 °С. Поэтому, когда водорастворимые чернила попадают на нанесённый желатин, они отлично фиксируются, растворяя поверхностный слой. Контуры будущих дорожек и контактных площадок печатной платы получаются чёткими, а сам рисунок — равномерным, непрерывным и плотным. Агар-агар такого результата не даёт, я тоже его опробовал, наносил горячим, но при комнатной температуре чернила его не растворяют, качество печати хуже, кромки неровные. Если мы будем печатать просто по меди, без покрытия, рисунок не получится равномерным, непрерывным и плотным, чернила соберутся в мелкие капли с разрывами.

Итак, берём примерно 1/3 часть чайной ложки желатина, насыпаем в прозрачную небольшую ёмкость, чтобы наблюдать набухание, заливаем холодной кипячёной водой в соотношении 1:5. Соотношение не критично, важно небольшое наличие жидкости над набухающим желатином. Выдерживаем желати-

тин 5...7 мин, периодически помешивая. Не допускаем, чтобы набухающий желатин заполнил весь объём воды. Всплывшие и часть набухших кристалликов с поверхности убираем лопаткой или ложечкой, опять перемешиваем. Раствор как бы разделяется на две части: снизу — набухший не до конца желатин, сверху — небольшой слой воды с уже растворённым желатином. Вода слегка загустела, приобрела вязкость.

Полученный в ёмкости над желатином раствор наносим на поверхность меди с помощью нейлоновой кисточки № 8—№ 10 (всякие разные есть в канцелярских товарах), она больше подходит для этих целей. Проходим по меди несколько раз, не оставляя пробелов. Попавшие и не перешедшие в раствор кристаллы желатина угоняем на край заготовки и удаляем с кисти о верхнюю кромку посуды. Оставляем заготовку сохнуть. После высыхания на поверхности меди остаётся радужный оттенок тончайшего слоя желатина, по которому будем производить печать.

Затем берём бумажный лист формата А4 (210×297 мм, книжная ориентация) "Снегурочка" или аналогичный другого производителя. Разделяем лист по ширине простым карандашом пополам, с каждой стороны по 105 мм, а сверху и снизу делаем отступ 20 мм и проводим две линии. Это нужно для того, чтобы точно расположить и закрепить нашу заготовку на листе.

Представленная в статье печатная плата разработана в программе Sprint Layout 5.0 и состоит из нескольких десятков миниатюрных печатных плат, содержащих от двух до пяти поверхностно монтируемых элементов. Такое число было необходимо для одного из проектов. Размеры заготовки фольгированного полиимида выбраны 80×220 мм, поэтому весь рисунок размещается в этом поле с учётом участков по периметру, где приклеивается скотч для крепления заготовки к листу бумаги формата А4. Для того чтобы наш рисунок попал в поле заготовки, в программе Sprint Layout 5.0 выбирается рабочий участок, равный формату А4. Определяем по горизонтальной линейке программы середину листа (середина листа равна 105 мм, такая же, как разметка карандашом на бумажном листе). Ширина рисунка не должна превышать 80 мм, с учётом полосок скотча (примерно по 5 мм с каждой стороны), т. е. по 35 мм от середины листа. Смещаем весь рисунок печатной платы в программе Sprint Layout 5.0 сверху вниз на 20 мм, такой же отступ сделан на бумажном листе. Это необходимо для того, чтобы сначала механизм про-

тажки принтера захватывал бумагу, а затем проходила приклеенная заготовка. Бумажный лист её направляет и исключает вероятность задевания острым краем заготовки печатающей головки принтера, опять же требуется место для скотча. Если в вашем случае заготовка для нанесения рисунка требуется больше 80 мм и приближается к ширине листа формата А4 (210 мм), необходимо учитывать систему распознавания наличия бумаги в лотке принтера.

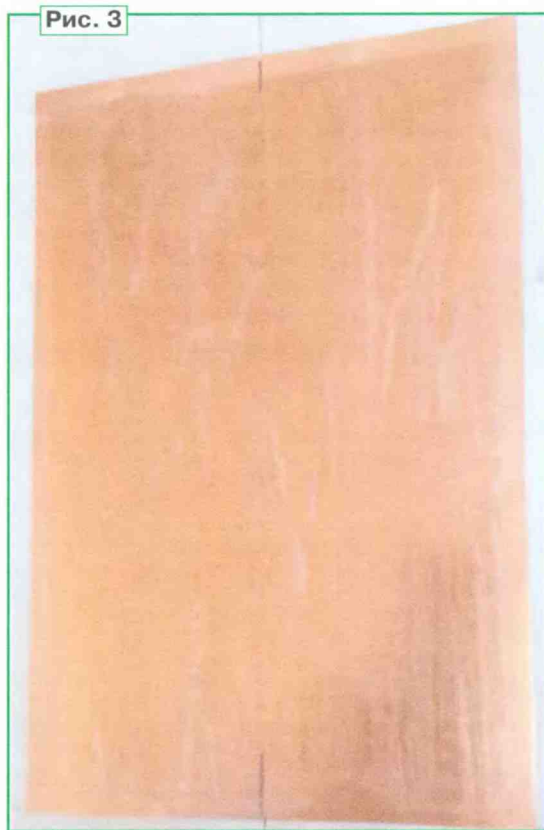


Рис. 3

Для наклеивания заготовки на бумагу лучше использовать односторонний канцелярский узкий тонкий скотч шириной 12 мм и толщиной 38 мкм, его удобно приклеивать к краю заготовки, и он не заминается.

Крепим фольгированный полиимид на бумагу следующим образом: берём подготовленную заготовку за края и укладываем на лист бумаги на любую линию отступа, чтобы совпала середина ширины бумажного листа с отметками середины ширины заготовки. Для фиксации заготовки кладем сверху небольшую металлическую линейку. Отмеряем скотч, не обрезая, натягиваем, захватываем край заготовки и, разглаживая, приклеиваем липкой основой, он не должен выступать за край бумажного листа. Так со всех четырех сторон. Лишний скотч обрезаем. Если в программе Sprint Layout 5.0 всё сделано правильно, печать изображения печатной платы будет производиться в рабочем поле заготовки, не доходя до полосок приклеенного скотча. Вид закрепленной заготовки на бумажном листе с нанесённым желатином изображён на **фото 3**.

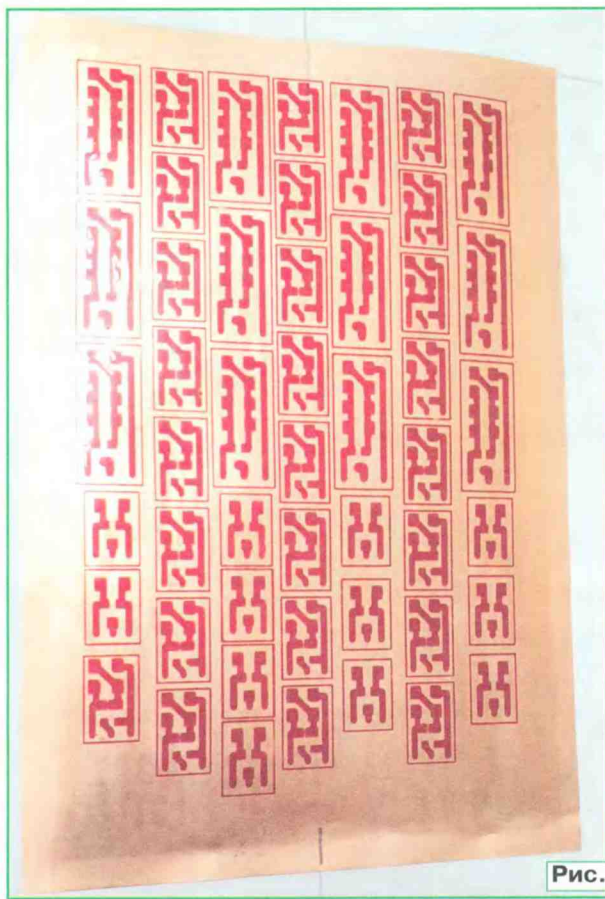


Рис. 4

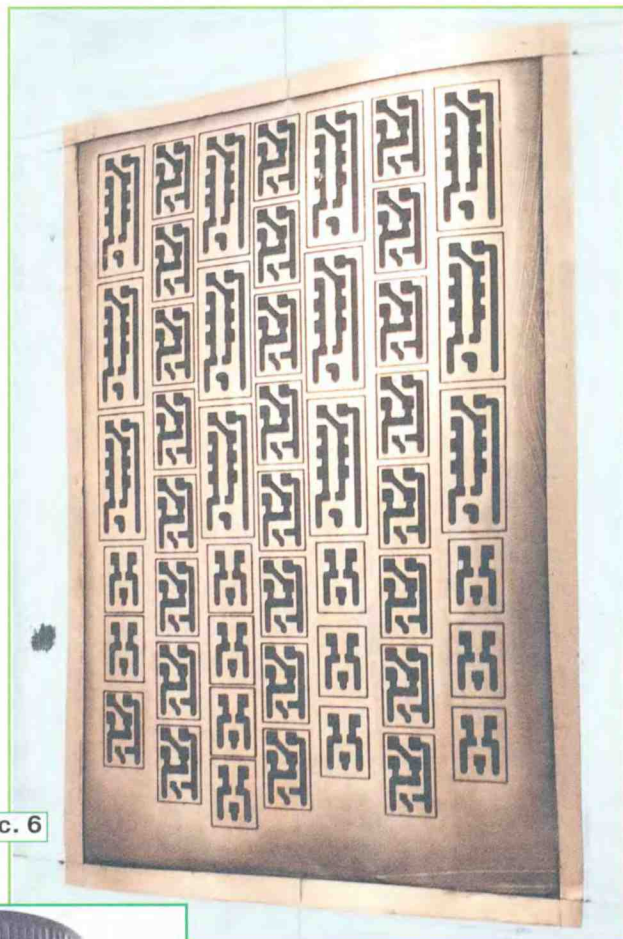


Рис. 6

Теперь поговорим о принтере. Использовался бюджетный струйный принтер МФУ HP 2320. Принтеры фирмы HP предпочтительнее, чем CANON, для радиоловителей тем, что печатающая головка располагается непосредственно на картридже с чернилами и в случае длительного простоя, что очень часто встречается, и засыхания чернил в дюзах достаточно заменить картридж. В похожем случае промывка печатающей головки на струйных принтерах CANON даёт временный результат, приходится менять головку или покупать новый принтер.

Расстояние между печатающей головкой и листом бумаги у принтера МФУ HP 2320 — не менее 5 мм, поэтому лист бумаги толщиной 100 мкм с наклеенной заготовкой (ещё 100 мкм) и скотчем (38 мкм) до неё никак не достанет, но при условии, что заготовка из фольгированного полиимида будет лежать ровно, не иметь явных деформаций и загибов.

Выбираем режим печати:

Печать — обычная.

Тип бумаги — обычная бумага.

Качество бумаги — обычное.

Печать в оттенках серого — выкл.

Размер бумаги — А4.

Ориентация — книжная.

Расширение — технология HP Real Life.

Расширение — печать с максимальным разрешением.

Переходим в программу Sprint Layout 5.0, проверяем рисунок печат-

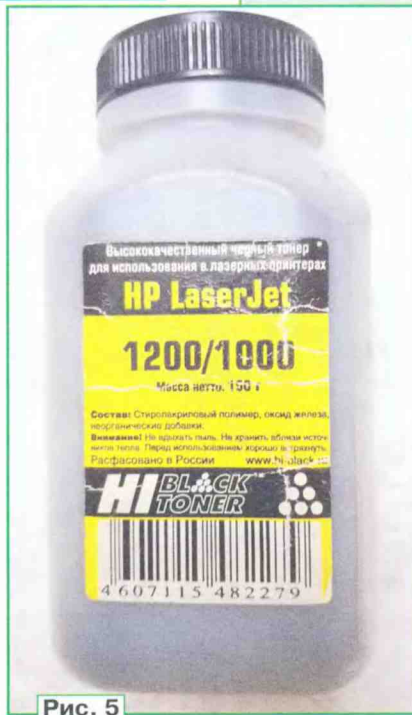


Рис. 5

ной платы, ширину минимальных зазоров между дорожками и контактными площадками, отступы и расположение печатной платы на рабочем поле заготовки. Переключаемся на режим печати. Убираем все надписи и обозначен-

ния. Оставляем только токоведущие дорожки и площадки. Выбираем цвет печати. Лучше выбрать основные цвета — красный, жёлтый, синий, кроме чёрного (чёрные чернила — пигментные). На цветных чернилах очень хорошо контролировать качество покрытия при нанесении тонера.

Возникает вопрос: почему не использовать чёрные пигментные чернила и не запекать их? Такая попытка была сделана один раз, качество печати получилось невысоким, но можно поэкспериментировать, если у кого-то возникнет такое желание.

Перед началом печати берём пять—десять листов бумаги формата А4, а сверху кладем наш лист с заготовкой. Отступ 20 мм с краем фольгированного полиимида должен находиться снизу, а заготовка располагаться в нашу сторону. Вставляем всю пачку бумаги в лоток для её подачи. Включаем печать, захватывается верхний лист с нашей заготовкой. Печать происходит медленно, так как выбран режим с максимальным разрешением. Заготовка после печати изображена на **фото 4**. По окончании печати проверяем качество, если оно нас устраивает, быстро, пока не подсохли чернила, переходим к этапу нанесения тонера (**фото 5**).

Тонер наносим беличьей кисточкой № 8 (покупаем в канцтоварах, она самая мягкая). Обмакиваем кисточку в тонер, постукивая пальцем по ней,



Рис. 7

как бы "припудриваем" рисунок. Затем, слегка касаясь, покрываем заготовку тонером, перемещая кисть в одном направлении: снизу вверх, сверху вниз, слева направо, справа налево, не забывая поворачивать бумажный лист. Продолжаем работать кистью, максимально убираем тонер за края заготовки. Лишний тонер смахивается кистью легко, но потребуются какое-то время. Кисть периодически вытираем о салфетку. Если на пробелах останется много тонера, он может запечься, помешать в этих местах травлению. Рисунок будущей платы, покрытый тонером, показан на **фото 6**.

Далее производим запекание. Применён термофен с индикацией температуры (**фото 7**). Устанавливаем температуру 280...300 °С и с расстояния 3...4 см круговыми движениями в течение не менее 60 с запекаем. Подойдёт термофен от паяльной станции или газовая горелка, но во втором случае контролировать температуру придётся на глаз. Вид рисунка и поверхность проводников будущей печатной платы после запекания показаны на **фото 8**. Температура запекания тонера в вышеуказанной статье приведена 180...200 °С, но в нашем случае она оказалась недостаточной. Сказывается, по всей видимости, разный химический состав чернил фирм HP и CANON. Тем более, что при повышенной температуре запекается не только тонер, но и химические элементы и краситель, входящий в состав чернил, улучшается

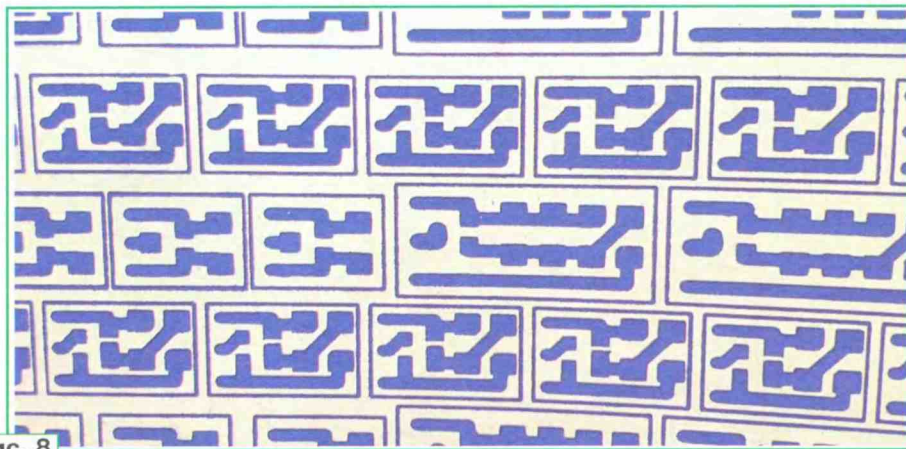


Рис. 8

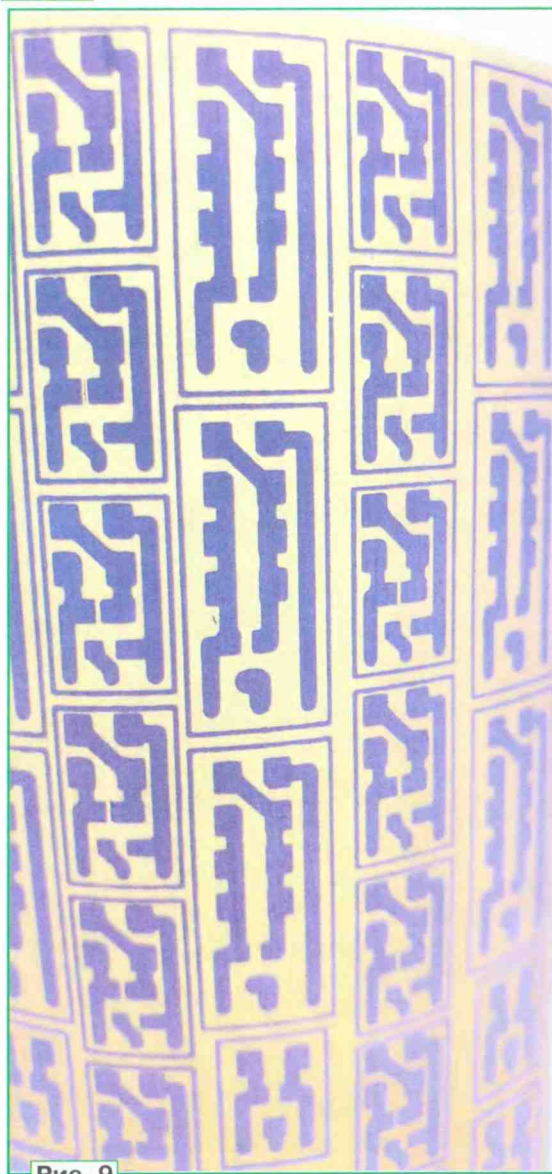


Рис. 9

адгезия защитного покрытия с медью. Если запекание сделано правильно, защитное покрытие при травлении и последующей промывке не должно отслаиваться.

Проверяем качество запекания. Бывает, что дорожки или контактные площадки расположены очень близко, и есть высокая вероятность их замыкания, поэтому прорезаем, увеличивая зазоры, эти места толстой иглой или узкой кромкой миниатюрной отвёртки, незаострённой прямой частью лезвия канцелярского ножа. Но всё-таки лучше все корректировки по увеличению зазоров сделать в программе Sprint Layout 5.0, после пробной печати.

Возникает вопрос, а как же ведёт себя при такой температуре фольгированный полиимид? Ведёт себя прекрасно! Видимых деформаций, потери формы, гибкости, внешнего вида не наблюдалось. Как указано в начале статьи, верхняя температура без потери свойств для каптона равна +400 °С.

Травление осуществлялось хлорным железом. Кристаллы хлорного железа (примерно 150 г) были залиты водой, потом разбавлены таким же количеством воды. Для уменьшения времени травления и ускорения химической реакции раствор подогрет в микроволновой печи в течение 30 с до температуры 50...60 °С. Время травления — примерно 20...25 мин.

Печатная плата после травления изображена на **фото 9**.

Следующий этап — снятие (смывка) защитного покрытия (тонера). Убираем его косметическими ватными дисками, смоченными в растворителе № 646 или № 647.

Печатная плата после смывки защитного покрытия изображена на **фото 10**.

Как видно, медь покрыта окисной плёнкой, поэтому необходима зачистка перед лужением или пайкой. Зачищаем мелкой наждачной бумагой в одном направлении от руки, которой придерживаем плату, переворачиваем на 180 градусов и продолжаем зачистку. Чтобы не деформировать полиимид, нельзя делать возвратно-поступательные движения.

Печатная плата после зачистки изображена на **фото 11**.



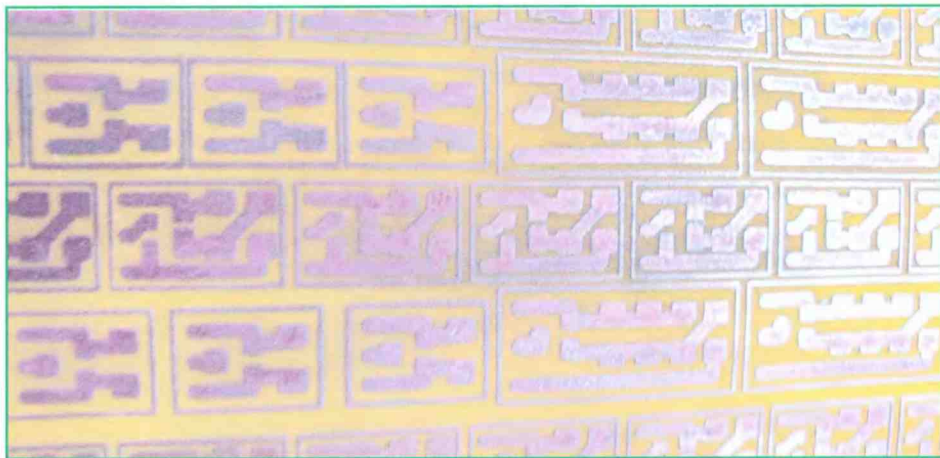


Рис. 10

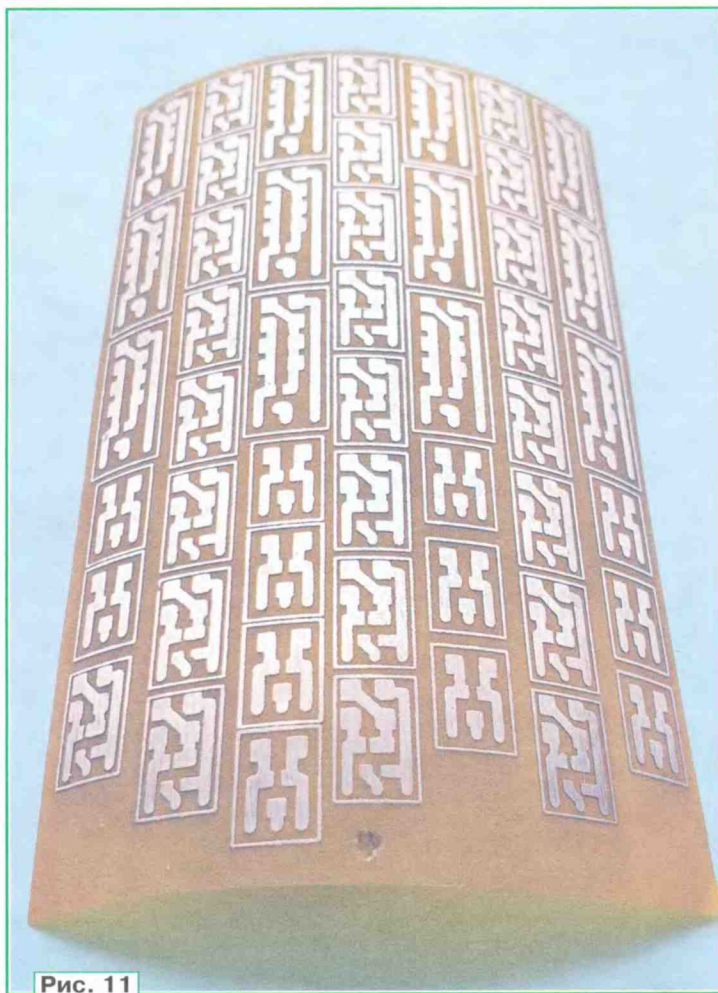


Рис. 11

Полоска печатной платы с припаянными элементами показана на **фото 12**.

Отдельная миниатюрная печатная плата вырезается ножницами по обозначенному контуру. На фотографии видно, что контур очень тонкий и не имеет разрывов, и вполне может выполнять роль токоведущей дорожки, это говорит о том, что описываемый способ позволяет реализовать на

рисунке будущей печатной платы очень тонкие линии.

Печатная плата с поверхностно монтируемыми элементами имеет малую высоту, её можно разместить в малогабаритном радиоэлектронном устройстве, согнуть в цилиндр, куб, треугольник, шар, применять для изготовления игрушек, сувениров, светильников и пр.

Миниатюрная печатная плата не требует жёсткой подложки. Но если печат-

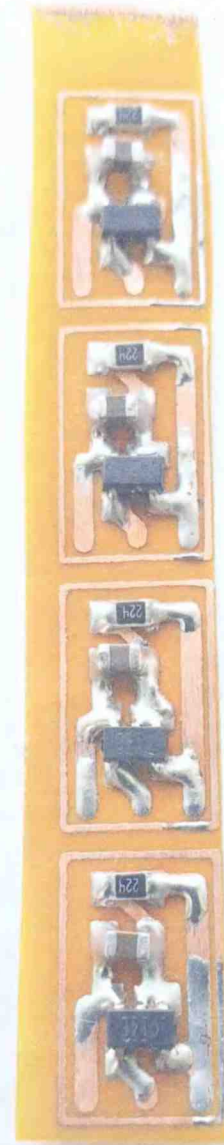


Рис. 12

ная плата изготовлена для крупногабаритных устройств, её фиксируют направляющими или приклеивают вместе с элементами на твёрдую основу — гетинакс, стеклотекстолит, акрил и др. Радиоэлементы можно припаять и после фиксации печатной платы на жёсткой подложке.

И в заключение хочется отметить. Прочность и сцепление медного покрытия с полиимидом просто удивили! Неоднократно приходилось перепаявать элементы для поверхностного монтажа по несколько раз, происходило загибание полиимида вместе с токоведущими дорожками, контактными площадками, ничто не отстало, не отошло. При пайке применялся обыкновенный паяльник мощностью 25 Вт с пониженным питающим напряжением (180 В), диаметр жала — 2 мм, припой ПОС-60 (не низкотемпературный).

## "Музыка Москва 2024"

И

## Light + Audio Tec 2024

Э. ЭЛИНС, г. Москва

19 сентября 2024 г. в Москве завершилась музыкальная выставка "Музыка Москва 2024", проходившая в "Экспоцентре" параллельно с Light + Audio Tec 2024 (ранее — Prolight + Sound NAMM Russia).

"Музыка Москва 2024" занимала два небольших смежных павильона (5.1 и 5.2). Среди экспонатов на выставке были представлены акустические и электрогитары, гитарные педали эффектов, ударные инструменты, в том числе перкуссия, аксессуары для музыкальных инструментов. Можно порадоваться за молодых российских гитаристов, перкуссионистов и барабанистов: на стендах российских, белорусских и китайских компаний им нашлось на чём поиграть, ознакомиться с новинками, пообщаться с другими музыкантами. Посетители также имели возможность принять участие в форуме MuzzLab 6.0, в рамках которого известные музыканты и популярные блогеры делились своим опытом и знаниями.



Гитары, гитарные эффекты и ударные инструменты (стенд компании "Аваллон").



Гитарные педали российского производства на стенде музыкального магазина Stone из Санкт-Петербурга.

В соседнем павильоне, где проходила Light + Audio Tec 2024, помимо разнообразного сценического и студийного оборудования (микшерных пультов, пультов управления светом и т. д.), обнаружались цифровые пианино

и синтезаторы, а также оборудование для диджеев. На улице работал "громкий стенд", где демонстрировались возможности современных систем концертного звукоусиления (линейных массивов). В рамках Light + Audio Tec 2024 проводились технические туры, очные соревнования звукорежиссёров, мастер-классы для художников по свету, семинары и конференции.

# Опыт ремонта ЖК-телевизора Samsung UE42F5000AK

И. ПОДУШКИН, г. Москва

Однажды через 15...20 мин после включения в ЖК-телевизоре Samsung UE42F5000AK исчезли изображение и звук, индикаторный светодиод на лицевой панели не светил. Понятно, что, скорее всего, проблема — в неисправности источника питания телевизора.

Плата источника питания (рис. 2) прикреплена к шасси пятью винтами и соединена с остальными потребителями двумя разъёмами. Маркировка на этой плате — BN44-00609F. Сначала был проверен сетевой плавкий предохранитель на ток 5 А, обозначенный на плате FP801S. Он расположен в верхней

транзисторе QP801CS (60R580P) и ШИМ-контроллере ICP801 (S3050).

При диагностике источников питания в первую очередь проверяют мощные элементы — транзисторы, тиристоры, диоды, микросхемы, затем — остальные полупроводниковые приборы, оксидные конденсаторы и пассивные элементы [3]. Итак — сгорел плавкий предохранитель FP801S. Никаких замыканий по цепям переменного тока до входа сетевого диодного моста BD801S не обнаружено. Зато на его выходе с помощью мультиметра, включённого в режим омметра, было обнаружено близкое к нулю сопротивление — замыкание. Первым под подозрение в неисправности попал диодный мост, но проверка его отдельных диодов показала, что, скорее всего, мост исправен.

Поскольку плавкий предохранитель FP802S не вышел из строя, под подозрением в неисправности оставался ККМ. Проверка транзистора QP801CS показала, что между всеми его выводами замыкание — близкое к нулю сопротивление.

Диодный мост BD801S, диод DP808C и транзистор QP801CS установлены на одном теплоотводе с применением, скорее всего, теплопроводящего клея. Поскольку корпус всех этих полупроводниковых приборов пластмассовые, они закреплены на теплоотводе без изолирующих прокладок. Сам теплоотвод впаян в плату и через дроссель VP801 соединён с минусовым выводом конденсатора CP814S. Чтобы заменить транзистор QP801CS, пришлось выпаять выводы вышеуказанных полупроводниковых приборов, а затем и весь теплоотвод с применением оловоотсоса.

Возникает вопрос, а почему транзистор вышел из строя? Высокое напряжение? Но максимальное напряжение сток—исток этого транзистора — 600 В. Большой ток? Но максимальный ток стока — 8 А [4]. Анализируя схему, можно сделать вывод, что, скорее всего, ни напряжение больше 600 В, ни ток больше 8 А не могли воздействовать на этот транзистор. Им просто неоткуда взяться. Скорее всего, транзистор вышел из строя вследствие перегрева. Транзистор, предположительно, как было указано выше, был приклеен к теплоотводу теплопроводящим клеем. Когда вышедший из строя транзистор был отсоединён от теплоотвода, что потребовало некоторых усилий, выяснилось, что слой теплопроводящего клея неоднородный. Возможно, это увеличило тепловое сопротивление между корпусом транзистора и теплоотводом, что в конце концов и привело к перегреву транзистора.

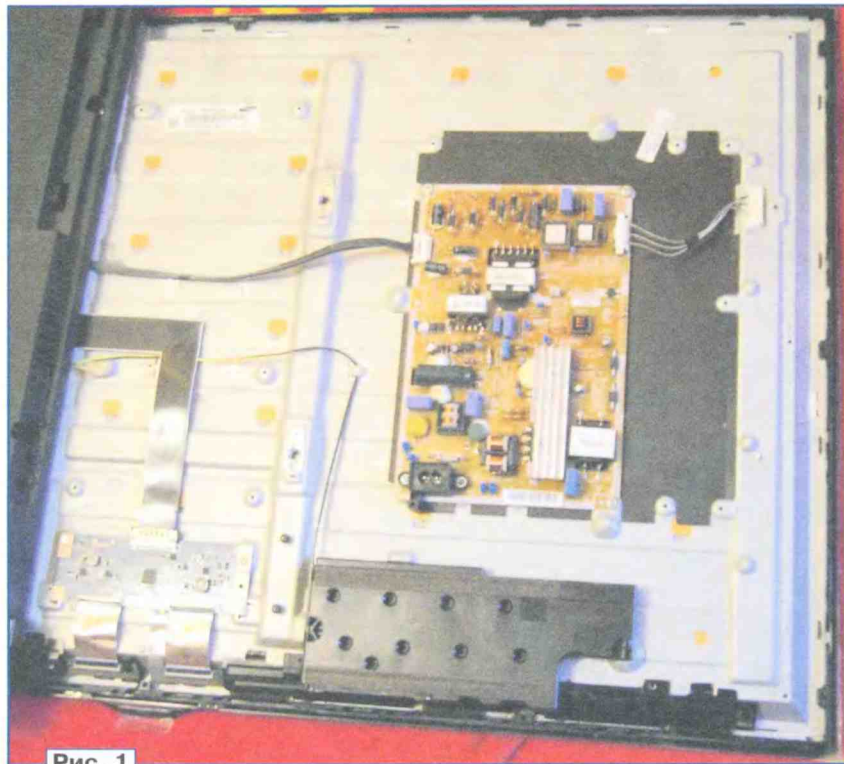


Рис. 1

Чтобы "добраться" до источника питания, телевизор размещают на мягкой ровной поверхности экраном вниз. Для того чтобы снять заднюю панель телевизора, необходимо снять подставку, отвинтив четыре крепящих её винта-самореза. Задняя панель прикреплена четырнадцатью винтами-саморезами и четырьмя винтами. После их отвинчивания аккуратно приподнимают заднюю панель. Соблюдайте осторожность, дело в том, что на задней панели закреплены два коротких жгута (шлейфа) длиной всего 10...15 см. Если сильно потянуть вверх, эти жгуты (шлейфы) могут оборваться или можно испортить разъёмы, которыми эти жгуты (шлейфы) соединяются с платами.

Плата источника питания находится в правой части (со стороны задней панели) телевизора, поэтому заднюю панель можно немного приподнять и развернуть на 90 градусов, тем самым обеспечив к ней доступ (рис. 1).

части платы рядом с сетевым разъёмом. Выяснилось, что он перегорел. Стало ясно, что на плате питания в каких-то цепях произошла авария, возможно, короткое замыкание.

Поскольку найти схему именно этой платы питания не удалось, чтобы разобраться, пришлось разрисовать схему её входных цепей. Фрагмент схемы показан на рис. 3. Позиционные обозначения элементов соответствуют имеющимся на плате. Источник питания собран на плате из фольгированного с одной стороны стеклотекстолита, на которой размещены элементы для поверхностного монтажа, на противоположной — выводные детали.

Отличительная особенность этого источника питания — наличие корректора коэффициента мощности (ККМ) [1, 2], который включён между выходом диодного моста BD801S и накопительным конденсатором CP814S. Он собран на мощном полевом n-канальном

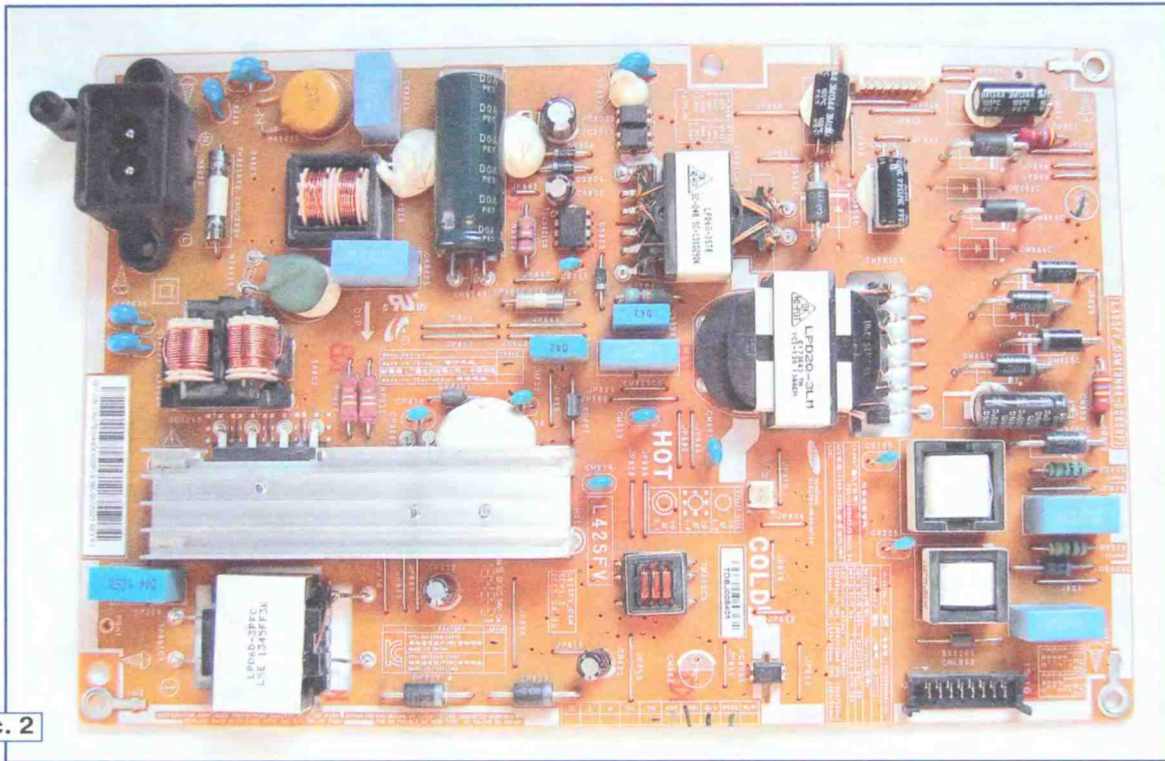


Рис. 2

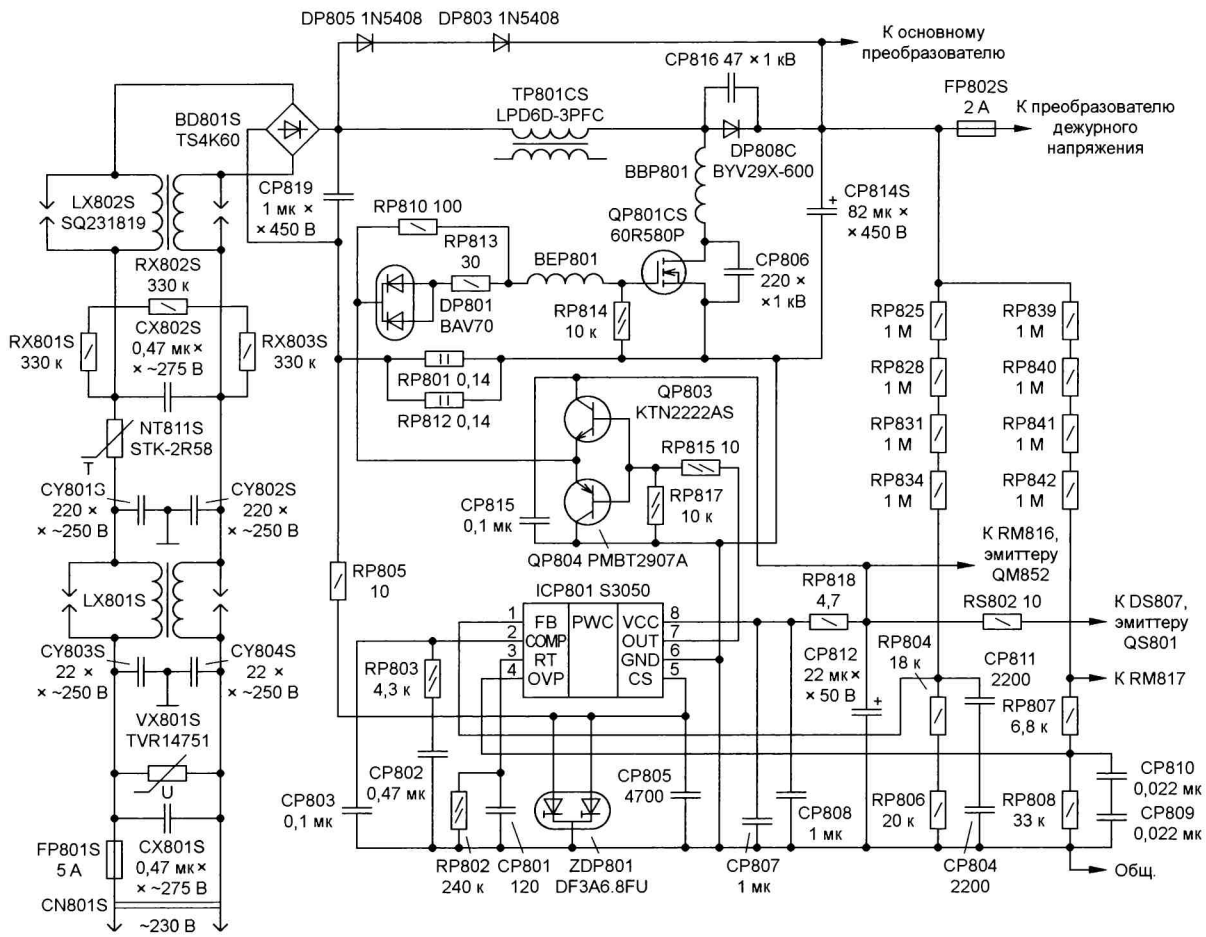


Рис. 3

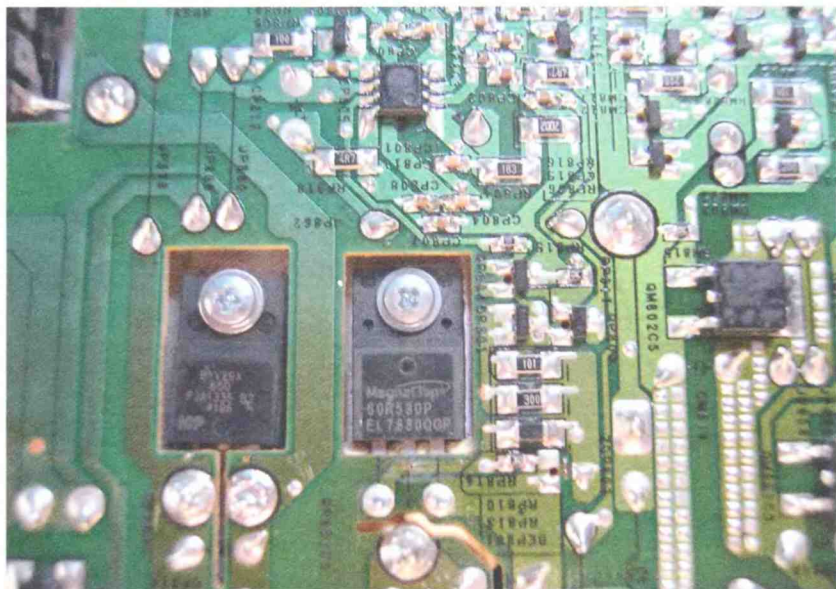


Рис. 4

Мультиметром в режиме тестера р-п-переходов были проверены транзисторы QP803, QP804. Они оказались исправными. На всякий случай, с помощью приставки к мультиметру [5] было измерено эквивалентное последовательное сопротивление конденсаторов CP814S и CP812. Оно оказалось меньше 0,1 Ома. Тогда остаётся ШИМ-контроллер ICP801. Подозрение также вызывал корпус микросхемы, на нём было видно пятно, похоже, от локального перегрева, и была практически неразборчива маркировка (рис. 4). Микросхема S3050 (ICP801) в корпусе SO8 видна в верхней части фотографии. Прозвонка омметром выводов этой микросхемы друг относительно друга короткого замыкания не выявила. Для проверки ШИМ-контроллера при выпаянном транзисторе QP801CS в точку соединения резисторов RP818 и RS802 от регулируемого блока питания было подано напряжение 2,4 В и зафиксирован ток

230 мА. А при подаче этого напряжения непосредственно на вывод 8 микросхемы ток превысил 400 мА. В результате был сделан вывод, что ШИМ-контроллер неисправен.

Можно высказать предположение, что, возможно, в результате перегрева потребляемый микросхемой ICP801 ток увеличился, что привело к "просаживанию" напряжения её питания. От этого же напряжения получает питание буферный каскад на транзисторах QP803, QP804. Пониженное напряжение, снимаемое с эмиттеров этих транзисторов, видимо, привело к неполному открыванию полевого транзистора QP801CS. В результате падение напряжения на нём и, соответственно, выделяемая мощность возросли, что и привело его к перегреву и к выходу из строя. Похожая ситуация была описана в [6]. А вот из-за чего перегрелась и вышла из строя микросхема ICP801 — этот вопрос остался без ответа.

Если предположить, как это было сделано выше, что полевой транзистор вышел из строя вследствие увеличения теплового сопротивления корпуса — теплоотвод и перегрева, а микросхема — вследствие работы на короткое замыкание, поскольку затвор и исток транзистора оказались замкнуты, тогда, возможно, вышел бы из строя транзистор QP803. Но это могло бы произойти в случае замыкания резистора RP810. А поскольку сопротивление резистора — 100 Ом и транзистор QP803 в норме, такой сценарий невозможен.

После замены плавкого предохранителя FP801S, полевого транзистора QP801CS с размещением его на теплоотводе с использованием теплопроводящей пасты КПТ-8 и микросхемы ICP801 на плату питания было подано сетевое напряжение и измерено напряжение на накопительном конденсаторе CP814S. Оно оказалось равно 392 В, что указывало на то, что ККМ исправен [1, 2]. Если бы ККМ был неисправен, напряжение на этом конденсаторе было бы на уровне 310...320 В.

После установки и подключения платы питания работоспособность ЖК-телевизора Samsung была восстановлена.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Зачем нужна коррекция коэффициента мощности? — Радио, 2006, № 1, с. 30, 31.
2. Косенко С. Корректор коэффициента мощности. — Радио, 2006, № 1, с. 31—33; № 2, с. 28—30.
3. Волчков С. Стратегия ремонта. — Радио, 2012, № 3, с. 28—31.
4. MMF60R580P, транзистор полевой, n-канал,  $I_d=8A$ ,  $V_{ds}=600V$ ,  $V_{gs(th)}=2...4B$ ,  $R_{ds(on)}=580\text{ мОм}$  [TO-220F]. — URL: <https://www.chipdip.ru/product/mmf60r580p-iscsemi?ysclid=m1xr0xrioc925641159> (06.10.24).
5. Глибин С. Измеритель ЭПС — приставка к мультиметру. — Радио, 2011, № 8, с. 19, 20.
6. Подушкин И. Устранение неисправности плазменного телевизора LG. — Радио, 2012, № 5, с. 15, 16.

## Случай ремонта беспроводной компьютерной мыши

А. ПАНЬШИН, г. Москва

Беспроводные компьютерные мыши ценового диапазона 200...500 руб., работающие от одного гальванического элемента типоразмера AA, не отличаются высокой надёжностью и имеют плохую ремонтопригодность. Одной из причин этого является то, что в большинстве случаев полупроводниковые

элементы на платах не имеют маркировки или выполнены в виде "чёрной таблетки", что затрудняет их замену.

В статье описан случай ремонта, когда причиной отказа был выход из строя дискретного элемента на плате компьютерной мыши марки Smartbuy. Эта мышь перестала работать, вставляемые

в неё элементы питания быстро разряжались и заметно нагревались. Был измерен ток, потребляемый мышью, он превышал 100 мА. Мышь была разобрана (рис. 1), и анализ показал, что эта неисправность была вызвана отказом повышающего импульсного преобразователя напряжения 1,5/3,3 В, схема

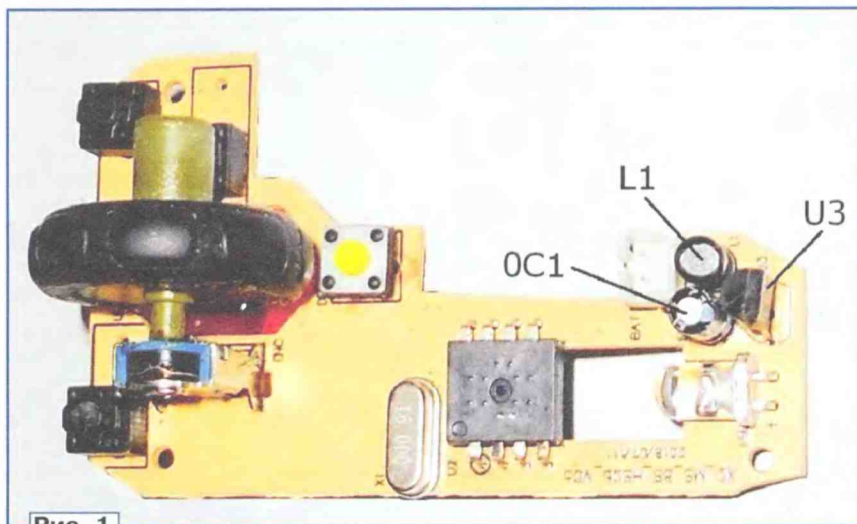


Рис. 1

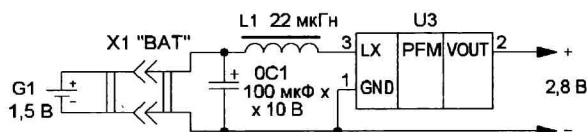


Рис. 2

которого составлена в соответствии с платой и показана на рис. 2. Все обо-

значения приведены в соответствии с указанными на плате.

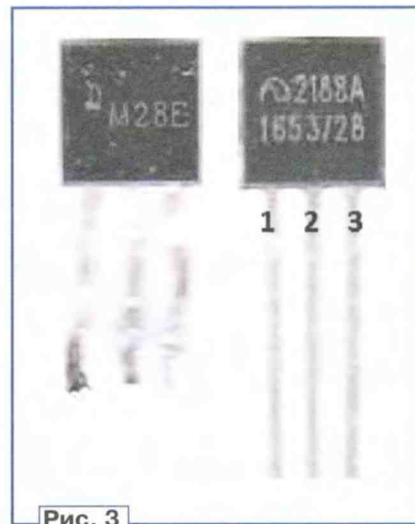


Рис. 3

В преобразователе оказалась несправной микросхема с маркировкой M28E в корпусе TO-92. Взамен этой микросхемы была установлена микросхема ME2188A28TG (рис. 3) — (ME2188. High Efficiency, synchronous PFM step-up DC-DC converter. — URL: <https://goo.su/LfOB> (05.10.24)).

После ремонта мышь работает больше года. Щелочного элемента питания типоразмера AA хватает на 3-4 месяца интенсивной работы. ■

## Доработка миллиомметра на базе мультиметра

А. СТАРОВЕРОВ, г. Вологда

В [1] было опубликовано описание конструкции миллиомметра, особенностью которого является пониженное потребление тока от источника питания при большом измерительном токе. Доработка этого устройства позволила ещё уменьшить потребляемый ток во всех режимах, а также минимальное напряжение питания без ухудшения остальных параметров.

### Основные технические параметры

Напряжение питания, В	.....6,5...15
Ток потребления, мА, не более	
в дежурном режиме	.....2
на пределе 20 Ом	.....4
на пределе 2 Ом	.....20
Измерительный ток, мА	
на пределе 20 Ом	.....10
на пределе 2 Ом	.....100

Погрешность измерения, %, не более .....2

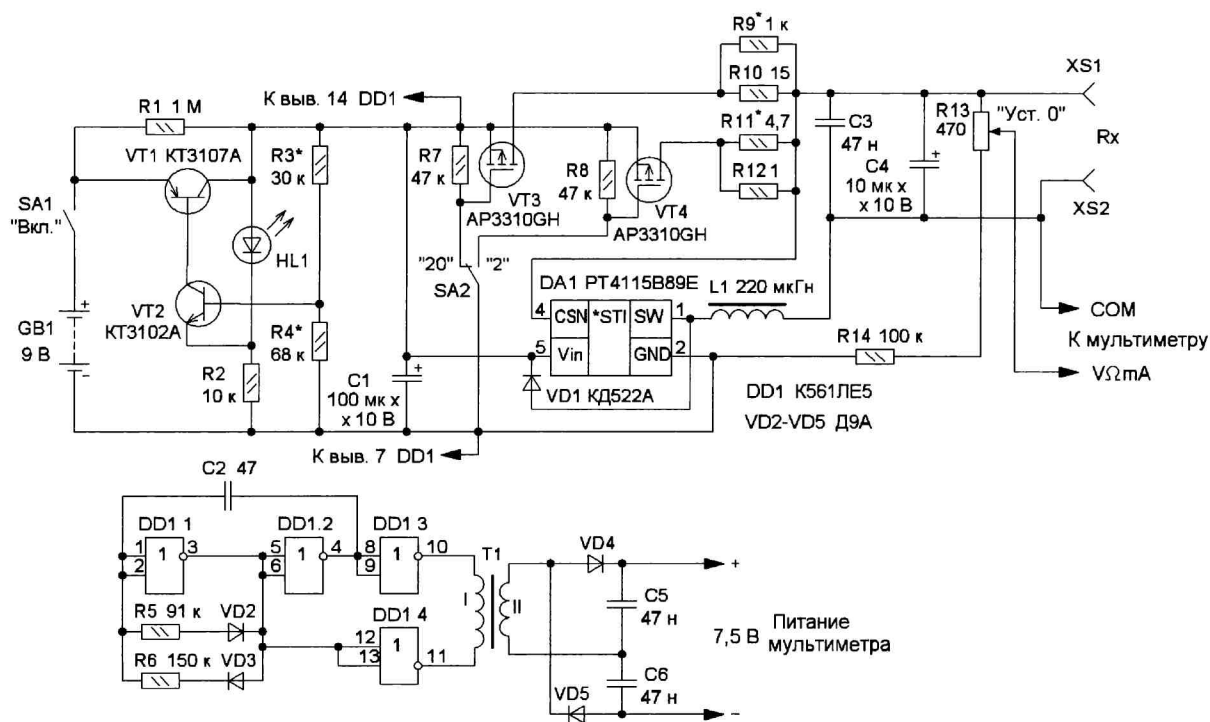
Схема доработанного устройства представлена на рисунке. По сравнению с прототипом в [1] узел питания вместо интегрального стабилизатора построен на дискретных элементах VT1, VT2, HL1, R1—R4, C1 [2]. Резистор R1 добавлен для устойчивого запуска стабилизатора. Такой подход позволил уменьшить собственное потребление стабилизатора с 2 мА до 0,5 мА и уменьшить минимальное входное напряжение с 7,5 В до 6,5 В.

Микромощный импульсный преобразователь напряжения для питания мультиметра построен на микросхеме DD1 и элементах VD2—VD5, C2, C5, C6, T1. Частота генерации — около 80 кГц, выходное напряжение — 7,5 В, выходной ток — 0,4 мА, ток потребления — около 1 мА (против 3 мА у предыдущего

варианта). Применение удвоителя напряжения позволило уменьшить число витков вторичной обмотки примерно в два раза.

Замена дросселя L1 с активным сопротивлением 3 Ом на аналогичный с активным сопротивлением 0,5 Ом уменьшила потребляемый ток на пределе 2 Ом с 30 мА до 20 мА.

Микросхему K561ЛЕ5 можно заменить аналогичной с четырьмя элементами ИЛИ-НЕ, изготовленную по КМОП-технологии. Заменять её микросхемой с логическими элементами И-НЕ, например K561ЛА7, не рекомендуется из-за неустойчивого запуска генератора. Транзисторы VT1 и VT2 должны быть с коэффициентом передачи тока не менее 200. Светодиод с номинальным напряжением около 2,5 В взят из светодиодной лампы. Он может быть заменён одним или несколькими светодиодами с суммарным напряжением 2,5...4 В. Диоды Д9А можно заменить любыми высокочастотными или импульсными маломощными германиевыми. При использовании вместо них кремниевых диодов увеличится потребляемый устройством ток. Также потребуется увеличение на 5—10 % числа витков вторичной обмотки трансформатора T1. Конденсаторы C3, C5, C6 — керамические или плёночные. Первичная обмотка трансформатора содержит



60 витков провода ПЭЛШО, намотанных на двух склеенных вместе ферритовых кольцевых магнитопроводах размерами 10×6×5 мм от КЛЛ. Вторичная обмотка содержит 40 витков такого же провода. Описание и замена остальных элементов уже рассмотрены в [1].

Налаживание устройства следует начинать с узла питания. Вместо резисторов R3, R4 надо установить переменный резистор номиналом 100 кОм, соединив вывод движка с базой транзис-

тора VT2. Затем, переведя переключатель SA2 в положение "2" и подключив к измерительным выводам резистор сопротивлением 1...2 Ом, переменным резистором устанавливают напряжение на выходе стабилизатора 6 В и затем заменяют переменный резистор двумя постоянными, подбирая их как можно точнее.

Налаживание микромощного преобразователя сводится к подборке резисторов R5 и R6 таким образом, чтобы на выходах элементов DD1.3 и DD1.4

был меандр, а частота соответствовала указанной выше.

Заключительный этап наладки — подборка резисторов R9 и R11, он подробно рассмотрен в [1].

#### ЛИТЕРАТУРА

1. **Староверов А.** Миллиомметр на базе мультиметра. — Радио, 2023, № 6, с. 30, 31.
2. **Назаров С.** Улучшение транзисторных стабилизаторов. — Радио, 1970, № 7, с. 43, 44.

## Амплитудный модулятор для генератора ЗЧ

И. НЕЧАЕВ, г. Москва

Читателя нашего журнала заинтересовала конструкция [1], на основе которой он захотел сделать лабораторный генератор ЗЧ. При этом ему был необходим режим амплитудной модуляции (АМ) выходного сигнала частотой 400...1000 Гц модулирующим сигналом частотой до 20 Гц. Реализовать такой режим в генераторе [1], в принципе, можно, поскольку он собран на микросхеме УЗЧ серии TDA7052 [2]. Особен-

ностью этой микросхемы является возможность электронной регулировки усиления в интервале от -60 дБ до +30 дБ. Для этого на вход VC (вывод 4) необходимо подавать постоянное напряжение в интервале +0,4...1,2 В. Зависимость усиления от управляющего напряжения из [2] показана на рис. 1. Если на этот вход, наряду с постоянным напряжением, подать переменное напряжение модулирую-

щего сигнала, усиление будет изменяться в такт с этим напряжением, т. е. будет реализована АМ. Взамен подачи на этот вход постоянного напряжения регулировку усиления можно реализовать с помощью переменного резистора, включенного между этим входом и общим проводом.

В генераторе [1] этот вход использован в системе автоматического регулирования выходного напряжения для поддержания его стабильности. Поэтому введение режима АМ требует изменений в схеме. Чтобы не делать этого, можно изготовить отдельный узел — модулятор на микросхеме серии TDA7052. Такой модулятор можно использовать совместно с другими генераторами ЗЧ. Схема модулятора показана на рис. 2. Основной сигнал (несущий) подают на "Вход" модулятора, а модулирующий — на вход "Модуляция".

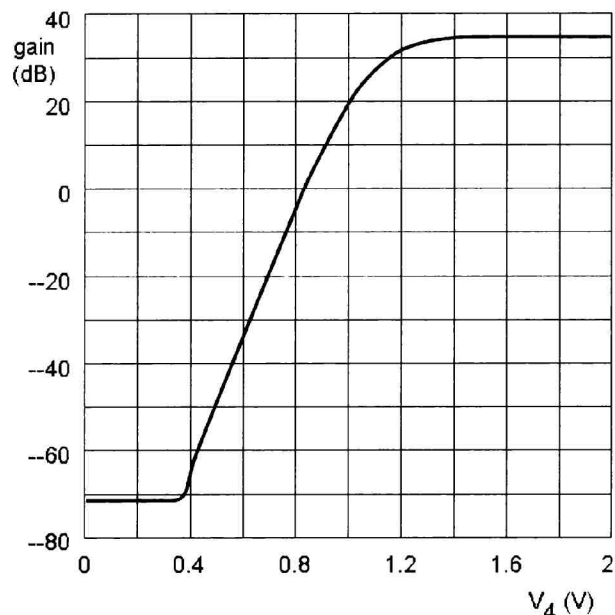


Рис. 1

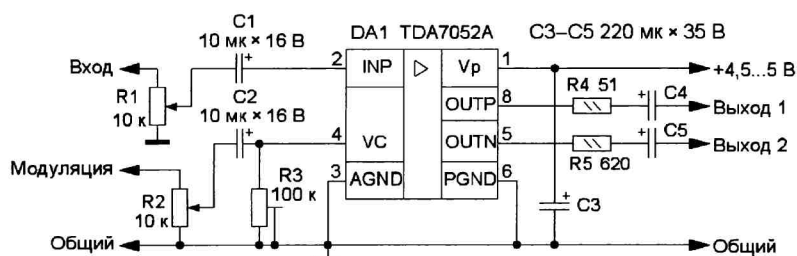


Рис. 2

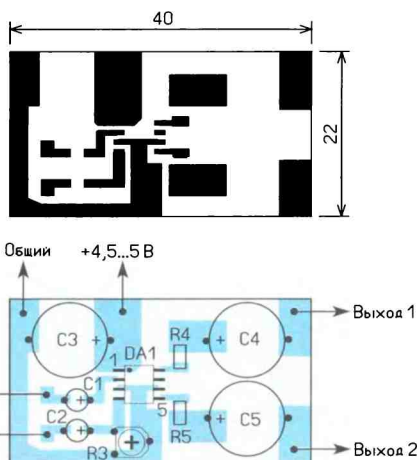


Рис. 3

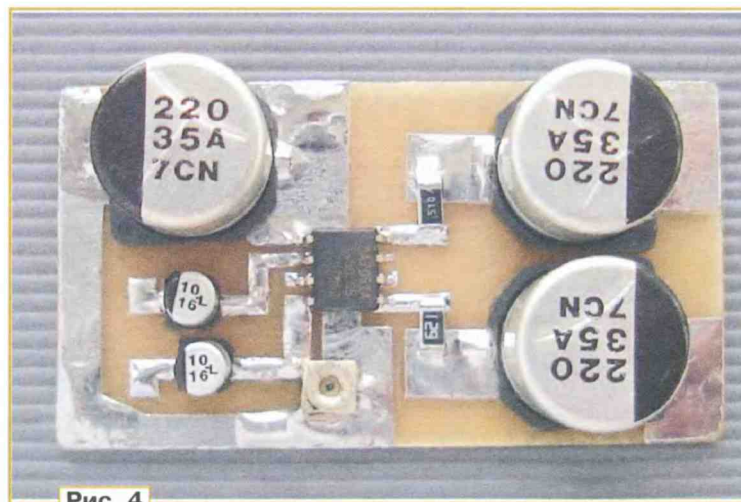


Рис. 4

Подстроечным резистором R3 устанавливают коэффициент усиления на

линейном участке регулировочной зависимости. Для регулировки напряжения сигналов служат переменные резисторы R1 и R2. Поскольку микросхема TDA7052 имеет два канала, в модуляторе реализованы два выхода. Один выход — с выходным сопротивлением около 50 Ом, второй — около 600 Ом. Если необходим выход с сопротивлением не более 1 Ом, вместо резистора R4 или R5 надо установить проволочную перемычку.

Все детали, кроме переменных резисторов, смонтированы на односторонней печатной плате. На рис. 3 показан чертёж печатной платы при использовании деталей для поверхностного монтажа, микросхема — в корпусе SO8, постоянные резисторы — типоразмера 1206 или 0805, подстроечный резистор — PVA3A (RVG3A), конденсаторы — оксидные для поверхностного монтажа фирмы Jamicon или аналогичные. Смонтированная плата этого варианта показана на рис. 4. Номинальные напряжения конденсаторов могут быть в интервале 10...25 В.

При использовании выводных элементов, например микросхемы в корпусе DIP8, постоянных резисторов МЛТ, С2-23 или импортных, подстроечного резистора СПЗ-19, конденсаторов К50-35 или импортных, подойдёт печатная плата, чертёж которой показан на рис. 5.

Основной параметр АМ — коэффициент амплитудной модуляции, который можно определить по формуле  $K = (U_{\max} - U_{\min}) / (U_{\max} + U_{\min})$ , где  $U_{\max}$  — максимальная амплитуда выходного сигнала,  $U_{\min}$  — минимальная амплитуда выходного сигнала. Этот коэффициент безразмерный. На рис. 6 и рис. 7 показан выходной сигнал модулятора при входном несущем сигнале напряжением  $U_{\text{нес}} = 500$  мВ частотой  $F_{\text{нес}} = 580$  Гц и модулирующем сигнале  $U_{\text{мод}} = 66$  мВ частотой  $F_{\text{мод}} = 12$  Гц. Постоянное напряжение на резисторе R3 — 0,86 В.

На рис. 8 и рис. 9 показан выходной сигнал модулятора при входном несущем сигнале напряжением



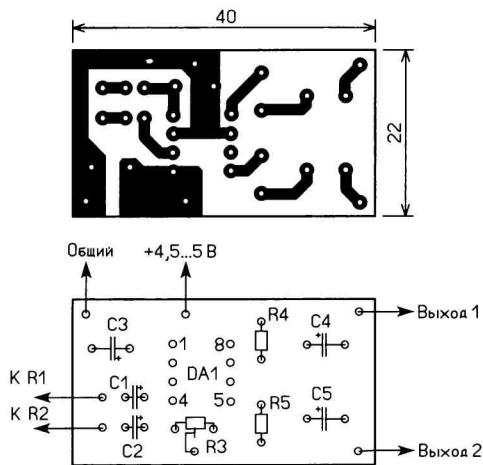


Рис. 5

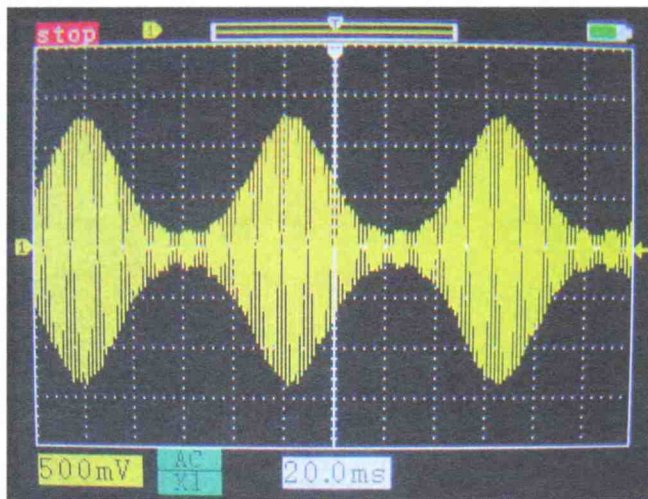


Рис. 6

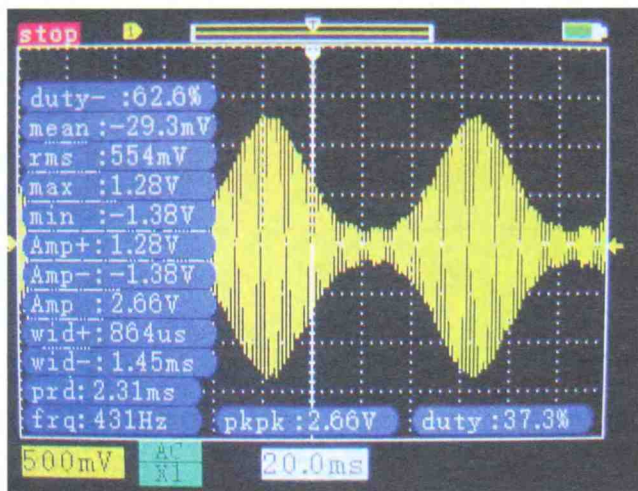


Рис. 7

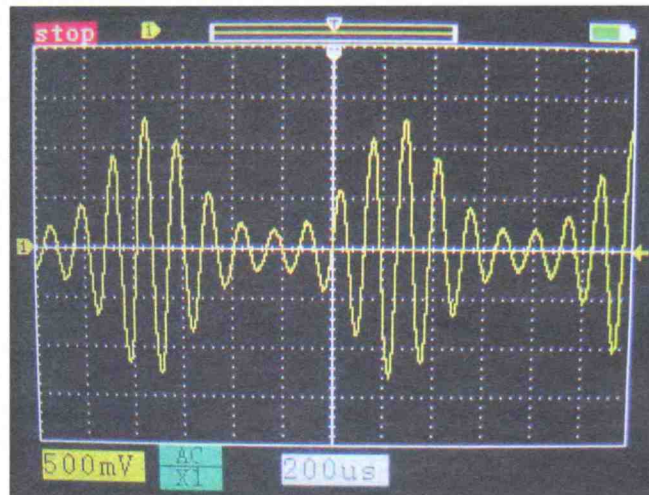


Рис. 8

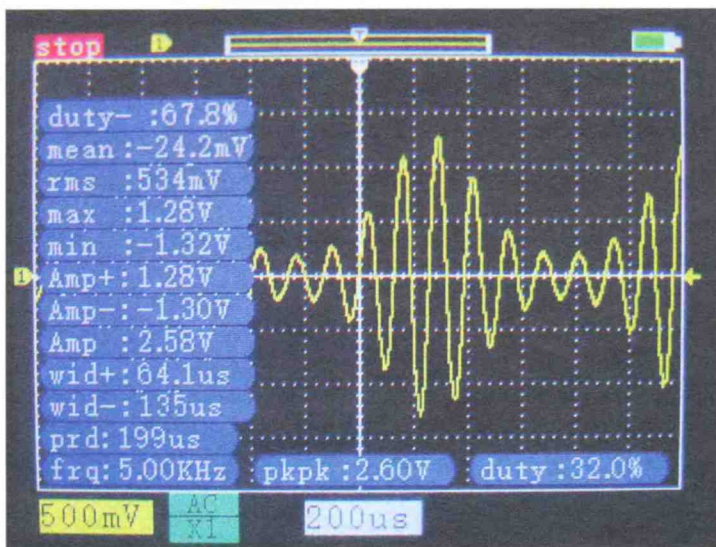


Рис. 9

$U_{\text{нес}} = 480 \text{ мВ}$  частотой  $F_{\text{нес}} = 5,8 \text{ кГц}$  и модулирующем сигнале  $U_{\text{мод}} = 42 \text{ мВ}$  частотой  $F_{\text{мод}} = 1 \text{ кГц}$ . Постоянное напряжение на резисторе R3 —  $0,86 \text{ В}$ .

Обратите внимание, что на рис. 7 и рис. 9 частоты, указанные на осциллограммах, отличаются от входных, поскольку осциллограф проводит измерение на каком-то уровне и при большой глубине часть сигнала "пропадает".

## ЛИТЕРАТУРА

1. **Нечаев И.** Пробник-генератор ЗЧ для проверки акустических излучателей. — Радио, 2009, № 1, с. 19, 20.
2. TDA7052A/AT. — URL: <https://goo.su/HYt98> (16.09.24).

От редакции. Чертежи печатных плат находятся по адресу <http://ftp.radio.ru/pub/2024/11/mod.zip> на нашем FTP-сервере.

## Доработка многофункционального измерителя RLC

А. ДЫМОВ, г. Оренбург

Прошло достаточно времени с момента публикации моей статьи "Многофункциональный измеритель RLC" в "Радио" № 6 за 2021 г. на с. 25—30 и в № 7, с. 24—34, чтобы сделать выводы о недостатках, неудобствах и информационных излишествах. Были попытки аппаратной модернизации отдельных узлов, которые, однако, не привели к улучшению параметров. После чего было проведено усовершенствование программы, так как некоторые воз-

ражения. В режиме измерения сопротивления теперь отображаемая информация выглядит так, как показано на **рис. 1**. В верхней строке отображается значение измеряемого сопротивления и очень для меня удобная информация отклонения сопротивления из ряда E24, которая определяется автоматически. Этот ряд хранится в программной памяти, представленный числами: 10, 11, 12, 13, 15, 16, 18, 20, 22, 24, 27, 30, 33, 36, 39, 43, 47, 51, 56, 62, 68, 75, 82,

В режиме измерения ёмкости неполярных конденсаторов отображаемая информация выглядит как показано на **рис. 3**. В верхней строке отображается значение измеренной ёмкости, определённый ряд E24 и отклонение ёмкости от этого ряда в процентах. В нижней строке отображается частота измерения ёмкости и потери в конденсаторе на этой частоте в процентах.

В режиме измерения индуктивности отображаемая информация выглядит,

R=750,3 Ом 75>+00,04 %  
G=1,332 мСм F=22570 Гц

Рис. 1

C=21,23 нФ 22>-03,50 %  
F=080785 Гц tgδ=03,719 %

Рис. 3

C=226,3 мкФ ESR=0,9470 Ом  
F=0014,1 Гц tgδ=01,911 %

Рис. 2

L=1,032 мГн Q=02166,4  
F=046837 Гц R=0000,12 Ом

Рис. 4

можности оказались излишними, а некоторые не используются.

Так, поиск нужного измеренного параметра, который необходимо было осуществлять нажатием на кнопки, оказался неудобным. При этом возможности индикатора, используемого для отображения измеренных параметров, использованы не полностью. Поэтому была проведена коррекция программы, при этом некоторые параметры были упразднены, а некоторые добавлены и отображаются полностью в выбранном режиме, включая поиск с помощью кнопок.

Далее приводятся пояснения к изменениям в отображаемой информа-

ции. В режиме измерения сопротивления и отклонение сопротивления в процентах от ряда. В нижней строке отображается значение проводимости, и частота, на которой производится измерение.

В режиме измерения ёмкости полярных конденсаторов отображаемая информация выглядит, как показано на **рис. 2**. В верхней строке отображается значение измеренной ёмкости конденсатора и его ESR. В нижней строке отображается измеряемая частота и потери в конденсаторе на этой частоте в процентах от ESR.

как показано на **рис. 4**. В верхней строке отображается значение измеренной индуктивности и её добротность на частоте измерения. В нижней строке отображается частота измерения и значение активного сопротивления индуктивности.

В режимах калибровок режимов измерения всё осталось без изменений.

От редакции. Файлы для программирования микроконтроллера находятся по адресу <http://ftp.radio.ru/pub/2024/11/rlc-2.zip> на нашем FTP-сервере.

## Устройство плавного пуска электроинструмента

К. МОРОЗ, г. Надым, ЯНАО

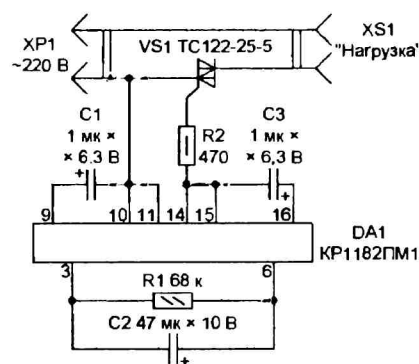
*По просьбам читателей журнала мы возобновили рубрику "Ретро".*

*В отличие от предыдущих публикаций, сегодня мы сделали тематическую подборку статей, опубликованных в журнале "Радио" в разные годы, в которых описаны устройства плавного пуска электродвигателей различных типов и тиристорные регуляторы напряжения. Дело в том, что современные электроинструменты — ручные дрели, пилы и т. д. — весьма мощные и обладают большим пусковым моментом. Во время запуска это может привести к тому, что, например, сверло "уйдет" с накерненного места, и отверстие получится не совсем там, где было намечено. Или при отпиливании заготовки платы от листа фольгированного стеклотекстолита начальный распил может оказаться рядом с отмеченным местом.*

*Мы надеемся, что подобные тематические подборки сократят время читателей журнала на поиск информации по интересующей их тематике.*

Случающиеся иногда отказы ручного электроинструмента — шлифовальных машин, электрических дрелей и лобзиков — зачастую бывают связаны с их большим пусковым током и значительными динамическими нагрузками на детали редукторов, возникающими при резком пуске двигателя.

Устройство плавного пуска коллекторного электродвигателя, описанное в [1], сложно по схеме, в нем имеется несколько прецизионных резисторов и оно требует кропотливого налаживания. Применив микросхему фазового



регулятора KP1182PM1 [2], удалось изготовить значительно более простое устройство аналогичного назначения, не требующее налаживания. К нему можно без всякой доработки подключать любой ручной электроинструмент, питающийся от однофазной сети 220 В, 50 Гц. Пуск и остановка двигателя производятся выключателем электроинструмента, причем в его выключенном состоянии устройство ток не потребляет и может неограниченное время оставаться подключенным к сети.

Схема предлагаемого устройства изображена на рисунке. Вилку XP1 включают в сетевую розетку, а в розетку XS1 вставляют сетевую вилку электроинструмента. Можно установить и соединить параллельно несколько розеток для инструментов, работающих поочередно.

При замыкании цепи двигателя электроинструмента его собственным выключателем на фазовый регулятор DA1 поступает напряжение. Начинается зарядка конденсатора C2, напряжение на нем постепенно увеличивается. В результате задержка включения внутренних тиристорных регулятора, а с ними и симистора VS1 в каждом последующем полупериоде сетевого напряжения уменьшается, что приводит к плавному нарастанию протекающего через двигатель тока

и, как следствие, увеличению его оборотов. При указанной на схеме емкости конденсатора C2 разгон электродвигателя до максимальных оборотов занимает 2...2,5 с, что практически не создает задержки в работе, но полностью исключает тепловые и динамические удары в механизме инструмента.

После выключения двигателя конденсатор C2 разряжается через резистор R1, и через 2...3 с все готово к повторному запуску. Заменяв постоянный резистор R1 переменным, можно плавно регулировать отдаваемую в нагрузку мощность. Она снижается с уменьшением сопротивления.

Резистор R2 ограничивает ток управляющего электрода симистора, а конденсаторы C1 и C3 — элементы типовой схемы включения фазового регулятора DA1.

Все резисторы и конденсаторы припаяны непосредственно к выводам микросхемы DA1. Вместе с ними она помещена в алюминиевый корпус от стартера люминесцентной лампы и залита эпоксидным компаундом. Наружу выведены лишь два провода, подключаемые к выводам симистора. Перед заливкой в нижней части корпуса просверлено отверстие, в которое вставлен резьбой наружу винт М3. Этим винтом узел закреплен на теплоотводе симистора VS1 площадью 100 см<sup>2</sup>. Такая конструкция показала себя достаточно надежной при эксплуатации в условиях повышенной влажности и запыленности.

Какого-либо налаживания устройство не требует. Симистор можно использовать любой, класса по напряжению не менее 4 (то есть с максимальным рабочим напряжением не менее 400 В) и с максимальным током 25...50 А. Благодаря плавному старту двигателя пусковой ток не превышает номинального. Запас необходим лишь на случай заклинивания инструмента.

Устройство испытано с электроинструментами мощностью до 2,2 кВт. Так как регулятор DA1 обеспечивает протекание тока в цепи управляющего электрода симистора VS1 в течение всей активной части полупериода, нет ограничения на минимальную мощность нагрузки. Автор подключал к изготовленному устройству даже электродрель "Харьков".

### ЛИТЕРАТУРА

1. Бирюков С. Автомат плавного пуска коллекторных электродвигателей. — Радио, 1997, № 8, с. 40—42.
2. Немич А. Микросхема KP1182PM1 — фазовый регулятор мощности. — Радио, 1999, № 7, с. 44—46.

# АВТОМАТ ПЛАВНОГО ПУСКА КОЛЛЕКТОРНЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

С. БИРЮКОВ, г. Москва

*Тот, кто имел дело с мощным коллекторным электродвигателем, замечал, как резко пригасали осветительные лампы накаливания в момент пуска двигателя. Однако большой пусковой ток вреден не столько миганием ламп, сколько возможным разрушением коллектора самого двигателя и редуктора электроинструмента из-за теплового и динамического удара. Автор публикуемой статьи предлагает устройство, обеспечивающее плавное увеличение тока в двигателе. Оно, кроме того, "по совместительству" выполняет функцию регулятора мощности нагрузки и электронного предохранителя, исключая порчу инструмента при большой перегрузке или его заклинивании.*

В "Радио" описано много различных устройств плавного включения электроламп, но для пуска электродвигателей они мало подходят, поскольку включают со стороны сети и, следовательно, исключается возможность использования выключателя самого электроинструмента. По той же причине неудобно пользоваться устройством, описанным, например, в [1].

Схема предлагаемого автомата приведена на рис. 1. Пуск его осуществляется выключателем электроинструмента без какой-либо его доработки. Основной устройством послужил симисторный регулятор с фазоимпульсным управлением, описанный в [2]. Диоды VD1 и VD2, стабилитрон VD3, конденсаторы C1, C2 и резистор R1 образуют источник питания устройства напряжением около 10 В, а транзисторы VT1, VT2 и резисторы R2 – R4 – формирователь коротких импульсов низкого уровня, соответствующих моменту прохождения сетевого напряжения через "нуль". Конденсаторы C3 – C5 – блокировочные в цепях питания микросхем.

При положительной пополюсности напряжения на верхнем (по схеме) сетевом проводе транзистор VT1, включенный по схеме с общим эмиттером, открыт и насыщен – напряжение на его коллекторе близко к эмиттерному. Транзистор VT2, включенный по схеме с общей базой, в это время закрыт. При отрицательном полупериоде транзистор VT1 закрыт, но открыт и насыщен транзистор VT2 – напряжение на его коллекторе имеет тот же знак и значение. Лишь в моменты, когда сетевое напряжение по абсолютному значению меньше 60...70 В, оба транзистора закрыты и напряжение на их коллекторах близко к напряжению на выводе 7 микросхем DD1 и DD2.

Триггер Шмитта DD2.1 формирует крутые фронт и спад образующегося импульса и через эмиттерный повторитель VT3 заряжает конденсатор C10 практически до напряжения на выводе 14 микросхем. Разряжается конденсатор через резисторы R19–R21 и открытый транзистор VT4. При снижении напряжения на конденсаторе C10 до порогового значения элемент DD2.4 переключается, фронт импульса с его выхода дифференцируется цепью C11R22 и в виде импульса дли-

тельностью около 100 мкс через элементы DD2.2, DD2.3 и транзистор VT5 включает симистор VS1.

В исходном состоянии транзистор VT4 закрыт и разрядка конденсатора C10 происходит только через резистор R21. Его сопротивление подобрано так, что симистор включается в конце каждого полупериода, поэтому на выход устройства подается относительно небольшое "дежурное" сетевое напряжение.

При включении нагрузки через резистор R5 начинает протекать ток, создающий на нем падение напряжения (в виде импульсов изменяющейся полярности) амплитудой 10...30 мВ. Движок подстроенного резистора R7 устанавливается в такое положение, чтобы напряжение на прямом входе ОУ DA1.1 было несколько меньше, чем на инверсном, и на выходе ОУ был сигнал низкого уровня. Импульсы с полярностью, при которой на правом (по схеме) выводе резистора R5 – плюс, переключают ОУ DA1.1, в результате чего на его выходе формируются импульсы положительной полярности амплитудой, близкой к напряжению источника питания микросхем.

С выхода ОУ DA1.1 импульсы поступают на вход узла, состоящего из диода VD6, резистора R15, элементов DD1.1, DD1.2 и конденсатора C7, выполняющего функцию одновибратора с перезапуском [3]. Пока на его входе присутствуют импульсы положительной полярности, на выходе элемента DD1.2 – сигнал высокого уровня. Конденсатор C9 плавно заряжается через резистор R17, транзистор VT4 открывается и ток коллектора увеличивается. Это приводит к более быстрой разрядке конденсатора C10 и более раннему, в пределах полупериода сетевого напряжения, открыванию симистора VS1. В результате напряжение на нагрузке плавно повышается и примерно через 3 с достигает максимального. Его значение можно регулировать резистором R19 в пределах 30...98% от напряжения сети.

При выключении нагрузки с задержкой в пределах 40...50 мс напряжение на выходе элемента DD1.2 становится низким, конденсатор C9 быстро разряжается через диод VD7, напряжение на выходе устройства снижается до своего "дежурного" значения. При следующих включениях си-

мистора процесс плавного пуска повторяется.

Импульсы "дежурного" запуска симистора протекают и через резистор R5. Но они не вызывают включения ОУ DA1.1, так как их полярность не соответствует необходимой.

Если при перегрузке электроинструмента или замыкании в его цепи амплитуда тока, протекающего через резистор R5, превысит 20 А, на выходе ОУ DA1.2 появятся импульсы низкого уровня. Пройдя через помехоподавляющую цепь С6R14, первый же из этих импульсов переключит второй одновибратор, образованный резистором R16, элементами DD1.3, DD1.4 и конденсатором С8. На выходе элемента DD1.4 появляется сигнал низкого уровня, который переключит в исходное состояние первый одновибратор и запретит прохождение импульсов через элементы DD2.2 и DD2.3 на базу транзистора VT5. Напряжение с нагрузки снимается.

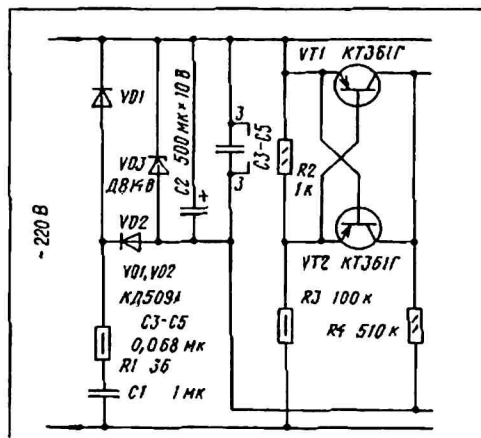


Рис. 1

Примерно через 5...7 с второй одновибратор переключается в исходное состояние – и вновь (если нагрузка не отключена) начинается процесс плавного пуска двигателя электроинструмента. Если причина срабатывания защиты не устранена, она вновь сработает. Такой процесс будет повторяться каждые 5...7 с.

Диоды VD4 и VD5 защищают входы ОУ DA1 в аварийных ситуациях.

Электродвигатель инструмента, как нагрузка, имеет заметную индуктивную составляющую, в связи с чем ток через него прекращается не в момент перехода напряжения сети через "нуль", а несколько позже. Поэтому импульс, открывающий симистор при максимальной мощности, следует подавать позже, чем в случае чисто активной нагрузки [2]. Для этого сопротивление резистора R2 уменьшено, что привело к расширению импульса низкого уровня на коллекторах транзисторов VT1, VT2 и увеличению задержки появления запускающего импульса относительно момента перехода сетевого напряжения через "нуль".

Чтобы за время импульса запуска ток через нагрузку с индуктивной составляющей достиг значения тока удержания симистора, длительность запускающих импульсов увеличена примерно до 100 мкс за счет установки конденсатора C11

большей ёмкости. В связи с этим потребовалось защитить транзистор VT5 (резистор R24) от возможной перегрузки.

Все элементы устройства, кроме симистора VS1 с его ребристым теплопроводом размерами 60x50x40 мм и выходного разъёма X1, смонтированы на печатной плате (рис. 2), выполненной из одностороннего фольгированного стеклотекстолита. Плата рассчитана на установку резисторов МЛТ, конденсаторов К73-17 на номинальное напряжение 250 В (С1, С10), К50-16 (С2), К53-18 (С9), КМ-5 и КМ-6 (остальные). Конденсаторы С1 и С10 могут быть любыми другими, обозначение которых начинается с К73, например К73-16. Номинальное напряжение конденсатора С1 должно быть не менее 250 В, конденсатора С10 – любое.

Переменный резистор R19 – СП3-4АМ или СП3-46М, подстроечный R7 – СП3-19а. Диоды VD1, VD2, VD4 – VD7 – любые кремниевые импульсные, стабилитрон VD3 – на напряжение стабилизации

кого же диаметра, впаянные в плату в точках подключения внешних цепей.

Транзисторы VT1 и VT2 могут быть любыми кремниевыми маломощными структуры р-п-р. Транзистор VT3 должен допускать обратное напряжение на эмиттерном переходе не менее напряжения стабилизации стабилитрона VD3. Пригодны транзисторы серии КТ201 с буквенными индексами А, Б, АМ, БМ, а при использовании в источнике питания стабилитрона VD3 на напряжение стабилизации 10 В – с индексами В-Д, ВМ-ДМ. Можно также использовать любой кремниевый маломощный транзистор структуры п-р-п, включив последовательно с его эмиттерным переходом кремниевый маломощный диод. Транзистор VT4 может быть серии КТ3102 или КТ342 с любым буквенным индексом, кроме А. Транзистор VT5 – любой средней или большой мощности структуры п-р-п.

Симистор VS1 может быть TC112-10 или TC112-16 с любым последующим циф-

с симистором и гнезда разъёма X1 размещены в пластмассовой коробке размера 150x95x70 мм (рис. 3) так, чтобы плата была расположена ближе к нижней стенке коробки, а теплопровод симистора – к верхней (стенки наименьших размеров). В этих стенках просверлено максимально возможное число вентиляционных отверстий диаметром 6 мм с шагом 10 мм. Вал переменного резистора R19 выведен через отверстие в передней стенке коробки и снабжен пластмассовой ручкой. При этом вал резистора и крепежный винт его ручки не должны быть доступны для случайного прикосновения.

Налаживают автомат и градуируют его органы управления вначале без симистора и нагрузки. Вместо R5 временно впаявают резистор сопротивлением 100 Ом и его левый (по схеме рис. 1) вывод соединяют с плюсовым проводником источника питания (см. рис. 2). Параллельно конденсатору С1 подключают резистор сопротивлением 150...330 Ом, после чего на сетевом вход устройства подаются от внешнего источника постоянная напряже-

ние 12...15 В, плюс – к верхнему по схеме проводу. Его выходное напряжение устанавливается так, чтобы ток, потребляемый устройством, был в пределах 30...32 мА. Затем между плюсовым проводником источника питания и выходом (вывод 11)

10...12 В. Микросхема К561ЛА7 (DD1) заменима на К176ЛА7 или КР1561ЛА7, а К561ТЛ1 (DD2) – на КР1561ТЛ1. Вместо ОУ К140УД20 (DA1) подойдут два ОУ КР140УД7 или КР140УД14.

Резисторы R6, R8, R9, R11–R13 – С2-29 с допуском 0,25%, однако их сопротивления могут быть в 1,5 – 2 раза больше указанных на схеме. Важно, чтобы сохранялись соотношения R6=R8, R9=R11, R12=R13, R6=2R12, причем последнее равенство – приблизительно. Сопротивление резистора R10 должно составлять примерно 20% от номинала R12. Здесь существенно не столько сопротивление резисторов, сколько их стабильность. Если не удастся подобрать стабильные резисторы, то, возможно, придется подстраивать резистор R7 в процессе эксплуатации.

Резистор R5 изготовлен из восьми отрезков нихромовой проволоки диаметром 0,8 мм, которые соединены параллельно и скручены в жгут. Длина отрезков (несколько сантиметров) подобрана с таким расчетом, чтобы сопротивление каждого из них было в пределах 0,4 Ом ±10%. Готовый резистор припаян к двум гнездовым контактам диаметром 1 мм от разъёма 2РМ. К ним же подпаивают и провода силовой разводки, как это показано на рис. 2. Контакты насажены на штыри та-

ровым индексом, но не менее 4. Этот индекс означает максимальное рабочее напряжение симистора, выраженное в сотнях вольт [4]. В обозначении симистора может быть также еще один цифровой индекс, но его значение не играет роли. С использованием указанных симисторов максимальный ток нагрузки может составлять 10 и 16 А соответственно. С симистором КУ208В или КУ208Г ток нагрузки не превысит 5 А.

Корпус резистора R19 соединен с минусовым проводником цепи питания микросхемы, что необходимо для его экранирования.

Монгажная плата, тепловод

элемента DD1.1 включают светодиодный индикатор – последовательно соединенные резистор сопротивлением 5,1 кОм и

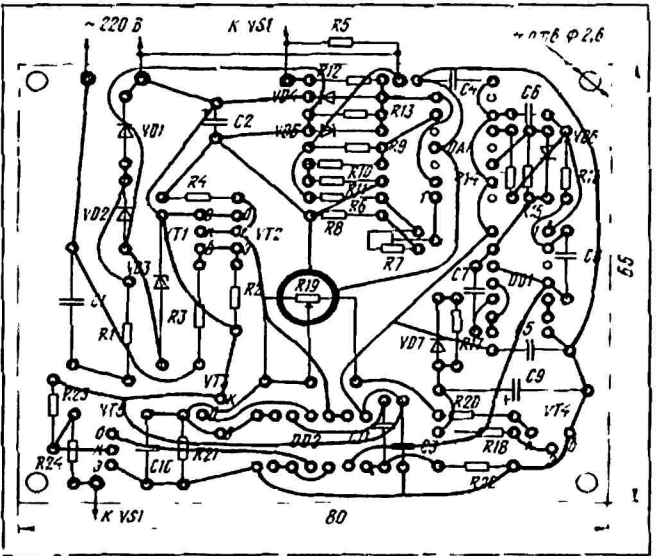
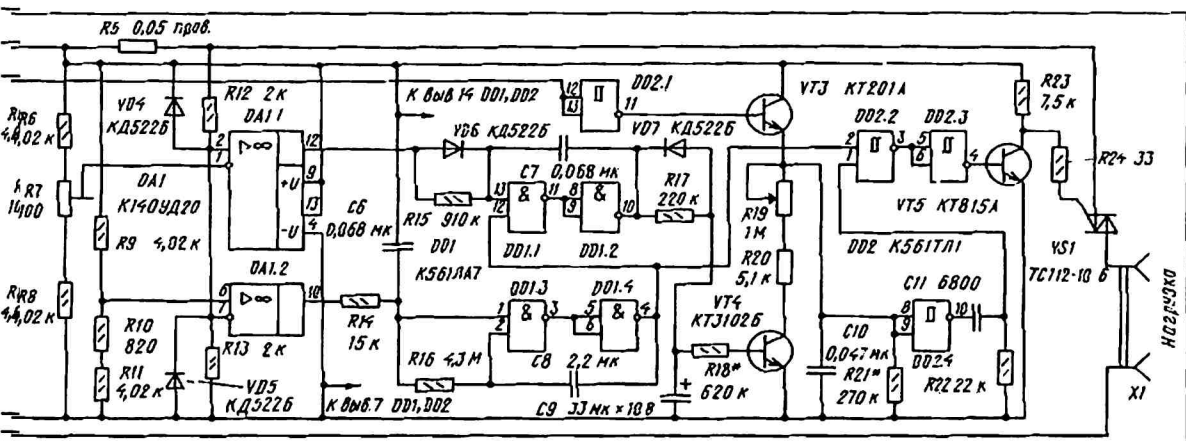


Рис. 2

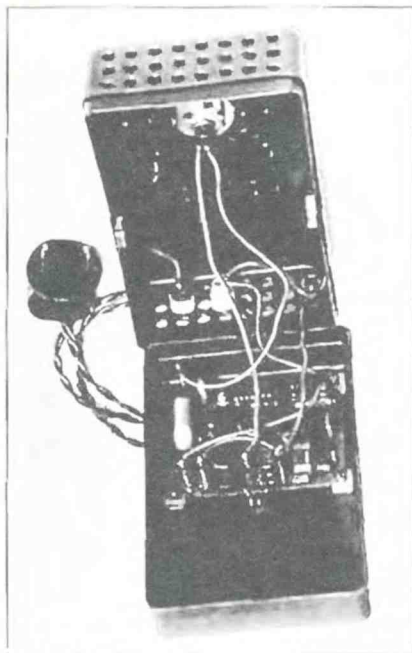


Рис. 3

любой светодиод из серии АЛ302 или АЛ307. Перемещая движок подстроечного резистора R7 из одного крайнего положения в другое, убеждаются, что светодиод включается и гаснет. Если это не происходит, параллельно резистору R6 или R8 подключают дополнительный резистор сопротивлением до нескольких мегаом. Движок резистора устанавливают в крайнее положение (до упора), при котором светодиод не горит.

Тот же или аналогичный индикатор включают между плюсовым проводником питания и выходом (вывод 4) элемента DD1.1. При кратковременном замыкании выводов резистора R11 светодиод должен включаться на 5...7 с. Точно порог срабатывания системы защиты можно проверить, подключив к резистору, заменяющему проволочный R5, гальванический элемент (плюсовым выводом к его правому по рис. 1 выводу) последовательно с переменным резистором сопротивлением 220 Ом. При плавном уменьшении сопротивления этого резистора, когда напряжение на резисторе, заменяющем R5, приблизится к 1 В, светодиод индикатора должен включиться. Другой порог срабатывания защиты устанавливают соответствующим подбором резистора R10.

Затем движок переменного резистора R19 устанавливают в нижнее по схеме положение, а параллельно транзистору VT4 подключают вольтметр постоянного тока. Резистор R18 временно заменяют на переменный резистор сопротивлением 2 МОм и, пользуясь им как реостатом, выводят транзистор VT4 на границу насыщения, т. е. добиваются показания вольтметра 0,4...0,8 В. Измеряют сопротивление введенной части переменного резистора и впаивают резистор R18, номинал которого должен быть примерно вдвое меньшим.

Далее дополнительный переменный резистор убирают и окончательно собирают устройство (светодиодный индикатор

оставляют подключенным к выходу 11 элемента DD1.1). Особое внимание уделяют прокладке силовых цепей — провода к плате и резистор R5 должны подключаться именно так, как показано на рис. 2. К выходному разъему X1 подключают лампу накаливания мощностью не менее 60 Вт. Устройство включают в сеть и подбором резистора R21 добиваются, чтобы нить накала лампы слабо светилась. При этом переменное напряжение на лампе должно составлять 12...18 В. Движок резистора R7 устанавливают в такое положение, чтобы при выключенной лампе светодиод гас, при включении — загорался, а яркость свечения самой лампы плавно увеличивалась.

Теперь вместо лампы накаливания к разъему X1 подключают электроинструмент — потребляющий минимальную мощность, например электродрель. При его включении светодиод должен загораться, а ротор двигателя плавно разогнаться. Если светодиод светится постоянно или не включается вообще, следует уточнить положение движка резистора R7, после чего проверить работу устройства с наиболее мощным электроинструментом.

При любых проверках автомата и работе с ним следует иметь в виду, что сразу после его включения в сеть запускается цепь защиты и в течение 5...7 с нагрузка не включается вообще. Проверить же работу системы защиты можно, предварительно заменив проволочный R5 на резистор сопротивлением 1 Ом. При включении электроинструмента любой мощности защита должна четко срабатывать.

В процессе эксплуатации автомата его подвешивают или устанавливают в вертикальном положении так, чтобы вентиляционные отверстия в его корпусе ничем не закрывались.

#### ЛИТЕРАТУРА

- 1 Орлов А. Тиристорный регулятор напряжения — Радио, 1996, № 12, с. 49.
- 2 Бирюков С. Симисторные регуляторы мощности — Радио, 1996, № 1, с. 44—46.
- 3 Бирюков С. Подавление импульсов «дребезга» контактов — Радио, 1996, № 8, с. 47, 51.
- 4 Анисимов Г. Тиристоры симметричные TC106-10, TC112-10, TC112-16, TC122-20, TC122-25, TC132-40, TC132-50, TC142-63, TC142-50. — Радио, 1989, № 7, с. 91, 92; № 8, с. 71.

Как известно, пусковой ток электродвигателя может в несколько раз превышать номинальный, и если двигатель мощный, его включение вызывает провал напряжения в питающей сети, что может стать причиной сбоя в работе чувствительных к таким провалам устройств. Сказанное в полной мере относится и к электроинструментам, основой которых являются электродвигатели. Характерный пусковой рывок при включении мощного ручного электроинструмента (он как бы «пытается вырваться» из рук) может при неумелом пользовании привести к травме. Кроме того, пусковые режимы вызывают повышенный износ его механических узлов.

Избежать этих негативных последствий можно, реализовав так называемый плавный пуск электродвигателя, при котором его частота вращения увеличивается от нуля до номинальной в течение нескольких секунд. Именно эту задачу решает предлагаемое вниманию читателей устройство. Его прототипом послужил электронный блок, применяемый в ручном электроинструменте некоторых фирм. В качестве дополнительной функции предусмотрено плавное ручное регулирование частоты вращения. Устройство может быть использовано в электроинструменте с напряжением питания 220 В и потребляемым током до 16 А. На практике лучше ограничиться нагрузкой мощностью не более 2,5 кВт.

Схема устройства изображена на рис. 1. Оно содержит генератор линейно нарастающего напряжения на ОУ DA1.1, конденсаторе C2 и резисторе R4, компаратор на ОУ DA1.2, электронный ключ на транзисторе VT4, управляющий работой симистора VS1, и узел разрядки конденсатора C3 на транзисторах VT1—VT3 и резисторах R8, R9, R12. Балластные резисторы R14, R15, диод VD4, стабилизаторы VD1, VD2 и конденсатор C1 образуют источник питания устройства напряжением 20...22 В. Делитель на резисторах R1—R3 задает напряжения на входах ОУ DA1.1 и DA1.2.

Интегратор на ОУ DA1.1 суммирует результат интегрирования с входным напряжением. После включения питания напряжение на его выходе (вывод 1) линейно возрастает от нуля до напряжения насыщения ОУ. Через диод VD3 и резисторы R5, R6 оно заряжает конденсатор C3. Компаратор на ОУ DA1.2 сравнивает напряжение на нем с пороговым напряжением ( $U_{пор}$ ) на инвертирующем входе (вывод 6). В момент, когда напряжение на конденсаторе C3 становится больше порогового, на выходе компаратора (вывод 7) появляется высокий уровень напряжения. Ток зарядки конденсатора C4 вызывает открытие транзистора VT4, что приводит к открытию симистора VS1. По окончании зарядки этого конденсатора транзистор VT4 закрывается, но симистор остается открытым до конца текущего полупериода сетевого напряжения.

По мере нарастания напряжения на выходе интегратора время, за которое конденсатор C3 заряжается до поро-

# Устройство плавного пуска электроинструмента

В. КЕЛЕХШАВИЛИ, г. Волгодонск Ростовской обл.

вого напряжения, уменьшается, это, в свою очередь, приводит к уменьшению задержки открывания симистора и, соответственно, к увеличению мощности передаваемой нагрузке. Напряжение, до которого может зарядиться конденсатор C3, а соответственно, и мощность, передаваемая нагрузке, зависят от сопротивления резисторов R5, R6 и достигают максимума при установке движка переменного резистора R6 в крайнее левое (по схеме) положение. Эюры напряжения, наглядно поясняющие работу устройства, приведены на рис. 2.

установления максимального напряжения на нагрузке) зависит от сопротивления резистора R4 и емкости конденсатора C2 (при указанных на схеме номиналах этих элементов приблизительно равна 8 с).

Время нарастания напряжения на выходе интегратора  $t_n$ , (в секундах) можно рассчитать по формуле

$$t_n = R4C2 \left[ \frac{(U_{пит} - 1,5)(R1 + R2 + R3)}{U_{пит} R3} - 1 \right],$$

где  $U_{пит}$  — напряжение питания ОУ (сумма напряжений стабилизации стабилитронов VD1, VD2), В;  $(U_{пит} - 1,5)$  —

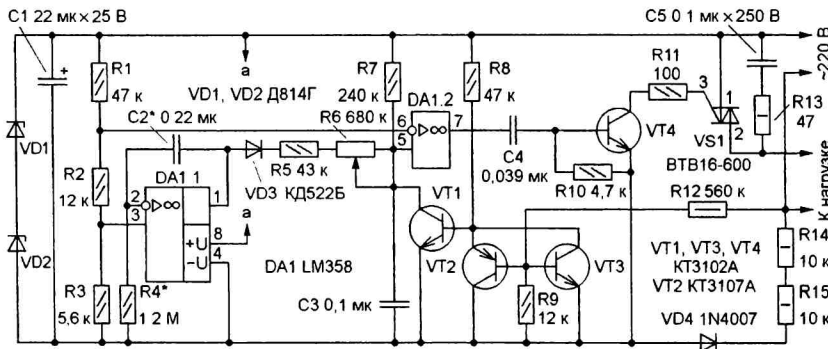


Рис. 1

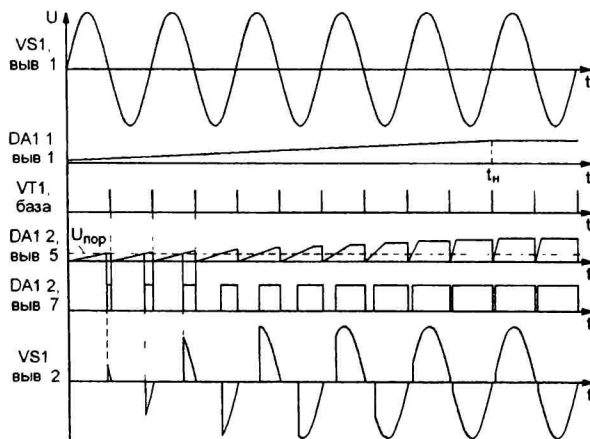


Рис. 2

Узел на транзисторах VT1—VT3 разряжает конденсатор C3 в начале каждого полупериода сетевого напряжения. Цепь C5R13 (так называемый снаббер) служит для защиты симистора VS1 от импульсных перенапряжений, возникающих при коммутации активно-индуктивной нагрузки. Во время пуска устройство создает помехи, поскольку открывание симистора происходит при ненулевом значении напряжения.

Продолжительность пуска (от момента включения устройства в сеть до

напряжение насыщения ОУ, В; R1—R4 — сопротивления соответствующих резисторов, Ом; C2 — емкость конденсатора, Ф.

Фактическое время пуска будет немного больше расчетного (в формуле не учтены падение напряжения на диоде VD1, время зарядки конденсатора C3 и др.).

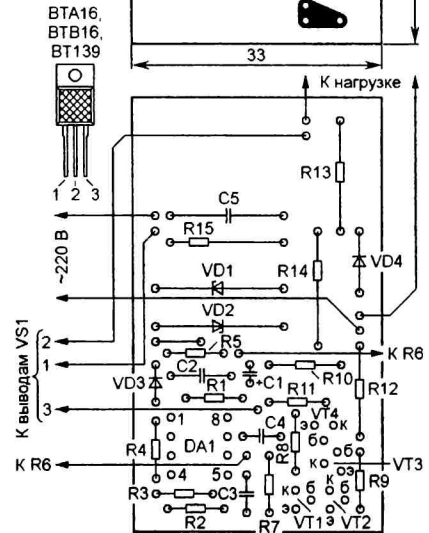
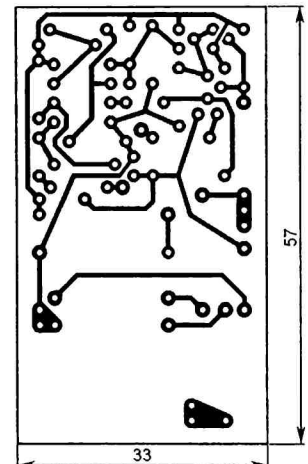


Рис. 3

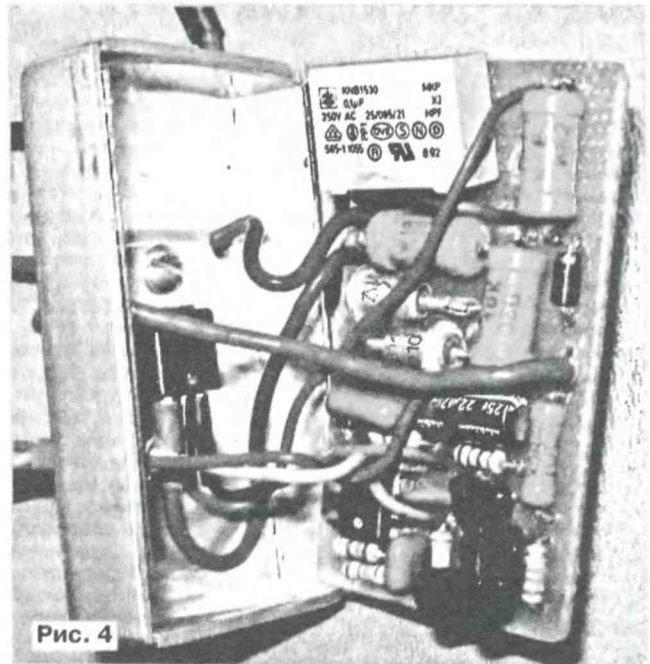


Рис. 4

Сопротивление переменного резистора R6 выбирают исходя из желаемого интервала регулирования мощности (частоты вращения). Указанный

на схеме номинал (680 кОм) соответствует интервалу регулирования от 45 до 96 % от номинального значения. При желании верхнюю границу можно сместить в сторону больших значений подбором резистора R5, однако следует учесть, что при чрезмерном его уменьшении может наблюдаться неустойчивое открывание симистора в самом начале полупериода сетевого напряжения.

Устройство собрано на печатной плате (рис. 3), изготовленной из фольгированного с одной стороны стеклотекстолита толщиной 1,5 мм. По окончании монтажа сторона печатных проводников покрыта несколькими слоями водостойкого лака.

Все постоянные резисторы — МЛТ или им подобные, переменный R6 — подходящий (по номиналу) для желаемого диапазона регулирования с линейной зависимостью сопротивления от угла поворота движка (группы А). Микросхема LM358 (DA1) заменяема другими двухканальными ОУ средней точности (например, КР1040УД1,  $\mu$ РС1251), транзисторы КТ3102А (VT1, VT3, VT4) — приборами этой серии с буквенными индексами Б, Ж или И, КТ3107А (VT2) — приборами этой серии с индексами Б, И. Конденсатор С1 — оксидный импортный, С2, С3, С5 — импортные пленочные (С5 — с номинальным переменным напряжением 250 В), С4 — керамический К10-17 или импортный. При использовании в

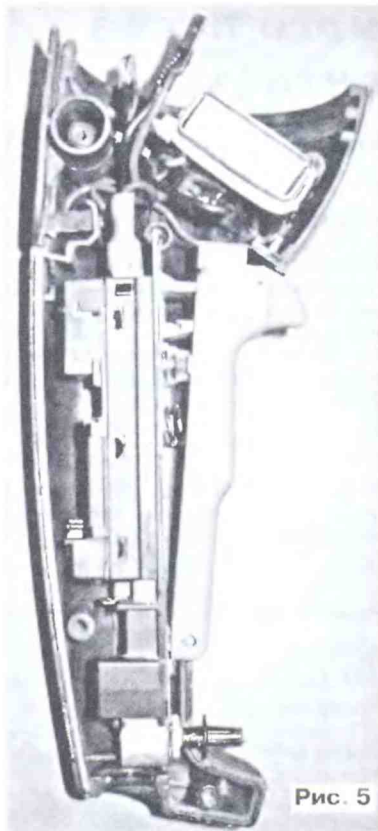


Рис. 5

качестве С5 отечественного конденсатора серии К73 его номинальное напряжение должно быть не менее 400 В (желательно — 630 В). Конденсаторы С1 и С5 установлены параллельно плате.

Стабилитроны VD1, VD2 — любые маломощные с напряжением стабилизации 10...11 В (допустима замена одним с напряжением стабилизации 20...22 В). Дiode VD3 — маломощный кремниевый серий КД521, КД522 или импортный 1N4148, VD4 — 1N4004—1N4007. Симистор VS1 — любой серий ВТА(В)16, ВТ139.

Корпус устройства с внутренними размерами 58×34×10 мм согнут из листа алюминиевого сплава толщиной 2 мм и одновременно выполняет функцию теплоотвода симистора VS1. Его внутренняя поверхность (за исключением места под симистор) оклеена полимерной пленкой толщиной 0,5 мм. Внешний вид смонтированной платы и корпуса показан на рис. 4.

Наладивание устройства сводится к установке желаемой длительности пуска (подбором резистора R4 или конденсатора С2) и диапазона регулирования мощности (подбором R5).

Описанное устройство встроено автором в угловую шлифовальную машину фирмы Sparky мощностью 2,1 кВт. Фотография смонтированного устройства в ее корпусе представлена на рис. 5.

## В ЭЛЕКТРОННОМ ВИДЕ

Подписка на электронный журнал "Радио" с доставкой по электронной почте на 2025 год, а также на 2012–2024 годы. Стоимость: 12 месяцев – 900 рублей. На сайте <https://el.radio.ru> Вы можете узнать, как подписаться и скачать бесплатный 7-й номер журнала за 2011 год в качестве примера.

При оплате подписки через банк ПАО "Сбербанк" (мобильное интернет-приложение "Сбербанк", через интернет-сайт "Сбербанк онлайн", терминалы самообслуживания банка "Сбербанк", оператора отделения банка "Сбербанк") комиссия за платёж не берётся. Если Вы оплачиваете подписку через сторонние банки, стоимость подписки может увеличиться на размер комиссии банка, которую он берёт за услугу перевода денег.



# Устройство плавного пуска асинхронного двигателя

П. ГАЛАШЕВСКИЙ, г. Херсон, Украина

**Интерес радиолюбителей к разработке устройств плавного пуска асинхронных электродвигателей не ослабевает. Появляются всё новые конструкции. Одна из них предлагается читателям.**

Довольно большую популярность получили устройства плавного пуска на микросхеме КР1182ПМ1, например, описанное в [1]. Но этой микросхеме присущи особенности, не позволяющие достичь желаемых результатов без вынужденного усложнения схемы. Первая из них — максимальное напряжение сети не более 276 В. Для трёхфазного электродвигателя этого явно мало. Приходится занулять среднюю точку "звезды" его статора, чтобы ток протекал не между фазами, а между каждой фазой и нейтралью. Но в этом случае требуется регулировать ток всех

трёх фаз, иначе через одну из обмоток в течение всего времени пуска будет протекать ток, многократно превышающий номинальный. А при включении обмоток "звездой" с изолированной средней точкой достаточно регулировать ток только в двух фазах.

Вторая особенность — необходимость внешней цепи для принудительной разрядки времязадающего конденсатора, так как ток его разрядки через саму микросхему КР1182ПМ1 весьма мал и устройство будет готово к повторному пуску двигателя только через довольно продолжительное время.

Недавно я решил разработать своё устройство плавного пуска. Сразу же решил не использовать в нём микроконтроллер, обойтись без узла определения прохождения тока через ноль (например, такого, как в [2]) и сделать его нечувствительным к порядку чередования фаз.

Схема предлагаемого устройства показана на рис. 1. Оно состоит из трёх функциональных блоков. Два из них одинаковы и представляют собой симисторные регуляторы действующего значения напряжения на нагрузку, управляемые с помощью оптронов. Применение в них симметричных динисторов VS3 и VS4 (точнее, аналогов таких динисторов — микросхем КР1167КП15) позволило значительно упростить регуляторы.

Третий блок управляет одновременно обоими регуляторами, формируя в процессе пуска необходимый закон изменения эффективного значения приложенного к двигателю напряжения. Для этого он соответствующим образом изменяет ток, протекающий через излучающие диоды оптронов U1—U4, управляющих регуляторами.

Фотодиоды этих оптронов работают в фотovoltaическом режиме, генерируемое ими напряжение постепенно открывает транзисторы VT1 и VT2. При этом сопротивление транзисторов уменьшается, благодаря чему в каждом полупериоде сетевого напряжения конденсаторы C7 и C8 успевают заряжаться до напряжения открывания динисторов VS3 и VS4 за всё меньшее время. Соответственно симисторы VS1 и VS2 в каждом полупериоде открываются всё раньше и всё большие части полупериодов поступают на обмотки электродвигателя M1.

К сожалению, максимальное напряжение на обмотках электродвигателя при использовании таких регуляторов получается на 20...25% меньше напряжения в сети. Поэтому предусмотрено реле K1, срабатывающее по окончании процесса пуска и соединяющее своими контактами электроды 1 и 2 симисторов VS1 и VS2. Этим достигается и уменьшение тепловыделения устройства плавного пуска в рабочем режиме двигателя.

Управляющий блок питается от одной из фаз трёхфазной сети через гасящий конденсатор C1 и выпрямитель на диодном мосте VD2—VD5. Учитывая, что напряжение на выходе моста незначительно по сравнению с сетевым напряжением, можно считать выпрямитель источником тока, значение которого около 20 мА задано реактивным сопротивлением конденсатора C1 и практически не зависит от нагрузки.

Резистор R5 ограничивает импульс тока зарядки конденсатора C1 в момент подключения устройства к сети. Рекомендуется устанавливать этот резистор на высоте 5...7 мм над поверхностью монтажной платы, чтобы в случае его сгорания (например, в результате пробоя конденсатора C1) плата не была повреждена. Резистор R6 необходим для разрядки конденсатора C1 после отключения от сети. Конденсатор C5 сглаживает пульсации.

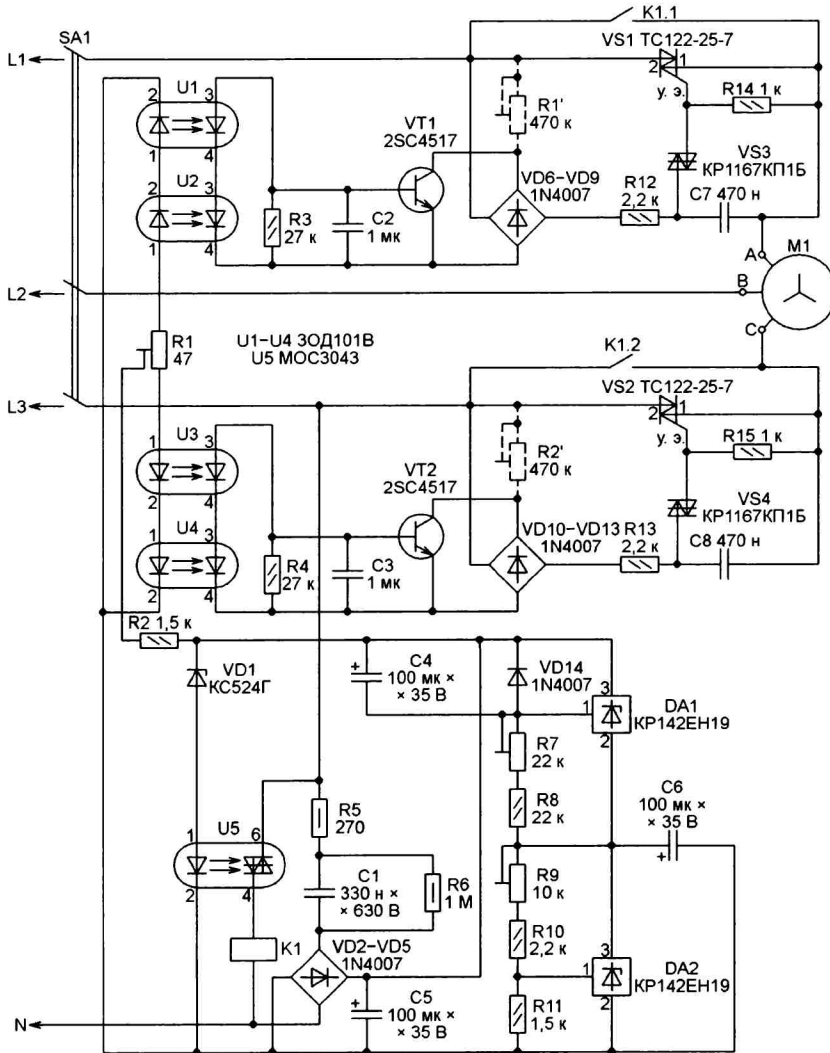


Рис. 1

Две цепи, состоящие из включённых последовательно излучающих диодов оптронов U1, U2 и U3, U4, соединены с плюсовым выводом этого конденсатора через постоянный резистор R2 и подстроечный R1. Ток через излучающие диоды зависит от сопротивления этих резисторов и значения выпрямленного диодным мостом VD2—VD5 напряжения, которое при неизменном выпрямленном токе зависит от сопротивления нагрузки выпрямителя. Первая часть этой нагрузки — цепь излучающих диодов. Вторая часть образована двумя включёнными последовательно параллельными интегральными стабилизаторами DA1 и DA2. Чем большая часть имеющихся 20 мА протекает через интегральные стабилизаторы, тем меньше остаётся на долю излучающих диодов.

Стабилизатор DA1 включён таким образом, что по мере зарядки конденсатора C4 сопротивление его участка катод—анод плавно увеличивается и ток через него уменьшается. При этом плавно увеличиваются выпрямленное напряжение и ток через излучающие диоды оптронов.

Стабилизатор DA2 задаёт начальное значение этого напряжения (устанавливают подстроечным резистором R9), которое достигается очень быстро после замыкания контактов выключателя SA1. Дальнейшее увеличение напряжения происходит плавно со скоростью, задаваемой сопротивлением подстроечного резистора R7 и ёмкостью конденсатора C4.

Для чего необходимо задавать начальное напряжение? Дело в том, что при слишком маленьком напряжении на обмотках электродвигателя ток через его обмотки уже течёт, а вал всё ещё остаётся неподвижным. При этом двигатель гудит, а обмотки нагреваются. Для предотвращения такого нежелательного режима и предусмотрена установка начального напряжения, обеспечивающего немедленное начало вращения вала. Необходимое значение этого напряжения сильно зависит от механической нагрузки на валу, поэтому его регулировку подстроечным резистором R9 следует производить в реальных условиях эксплуатации двигателя.

По завершении процесса пуска двигателя начинает действовать третья часть нагрузки выпрямителя на диодном мосте VD2—VD5 — соединённые последовательно стабилитрон VD1 и излучающий диод оптрона U5. Когда напряжение на выходе моста достигает напряжения стабилизации стабилитрона (24 В), сопротивление последнего резко уменьшается. Через него и излучающий диод оптрона U5 начинает течь ток. Фотодиод оптрона открывается, и реле K1 срабатывает, шунтируя своими контактами симисторы VS1 и VS2. С этого момента на электродвигатель M1 поступает полное сетевое напряжение.

Оптоны ЗОД101В применены в качестве оптронов U1—U4 только потому, что они были у меня в наличии. Поскольку напряжение, создаваемое фотодиодом одного оптрона, оказалось

недостаточным для открывания транзистора, число оптронов было удвоено. Как излучающие диоды, так и фотодиоды каждой их пары соединены последовательно. С другими диодными оптронами эксперименты не проводились. Вполне возможно, что они тоже подойдут. Существуют сдвоенные диодные оптроны (например, АОД134АС), а также такие, что содержат два фотодиода, освещаемых одним излучающим диодом (например, АОД176А). Возможно, стоит попробовать и их.

При подборе замены транзисторам 2SC4517 следует обратить внимание на максимальное напряжение коллектор—эмиттер. Оно не должно быть меньше 600 В. Это же касается и максимального напряжения в выключенном состоянии симисторов VS1 и VS2.



Рис. 2

Транзисторы 2SC4517 в рассматриваемом устройстве можно применять без теплоотводов. Нужно ли отводить тепло от симисторов, зависит от мощности электродвигателя и от того, как часто планируются его включать.

Реле K1 — РП-64 [3] с катушкой на 220 В, 50 Гц. Его можно заменить, например, на реле R20-3022-96-5230 [4] с двумя группами нормально разомкнутых контактов и катушкой на 230 В переменного тока. Конденсаторы C2 и C3 — плёночные. Микросхемы КР1167КП1Б можно заменить импортными симметричными динисторами DB3.

Налаживание устройства плавного пуска следует начать с балансировки двух регуляторов. Для этого нужно, как показано на рис. 2, подать на него однофазное напряжение 220 В, подключив вместо электродвигателя M1 две лампы накаливания на 220 В мощностью 40...60 Вт. Выводы конденсатора C4 необходимо замкнуть перемычкой.

Подав питающее напряжение, установите подстроечным резистором R9 минимальную яркость свечения ламп, а подстроечным резистором R1 добейтесь одинаковой интенсивности их свечения. Отключив питание, удалите перемычку с конденсатора и снова включите устройство, контролируя напряжение на конденсаторе C5. Когда оно достигнет 25...26 В, должно сработать реле K1. Если с этим всё в порядке, можно проверить напряжение на лампах. Перед срабатыванием реле K1 оно должно быть не менее 190 В. Если напряжение на лампах меньше, можно уменьшить сопротивление резистора R2, но только так, чтобы не был превышен максимально допустимый ток управления оптроном U1—U4.

Теперь к устройству можно подключить электродвигатель и подать трёхфазное напряжение. На мой взгляд, подборку желательной продолжительности разгона лучше начинать с мини-

мальной скорости нарастания напряжения на двигателе (движок подстроечного резистора R7 в верхнем по схеме положении) и минимального стартового напряжения (движок подстроечного резистора R9 в нижнем по схеме положении).

Хочу обратить внимание, что технически несложно отказаться от стабилизатора DA2, просто исключив его и относящиеся к нему элементы из схемы и соединив вместе провода, шедшие к аноду и катоду стабилизатора. Для регулировки стартового напряжения в этом случае устанавливают подстроечные резисторы R1' и R2', показанные на схеме рис. 1 штриховыми линиями. Но я бы не советовал так делать. Во-первых, это неудобно, поскольку оперировать придётся двумя подстроечными резисторами по очереди, стремясь не нарушать равенства значений напряжения на обмотках двигателя. Во-вторых, далеко не все подстроечные резисторы способны выдержать приложенное к ним напряжение около 400 В. В-третьих, в рассматриваемом устройстве резисторы R1' и R2', в отличие от других подстроечных резисторов, будут находиться под высоким напряжением относительно нейтрали трёхфазной сети, что может представлять опасность при случайном прикосновении к ним.

В заключение хочу сказать, что устройство плавного пуска не может заменить частотный регулятор скорости и продолжительное время поддерживать пониженную частоту вращения вала электродвигателя. С его помощью можно лишь увеличить время разгона до номинальных оборотов и снизить пусковой ток. Пребывание электродвигателя в режиме разгона дольше необходимого приведёт к перегреву обмоток, потому что текущий через них в этом режиме ток хотя и значительно меньше стандартного пускового тока, но всё-таки превышает номинальный. В таком режиме двигатель очень чувствителен к нагрузке на валу и может остановиться при её незначительном повышении.

Некоторой аналогией устройства плавного пуска электродвигателя можно считать механизм сцепления в автомобиле. Постоянная работа асинхронного электродвигателя в режиме разгона подобна движению автомобиля с не полностью включённым сцеплением.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Аладышкин Б. Применение микросхемы КР1182ПМ1. Плавный пуск электродвигателя. — <<http://elektrik.info/main/praktika/278-primenenie-mikrosxemy-kr1182pm1-plavnyj-pusk.html>>.
2. Плавный пуск трёхфазного асинхронника. — <<http://kazus.ru/forums/showthread.php?t=12618>>.
3. Промежуточное реле РП-64. — <<http://www.rele.ru/d/d7323c0e96dc68ab5ffed6ea85cd1801.pdf>>.
4. R20 промышленные малогабаритные реле. — <<http://www.relpol.pl/ru/Predlagat/Mypredlagama/Rele/promyshlennye-rele/Pele-R20>>.

# ТИРИСТОРНЫЕ РЕГУЛЯТОРЫ НАПРЯЖЕНИЯ...

## ... с амплитуднофазовым управлением

В регуляторе, схема которого показана на рис. 1, использованы два тристора, открывающиеся один в положительный, а другой — в отрицательный полупериоды сетевого напряжения. Действующее напряжение на нагрузку  $R_H$  регулируют переменным резистором  $R_3$ .

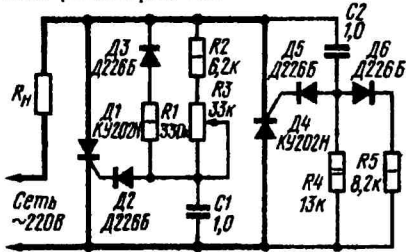


Рис. 1

Регулятор работает следующим образом. В начале положительного полупериода (плюс на верхнем по схеме проводе) тристоры закрыты. По мере увеличения сетевого напряжения конденсатор  $C_1$  заряжается через резисторы  $R_2$  и  $R_3$ . Увеличение напряжения на конденсаторе отстает (сдвигается по фазе) от сетевого на величину, зависящую от суммарного сопротивления резисторов  $R_2$  и  $R_3$  и емкости конденсатора  $C_1$ . Заряд конденсатора продолжается до тех пор, пока напряжение на нем не достигнет порога открывания тристора  $D_1$ . Когда тристор откроется, через нагрузку  $R_H$  потечет ток, определяемый суммарным сопротивлением открытого тристора и  $R_H$ . Тристор  $D_1$  остается открытым до конца полупериода. Подбором резистора  $R_1$  устанавливают желаемые пределы регулирования. При указанных на схеме номиналах резисторов и конденсаторов напряжение на нагрузке можно изменять в пределах 40—220 В.

В течение отрицательного полупериода аналогично работает тристор  $D_4$ . Однако конденсатор  $C_2$ , частично заряженный в течение положительного полупериода (через резисторы  $R_4$  и  $R_5$  и диод  $D_6$ ), должен перезарядиться, а значит и время задержки включения тристора должно быть большим. Чем дольше был закрыт тристор  $D_1$  в течение положительного полупериода, тем большее напряжение будет на конденсаторе  $C_2$  к началу отрицательного и

тем дольше будет закрыт тристор  $D_4$ .

Синфазность работы тристоров зависит от правильного подбора номиналов элементов  $R_4$ ,  $R_5$ ,  $C_2$ . Мощность нагрузки может быть любой в пределах от 50 до 1000 Вт.

И. ЧУШАНОК

## г. Гродно

## ...с фазоимпульсным управлением

Регулятор, схема которого показана на рис. 2, управляется автоматически сигналом  $U_{упр}$ . В регуляторе использованы два тристора — тристор  $D_5$  и динистор  $D_7$ . Тристор открывается импульсами, которые формируются цепочкой, состоящей из динистора  $D_7$  и конденсатора  $C_1$ . В начале каждого полупериода тристор и динистор закрыты и конденсатор  $C_1$  заряжается током коллектора транзистора  $T_1$ . Когда напряжение на конденсаторе достигнет порога открывания динистора, он откроется и конденсатор быстро разрядится через резистор  $R_2$  и первичную обмотку трансформатора  $Tr_1$ . Импульс тока со вторичной обмотки трансформатора откроет тристор. При этом управляющее устройство будет обесточено (так как падение напряжения на открытом тристере очень мало), динистор закроется. По окончании полупериода тристор выключится и с началом следующего полупериода начнется новый цикл работы регулятора.

Время задержки импульса, открывающего тристор, относительно начала полупериода определяется скоростью заряда конденсатора  $C_1$ , которая пропорциональна току коллектора транзистора  $T_1$ . Изменяя управляющее напряжение  $U_{упр}$ , можно управлять этим током и, в конечном итоге, регулировать напряжение на нагрузке. Источником сигнала  $U_{упр}$  может быть полосовой фильтр (с выпрямителем) цветомузыкальной установки, программное устройство. В системах автоматического регулиро-

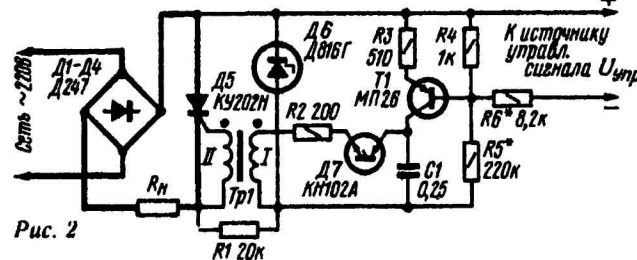


Рис. 2

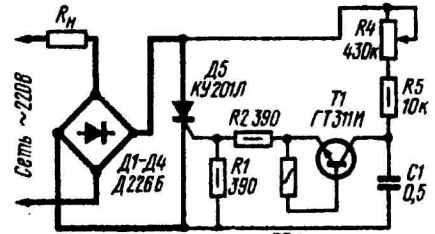


Рис. 3

вания в качестве  $U_{упр}$  используют напряжение обратной связи.

Резистор  $R_5$  необходимо подобрать таким, чтобы при  $U_{упр} = 0$  тристор открывался в каждый полупериод в момент времени, близкий к окончанию полупериода.

Для того, чтобы перейти на ручное регулирование, достаточно заменить резистор  $R_5$  последовательной цепочкой из переменного резистора и постоянного сопротивлением 10—12 кОм.

Напряжение стабилизации стабилизатора  $D_6$  должно быть на 5—10 В больше максимального напряжения включения динистора.

Транзистор  $T_1$  может быть любым из серий МП21, МП25, МП26. Динистор можно применить типов КН102Б, Д227А, Д227Б, Д228А, Д228Б. Резистор  $R_1$  составлен из двух мощностью по 2 Вт.

Импульсный трансформатор  $Tr_1$  намотан на кольцевом сердечнике, имеющем размеры 26×18×4 мм, из пермаллоя 79НМА (или такого же сечения из феррита М2000НМ1). Обмотка  $I$  содержит 70 витков, а обмотка  $II$  — 50 витков провода ПЭВ-2 0,33 мм. Межобмоточная изоляция должна выдерживать напряжение, близкое к сетевому.

Вместо динистора в регуляторе можно использовать транзистор, работающий в лавинном режиме. О работе транзистора в этом режиме подробно рассказывалось в «Радио», 1974, № 5, с. 38—41. Схема одного из таких регуляторов показана на рис. 3.

По принципу работы регулятор с транзистором, работающим в лавинном режиме, не отличается от предыдущего. Используемый транзистор типа ГТ311И имеет напряжение лавинного пробоя около 30 В (при сопротивлении резистора  $R_3$  равно 1 кОм). В случае

применения других транзисторов — номиналы элементов  $R_4$ ,  $R_5$ ,  $C_1$  требуется изменить.

В регуляторе (рис. 3) могут быть использованы и другие транзисторы, в том числе и структуры  $p-n-p$ , например П416. В этом случае нужно у транзистора  $T_1$  (см. рис. 3) поменять местами выводы эмиттера и коллектора. Резистор  $R_3$  во всех случаях должен быть включен между базой и эмиттером. Напряжение на нагрузке регулируют переменным резистором  $R_4$ .

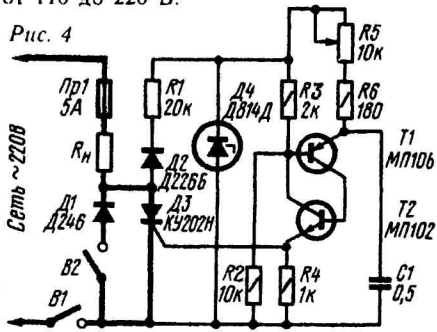
Инж. Е. ФУРМАНСКИЙ

Москва

### ...с аналогом однопереходного транзистора

В регуляторе, схема которого показана на рис. 4, применен фазоимпульсный метод управления тринистором. В управляющем устройстве регулятора использован транзисторный аналог однопереходного транзистора (двухбазового диода). О работе однопереходных транзисторов можно прочитать в «Радио», 1972, № 7, с. 56.

Силовая цепь регулятора построена так же, как у регулятора, опубликованного в «Радио», 1972, № 9, с. 55. При разомкнутых контактах выключателя  $B_2$  действующее значение напряжения на нагрузке можно изменять в пределах от нескольких вольт до 110 В, а при замкнутых — от 110 до 220 В.



По принципу работы управляющее устройство описываемого регулятора не отличается от устройств на динисторе или лавинном транзисторе (рис. 2 и 3). Мощность, подводимую к нагрузке, регулируют переменным резистором  $R_5$ .

Тринистор  $D_3$  и диод  $D_1$  установлены на общем радиаторе площадью 50—80 см<sup>2</sup>. Резистор  $R_1$  составлен из двух резисторов мощностью 2 Вт.

Инж. В. ПОПОВИЧ

г. Ижевск

### ...на симисторе

Описываемый регулятор построен по схеме фазоимпульсного регулирования с использованием симистора

(симметричного тиристора). Схема регулятора показана на рис. 5. В управляющем устройстве применен транзисторный аналог однопереходного транзистора  $n$ -типа.

При включении регулятора (выключателем  $B_1$ ) транзисторы  $T_1$  и  $T_2$  закрыты и конденсатор  $C_1$  начинает заряжаться через резистор  $R_4$  (с помощью которого регулируют мощ-

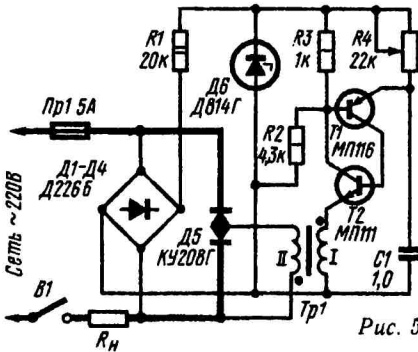


Рис. 5

ность, выделяемую на нагрузке  $R_n$ ). Заряд продолжается до тех пор, пока напряжение на конденсаторе не превысит порог открывания транзистора  $T_1$ . В этот момент транзисторы открываются и переходят в режим насыщения. Конденсатор быстро разряжается через них на первичную обмотку импульсного трансформатора  $Tr_1$ . Импульс тока со вторичной обмотки открывает симистор  $D_5$ . Порог открывания транзисторов определяется сопротивлениями резисторов делителя  $R_2R_3$ .

Импульсный трансформатор  $Tr_1$  намотан на кольце из феррита М2000НМ1-15 типоразмера К20×12×6. Обмотка  $I$  содержит 50 витков, а  $II$  — 30 витков провода ПЭЛШО 0,25 мм. Конденсатор  $C_1$  — МБМ с рабочим напряжением 160 В.

Максимально допустимый ток нагрузки регулятора 5 А. Пределы регулирования напряжения от нескольких вольт до 215 В.

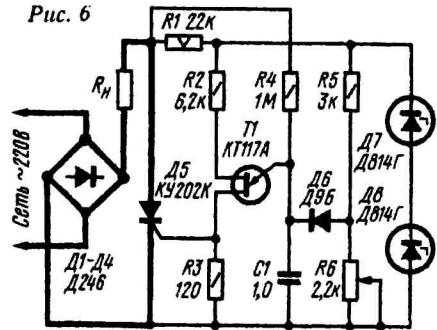
Инж. В. ПОНОМАРЕНКО,  
инж. В. ФРОЛОВ

г. Воронеж

### ...с улучшенной регулировочной характеристикой

В тиристорных регуляторах с фазоимпульсным управлением напряжение на конденсаторе  $RC$ -цепи во время его заряда увеличивается по экспоненциальному закону. При синусоидальной форме сетевого напряжения регулировочная характеристика, выражающая зависимость напряжения на нагрузке от сопротивления переменного резистора, оказывается резко нелинейной, что затрудняет плавную регулировку напряжения на нагрузке.

Рис. 6



Тиристорный регулятор, схема которого показана на рис. 6, в значительной степени свободен от этого недостатка. В регуляторе использован однопереходный транзистор. Улучшение линейности регулировочной характеристики достигается тем, что конденсатор  $C_1$  заряжается от напряжения сети (через резистор  $R_4$ ) и одновременно от источника постоянного стабилизированного напряжения (через делитель  $R_5R_6$  и диод  $D_6$ ). Изменяя резистором  $R_6$  уровень постоянного напряжения, можно управлять моментом открывания тринистора и, следовательно, напряжением на нагрузке. Диод  $D_6$  исключает возможность разряда конденсатора через резистор  $R_6$ .

Сопротивление резистора  $R_4$  выбирают таким, чтобы при замкнутом накоротко резисторе  $R_6$  напряжение на нагрузке было минимальным. Тогда при крайнем нижнем (по схеме) положении движка резистора  $R_6$  напряжение на нагрузке будет максимальным.

### ...со стабилизацией выходного напряжения

Особенностью описываемого регулятора является способность стабилизировать напряжение на нагрузке при изменении напряжения питающей сети. Управляющее устройство построено на однопереходном транзисторе по схеме фазоимпульсного регулирования (см. рис. 7).

В начале полупериода сетевого на-

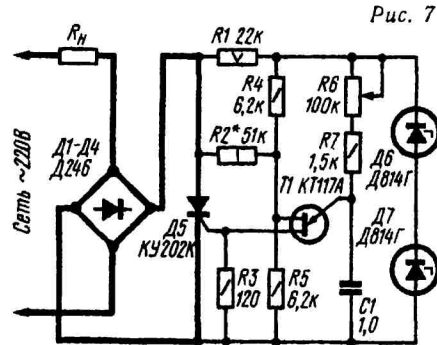


Рис. 7

пряжения транзистор  $T1$  закрыт и конденсатор  $C1$  заряжается через резисторы  $R6$  и  $R7$ . Как только напряжение на конденсаторе достигнет порога открывания однопереходного транзистора, он открывается и конденсатор разряжается через эмиттерный переход транзистора и управляющий переход тринистора  $D5$ . Тринистор открывается и через нагрузку начинает протекать рабочий ток.

Питание управляющего устройства от стабилизатора напряжения ( $D6$ ,  $D7$ ), обеспечивая стабильность момента открывания тринистора при изменении напряжения сети, не может стабилизировать напряжения на нагрузке. Поэтому в устройстве введены два дополнительных резистора  $R2$  и  $R5$ . Резистор  $R5$  образует с резистором  $R4$  делитель, определяющий межбазовое напряжение однопереходного транзистора, а резистор  $R2$  обеспечивает зависимость этого напряжения от напряжения сети.

Например, при увеличении сетевого напряжения увеличивается межбазовое напряжение транзистора, а следовательно, и пороговое напряжение его открывания. Это приводит к увеличению задержки открывания тринистора и, следовательно, к уменьшению напряжения на нагрузке, то есть к его стабилизации. Поскольку разброс параметров транзисторов КТ117А значителен, резистор  $R2$  необходимо подбирать по наилучшей стабилизации выходного напряжения.

Следует отметить, что при выбранном сопротивлении резистора  $R2$  может быть обеспечена эффективная стабилизация выходного напряжения только при его фиксированном значении или при регулировании его в определенных пределах.

Это можно объяснить, например, тем, что при различных выходных напряжениях, то есть при различных значениях угла открывания тринистора, скорость заряда конденсатора также различна и, следовательно, одинаковые изменения напряжения открывания однопереходного транзистора вызывают различные изменения угла включения тринистора. Кроме этого, межбазовое напряжение однопереходного транзистора, являющееся суммой постоянной и синусоидальной составляющих, при изменении угла открывания тринистора также изменяется, причем характер изменения зависит не только от направления изменения угла открывания, но и от величины этого угла. Так, например, одно и то же увеличение угла открывания тринистора в первой половине полупериода вызывает увеличение межбазового напряжения, а во второй — уменьшение.

Поэтому при фиксированном значении резистора  $R2$  не удается полу-

чить эффективную стабилизацию во всем диапазоне выходных напряжений тиристорного регулятора. При номиналах элементов, указанных на схеме, напряжение на нагрузке в пределах от 50 до 80 В изменялось не более, чем на 1% при изменении напряжения сети на  $\pm 10\%$ .

**Инж. В. КРЫЛОВ, инж. В. ЛАПШИН**  
Москва

\* \* \*  
Тиристорные регуляторы, которые описаны в помещенной выше подборке, отличаются построением как силовых цепей (на рисунках выделены условными линиями), так и устройств управления тринисторами.

В большинстве случаев оптимальной оказывается силовая цепь с мостовым выпрямителем, к выходу которого и подключают тринистор (например, рис. 3, 7). При этом нагрузка может быть включена также и в цепь постоянного тока (рис. 2, 6). Для такой силовой цепи требуется лишь один мощный тринистор, причем возможно использование тринисторов с ненормированным обратным напряжением.

Силовая цепь регулятора, собранного по схеме рис. 1, хотя и не требует отдельного выпрямителя, не обладает этими преимуществами. К недостаткам этого регулятора следует добавить и отсутствие резисторов, шунтирующих управляющие переходы тринисторов, что снижает надежность регулятора, особенно при работе в условиях повышенной температуры.

Заслуживает внимания построение силовой цепи регулятора по схеме рис. 4. Необходимость в дополнительном выключателе ( $B2$ ) окупается возможностью использовать только один тринистор и один мощный диод ( $D1$ ).

Во всех рассматриваемых регуляторах (за исключением собранного по схеме рис. 1) используется фазоимпульсный метод управления тринисторами. Управляющее устройство, реализующее этот метод, формирует короткие импульсы с крутым передним фронтом, которые поступают на управляющий переход тринистора. Фазоимпульсные регуляторы обеспечивают высокую точность и стабильность угла включения тринистора, что особенно важно в замкнутых автоматических системах регулирования, например, в стабилизаторах напряжения.

В амплитуднофазовых регуляторах, к которым относится и регулятор по схеме рис. 1, управляющие переходы тринисторов постоянно подключены к конденсаторам времязадающих цепей. Напряжение на этих конденсаторах увеличивается сравнительно медленно, что не позволяет обеспечить высокую стабильность момента открывания тринисторов, а следовательно, высокую стабильность напряжения на нагрузке. Поэтому такие регуляторы могут быть использованы лишь в простых устройствах с ручным регулированием, не требующих временной и температурной стабильности напряжения на нагрузке.

Ценным свойством регулятора по схеме рис. 2 является возможность его использования в многоканальных системах регулирования, причем отсутствует необходимость в гальванической развязке источников управляющих сигналов. Необходимо отметить и продуманную схему силовой цепи, которая позволяет на одном теплоотводе разместить без изолирующих прокладок два силовых диода, тринистор и даже стабилитрон, если его заменить на  $D816ГП$ .

Тиристорный регулятор по схеме, показанной на рис. 3, иллюстрирует возможность использования в управляющем устройстве транзистора в лавинном режиме. Необходимо иметь в виду, что в данном случае использование лавинного транзисто-

ра вместо диодистора не дает схемотехнического выигрыша. Тем не менее температурная стабильность регулятора с лавинным транзистором несколько выше. Для более полного использования по току тринистора  $D5$  (КУ201J) следует заменить диоды  $D1-D4$  на более мощные.

В управляющих устройствах регуляторов, собранных по схемам на рис. 4 и 5, использованы транзисторные аналоги однопереходного транзистора. Некоторое усложнение схемы таких устройств окупается возможностью легко изменять в широких пределах напряжение формируемых импульсов подбором резисторов  $R2$  и  $R3$ . Поскольку управляющее устройство потребляет ток, не превышающий нескольких десятков миллиампер, целесообразно в регуляторе по схеме рис. 5 диоды  $D1-D4$  заменить на миниатюрные КД102А или КД102Б.

При составлении схемы регулятора и его налаживании необходимо иметь в виду, что конденсатор времязадающей цепи в течение полупериода сетевого напряжения заряжается до порогового напряжения, при котором открывается прибор (динистор, лавинный транзистор и т. п.), формирующий импульс. Напряжение на конденсаторе в этот момент оказывается приложенным к управляющему переходу тринистора. Поэтому необходимо так выбрать сопротивление резисторов, включенных параллельно и последовательно с управляющим переходом тринистора ( $R1$  и  $R2$ , рис. 3), чтобы напряжение на управляющем переходе не превышало максимально допустимой величины (для тринисторов серии КУ201, например, она равна 10 В).

Использование в регуляторах однопереходных транзисторов (см. рис. 6 и 7) позволяет значительно повысить температурную стабильность напряжения на нагрузке. Оба регулятора обладают повышенными эксплуатационными характеристиками. Особо следует отметить регулятор, собранный по схеме рис. 7. Он способен регулировать напряжение на нагрузке и одновременно стабилизировать его на установленном уровне. Недостаток регулятора, заключающийся в непостоянстве коэффициента стабилизации при регулировании выходного напряжения, можно значительно ослабить, если резистор  $R2$  выбрать переменным (или заменить цепочкой из соответственно подобранных постоянного и переменного резисторов) и, снабдив его шкалой, отградуировать.

В качестве формирователя импульсов могут быть использованы также транзисторные аналоги динисторов или маломощные тринисторы (см. «Радио», 1973, № 11, с. 40—41). Необходимо иметь в виду, что под термином «регулирование напряжения» в статье подразумевается регулирование действующего (эффективного) значения выходного напряжения. Точно измерить эту величину можно лишь тепловыми, термоэлектрическими, а также электронными квадратичными вольтметрами. Можно пользоваться и обычным магнитоэлектрическим прибором, включенным в диагональ диодного моста, отградуированным по одному из перечисленных приборов. В заключение следует отметить, что более подробно о методах и устройствах управления тринисторами читатели могут узнать из сборника «В помощь радиолюбителю» вып. 43, с. 44—54.

Редакция получила большое число писем радиолюбителей с описаниями сконструированных ими тиристорных регуляторов напряжения. Поскольку поместить на страницах журнала описания всех этих конструкций не представляется возможным, из них были отобраны некоторые наиболее характерные, оригинальные, с которыми мы сочли нужным познакомить наших читателей в помещенной выше подборке статей. Редакция благодарит также всех читателей журнала, чьи описания мы не смогли использовать при составлении подборки.

# Доработка электронных часов

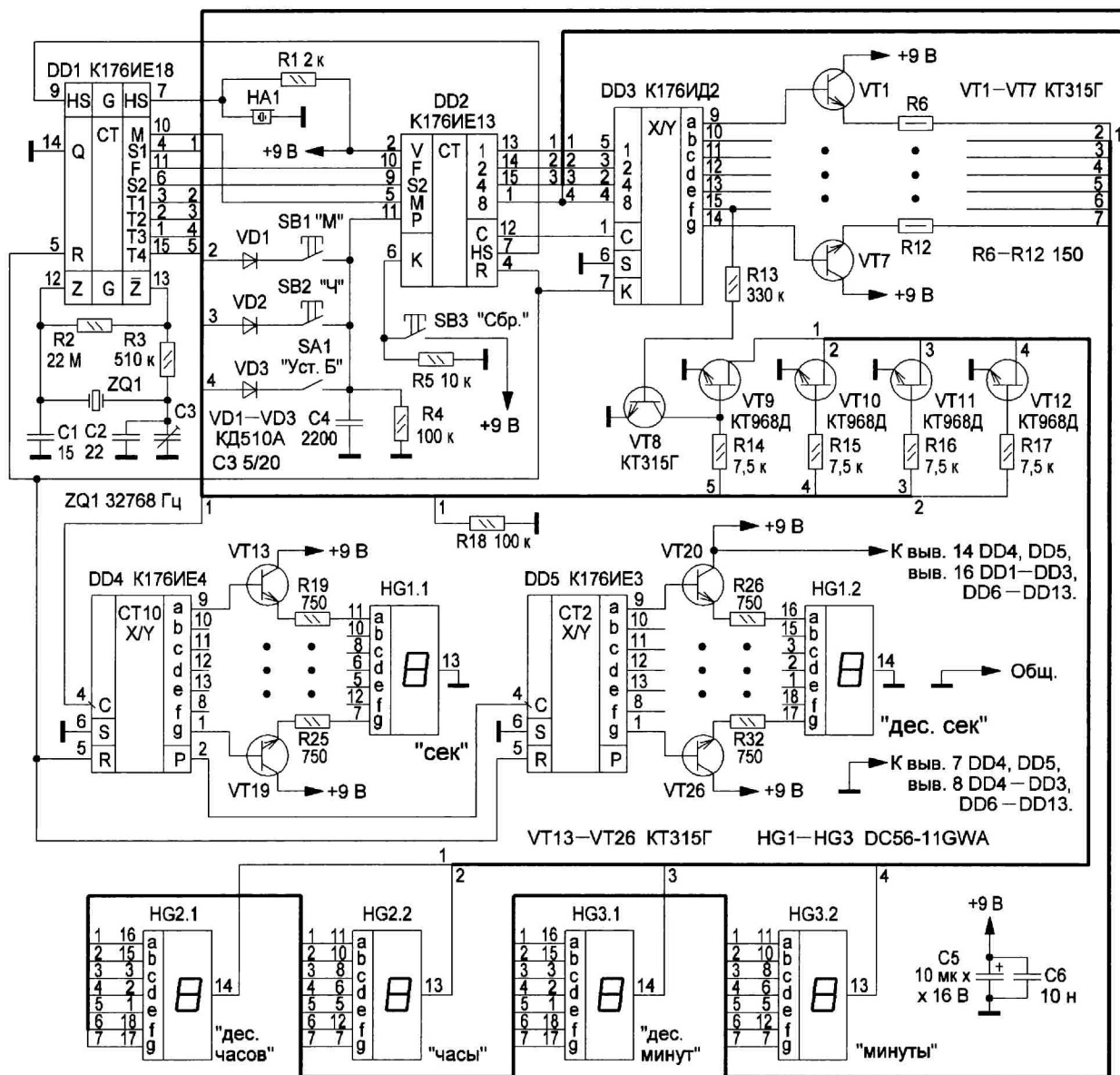
После публикации в рубрике "Возвращаясь к напечатанному" статьи автора "Часы-таймер с будильником" ("Радио", 2023, № 7, с. 50, 51) в редакцию поступило письмо с вопросом по этой статье. Читатель спрашивает: "Можно ли к существующим часам сделать приставку для управления нагрузкой?". Автор статьи предлагает возможное решение.

С. ГЛИБИН, г. Москва

Включением или выключением нагрузки с помощью электронных часов, схема которых приведена в [1], проще всего управлять от сигналов встроенного в часы будильника. Вызов на индикаторы показаний времени для будильника и его установку производят включением выключателя SA1 и нажатиями на кнопки SB1 и SB2. Сигнал

будильника для управления нагрузкой снимают с выхода HS микросхемы DD2 (K176IE13). К недостаткам управления от сигналов будильника следует отнести манипуляции с выключателем SA1 для переключения показаний дисплея и с кнопками SB1, SB2 для набора временного интервала, причём только "по кругу". Этим недостаткам лишены тай-

меры с наборным блоком [2]. Необходимо отметить, что при этом сохраняется возможность управления нагрузкой и от сигналов будильника. В некоторых ситуациях такая возможность служит удобным бонусом. Наборный блок можно выполнить на кнопочных переключателях, но утопленные кнопки будет трудно разглядеть



уже с небольшого расстояния. Если часы дополнить таймером с наборным блоком на переключателях галетного типа, то задание времени включения или выключения нагрузки движками переключателей, снабжённых круговыми шкалами, будет более комфортным.

Схема доработанных из [1] электронных часов с таким таймером на восьми микросхемах КМОП серий K176 и K561 приведена на рисунке. Нумерация элементов таймера продолжает нумерацию электронных часов. Он собран на D-триггерах DD6, DD8, DD10, DD12 (K561TM3), дешифраторах DD7, DD9, DD11, DD13 (K176ИД1), диодах VD4—VD7 (КД510А), конденсаторах C7—C10, резисторах R33—R37 и позиционных переключателях SA2—SA5.

Сигналы цифр времени (минуты — десятки минут — часы — десятки часов) в двоичном коде 1—2—4—8 с выходов счётчика DD2 электронных часов поступают на входы D1—D4 триггеров тайме-

ра. Сохранение информации триггера происходит от тактовых импульсов с электронных часов, поступающих в таймер с частотой следования 128 Гц с выходов T1—T4 счётчика DD1 и сдвинутых между собой на четверть периода для реализации динамической индикации [3]. При уровне лог. 1 на выходе T1 на выходах 1—2—4—8 счётчика DD2 присутствуют сигналы минут в двоичном коде, при лог. 1 на T2 — десятков минут и т. д. Сразу после появления каждого тактового импульса необходимо до прихода следующего сохранять информацию, поступившую на входы D1—D4 в соответствующем триггере. Для этого нужно сменить на его входе C уровень лог. 1 на лог. 0 — сформировать спад. С этой целью к выходам T1—T4 счётчика DD1 подключены дифференцирующие RC-цепи C7R33—C10R36, на выходах которых длительность тактовых импульсов уменьшена до 0,1...0,2 мс. В таком "урезанном" ви-

де они и поступают на входы С триггеров. Подобное схемное решение автор применял ранее в [2] для формирования статического режима засветки ЖКИ от сигналов динамической индикации.

С выходов 1, 2, 3, 4 триггеров сигналы цифр времени в коде 1—2—4—8 поступают на входы двоично-десятичных дешифраторов DD7, DD9, DD11, DD13 и отображаются на соответствующем каждой цифре выходе 0—9 в виде лог. 1. Эти выходы дешифраторов соединены с контактными группами позиционных галетных переключателей SA2—SA5. Изменяя положения движков переключателей, устанавливаются требуемое время включения/выключения нагрузки. Четыре подвижных контакта переключателей соединены с логическим узлом 4И, собранным на диодах VD4—VD7 и резисторе R37. При появлении на всех четырёх контактах сигналов с уровнями лог. 1, т. е. совпадения в часах текущего времени со временем, заданным положениями движков переключателей, на нижнем по схеме выводе резистора R37 тоже появляется сигнал лог. 1. Он и служит для управления нагрузкой. В зависимости от требуемой полярности управления сигнал можно снимать как относительно общего провода, так и относительно линии питания +9 В.

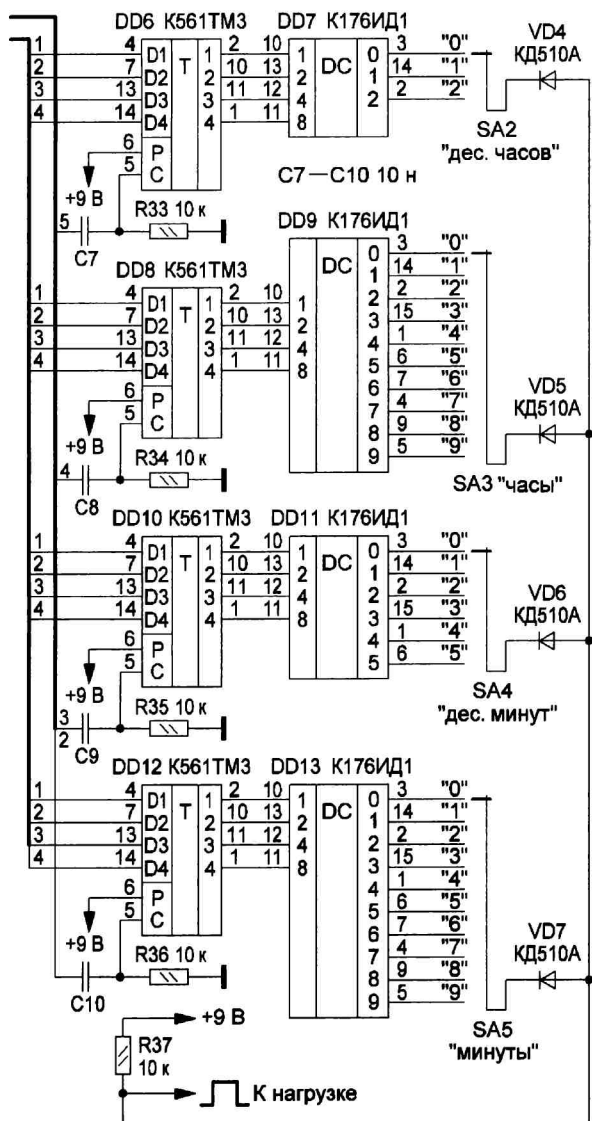
Следует учесть два момента. Во-первых, длительность сигнала управления равна одной минуте. Для его фиксации на неограниченное время можно установить, например, RS-триггер или его аналог на двух логических элементах микросхемы K561ЛЕ5 с предустановкой в начальное состояние.

Во-вторых, сигнал управления сравнительно маломощный. Ток через резистор R37 может быть увеличен уменьшением сопротивления резистора только до нескольких миллиампер, поэтому мощной нагрузкой необходимо управлять через соответствующий драйвер. При гальванической связи таймера с нагрузкой в качестве такого драйвера подойдёт, например, мощный полевой транзистор с изолированным затвором и n-каналом. При необходимости гальванической развязки применяют оптроны.

Триггеры K561TM3 заменимы сдвиговыми регистрами K176ИР3 или K561ИР9, а также счётчиками K561ИЕ11, K561ИЕ14 или их импортными аналогами с соответствующими схемами включения. Вместо счётчика K176ИЕ18 можно установить K176ИЕ12, но с учётом некоторых отличий [3]. В частности, звуковой излучатель придётся подключить к выходу HS счётчика DD2. Впрочем, выбор замены всех элементов и аналогов могут сделать сами читатели. Налаживания таймер не требует.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Глибин С. Возвращаясь к напечатанному. Часы-таймер с будильником. — Радио, 2023, № 7, с. 50, 51.
2. Глибин С. Часы-таймер с будильником. — Радио, 1994, № 7, с. 22—25.
3. Алексеев С. Применение микросхем серии K176. — Радио, 1984, № 5, с. 36—40; № 6, с. 32—35.



# Электронные игры-головоломки "Пятнашки" и "Танграм" на модуле RP2040

Д. МАМИЧЕВ, п. Шаталово Смоленской обл.

Статья продолжает тему о детских развивающих игрушках, начатую автором в [1]. На этот раз речь пойдёт об электронной версии головоломки, известных в нашей стране как "Пятнашки" и "Танграм". Первая из них — головоломка, которая является прекрасным тренажёром для развития логического мышления, усидчивости, логики, прекрасно развивает способности к анализу. Она относится к классу механических, чтобы её решить, нужно передвигать пронумерованные сегменты-фишки. Стандартное поле для игры представляет из себя квадрат 4×4, поэтому на нём может поместиться 16 фишек. Визуально поле представляет собой дощечку, ящик или рамку. Фишек всего 15, и они пронумерованы по порядку таким образом, что на поле

одна ячейка является свободной и даёт возможность игроющему передвигать фишки по горизонтали или вертикали.

Задача игры состоит в том, чтобы, перемещая по полю фишки, первоначально размещённые в случайном порядке, собрать верный цифровой ряд, от 1 до 15. Изобретателем головоломки на сегодняшний день считается Ной Палмер Чепмэн, почтмейстер из Канастоты, который ещё в 1874 г. показывал друзьям игру, состоящую из шестнадцати пронумерованных квадратиков, которые надо было сложить в ряды по четыре штуки так, чтобы сумма чисел в каждом ряду была равна 34. Подробнее об истории игры можно прочитать в [2, 3].

Автор статьи решил разработать электронную версию игры, используя модуль экрана на основе сенсорного TFT-дисплея на чипе ILI9341. Его активное поле с диагональю 2,8 дюйма и разрешением 320×240 пикселей (рис. 1).

Такой вариант реализации, в отличие от механического прототипа, позволяет существенно расширить цели и задачи головоломки, ранжировать уровни сложности её решения, разнообразить визуализацию игры. Также у игрока возникает возможность различных модернизаций готового изделия без аппаратных изменений. Рабочая зона модуля экрана поделена на три части. Первая представляет визуализацию набора пятнадцати фишек с нанесённым на их внешнюю поверхность изображением номеров и шестнадцатого пустого места. Вторая зона — информационная строка (в этой версии головоломки не используется) для отображения текущих параметров игры. Третья зона — сенсорные кнопки управления (четвёртая кнопка в этой версии не задействована). Управление игровым процессом удобнее осуществлять с помощью стилуса (входит в комплект модуля дисплея), хотя автор при экспериментах успешно пользовался указательным пальцем. Кратковременно касаясь центра изображения фишки рядом с вакантным местом, мы заставляем меняться их местами, т. е. передвигаем фишку. Нажимая на кнопку "Тема", производим смену изображения всей рабочей зоны, меняя тем самым тип игры по целям и задачам. Многократное нажатие на эту кнопку циклично перебирает все записанные в память модуля темы. Кнопка "Старт" анимирует перемешивание фишек, генерируя псевдослучайные ходы пустого места. Если результат перемешивания не устраивает игрока, можно повторно нажать на эту кнопку. Анимация перемешивания занимает несколько секунд, но существенно улучшает восприятие

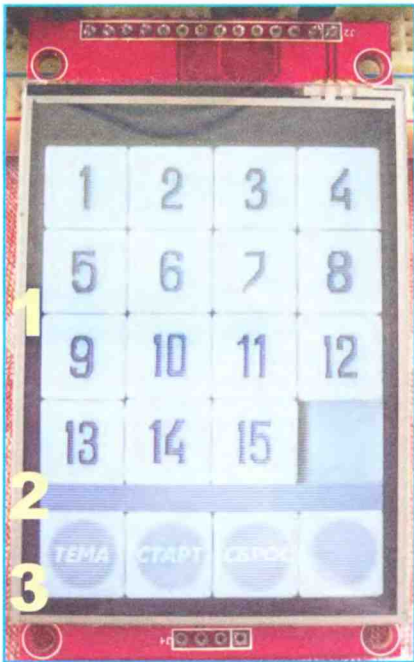


Рис. 1

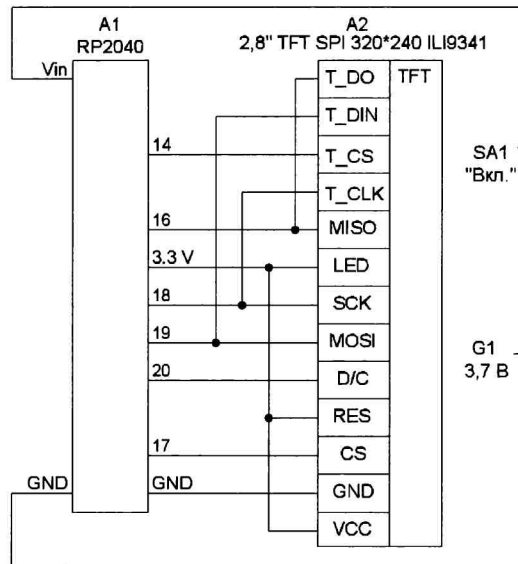


Рис. 2



Рис. 3





Рис. 4

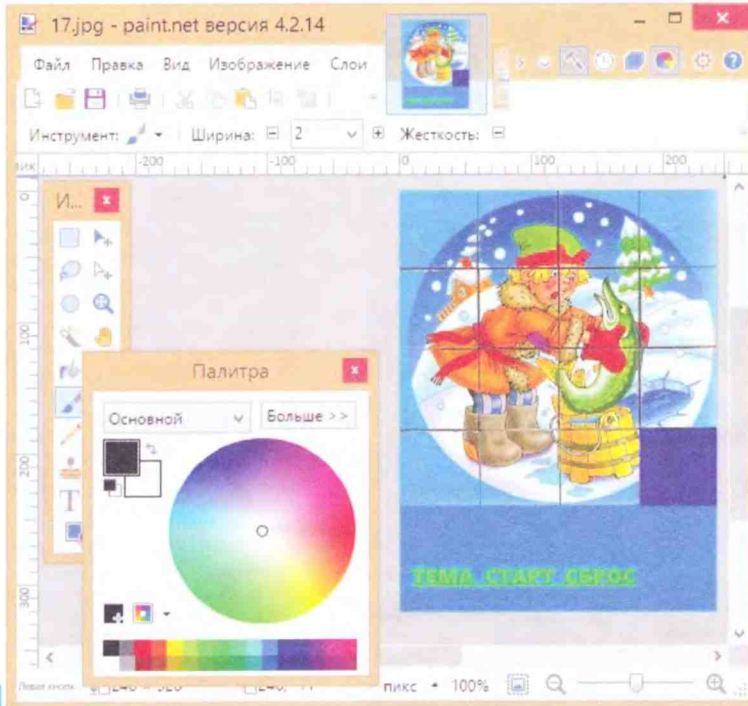


Рис. 5

игрового процесса. Кнопка "Сброс" мгновенно расставляет фишки в исходную последовательность (рис. 1). Схема головоломки приведена на рис. 2 и ничем не отличается от схемы из [1] в плане подключения выводов модулей и использования набора управляющих библиотек.

При наборе используемых тем автор старался разнообразить визуализацию дизайна классических пятнашек (рис. 3) и представить различные варианты целей и сложности прохождения игры (рис. 4). Цель классической головоломки — упорядочивание номеров фишек по возрастанию сменяется на выстраивание градиента цветов или на набор слов для фразы, или сборку картинки по нумерованным фрагментам. Сложнее будет вариант, если фрагменты не нумерованы. Шестой тип (крайний справа на рис. 4) — это творческое задание-цель. Здесь игрок может попробовать создать свои собственные картинки-узоры, опираясь на исходный вариант. При самостоятельном изготовлении картинки-темы удобно пользоваться графическим редакто-

ром **paint.net** версии 4.2.14 (рис. 5). Перевод изображения в массив данных такой же, как и изложенный в [1]. Настройки внутри конвертера поясняет рис. 6. Используемый модуль, в зависимости от варианта, может вмещать от десятка до сотни тем.

В исходном варианте скетча работа головоломки реализована благодаря набору разработанных функций: **drawFoto()**, **drawFoto\_fragment()**, **otrisovka\_()**, **hod\_()**, **knopki()**, **peremchka\_()**.

Математическую модель фишек и их положения задаёт двумерный массив из 16-и элементов. Индекс элемента указывает положение на игровом поле, а его значение задаёт номер фишки (пустое место соответственно имеет номер 16). За отрисовку графики отвечают три первые функции из перечисленных выше. Четвёртая функция выполняет перестановку элементов в массиве при касании фишки стилусом. Функция **knopki()** выполняет действия при нажатии на соответствующие сенсорные кнопки. Последняя функция производит перестановку элементов массива и отрисовку каждой пары переставленных фишки и пустого места (элементов массива в модели).

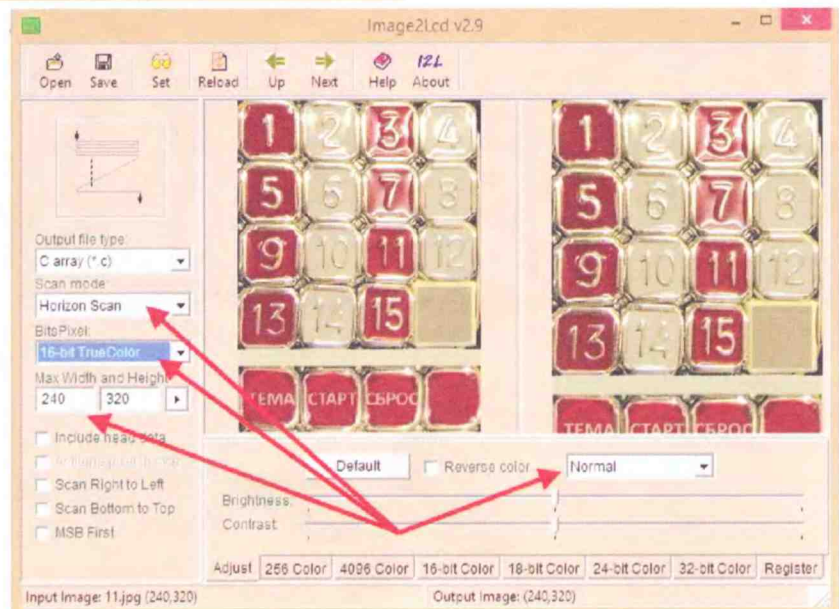


Рис. 6



Рис. 7

Среди возможных модернизаций скетча игры можно указать следующие: создание счётчика ходов с возможностью обнуления кнопкой, добавле-

ние информационной надписи об успешном окончании решения головоломки или названии текущей темы, опции по демонстрации автоматиче-

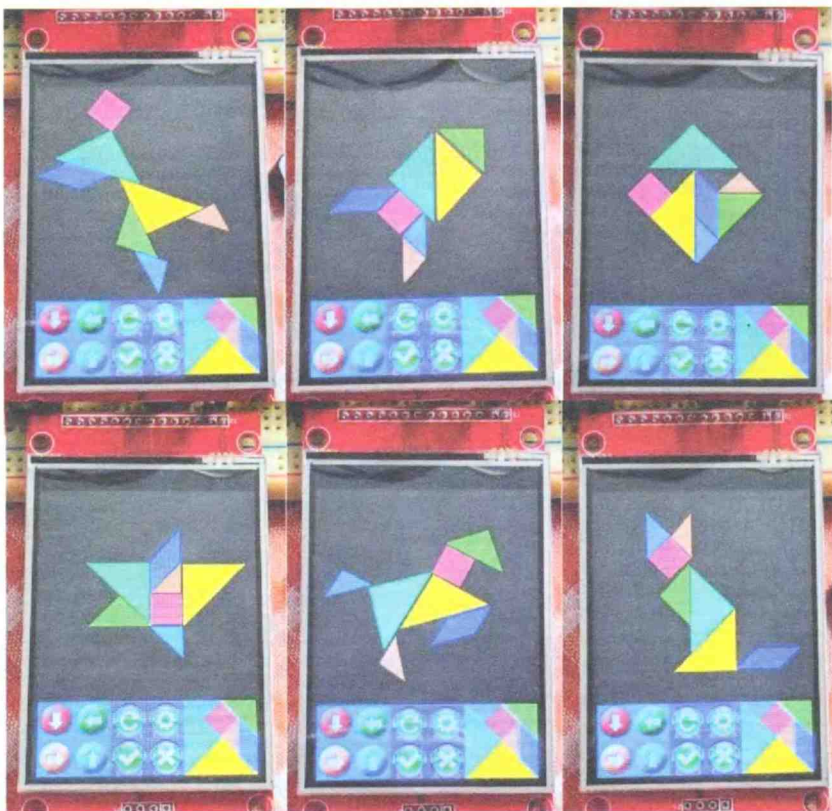


Рис. 8

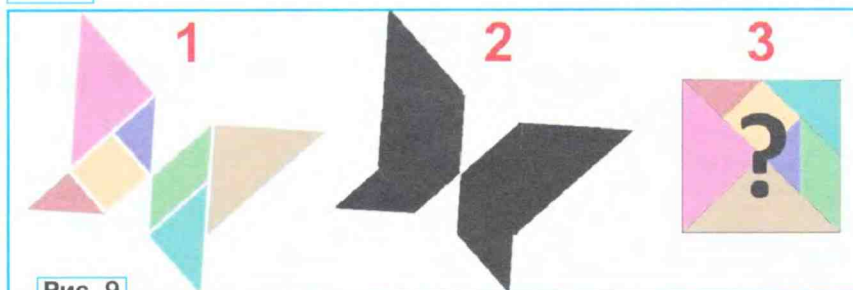


Рис. 9

ского решения задачи программой игры.

Было решено добавить графику заставки игры 1 и результата решения головоломки 3 (рис. 7) в отдельном варианте скетча с индексом А в названии. Восприятие игры становится при этом более цельным. В этой версии программы после включения питания на экране появляется заставка. Для перехода к основному игровому циклу 2 достаточно коснуться экрана. После перемешивания фишек, в случае успешного решения головоломки, появится победная заставка-картинка 3. Для перехода к картинке 1 вновь придётся коснуться сенсорной поверхности экрана. Кроме этого, улучшена анимация ходов фишек — появляется отображение промежуточного положения фишки при переходе с позиции на позицию, добавляя электронной версии похожести на механический прототип.

Ещё одним увлекательным вариантом игры может быть пришедшая к нам из древнего Китая головоломка "Танграм" (семь дощечек мастерства) [4] — головоломка, состоящая из семи плоских фигур, которые складывают определённым образом для получения другой, более сложной, фигуры, изображающей человека, животное, предмет домашнего обихода, букву, цифру и т. д. Фигура, которую необходимо получить, при этом обычно задаётся в виде силуэта или внешнего контура. При решении головоломки требуется соблюдать два условия: первое — необходимо использовать все семь фигур танграма, и второе — фигуры не должны накладываться друг на друга.

Внешний вид рабочего поля электронной версии игры с собранными вариантами фигур представлен на рис. 8. Оно разделено на две зоны — основная (верхняя), где происходят перемещение и повороты танов (плоских частей геометрических фигур), и дополнительная (нижняя), где расположены сенсорные кнопки навигации головоломки. В игру могут играть взрослые и дети. Она подразумевает три принципиально разных уровня сложности прохождения (рис. 9). На первом уровне игрок повторяет фигуры подобно сборке мозаики по известному изображению танов головоломки. На втором уровне вместо подробной схемы имеется лишь силуэт фигуры, и игроку нужно самостоятельно воспроизвести его, догадавшись, как расположены таны. Третий уровень — это уровень творческой самореализации игрока. Здесь он может попытаться создать собственную фигуру, не похожую на многие сотни уже известных.

Управление игрой осуществляет группа кнопок 1—3 (рис. 10). Первая группа осуществляет поступательное движение тана вниз, влево, вверх, вправо. Минимальный шаг смещения — два пикселя. Нажимая и удерживая ту или иную кнопку, игрок постоянно передвигает тан по основной зоне (чёрное поле из 240×240 пикселей). Вторая группа (левая пара кнопок) управляет вращением фигуры. Верхняя кнопка вращает тан по часовой стрелке сравнительно быстро. Нижняя кнопка

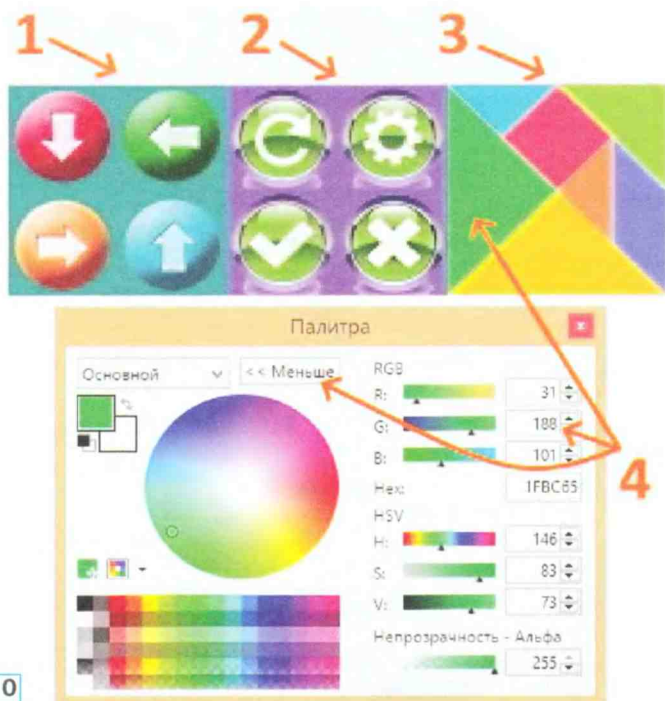


Рис. 10

вращает тан медленно и точнее против часовой стрелки. Правая пара кнопок является резервной и в этой версии головоломки не используется. Третья группа кнопок управляет текущим выбором одной из семи фигур набора для её перемещения. Во время построения общей фигуры одни таны могут стирать другие (закрашивать чёрным цветом фона) при наложении. Для визуального восстановления фигуры достаточно повторно нажать на её кнопку в третьей группе. Чтобы точно

совпадали цвета выбранных кнопок на рисунке панели и танов в зоне рисования, нужно знать количественные составляющие компонент RGB цвета 4 (рис. 10). Для этого в графическом редакторе удобно использовать инструмент "Пипетка" и нажать в палитре на кнопку "Больше-меньше". В случае затирания фигурой изображения панели кнопок для восстановления достаточно коснуться любой точки чёрного поля (скрытая сенсорная кнопка — поле построения фигуры).

Далее несколько слов об алгоритме работы скетча и его реализации. Математическая модель фишек — это три массива по семь элементов (число танов) в каждом. Индекс элемента массива задаёт вид тана, а значения элементов массивов соответственно две координаты, его центра и угла поворота (в радианах) каждой из вершин. Заметим, что пять фигур — это треугольники, а две — четырёхугольники. Название массивов `tangram_x[7]`, `tangram_y[7]`, `tangram_a[7]`. Основная функция скетча — это `figura tn(byte figura,int Xs,int Ys,float a,uint16_t color)`. Она имеет пять аргументов: номер тана, координаты центра тана, угол его поворота и цвет закраски. По значениям этих аргументов происходит отрисовка каждого элемента головоломки на экране во время игры. Функция `кнопки()`; отслеживает нажатия на кнопки управления и соответственное присвоение аргументам основной функции текущих значений.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Мамичев Д. Электронные кубики-пазлы на модуле RP2040. — Радио, 2024, № 6, с. 60—62.
2. История "Пятнашек". — URL: <https://pjatnashki.ru/istoriya-pyatnashek.html> (12.06.24).
3. Игра в 15. — URL: <https://goo.su/6pzgGa> (12.06.24).
4. Танграм. — URL: <https://goo.su/luMKd> (12.06.24).

От редакции. На нашем FTP-сервере по адресу <http://ftp.radio.ru/pub/2024/11/cub2.zip> находятся файлы проекта и видеоролик, иллюстрирующий работу устройства.

## Бесконтактный датчик из электретного микрофона и конструкции на его основе-2

И. НЕЧАЕВ, г. Москва

Эта статья продолжает тему применения бесконтактного датчика, изготовленного из электретного микрофона [1]. На этот раз речь пойдёт о бесконтактном выключателе сетевого светильника для местной подсветки, например на кухне. Его преимущества — экономичность и безопасность, поскольку включение и выключение осуществляются бесконтактным способом.

Схема выключателя показана на рис. 1. Чувствительным элементом является датчик E1, переделанный из электретного микрофона CZ034 или CZN-15E. У него удалены алюминиевый корпус, электретная плёнка, металли-

ческий и диэлектрические диски [1]. Напряжение питания на датчик поступает через подстроечный резистор R1, с помощью которого регулируют чувствительность устройства. Выход датчика соединён с входом С триггера DD1.1. Этот триггер включён как делитель на два, но в цепи обратной связи установлена интегрирующая RC-цепь R2C1. В зависимости от того, какой логический уровень будет на прямом выходе этого триггера, в таком состоянии и будет находиться устройство. Входы второго триггера, входящего в микросхему K561TM2, надо соединить с общим проводом. Питается устройство от сетево-

го блока питания, в состав которого входят мостовой выпрямитель на диодах VD3—VD6 и параметрический стабилизатор напряжения на резисторах R5, R6 и стабилитроне VD2. Конденсатор C3 сглаживает пульсации напряжения питания, светодиод HL1 — индикаторный. Напряжение питания триггера определяется напряжением стабилизации стабилитрона VD2.

Питающее напряжение на нагрузку подаёт полевой транзистор VT1. Это напряжение не переменное, а пульсирующее, выпрямленное диодным мостом. Для подавляющего большинства таких потребителей, как лампы накали-

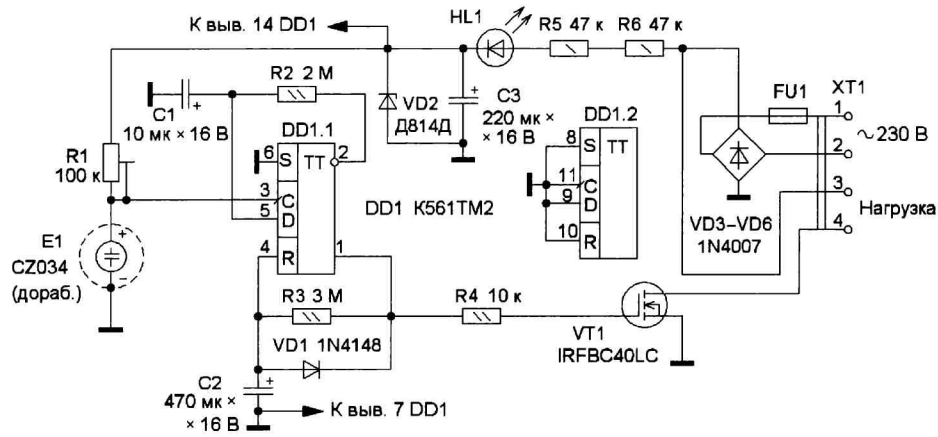


Рис. 1

вания, светодиодные лампы (кроме ламп с балластным конденсатором), импульсные блоки питания (ИБП) и другие устройства с ИБП, это вполне допустимо.

Работает выключатель так. В исходном состоянии напряжение на входе С триггера DD1.1 соответствует лог. 0. На прямом выходе триггера будет лог. 0, поэтому полевой транзистор VT1 закрыт и нагрузка обесточена. На инверсном выходе триггера будет лог. 1, и конденсатор C1 через несколько секунд зарядится до этого логического уровня. При приближении руки или пальца к датчику на расстояние несколько сантиметров на него наводится сетевое напряжение, и на его выходе появятся импульсы напряжения. Когда их амплитуда превысит уровень лог. 1, триггер переключится, и на его прямом выходе установится уровень лог. 1. В результате полевой транзистор откроется и подаст напряжение питания на нагрузку. На инверсном выходе установится лог. 0, и конденсатор C1 будет медленно разряжаться через резистор R2. В этот момент на вход С триггера DD1.1 поступает много импульсов, но обратно он не переключится, поскольку на конденсаторе C1 в течение нескольких

секунд будет лог. 1. Так сделано для того, чтобы при приближении пальца или руки к датчику не происходило хаотического переключения устройства.

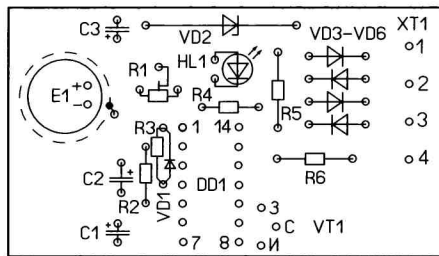
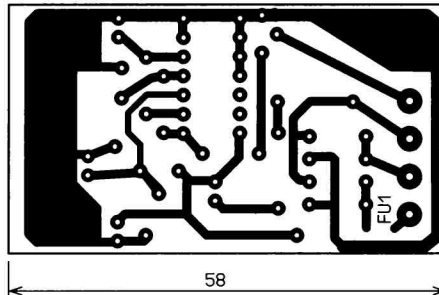


Рис. 2

Только через несколько секунд, когда на конденсаторе C1 установится лог. 0, можно вернуть устройство в исходное состояние.

Вход R триггера DD1.1 подключён к прямому выходу триггера через цепь R3VD1C2. Это обеспечивает автоматическое выключение освещения через определённое время после его включения. После появления лог. 1 на прямом выходе триггера DD1.1 начнётся зарядка конденсатора C2. Когда он зарядится до лог. 1, триггер обнулится, и на его прямом выходе будет лог. 0, нагрузка обесточится, а конденсатор C2 быстро разрядится через диод VD1 и выход триггера DD1.1. Устройство будет готово к следующему включению. Время задержки выключения зависит от постоянной времени цепи R3C2, и для указанных на схеме номиналов элементов оно составляет около 9 мин. Поэтому это время можно установить подборкой резистора R3 и конденсатора C2. При увеличении сопротивления резистора и ёмкости конденсатора время задержки увеличивается. Кроме того, такое техническое решение обеспечивает автоматическое выключение освещения, если оно случайно выключилось под воздействием помех.

Все элементы устройства размещены на печатной плате из фольгированного с одной стороны стеклотекстолита толщиной 1...1,5 мм. Чертёж платы и размещение на ней элементов показаны на рис. 2. Вид смонтированной платы показан на рис. 3.

Применены постоянные резисторы МЛТ, С2-23, подстроечный — серии TSR-065 или СП3-19, конденсаторы — оксидные К50-35 или импортные. Транзистор IRFBC40LC [2] можно заменить транзистором IRF840 [3] или аналогичным с максимальным напряжением сток—исток не менее 500 В, допустимым током стока не менее 1 А и сопротивлением открытого канала не более 1,2 Ом. Диод 1N4148 можно заменить диодами серий КД510, КД521, КД522, стабилитрон — любой маломощный на напряжение стабилизации 10...14 В. Светодиод может быть малогабаритный маломощный любого цвета свечения, который при токе 2 мА обеспечивает требуемую яркость. Разъём X1 составлен из двух клеммников KLS2-306V-5.00-02P-2S (DG306-5.0-02P-12). Предохранитель FU1 — конструктивный, он представляет собой отрезок одного медного провода из жгута монтажного провода МГТФ-0,07, припаянный между контактом 1 разъёма XT1 и диодным мостом.

Поскольку сетевые наводки могут быть сильными, датчик был помещён в трубчатый металлический экран диаметром 10...12 мм, высотой 9...10 мм, который на 2...3 мм выше высоты установки датчика. Этот экран можно изготовить из медной фольги, свернув её в трубку. Можно сделать его из корпуса

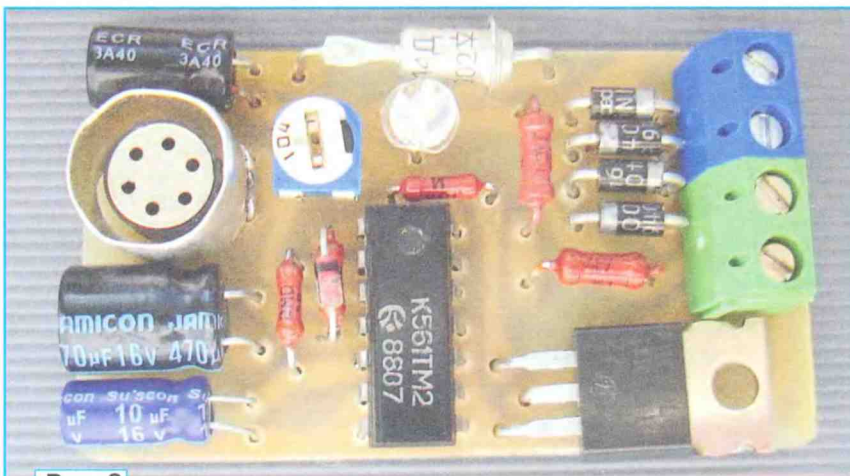


Рис. 3

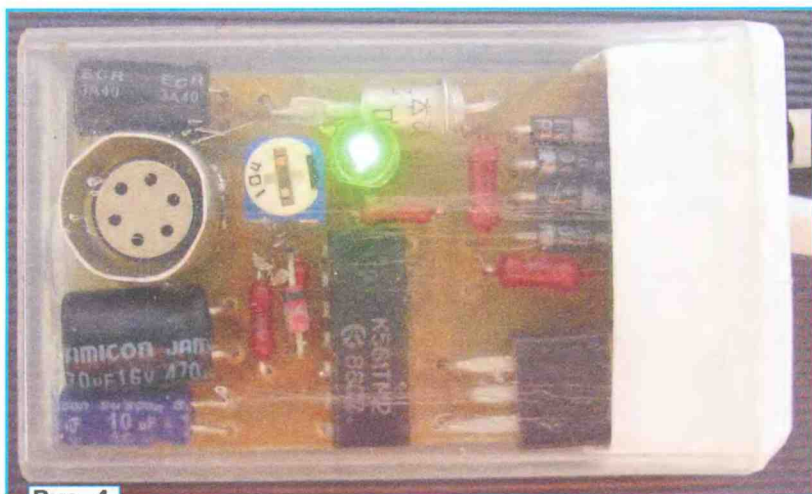


Рис. 4

оксидного конденсатора, отрезав от него трубку соответствующей длины, но для пайки придётся использовать специальный флюс для алюминия и его сплавов.

Плата размещена в прозрачном корпусе от драже "Тик так", провода выведены через овальное отверстие в крышке корпуса (рис. 4). Устройство можно закрепить на стене или мебели с помощью двухсторонней липкой ленты.

Устройство срабатывает при приближении руки или пальца на расстоянии нескольких сантиметров. Но высокую чувствительность устанавливать не

надо, поскольку снизится помехоустойчивость. Ток, потребляемый устройством от сети, — около 2,3 мА. Мощность нагрузки зависит от параметров полевого транзистора и диодов выпрямительного моста. Применённые диоды обеспечивают ток нагрузки до 2 А. Поскольку полевой транзистор IRFBC40LC применён без теплоотвода, рассеиваемая на нём мощность не должна превышать 0,5 Вт, это будет при токе нагрузки не более 0,4 А (мощность нагрузки — не более 80 Вт), этого вполне достаточно для современного светодиодного светильника.

Налаживание сводится к установке чувствительности устройства подстроечным резистором R1 непосредственно на месте эксплуатации. Номинальный ток полевого транзистора в датчике — около 0,5 мА [1]. Постоянное напряжение на выходе датчика E1 должно соответствовать уровню лог. 0, а при появлении наводок оно должно превышать уровень лог. 1, чтобы триггер DD1.1 переключился. Чтобы выполнялось это условие при напряжении питания 12 В, минимальное сопротивление резистора R1 должно превышать 15 кОм. Но сопротивление подстроечного резистора выбрано 100 кОм. Это сделано для того, чтобы при увеличении введённого сопротивления полевой транзистор в датчике входил в насыщение, что обеспечивает снижение его чувствительности.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Нечаев И. Бесконтактный датчик из электретьного микрофона и конструкции на его основе. — Радио, 2024, № 9, с. 53—55.
2. IRFBC40LC. — URL: <https://goo.su/gFOM> (30.07.24).
3. IRF840. — URL: <https://goo.su/5y3BpV> (30.07.24).

От редакции. Чертёж печатной платы находится по адресу <http://ftp.radio.ru/pub/2024/11/sen.zip> на нашем FTP-сервере.

## Звуковой сигнализатор окончания стирки в стиральной машине Веко

В. СУРОВ, г. Горно-Алтайск

У приобретённой в сетевом магазине электроники стиральной машины (СМ) торговой марки Веко отсутствовала функция звукового оповещения окончания стирки, что доставляло ряд неудобств, связанных с образованием сильной помятости вещей после их длительного нахождения в барабане СМ,

вследствие чего возникала необходимость постоянного контроля за временем окончания стирки. Чтобы избавиться от этих проблем, было принято решение разработать и установить в СМ звуковой сигнализатор окончания стирки.

В процессе изучения алгоритма работы СМ после окончания стирки, о

чём свидетельствует включение светодиода "Завершение", было определено, что через одну минуту отключается электромагнит замка дверцы, а светодиод продолжает гореть. Также в процессе изучения платы управления было выяснено, что для включения цифрового светодиодного индикатора и всех отдельных светодиодов используется динамическая индикация. Осциллограмма сигнала в цепи светодиода "Завершение" и последовательно включённого с ним резистора показана на рис. 1. Включение светодиода осуществляется короткими импульсами длительностью 1 мс с паузой 4 мс, что соответствует частоте импульсов 200 Гц с коэффициентом заполнения 20 %.

С учётом указанных параметров было принято решение сделать звуковой сигнализатор на базе микроконтроллера (МК), что позволит сделать его управление универсальным, с возможностью работать как с импульсными, так и статическими сигналами, а также

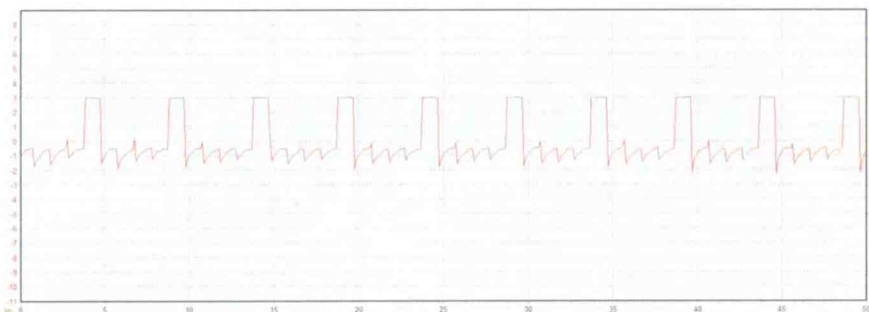


Рис. 1

использовать несколько вариантов (в нашем случае два) алгоритма работы сигнализатора.

Схема сигнализатора показана на рис. 2. Он выполнен на базе дешёвого и популярного МК ATtiny13A. Питающее напряжение +5 В взято с платы управления СМ и через резистор R1 и фильтрующие конденсаторы C1, C2 поступает на МК. Управляющий сигнал с цепей светодиода "Завершение" через резистор R2 поступает на излучающий диод оптрона U1, на коллекторе фототранзистора которого формируются импульсы, которые поступают на вход МК и подсчитываются внутренним тайме-

нту формируются соответствующие звуковые сигналы HA1. В качестве источника звука используется звукоизлучатель со встроенным генератором HCM1205X.

Элементы сигнализатора размещены на односторонней плате из фольгированного стеклотекстолита толщиной 1,5 мм, её чертёж и схема размещения элементов показаны на рис. 3. Для защиты платы в авторском варианте использована термоусаживаемая трубка подходящего диаметра (рис. 4). Применены резисторы МЛТ, C2-23, конденсаторы — для поверхностного монтажа, можно применить любой малога-

мычки S1 через минуту после включения светодиода "Завершение" трижды включается звуковой сигнал на 1,6 с с паузой в 0,4 с. Затем после паузы в 30 с звучат два коротких (длительностью по 0,4 с) и один длинный (длительностью 1,6 с) сигналы.

Если переключатель S1 установлена, после включения светодиода "Завершение" и минутной задержки трижды включается звуковой сигнал на 1,6 с с паузой 0,4 с. Затем после паузы в 30 с звучат пять коротких (по 0,4 с) сигналов, а после этого трижды с паузой в одну минуту звучат три коротких сигнала.

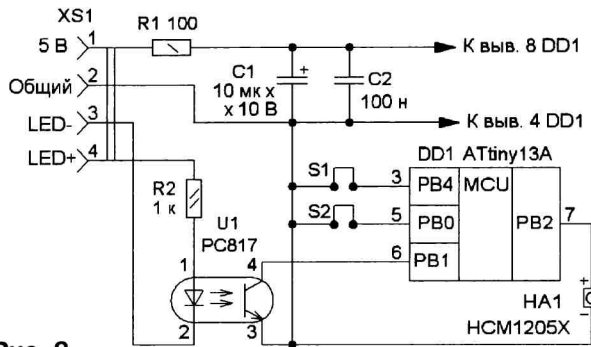


Рис. 2



Рис. 4

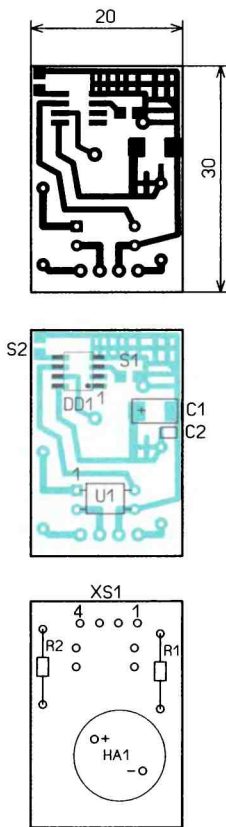


Рис. 3

ром. Программа микроконтроллера сравнивает пороговое значение с подсчитанным за 300 мс числом импульсов от оптрона. Если программа определяет включение светодиода "Завершение", то с задержкой в одну ми-

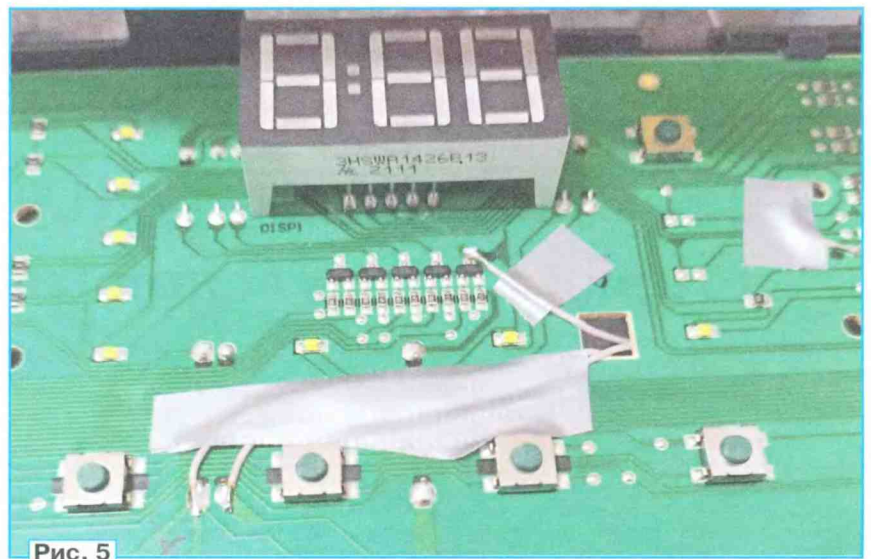


Рис. 5

баритный четырёхконтактный разъём. МК, конденсаторы и оптрон установлены со стороны печатных проводников. В качестве переключков можно использовать отрезки лужёного провода или каплю припоя. Фьюзы для МК ATtiny13A: **HighByte = 0xFF, LowByte = 0x7A** (частота генератора — 9,6 МГц, делитель на восемь отключить). Сигнал снимают непосредственно с контактных площадок, к которым подключён светодиод "Завершение". Монтаж на плате управления СМ выполнен проводом МГТФ, закрепленным липкой лентой (рис. 5).

С помощью установки переключков S1 и S2 на плате выбирают один из режимов работы сигнализатора. Без пере-

Контактные площадки S2 на плате служат для выбора режима работы со статическим (замкнут) или динамическим (разомкнут) сигналом на светодиоде "Завершение". На время тестирования сигнализатора переключку надо установить, в этом случае можно проверить работу устройства "на столе", подавая на излучающий светодиод оптрона через токоограничивающий резистор постоянное напряжение 5 В.

**От редакции.** Файл для программирования микроконтроллера и чертёж печатной платы находятся по адресу <http://ftp.radio.ru/pub/2024/11/beko.zip> на нашем FTP-сервере.

# Программируемый задний велосипедный фонарь

Ю. РЯБЧУК, Л. НЕФЕДЬЕВА, г. Волгоград

Вниманию читателей предлагается конструкция программируемого заднего велосипедного фонаря на микроконтроллере серии PIC12F629. Устройство имеет пять режимов работы — непрерывный и четыре режима мигания с различной частотой и периодичностью.

При движении на велосипеде в тёмное время суток необходимо использовать световые приборы [1, 2]. Задний велосипедный фонарь предназначен для безопасности дорожного движения и отличается от переднего фонаря своей ролью в дорожном движении. Если с помощью переднего фонаря велосипедист может осветить себе путь, то задний особенно необхо-

дим в тёмное время суток. Он даст другим участникам движения возможность заметить велосипедиста на расстоянии и избежать столкновения.

Если передний фонарь можно устанавливать в тёмное время суток и снимать при движении в светлое время суток, то задний должен быть на месте всегда, чтобы в нужный момент обозначить положение велосипедиста на про-

езжей части и, таким образом, обезопасить ситуацию на дороге.

Схема заднего фонаря приведена на рис. 1. Он содержит микроконтроллер (МК) серии PIC12F629 в корпусе SO8, транзистор PZT2222A — в корпусе SOT-223, кнопку управления, выполняющую функции включения/выключения и выбора режима работы, и 12 светодиодов красного свечения типоразмера 3528. МК работает от внутреннего генератора с частотой 4 МГц. Для внутрисхемного программирования МК на плате предусмотрен разъём XP1. Для программирования был использован программатор PICkit2. Программа для МК PIC12F629 была разработана в графической среде Flowcode [3]. Питание осуществляется от батареи типоразмера AAA, установленных в батарейный отсек KLS5-819-C (FC1-5146).

Корпус фонаря был спаян из фольгированного стеклотекстолита и покрашен. Конструкция разработана для крепления заднего фонаря к багажнику.

Режимы работы устройства (временные диаграммы напряжения на выводе GP5 микроконтроллера) показаны на рис. 2.

Режим 1 — светодиоды светят непрерывно.

Режим 2 — светодиоды включены 150 мс, выключены 450 мс. Далее цикл повторяется.

Режим 3 — светодиоды включены 200 мс, выключены 200 мс. Далее цикл повторяется.

Режим 4 — светодиоды включаются четыре раза на время 75 мс с паузой 75 мс, затем длинная пауза 500 мс. Далее цикл повторяется.

Режим 5 — светодиоды включены 400 мс, выключены 500 мс, затем следуют четыре всплески длительностью 75 мс с паузой 75 мс. Далее цикл повторяется.

Управление велосипедным фонарём осуществляется с помощью кнопки SB1. При последовательном нажатии на неё изменяется режим работы фонаря в соответствии с временными диаграммами, приведёнными на рис. 2. При длительном нажатии на кнопку SB1 в течение 2 с МК переходит в режим сна (энергосберегающий режим). Это

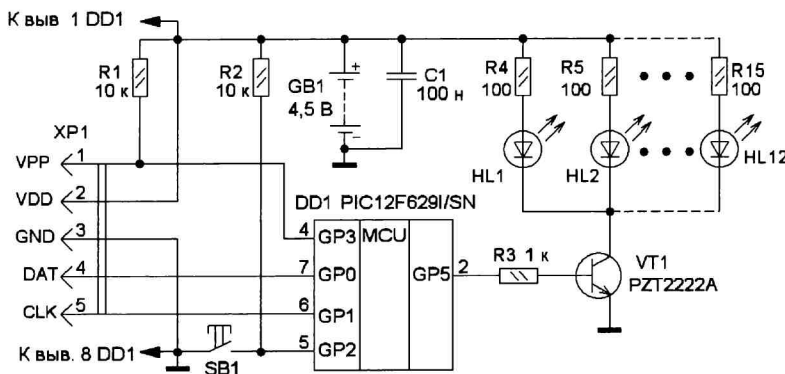


Рис. 1

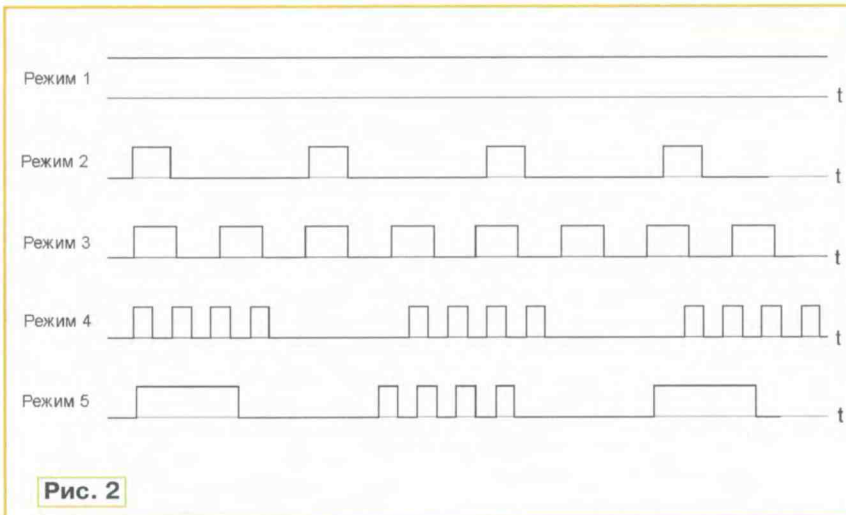


Рис. 2

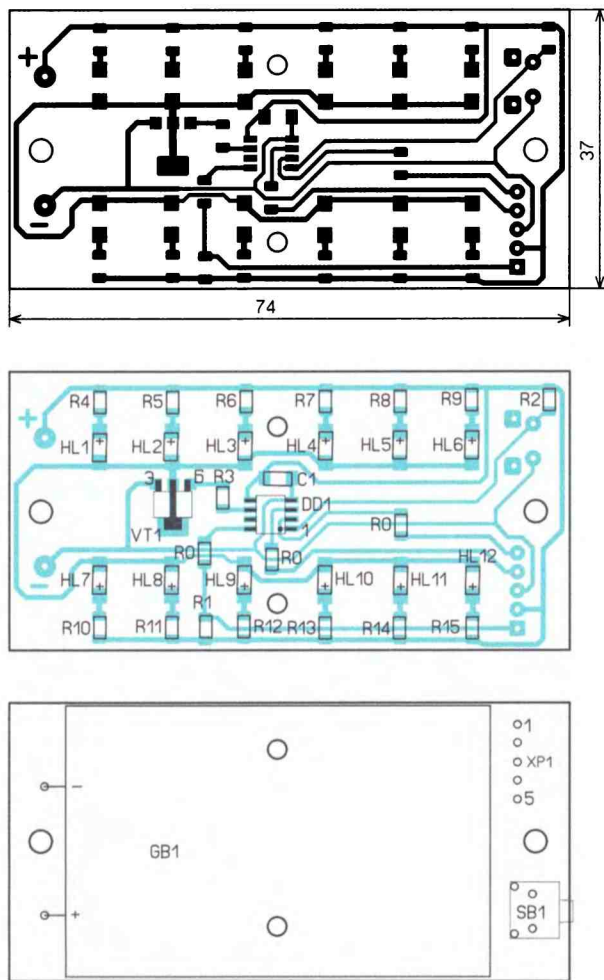


Рис. 3

позволило отказаться от установки выключателя питания. При повторном продолжительном нажатии на кнопку SB1 МК просыпается и продолжает работу в режиме, при выполнении которого он вошёл в режим сна.

Элементы фонаря размещены на односторонней печатной плате из стеклотекстолита толщиной 1,5 мм. Чертеж платы устройства и расположение на ней элементов приведены на рис. 3. На стороне платы без печатных проводников установлен бата-рейный отсек, разъём XP1 (штыревая колодка PLS-5) и кнопка SB1 KLS7-TS6606 или аналогичная. Все остальные элементы монтируются со стороны печатных проводников. В устройстве применены резисторы и конденсаторы типоразмера 1206 для поверхностного монтажа. Резисторы, обозначенные на печатной плате R0, имеют нулевое сопротивление и выполняют функцию перемычек. Транзистор PZT2222A можно заменить транзистором в корпусе SOT-223, например серий BDP951, BDP953, BDP955, BSP43, NZT560, PBNV8115Z или PBNV8215Z.

Печатная плата крепится к корпусу через две стойки с помощью винтов. Размеры печатной платы определяются в основном размерами батарейного

отсека, и она может быть уменьшена при использовании другого источника питания, например Li-Ion аккумулятора. Печатная плата может быть установлена в любой, подходящий по размерам пластмассовый или металлический корпус. Верхней крышкой корпуса является прозрачный светорассеивающий пластик красного цвета. Внешний вид фонаря, смонтированного на велосипеде, показан на рис. 4.

## ЛИТЕРАТУРА

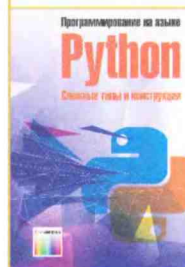
1. Фонари для велосипеда. — URL: <https://trial-sport.ru/gds.php?s=51516&c1=1070983&c2=1148460&gpp=100#> (12.09.24).
2. Фонари для велосипеда задние. — URL: <https://megamarket.ru/catalog/velosipednyye-fonari/set-zadnie/> (12.09.24).
3. Flowcode. Electronic system design software. — URL: <https://flowcode.co.uk/> (12.09.24).

**От редакции.** Чертеж печатной платы фонаря и файл для программирования микроконтроллера находятся по адресу <http://ftp.radio.ru/pub/2024/11/fonar.zip> на нашем FTP-сервере.



Рис. 4

Вышла в свет новая книга



**Программирование** на языке Python. Сложные типы и конструкции: Учебное пособие для вузов / К. А. Майков, А. Н. Пылькин, Ю. С. Соколова и др. SystemVerilog для моделирования. — М.: Горячая линия — Телеком, 2022. — 200 с.: ил.

ISBN 978-5-9912-0999-1

Рассмотрены основные практические навыки работы со структурными типами данных в языке Python: списками, кортежами, множествами и словарями. Представлен материал по использованию процедур и функций, а также методам обработки текстовой информации. Изложены правила и принципы хранения данных и правила обработки информации в текстовых файлах. Большое внимание уделено использованию модулей в программах на языке Python. Рассмотрены правила и примеры использования библиотеки NumPy и модуля Pretty Table.

Для студентов вузов, изучающих дисциплину "Алгоритмические языки и программирование" укрупнённого направления подготовки 09.03.00 — "Информатика и вычислительная техника", может быть использована в качестве практического руководства при изучении основ современных информационных технологий.

Адрес издательства в Интернет  
[WWW.TECHBOOK.RU](http://WWW.TECHBOOK.RU)



## Новые успехи крымчан в спортивной радиопеленгации

**Леонид ПУЗАНКОВ (R7KA), г. Симферополь, Крым**

Лето 2024 г. в Крыму выдалось очень знойным. Несмотря на такую погоду, один из видов радиоспорта в Крыму — спортивная радиопеленгация (СРП), прежнее название — “охота на лис” в региональном отделении СРР по Республике Крым был наиболее активным. В этом заслуга опытного тренера мастера спорта международного класса Екатерины Фёдоровны Ромашкевич (UB6KAP) [1]. Благодаря ей активно продолжались занятия с начинающими “охотниками”, организовывались сборы и выезды спортсменов на различные тренировки и соревнования.

С 19 по 24 сентября 2024 г. в Самаре состоялось первенство России и Всероссийские соревнования по СРП. На соревнованиях из Крыма вместе с тренером Екатериной Ромашкевич выехали не самые маститые участники. Тем не менее, некоторые из них порадовали нас своими успехами. Так, на первенстве России по СРП третье место заняла Виктория Луценко (фото 1), а команда юношей до 17 лет заняла общее третье



Фото 1

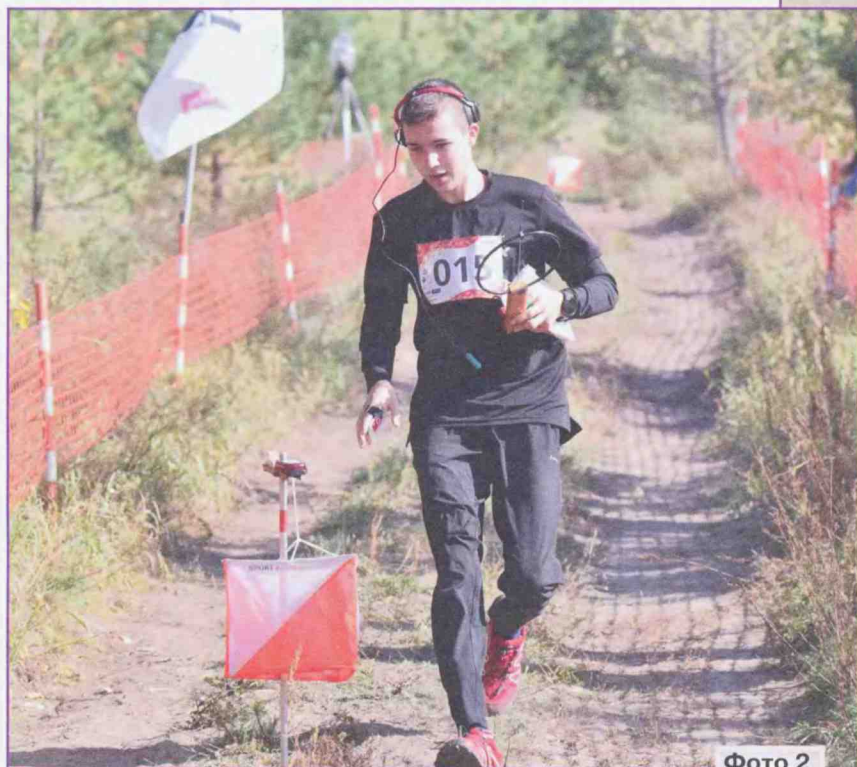


Фото 2

место. На соревнованиях Вячеслав Рак (фото 2) занял второе место, третье место оказалось у Дмитрия Посыпенко (фото 3 на 3-й с. обложки). Крымские юноши до 17 лет в первенстве России завоевали по разным дисциплинам три вторых места.

Ранней весной этого года, с 29 марта по 2 апреля 2024 г. у нас в Крыму в Бахчисарае были проведены Всероссийские соревнования по СРП [2]. От Крыма в соревнованиях приняли участие юные спортсмены (фото 4). Но самым ярким спортивным событием для крымских спортсменов в 2024 г. стал чемпионат России по радиоспорту (спортивная радиопеленгация) в г. Петрозаводске (Карелия), 3—8 июля 2024 г. На этот раз Республику Крым представляли Тимур Ведмецкий, Павел Лебедев и Андрей Воротников (фото 5 на 3-й с. обложки). Тренерами были



Фото 4

Екатерина Ромашкевич и Николай Бирюков. Соревнования прошли в непривычных для крымчан условиях: болота, дожди. Соревнования проходили по двум дисциплинам: радиоориентирование и спринт. Тимур Ведмецкий (**фото 6 на 3-й с. обложки**) стал двухкратным чемпионом страны (радиоориентирование и спринт), Павел Лебедев — серебряным призером в дисциплине спринт, Андрей Воротников — четвёртый (спринт). В командном зачёте Крым занял первое и второе места.

По результатам выступлений текущего года четверо крымчан (Тимур Ведмецкий, Павел Лебедев, Андрей Воротников, Егор Ведмецкий) вошли в состав сборной команды России по радиоспорту и смогли принять участие в традиционных учебно-тренировочных сборах в Алуште, где на базе тренировочного центра спортивной подготовки сборных команд России "Крымский" продолжали оттачивать своё мастерство.

Можно с уверенностью утверждать, что все успехи крымчан по радиоспорту (спортивная радиопеленгация) — результат неутомимой и творческой работы выдающегося тренера по СРП Е. Ф. Ромашкевич (**фото 7 на 3-й с. обложки**). Она является талантливым наставником, творческим организатором всех тренировок и соревнований, заботливым старшим другом для всех спортсменов, особенно для начинающих. Учитывая результаты прошедших соревнований, успехи и недочёты при выступлении своих питомцев, она всегда вносит коррективы в тактику спортсменов, которая потом отрабатывается на тренировках в любых погодных условиях нашего горного Крыма.

Талант нашего незаурядного тренера был замечен руководством ответственных за радиоспорт в Российской Федерации, и Е. Ф. Ромашкевич была назначена тренером сборной команды России по СРП. Это высокая оценка спортивной деятельности представителя Крыма!

Говоря о наших выдающихся спортсменах, хотелось бы отметить их целеустремленность, сосредоточенность на главном, разносторонность интересов. Так, чемпион России 2024 г. по СРП Тимур Ведмецкий в этом году окончил среднюю школу и по результатам вступительных экзаменов поступил на госбюджет в МГТУ им Н. Э. Баумана на

специальность "информатика и вычислительная техника", с чем мы его и поздравляем!

*Примечание. Все фотографии из личного архива Е. Ф. Ромашкевич.*

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Пузанков Л. История радиолобительского движения и радиоспорта в Крыму. — ООО "Фирма", Симферополь, 2023.

2. Карина Туз. Юные симферопольцы — "охотники на лис". — Газета "Южная столица". Крым. № 37 (1662), 20 сентября 2024 г., с. 5.



ОБУЧЕНИЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ И ЛЮБИТЕЛЬСКОЙ РАДИОСВЯЗИ  
в учебном центре ООО «Фирма «Радиал» (г. Углич)

- ▶ Основы радиосвязи
- ▶ Распространение радиоволн
- ▶ Управление радиостанцией
- ▶ Виды модуляции
- ▶ Частотные диапазоны
- ▶ Регламент радиосвязи
- ▶ Устройство антенн
- ▶ Практические занятия
- ▶ Дальность радиосвязи и другое
- ▶ А также музей радиостанций и антенн



+7 (495) 775-43-19



radial@radial.ru



www.radial.ru

### Ёлка-гирлянда на светодиодах WS2812B

Д. МАМИЧЕВ, п. Шаталово Смоленской обл.

В интернет-магазинах [1] можно приобрести ленты-гирлянды с адресными светодиодами WS2812B [2] и шагом 10 шт/м (рис. 1). Мягкий гибкий провод и заливка светодиода молочным пластиком позволяют существенно разнообразить практическое применение такой гирлянды и упростить сборку самодельных конструкций. В отличие от ленты, показанной на рис. 2, гирлянда на рис. 1 позволяет вести монтаж по плавным кривым с переменным шагом между светодиодами, исключая при этом необходимость разрезания и пайки частей-элементов между собой. К достоинствам ленты-гирлянды следует отнести и меньшую стоимость. В



Рис. 1



Рис. 2

качестве объекта для опытов была выбрана конструкция праздничной новогодней иллюминации в виде макета-контура ёлочки (рис. 3).

Основа конструкции — лист фанеры толщиной 6...7 мм и размерами 420×590 мм. Была использована гирлянда длиной 10 м, которая содержит соответственно 100 светодиодов. Для каждого светодиода (рис. 4) сверлят сквозные отверстия 1, образующие линию-силуэт ёлочки 1 (см. рис. 3). Диаметр отверстий — 6,2 мм. Светодиоды 2 вставляют в них боком, и за счёт формы корпуса они образуют фиксируемые петли. С обратной стороны такие петли формируют отрезки провода 4 при последовательном продевании светодиодов сквозь отверстия ос-



Рис. 3

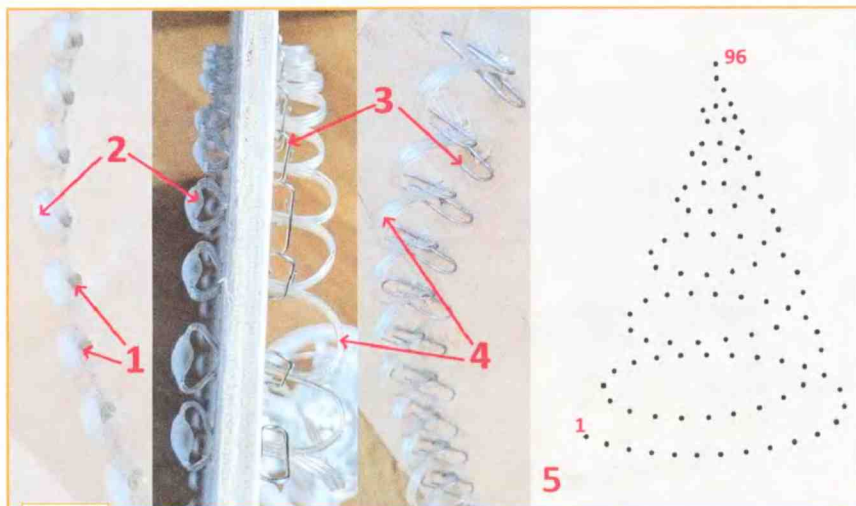


Рис. 4

новы. Для надёжной фиксации монтажа используются канцелярские скрепки 3. Натянув провод соседних петель, сбоку вставляют скрепку, фиксируя относительно друг друга входной и выходной шлейфы проводов каждого светодиода. Для начальной разметки центров отверстий желательно использовать шаблон 5 (см. рис. 4) контура монтажа гирлянды.

Исходное изображение делят на четыре равные части и распечатывают на листах А4 (четыре листа), отрезками скотча скрепляют и накладывают на лист фанеры. Далее шаблон фиксируют на листе и прокалывают шилом по точкам, намечая центры под отверстия. Монтаж начинают с первой позиции

(рис. 4) и заканчивают 96-м светодиодом. Лишнюю линию с четырьмя светодиодами закручивают с обратной стороны, пропуская в петельки провода (стрелки 1 на рис. 3). К проводам шлейфа начала гирлянды подпаивают стальные контактные штырьки, например отрезки монтажных скобок (стрелка 2 на рис. 3). Для устойчивого положения полотнища гирлянды использованы опорная пластинка (стрелки 3 на рис. 2) и два винта с гайками М5 длиной 15...20 мм. Вид готового макета 3 в работе показан на рис. 3.

Схема управления ёлочкой представлена на рис. 5. Питание управляющей платы А1 и ленты-гирлянды производится от Li-Ion аккумулятора типа 18650 (ncr18650b li-ion mh12210) ёмкостью 3,2 А·ч. Программа в текущем варианте автоматически перебирает в цикле 18 запрограммированных эффектов с интервалом исполнения 1 мин. С помощью ИК-пульта и ИК-приёмника сигналов В1 продолжительными нажатиями на кнопку управления можно переключать эффекты поочерёдно в обратном направлении. Чтобы эффекты быстро не утомляли зрение, каждая их смена сопровождается псевдслучайной выборкой уровня яркости, скорости анимации и положением компонентов цветов в светодиоде. Таким образом, один и тот же эффект при повторении воспринимается по-разному. Для внешних переключений можно использовать разные пульты и кнопки на них (рис. 6). Это связано с тем, что код

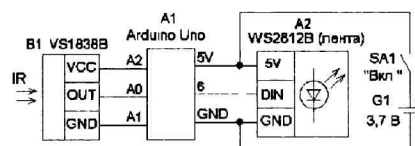


Рис. 5

команды на следующий эффект — FFFFFFFF, соответствующий нажатой и удерживаемой кнопки, присутствует на многих типах ИК-пультов.

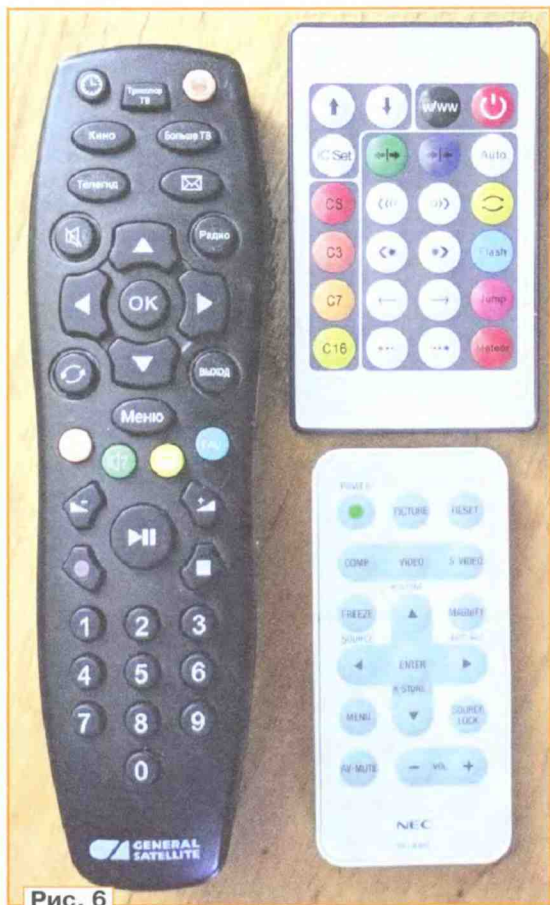


Рис. 6

Далее несколько слов об алгоритме работы скетча (`ws2812b_primeri_8`, вариант с № 7 реализует эффекты без управления пультом). В нём использована работа двух библиотек по управлению светодиодами WS2812B и ИК-приёмником. Основных разработанных самостоятельно функций также две: `cvet(ti,ni)`; — функция определения цвета светодиода, в зависимости от его номера в ленте, и момента времени

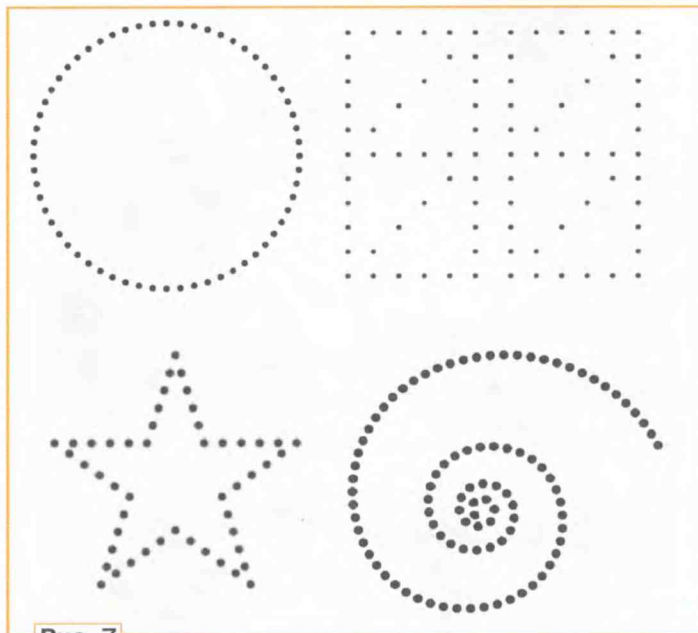


Рис. 7

(кадра анимации) и `delay(T1)`; — функция временной задержки с проверкой поступающих данных от ИК-пульта. В основной части `loop()`; работают всего два цикла: перебор данных для пикселей по номерам в ленте-гирлянде и по номерам кадров анимации. Число

кадров совпадает с числом пикселей в ленте. Такой подход позволяет трансформировать скетч на любое число светодиодов без ущерба визуализации эффектов, а также существенно сокращает синтаксический размер скетча.

Используя описанную выше технологию, можно делать индикаторы панно различного назначения и видов (рис. 7), решая творческие задачи по отображению информации, созданию

декоративной динамической подсветки или праздничной иллюминации. Здесь следует учитывать, что оптимальный шаг между центрами отверстий в основании может колебаться в интервале от 15 мм до 50 мм, а толщина материала для его изготовления — 3...10 мм.

## ЛИТЕРАТУРА

1. RGB-лента WS2812B с индивидуальной адресацией, 10 светодиодов/м. — URL: <https://goo.su/TB5abz> (29.06.24).

2. WS2812B. — URL: <https://goo.su/eVjD> (29.06.24).

От редакции. Скетч и файлы проекта находятся по адресу <http://ftp.radio.ru/pub/2024/11/elka.zip> на нашем FTP-сервере.

## Доработки малогабаритного налобного светодиодного фонаря Navigator

И. НЕЧАЕВ, г. Москва

В настоящее время имеется большой выбор светодиодных фонарей, в том числе налобных. Одними из самых удобных налобных фонарей являются

малогабаритные, которые имеют небольшие размеры и массу. Таким является фонарь из серии Navigator (рис. 1), у которого источником пита-

ния служат три гальванических элемента типоразмера AAA (рис. 2). Фонарь содержит электронную "начинку", схема которой показана на рис. 3. Её ос-



Рис. 1

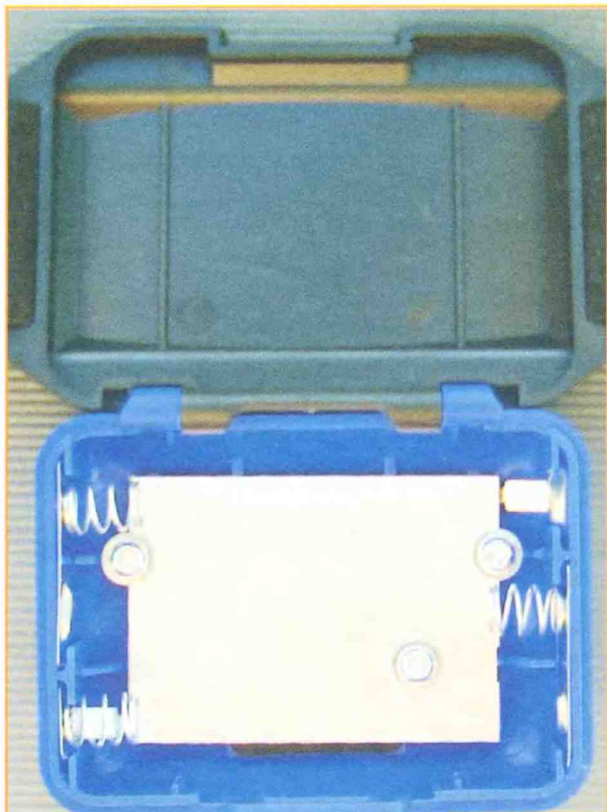


Рис. 2

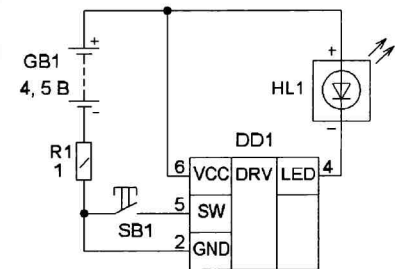


Рис. 3



Рис. 4

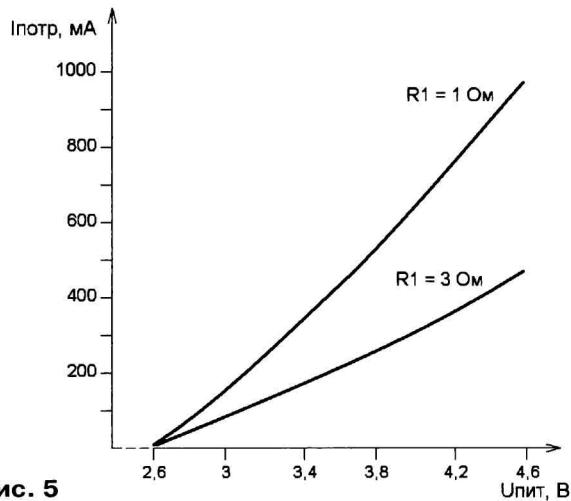


Рис. 5

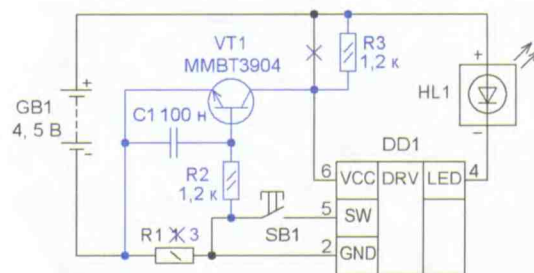


Рис. 6

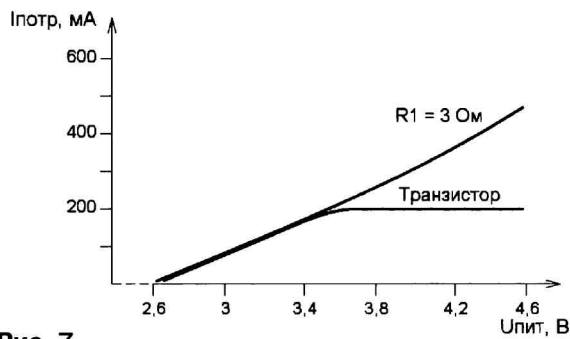
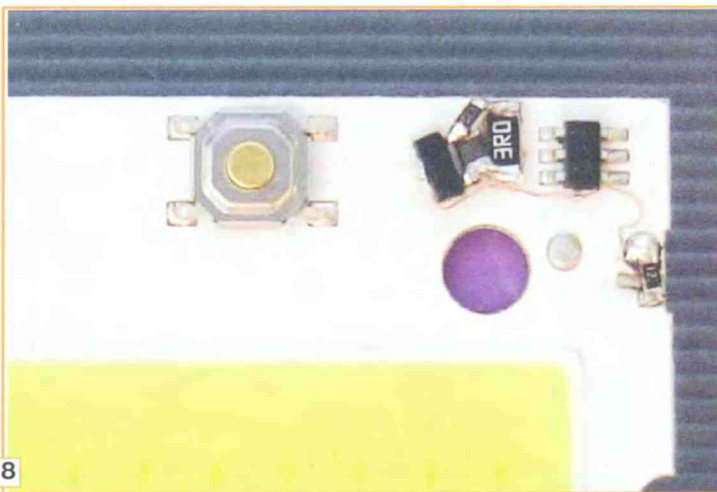


Рис. 7

нова — микросхема драйвера с маркировкой 5112, которая, скорее всего, является аналогом микросхемы FM2819 [1]. Фонарь имеет четыре режима работы — выключен, полная яркость, пониженная яркость и маяк, которые переключаются последовательно нажатиями на кнопку SB1. Все элементы, в том числе и светодиодная сборка (восемь параллельно соединённых светодиодов), размещены на алюминиевой печатной плате (рис. 4), которая одновременно является теплоотводом.

Рис. 8



нения этого тока, но его эффективность невысока. На рис. 5 показаны зависимости потребляемого фонарём тока от питающего напряжения в режиме полной яркости. При "свежих" гальванических элементах и при  $R1 = 1 \text{ Ом}$  потребляемый ток достигает 900 мА, что приводит к сильному разогреву платы, а затем и всего фонаря. Во-первых, это не очень удобно, а во-вторых, приводит к чрезмерному расходу энергии элементов питания и существенному изменению яркости по мере их разрядки. После замены резистора R1 другим с сопротивлением 3 Ом максимальный ток уменьшился примерно вдвое, но характер зависимости не изменился.

Существенно улучшить энергетические параметры этого фонаря можно, если ввести настоящий ограничитель или стабилизатор тока. Но использовать существенные доработки, например, заменить драйвер стабилизатором тока, в таком простом устройстве наверное, нет смысла, поэтому и было применено простое техническое решение. Схема доработки фонаря показана на рис. 6. Во-первых, был заменён резистор R1, во-вторых, в цепь питания микросхемы установлен резистор R3. Кроме того, дополнительно введены транзистор VT1, резистор R2 и конденсатор C1. Вновь введённые элементы обеспечивают стабилизацию тока через светодиодную матрицу в большом интервале питающего напряжения, тем самым увеличивая продолжительность работы фонаря от одного комплекта батареи.

Работает стабилизатор следующим образом. При проведении измерений было выяснено, что сама микросхема работоспособна при снижении напряжения питания до 0,9 В. Поскольку потребляемый самой микросхемой ток не превышает 100 мкА, можно предположить, что на выходе микросхемы имеется полевой транзистор, который и обеспечивает требуемый ток через светодиодную сборку. При уменьшении напряжения питания на затвор этого транзистора будет поступать меньшее напряжение, поэтому он будет открываться не полностью, и ток через него уменьшится.

Когда при токе через светодиодную сборку HL1 около 200 мА напряжение на резисторе R1 превысит 0,6 В, транзистор VT1 начнёт открываться, напряжение питания микросхемы DD1

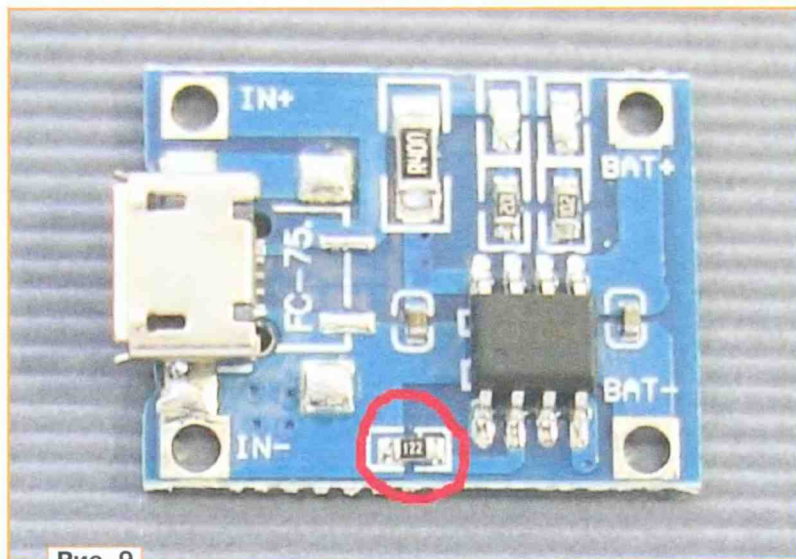


Рис. 9

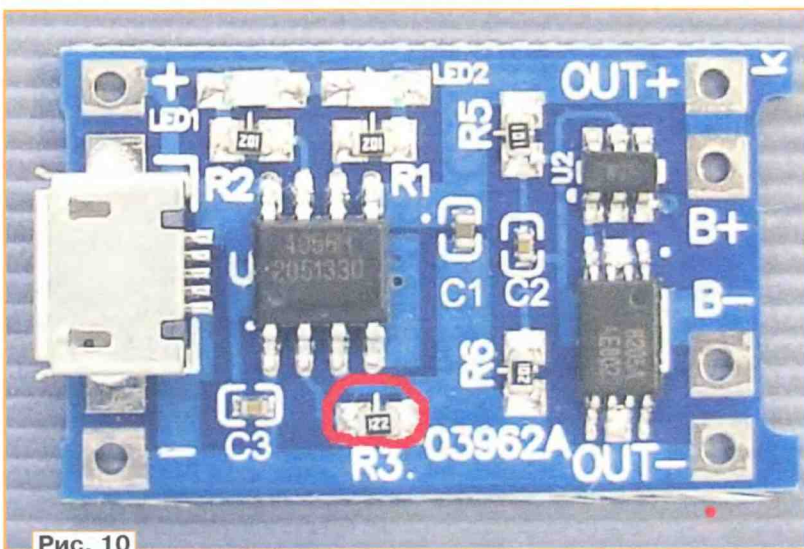


Рис. 10

Основным недостатком этого фонаря является отсутствие элемента или узла, который бы стабилизировал ток

через светодиодную сборку. Есть только резистор R1, который установлен в цепь питания и предназначен для огра-

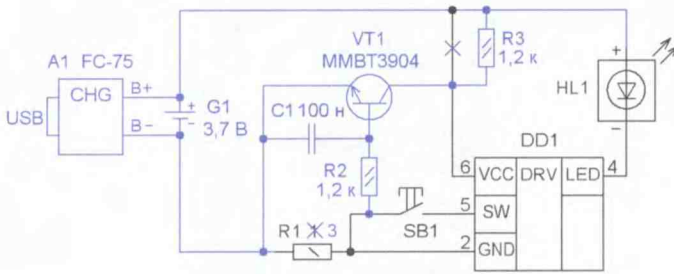


Рис. 11

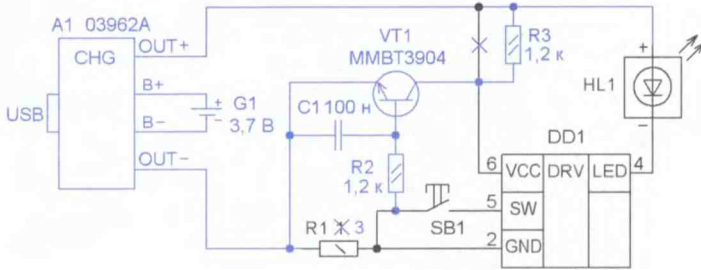


Рис. 12



Рис. 13

уменьшится, поэтому уменьшится и выходной ток микросхемы DD1, т. е. он будет стабилизироваться на уровне 200 мА. Подборкой резистора R1 можно установить ток стабилизации. Чем больше сопротивление резистора, тем меньше ток, и в большем интервале будет работать стабилизатор. Резистор R2 ограничивает базовый ток транзистора VT1 и совместно

с конденсатором C1 образует интегрирующую цепь, которая задерживает реакцию транзистора VT1 на увеличение тока через резистор R1. Это сделано для того, чтобы не нарушить работоспособность драйвера. Зависимости потребляемого тока от напряжения питания фонаря с одним резистором (R1 = 3 Ом) и доработанного варианта показаны на рис. 7.

Видно, что в интервале питающего напряжения 3,5...4,5 В потребляемый ток остаётся постоянным. При уменьшении напряжения на резисторе R1 транзистор VT1 закрывается и не оказывает влияния на работу драйвера. Здесь зависимость совпадает для случая с R1 = 3 Ом.

Дополнительные элементы установлены непосредственно на плату и припаяны к резистору R1, коллектор транзистора VT1 соединён с резистором R3 отрезком тонкого обмоточного провода (рис. 8). Предварительно надо аккуратно разрезать печатный проводник, идущий от плюсовой линии питания к микросхеме. На месте разреза этот проводник аккуратно очищают от краски и залуживают, а затем устанавливают резистор R3. Сначала припаивают конденсатор к выводам транзистора, затем эмиттер транзистора припаивают к резистору R1, потом между этим резистором и базой транзистора устанавливают резистор R2. Можно применить резисторы и конденсатор типоразмера 0805, транзистор может быть серии BC847 или аналогичный маломощный в корпусе SOT23.

На этом простая доработка завершена, она обеспечит постоянство яркости фонаря, уменьшит его разогрев и увеличит продолжительность работы от одного комплекта элементов питания.

Если фонарём пользуются редко, можно ограничиться только этой доработкой. При относительно частом использовании, возможно, целесообразным будет проведение ещё одной доработки, которая к тому же уменьшит массу фонаря. Речь идёт о его переводе на питание от Li-Ion аккумулятора. Поскольку батарейный отсек рассчитан на установку элементов питания типоразмера AAA, в него можно установить один Li-Ion аккумулятор типоразмера 10440, который соответствует типоразмеру AAA. В этом случае аккумулятор можно заряжать в специальном ЗУ, предназначенном для таких аккумуляторов.

При отсутствии такого ЗУ в фонарь можно встроить простой модуль зарядки FC-75 (рис. 9), у которого нет узла защиты, или модуль зарядки 03962A (рис. 10) с таким узлом. Описание этих модулей приведено в [2]. Места в батарейном отсеке для этого достаточно. Достоинства такого решения очевидны — при необходимости аккумулятор можно применить и в другом устройстве, а фонарь можно использовать как ЗУ.

Схема фонаря с модулем зарядки FC-75 показана на рис. 11, а с модулем зарядки 03962A — на рис. 12. Основой этих модулей является микросхема серии TP4056. В этих модулях штатный



тока задающий резистор сопротивлением 1,2 кОм, выделенный на рис. 9 и рис. 10 цветом, надо заменить резистором сопротивлением 13 кОм, при этом ток зарядки уменьшится примерно до 75 мА. С модулем FC-75 о разрядке аккумулятора можно судить по существенному уменьшению яркости фонаря. Модуль 03962A автоматически отключит аккумулятор при его разрядке до минимально допустимого напряжения. Размещение элементов в батарейном отсеке фонаря показано на рис. 13.



Рис. 14

Для индикации режима зарядки на задней стенке (крышке) фонаря, напротив светодиодов модуля заряд-

(12.09.24).

2. Модуль на чипе TP4056. — URL: <https://goo.su/6HAbn> (12.09.24).

ки, сделано отверстие, в которое вставлена часть бесцветного корпуса от светодиода диаметром 3 мм. В процессе зарядки включён светодиод красного свечения (рис. 14), а по её окончании — синего или зелёного.

Масса фонаря с тремя гальваническими элементами — 51 г, масса с Li-Ion аккумулятором и модулем зарядки — 28 г.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. FM2819. — URL: <https://goo.su/zX19>

## Викторина

### "Микрокомпьютеры Lichee"

*Р. СЕРГЕЕНКО, г. Гомель, Беларусь*

Мировой рынок микрокомпьютеров (SBC) насыщен весьма плотно. Некоторые производители не решаются конкурировать с массовыми Raspberry Pi и дешёвыми Orange Pi, поэтому переносят усилия в область дорогих профессиональных SBC, которые радиолюбителям не по карману. Приятным исключением является продукция китайской фирмы Sipeed из г. Шэньчжэнь. Она в 2022—2024 гг. сумела вклиниться в "гонку параметров" SBC благодаря низким ценам и применению прикладных процессоров (AP) архитектуры RISC-V, не требующих лицензирования.

Линейки продукции фирмы Sipeed:

— Maix — обучаемые нейромодули, платы машинного зрения и слуха с использованием искусственного интеллекта;

— Tang — отладочные платы на базе ПЛИС FPGA;

— Longan — SBC на AP архитектуры ARM;

— Lichee — SBC, ноутбуки, кластеры на AP RISC-V и ARM.

Название Lichee (рус. личи) продолжает "фруктовый" ряд SBC, состоящий из "малинок, апельсинок, бананок", поскольку обозначает вкусный тропический плод, произрастающий в Китае и странах Юго-Восточной Азии.

Базовые SBC линейки Lichee строятся по технологии SOM (**S**ystem-**O**n-**M**odule). Это означает, что SBC состоит из несущей платы, в которую вставляется процессорная плата SOM с печатным разъёмом. Аналогия конструкции — материнская плата компьютера и вставляемые в неё модули памяти SDRAM.

Разновидности SBC:

— LicheePi 3A/Cluster 3A — SBC выше уровня Raspberry Pi3 с применением SOM LM3A (AP SpacemiT K1);

— LicheePi 4A/Cluster 4A/Book 4A/Pocket 4A — SBC выше уровня Raspberry Pi4, а также кластер, ноутбук, консоль с применением SOM LM4A (AP T-Head TH1520, 12 нм);

— LicheeRV Dock/RV-86 — SBC с применением SOM LicheeRV (AP Allwinner D1);

— LicheeRV Nano/KVM Cube — SBC и процессорный "куб" (AP Sophgo SG2002);

— Lichee Zero/Dock — SBC размерами 45×26 мм (AP Allwinner V3s);

— Lichee Nano/Dock — SBC размерами 33×25 мм (AP Allwinner F1C100s).

Считается, что AP архитектуры RISC-V "заточены" под ОС Linux, но в Lichee для них портированы также прошивки ОС Android, OpenWrt и др. с прицелом на интеллектуальный Интернет вещей.

В таблице показаны фрагменты схем SBC Lichee и Longan (<https://wiki.sipeed.com/hardware/en/>). На каждый вопрос викторины следует выбрать ответ 0 или 1 и записать их в ряд слева направо в виде двоичного числа. Если после перевода в десятичный вид получится 1570 или 3618, значит, все ответы правильные.

**1** Lichee Pad Zero

Какую маркировку следовало бы нанести возле движкового переключателя P16, относящегося к тракту USB с разъемом J9?  
 0 - "Host - Device";  
 1 - "Master - Slave"

**2** LicheeRV Nano

Какой режим работы AP U1 активируется при смене резисторов: R2 = NC, R7 = 5,1 кОм?  
 0 - запуск ядра RISC-V;  
 1 - запуск ядра ARM

**3** LonganPi 3H

Можно ли к антенному разъёму U13, на который поступает сигнал от микросхемы U7 (конвертер USB-Wi-Fi), подключить внешнюю антенну диапазона 2,4 ГГц с разъемом SMA?  
 0 - можно напрямую;  
 1 - можно, но через переходник

**4** LicheePi 4A

Назначение отсутствующих резисторов R3004, R3005, подключённых к микросхеме датчика Холла U3001 (заменить геркона)?  
 0 - для тестовых и ремонтных операций;  
 1 - создание "средней точки" напряжения

**5** Module LM3H

Сколько контактов (папелей) имеет печатный разъём на лицевой стороне модуля?  
 0 - 68 контактов;  
 1 - 150 контактов

**6** Lichee Nano Dock

Что обозначают числа 0,2; 0,4; 0,6; 0,8?  
 0 - напряжение в цепи LRADC в вольтах при замыкании разных кнопок;  
 1 - отношение напряжений в цепи LRADC при замыкании разных кнопок

**7** LonganPi 3H

File: TF.kicad\_sch

Зачем даётся ссылка на файл TF.kicad\_sch?  
 0 - этот файл надо дополнительно скачать, чтобы посмотреть продолжение схемы;  
 1 - это ссылка на очередной лист схемы

**8** LicheeRV Nano

Чтобы включить канал Bluetooth, надо замкнуть цепи четырёх резисторов 0201 в сборке RN1. Как разработчик рекомендует это выполнить?  
 0 - с помощью SMD-резисторов или карандаша;  
 1 - с помощью проволоки или капли припоя

**9** Module LM3H

Для чего нужен резистор RM6 10 кОм (Only for test), добавляющий нагрузку "pull-up" к линии D0 микросхемы памяти eMMC U10A?  
 0 - для проверочных работ;  
 1 - для теста ячеек памяти

**10** Lichee Zero Dock

Можно ли по электрической схеме узнать, какой тип сенсорного дисплея поддерживает контроллер тачскрина U9 (Touch Screen) - резистивный или ёмкостный?  
 0 - можно;  
 1 - нельзя

**11** LicheeRV Nano

Какое максимальное напряжение можно задать в цепи VDD0V9, изменяя скважность импульсов PWM, подаваемых на стабилизатор DC/DC U4?  
 0 - 1,07 В;  
 1 - 1,43 В

**12** LicheeRV Nano

Как следует изменить сопротивление резистора R18, если требуется удвоить ток через светодиоды в подсветке дисплея LCD?  
 0 - R18 = 3,3 Ом;  
 1 - R18 = 5 Ом

# Новые успехи крымчан в спортивной радиопеленгации

Леонид ПУЗАНКОВ (R7KA), г. Симферополь, Крым

(см. статью на с. 55)



Фото 3



Фото 5



Фото 6



Фото 7

# Dr.Web Security Space

## защитит ваш цифровой МИР

Поддерживаемые  
ОС



### Защита от хищений средств

От банковских троянцев, клавиатурных шпионов, хакерских атак во время сессии онлайн-банкинга



### Защита от мошенников

От фишинговых и мошеннических сайтов, сайтов с вредоносным ПО



### Защита от уязвимостей программ

От эксплоитов, используемых киберпреступниками для проникновений через ошибки в популярных приложениях



### Защита данных и информации

От удаления, порчи, шифрования и похищения



### Защита от захвата устройства и слежки

Блокировка камеры, микрофона, съемных устройств



### Защита детей

Родительский контроль

- ✓ Dr.Web — в едином реестре отечественного ПО
- ✓ Круглосуточная техническая поддержка
- ✓ Бонус для покупателей — защита для Android

Техподдержка  
компании  
«Доктор Веб»:

<https://support.drweb.ru>

Сайты компании  
«Доктор Веб»  
в социальных сетях:

[https://www.drweb.ru/  
user/social](https://www.drweb.ru/user/social)



Сайты компании  
«Доктор Веб»:

<https://антивирус.рф>

<https://drweb.ru>

