

10 • 2025

www.radio.ru

РАДИО

АУДИО • ВИДЕО • СВЯЗЬ • ЭЛЕКТРОНИКА • КОМПЬЮТЕРЫ

ВОЛЬТМЕТР ДЕЙСТВУЮЩЕГО И СРЕДНЕВЫПРЯМЛЕННОГО НАПРЯЖЕНИЯ

- 
- БП с фазовым регулятором
• Игра "Шарики в колбах"
• Сетевой таймер
• Ретрочасы

...и ещё 6 конструкций

10
2025



О ВЛИЯНИИ НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА ПРОДОЛЖИТЕЛЬНЫХ ДОЗ СВЧ-ИЗЛУЧЕНИЯ НЕБОЛЬШОЙ МОЩНОСТИ (ПО МАТЕРИАЛАМ ЗАРУБЕЖНОЙ ПРЕССЫ)

Я. БЛАГУШИН, канд. физ.-мат. наук, г. Санкт-Петербург

(см. статью на с. 8)



Мы живём в мире современных электронных устройств. Практически каждый день мы сами или наши соседи пользуемся бытовыми микроволновыми печами, мобильными телефонами, Wi-Fi маршрутизаторами, Bluetooth головными телефонами, "умными" часами и спортивными браслетами с Wi-Fi связью. Мы видим антенны базовых станций мобильной связи. А рядом с нами кто-то может пользоваться терминалом спутникового телефона или Интернета. Насколько опасно окружающее нас микроволновое электромагнитное излучение для человека и живых организмов? Такой вопрос задал себе автор статьи и на него же попытался ответить, проанализировав материалы зарубежной прессы и измерив плотность потока энергии СВЧ-излучения сотового телефона и базовых станций мобильной связи.

rus-elektronika.ru



ЭЛЕКТРОНИКА РОССИИ

Международная ВЫСТАВКА-ФОРУМ

25|26|27
НОЯБРЯ
2025

МОСКВА
Крокус Экспо



12+

Организатор:

МVK Международная
Выставочная
Компания

Официальная поддержка:

**Минпромторг
России**

Партнеры:

БАЗИС

АКРП
Конструкторские центры



**ЗАБРОНИРУЙТЕ
СТЕНД**

+7 (812) 401 69 55,
electron@mvk.ru

НАУКА И ТЕХНИКА 4

А. ГОЛЫШКО. Улучшая 5G. 4
Я. БЛАГУШИН. О влиянии на организм человека продолжительных доз СВЧ-излучения небольшой мощности (по материалам зарубежной прессы). 8

РАДИОПРИЁМ 11

В. ШЕПТУХИН. Новости вещания. 11
Х. ЛОХНИ. Новый УВЧ-УПЧ для приёмников "Океан-209" и Selenia 13

ИЗМЕРЕНИЯ 24

А. КУЗЬМИНОВ. Вольтметр действующего и средневыпрямленного значений напряжения в звуковом диапазоне частот с цветным дисплеем и батарейным питанием 24

ПРИКЛАДНАЯ ЭЛЕКТРОНИКА 28

С. РЫЧИХИН. Доработка ретрочасов на микросхемах серии K155 28
И. НЕЧАЕВ. Таймер задержки включения холодильника ... и не только 34

ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ 37

А. ЮДИН. Полумостовой ИИП с резонансной коммутацией ключей и ШИ-регулированием. 37
А. ДЫМОВ. Блок питания с фазовым регулятором. 41
А. МАМОНТОВ. Источник питания маломощной нагрузки на основе ионистора и солнечной батареи. 45

ИЗ ИСТОРИИ РАДИО 48

А. ЧЕЧНЕВ. Из истории отечественного телевидения. 48

"РАДИО" — О СВЯЗИ 53

А. БЕЗМЕНОВ. Радиоэкспедиция в Бенин 53

"РАДИО" — НАЧИНАЮЩИМ 55

Л. ПУЗАНКОВ. История создания детских внешкольных организаций в Крыму. 55
Д. МАМИЧЕВ. Игра "Шарики в колбах" на модуле Arduino Pro mini 168 и светодиодной ленте WS2812B 58
И. НЕЧАЕВ. Искатель скрытой проводки на основе смартфона. 60
Р. СЕРГЕЕНКО. Ответы на викторину "Платы расширения Olimex" 62

НА КНИЖНОЙ ПОЛКЕ (с. 12).

ДОСКА РЕКЛАМНЫХ ОБЪЯВЛЕНИЙ (с. 1, 4, 40, 3-я и 4-я с. обложки).

На нашей обложке. Вольтметр действующего и средневыпрямленного значений напряжения в звуковом диапазоне частот с цветным дисплеем и батарейным питанием (см. статью на с. 24).

**ЧИТАЙТЕ
В СЛЕДУЮЩЕМ
НОМЕРЕ:**

**ДЕКОРАТИВНАЯ ПОДСВЕТКА ЧАСОВ
НОВАЯ ЖИЗНЬ МАГНИТОЛЫ
ЧАСЫ-МЕТЕОСТАНЦИЯ
ПРОСТЫЕ ЗУ**

История создания детских внешкольных организаций в Крыму

Л. ПУЗАНКОВ, г. Симферополь, Крым

Фото 2



Тренер Апсаямов Р. Ш. со своей командой.

(см. статью на с. 55)

Здание, в котором размещался
радиотехнический кружок СЮТ
в 1949 г.



Фото 4

Фото 5



"Обращение ко всем школьникам Крыма...", 1950 г. На заднем плане — руководитель радиотехнического кружка Теплицкий Моисей Фроимович.

Фото 6



Руководитель СЮТ Грыжебальский В. В. награждает победителей соревнований.

"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. МУСЯКА

Вёрстка: Е. А. ГЕРАСИМОВА

Корректор: Т. А. ГЛИБИНА

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

Тел.: (495) 607-31-18.

E-mail: ref@radio.ru

Приём статей — e-mail: mail@radio.ru

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

Распространение — (495) 607-31-18; e-mail: 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 30101810400000000225 БИК 044525225

Подписано к печати 24.09.2025 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
рекламодатель.

За оригинальность и содержание статьи ответственность несёт автор.

Редакция не несёт ответственности за возможные негативные последст-
вия использования опубликованных материалов, но принимает меры по ис-
ключению ошибок и опечаток.

В случае приёма рукописи к публикации редакция ставит об этом в из-
вестность автора. При этом редакция получает исключительное право на
распространение принятого произведения, включая его публикации в жур-
нале «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 мес-
те без предварительного письменного согласия редакции.

В перепику редакция не вступает. Рукописи не рецензируются и не воз-
вращаются.

© Радио®, 1924—2025. 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. 02565-25.



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

www.drweb.com

Бесплатный номер
службы поддержки
в России:

8-800-333-79-32

ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА — КОМПАНИЯ «РИНЕТ»

► **RINET** ►
БЛИЖЕ К ЛЮДЯМ

Телефон:

+7(495)981-4571

E-mail:

info@rinet.ru

Сайт:

www.rinet.ru

Улучшая 5G

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

*"Кто идёт медленно и не спеша,
тому не длинна никакая дорога; кто
терпеливо готовится в путь, тот
непрерывно приходит к цели".*

Жан де Лабрюйер

Казалось бы, 2019 г. был совсем недавно и
запомнился он развёртыванием совершенно
новых на тот момент сетей мобильной связи пято-
го поколения (5G), о начале развития которых уже
шла речь на страницах журнала. Однако вот уже
готов и его улучшенный вариант 5G-Advanced
(5G-A), который улучшает многое из того, чем
обладал предшественник, работающий с радио-
интерфейсом 5G NR (New Radio).

Как известно, развитием стандартизации
сетей мобильной связи во всём мире руководит
консорциум, разрабатывающий соответствую-
щие спецификации 3GPP или 3rd Generation
Partnership Project и навеки запечатлевший в
своём названии именно третье поколение, с кото-
рого, собственно, началось активное развитие
мобильной передачи данных. И с тех пор каждый
опубликованный релиз 3GPP привносит новое
качество в указанные сети и предоставляет новые
услуги их пользователям.

В 2025 г. появились публикации про развёрты-
вание сетей 5G-Advanced, потому что в Китае
пустили сеть 5.5G, что, кстати, означает то же самое,
что и 5G-Advanced. Первым мобильным оператор-
ом в Китае, который предоставил своим абонен-
там доступ к сетям 5G-Advanced, стал China Tele-
com, крупнейший на китайском рынке мобильной
связи. Запуск сетей состоялся 17 мая 2025 г.
Непосредственно коммерческому запуску сетей
5G-A в Китае предшествовала длительная подго-
товка. Она включала в себя тестирование на тер-
ритории почти всей страны. Как пишет MyDrivers,
проверка связи проходила во всех провинциях
Китая, и на момент запуска доступ к китайским
сетям 5G-A должен появиться у 50 млн человек.

Как сообщил портал MyDrivers, максимальная
скорость передачи данных в таких сетях в десять
раз выше на фоне обычных сетей 5G — 10 Гбит/с
против 1 Гбит/с. При этом 10 Гбит/с означает
1,25 ГБ/с, поэтому сети 5G-A позволяют скачи-
вать стандартный 1,45-гигабайтный фильм чуть
более, чем за секунду. Однако же отнюдь не толь-
ко этими скоростями, разницу в которых обычный
пользователь вряд ли заметит, интересен 5G-A.
Прежде всего, он впервые добавляет функции,
ориентированные на корпоративные сценарии
использования. Но обо всём по порядку.

К настоящему моменту сети 5G дошли до пока-
зателей, при которых чистая скорость передачи
данных уже перестаёт играть решающую роль.
Теперь на первый план выходит время отклика —
столь важное, к примеру, для любителей сетевых
игр. Основное предназначение 5G — перевод
отраслей, которые сейчас используют проводную
инфраструктуру, на беспроводный аналог. Умный
город, транспортная сфера, сельское хозяйство,

промышленность — всё это с переходом на сети 5G станет развёртываться проще и быстрее.

Как известно, 5G имеет две стадии развития. Прежде всего, это 5G NSA (Non Stand Alone) или гибридный неавтономный стандарт с использованием ядра сети 4G и базовых станций с поддержкой 4G и 5G, который использовался при появлении нового поколения. Полностью автономные сети 5G SA (Stand Alone) — это уже полноценные сети 5G с новым ядром и базовыми станциями.

Соответственно, задержка в сетях 5G NSA аналогична сетям 4G (25...30 мс). Но для "настоящих" сетей 5G впервые был реализован подход гарантированного времени отклика сети URLLC (Ultra-Reliable Low-Latency Communication) около 1...2 мс. На практике скорости передачи данных в коммерческих сетях 5G

выступающая и перспективная хронология развития 5G. Впервые описанный в 3GPP Release 18 5G-Advanced (5.5G) значительно повышает эффективность сети и пропускную способность, уменьшает задержку и улучшает покрытие. 5G-A представляет собой существенные улучшения в Massive MIMO, увеличивая пропускную способность как восходящего, так и нисходящего канала. Это позволяет абонентскому оборудованию более эффективно использовать одни и те же временные и частотные ресурсы, увеличивая ёмкость сети. По некоторым оценкам усовершенствования MIMO, улучшенное управление лучом и полнодуплексные технологии в сочетании с другими достижениями, включая многдиапазонную обслуживающую соту (MB-SC — Multi-Band — Serving Cell) и чрезвычайно большую

Joint Transmission) в неидеальных сценариях синхронизации и транзитных сетях, таких как несовпадение времени, переменная задержка и потеря пакетов;

— расширения возможностей миллиметровых волн (mmWave) с акцентом на повышение мобильности и проникающих характеристик как внутри помещений, так и вне помещений;

— поддержки полосы пропускания 5 МГц для устройств 5G NR-Light с ограниченной ёмкостью (RedCap) в диапазоне частот FR1 (радиодиапазонный диапазон 5G: FR1 — 450...6000 МГц, FR2 — 24250...52600 МГц);

— улучшения обратной связи по информации о состоянии канала (CSI), что имеет решающее значение для улучшения формирования луча и общей производительности сети;

— оптимизации динамического совместного использования спектра (DSS — Dynamic Spectrum Sharing);

— объединения (долгожданного) наземной и спутниковой связи в единый стандарт.

В сетях 5G возможны четыре вида дуплекса:

— частотное разделение каналов (FDD — Frequency Division Duplex);

— временное разделение каналов (TDD — Time Division Duplex);

— дополнительный канал линии "вверх" (SUL — Supplementary Uplink);

— дополнительный канал линии "вниз" (SDL — Supplementary Downlink).

Технология 5G RedCap, известная также как 5G NR-Light, предназначена для таких приложений, как носимые устройства, датчики IIoT и видеонаблюдение, не требующих от сети каких-либо жёстких технических характеристик. 5G RedCap предлагает сочетание возможностей по умеренной пропускной способности, меньшей сложности и увеличенному времени автономной работы и плотности устройств, необходимых для экономического обеспечения различных вариантов использования, которым не всегда требуются высокопроизводительные возможности обычной технологии 5G.

Новые возможности, появляющиеся благодаря ИИ и ML, призваны ещё больше повысить спектральную эффективность и производительность сетей 5G-Advanced (и 6G). Релизы 15—17 уже включают некоторые функции ИИ/ML. 5G-Advanced предложит усовершенствования ИИ и машинного обучения в радиосистеме RAN (Radio Access Network или наземная инфраструктура такой сети), включая радиоинтерфейс. Кроме того, интеллектуальная RAN и аналитика на ос-



достигают около 1,5 Гбит/с в направлении к абоненту и 100...200 Мбит/с — от абонента.

Однако на практике разницу между сетями SA и NSA обычный пользователь с 5G-смартфоном едва ли заметит. Однако при использовании 5G в медицине или беспилотном транспорте, где время отклика имеет решающее значение, величины задержек являются критическими.

5G-A имеет в арсенале усовершенствованную технологию множественного ввода и множественного вывода (Massive MIMO — Multiple Input—Multiple Output) и обновления безопасности для новых возможностей искусственного интеллекта (ИИ) и машинного обучения (ML — Machine Learning).

Благодаря появлению новых функций 5G-A предлагает такие приложения, как простирающаяся вплоть до голографии расширенная реальность (XR — Extended Reality), промышленный Интернет вещей (IIoT — Industrial Internet of Things) и интеллектуальное сельское хозяйство (за рубежом и у нас термин пока не придумали). Также 5G-A уже помогает 3GPP формулировать зарождающиеся технические спецификации следующей ступени развития мобильной связи — 6G.

На рисунке (по материалам Dell'Oro Group) показана существ-

антенную решётку eLAA (enhanced License Assisted Access — это технология, которая позволяет операторам мобильной связи более эффективно использовать нелицензируемый спектр), обещая ещё 20 % повышения эффективности по сравнению с сегодняшним 5G. В eLAA используется метод адаптивной передачи с зондированием несущей (CSAT — Carrier-Sensing Adaptive Transmission), который позволяет системе определять нелицензируемый спектр и адаптировать мощность и время передачи сигнала, чтобы избежать помех другим пользователям.

5G-A направлен на всестороннее повышение эффективности использования радиоспектра путём:

— включения поддиапазонного полнодуплексного режима (SBFD — Sub-Band Full-Duplex), эффективного разделения несущей дуплекса с временным разделением (TDD — Time Division Duplex) на поддиапазоны для одновременной передачи и приёма в одних и тех же слотах;

— оптимизации работы нескольких точек передачи и приёма (TRP — Transmission Reception Point), улучшение работы с одной TRP на нисходящем канале (DL — Down Link) и несколькими TRP на восходящем канале;

— поддержки когерентных совместных передач (CJT — Coherent



нове ИИ помогут операторам повысить производительность и заблаговременно решать проблемы с сетью до того, как они станут проблемой. В частности, это касается управления диаграммой направленности, адаптации к динамическим условиям окружающей среды и оптимизации передаваемой информации. ИИ и ML помогают также оптимизировать сегментацию сети за счёт прогнозирования и смягчения помех в режиме реального времени, а также улучшения работы обратной связи, модуляции и схем кодирования в зависимости от состояния канала связи (CSI — Channel State Information).

Ожидается, что ИИ и ML повысят точность прогнозирования сетевого трафика, оптимизируют балансировку нагрузки между микро- и макросетями, а также позволят получать более точное позиционирование внутри помещений при недоступности глобальных навигационных спутниковых систем (GNSS — Global Navigation Satellite System). Наконец, ожидается, что внедрение ИИ и ML в структуру сети позволит вести упреждающее обслуживание во имя поддержки качества передачи информации.

В 5G-A обсуждаются и реализуются важнейшие улучшения для повышения информационной безопасности, в том числе:

- обновление протоколов аутентификации для пограничных взаимодействий клиента и сервера;

- расширение протокола N32 Interconnect Security (PRINS) для размещения роуминговых концентраторов и посредников;

- обновление сервисноориентированной архитектуры (SBA — Service-Based Architecture) с помощью нового автоматизированного управления сертификатами в облачных средах — включение профиля для протокола управления сертификатами (CMP — Certificate Management Protocol), разработанный IETF (Internet Engineering Task Force — открытое международное сообщество проектировщиков, учёных, сетевых операторов и провайдеров, которое занимается развитием протоколов и архитектуры сети Интернет);

- внедрение 256-разрядных алгоритмов шифрования и защиты целостности радиоинтерфейса, в том числе 256-разрядной версии алгоритма аутентификации MILENAGE (используемого со времён 2G/GSM);

- обновление CAFIF (Common API Framework — общая платформа пользовательских приложений) для получения разрешения от владельца ресурса перед доступом к данным;

- повышение безопасности для автоматизации сети, ИИ и

ML, таких как процедуры хранения и совместного использования моделей машинного обучения и совместного использования аналитики данных в сценариях роуминга;

- добавление мер информационной безопасности для процедур UE-to-UE (связь непосредственно между пользовательскими устройствами) и экстренных служб UE-to-network.

5G-A стремится к дальнейшему улучшению поддержки детерминированных сетей DetNet (с определёнными каналами передачи данных для приложений реального времени в лице потоковой передачи аудио и видео, промышленной автоматизации и управления транспортными средствами с чрезвычайно низкими показателями потери данных и вариациями задержки пакетов (джиттером), а также лимитированной задержкой). Это обеспечивается за счёт использования возможностей чувствительных ко времени сетей (TSN — Time-Sensitive Networking), описанных в 3GPP Release 17.

5G-A более эффективно поддерживает критически важные приложения в рамках URLLC, от IIoT и подключённых автомобилей до медицинских процедур с дополненной реальностью.

5G-A также расширяет поддержку приложений машинного типа связи (mMTC — Massive Machine Type Communication), таких как интеллектуальный учёт, мониторинг окружающей среды и умное сельское хозяйство. 5G-Advanced повышает точность обнаружения и позиционирования (потенциально до точности 10 см) для внутренних и наружных устройств, значительно повышая точность систем навигации, логистики, мониторинга и отслеживания.

5G-A направлен на расширение ключевых возможностей, представленных в релизе 17, уделяя особое внимание дальнейшему снижению сложности устройств (числа антенн) и энергопотребления. Основные функции релиза 18 охватывают полосу пропускания 20 МГц или 5 МГц (в FR1), дублирование сигналов в полнодуплексном/полудуплексном режиме и с временным разделением, 64-уровневый QAM (256 опционально) и максимальную скорость передачи данных 10 Мбит/с (DL и UL). В 5G-A также рассматриваются новые сценарии использования RedCap, включая видеонаблюдение для промышленного контроля качества, и обсуждаются улучшенные возможности восходящего канала связи для критически важных по времени коммуникаций.

Кроме того, 5G-A представляет новые возможности для пассивных устройств IoT, которые

получают энергию от радиочастотных волн, света или движения. Пассивный IoT, иногда называемый Ambient IoT, позволяет устройствам/объектам подключаться без источника питания. Ожидается, что Ambient IoT будет поддерживать широкий спектр сценариев использования, от промышленных беспроводных сенсорных сетей и интеллектуальной логистики (склады и хранилища) до отслеживания цепочки поставок.

Коммуникационные возможности 5G-A с ограниченной задержкой позволяют усовершенствовать широкий спектр новых приложений, включая облачные игры (CG) и XR, которые относятся ко всему — от виртуальной реальности (VR) и дополненной реальности (AR) до смешанной реальности (MR). В AR цифровые элементы добавляются к просмотру в реальном времени, обычно с помощью камеры на смартфоне или очках дополненной реальности. С помощью VR человек "покидает" физический мир и испытывает полное виртуальное погружение. Смешанная реальность включает в себя взаимодействие как реальных, так и цифровых объектов. В облачных играх с помощью портативных и носимых устройств осуществляется взаимодействие как между человеком и машиной, так и между людьми.

Существует множество новых применений в средствах массовой информации, дистанционном управлении и промышленной автоматизации, которые выиграют от критически важных по времени возможностей сетей 5G-A. Поставщики услуг мобильной связи могут внедрять потребителям, предприятиям и государственным учреждениям для определения новых практик в таких областях, как развлечения, обучение, просвещение, социальные взаимодействия и коммуникации.

Охватывая AR, VR и MR, XR обеспечивает захватывающие и интерактивные возможности для игр, тренировок и даже сложных медицинских процедур. 5G-A расширяет поддержку приложений XR, улучшая планирование восходящих и нисходящих каналов связи и более эффективно распределяя пропускную способность и мощность. Ключевые функции XR, предусмотренные в 5G-A, включают в себя:

- согласование прерывистого приёма пользовательского оборудования UE (DRX — Discontinuous Reception) с периодичностью трафика XR для экономии энергии;

- использование коммутации группы набора пространства поиска (SSSG — Search Space Set Group) и пропуска физического

канала управления нисходящей линией (PDCCH — Physical Downlink Control Channel) для оптимизации пропускной способности;

- реализацию настроенных периодов предоставления с несколькими интервалами между физическими общими каналами связи (PUSCH — Physical Uplink Shared Channel), что позволяет пользователю оборудованию указывать неиспользованные случаи для перераспределения узлом следующего поколения B (gNB — generation Node B или просто базовая станция 5G);

- использование технологии межуровневой совместной работы для определения приоритетов передачи определённых кадров в видеопотоках XR;

- поддержку синхронной передачи нескольких потоков данных (аудио-, видеосигналов управления и сигналов сбора информации), необходимых для услуг XR, сводит к минимуму разницу во времени между различными потоками услуг.

Сценарии использования XR и облачных игр требуют высокой скорости передачи данных. Обычно ожидается, что устройства будут мобильными и портативными, что накладывает ограничения на их электропитание. Более того, получение низкой и сквозной задержки, а также потеря данных является ещё одной проблемой, когда речь идёт о применении подобных приложений.

В релизе 18 3GPP производительность сервисов XR повышается за счёт поддержки 5GC (5G Core — ядро сети 5G) для адаптации скорости приложений с использованием системы с малой задержкой и низкими потерями для функции масштабируемой пропускной способности (L4S — Low Latency Low Loss System).

Информация приложения XR, касающаяся периодичности пакетов, джиттера, размера и требований к задержке, будет передаваться от 5GC в RAN, чтобы она "знала" о XR и позволяла обрабатывать трафик, специфичный для неё, для повышения энергоэффективности, задержки и ёмкости. Релиз 18 также обеспечивает улучшенное управление буфером, информируя RAN о наборе пакетов, составляющих мультимедийный блок, позволяя активному управлению очередями (AQM — Active Queue Management) отбрасывать весь мультимедийный блок вместо отдельных пакетов, если требуется удаление пакета.

В релизе 19 ожидается дальнейшая работа по уменьшению задержки и пропускной способности XR. Важно рассмотреть возможность расширения системы осведомлённости XR для поддержки сервисов, не рассмотренных в релизе 18.

С самого начала 5G был разработан для удовлетворения растущих потребностей в трафике при одновременном ограничении энергопотребления мобильных сетей. С появлением 5G-A акцент на экономии энергии в сети становится ещё более очевидным. В релизе 18 было проведено специальное исследование по экономии сетевой энергии, определены ключевые показатели эффективности, модели энергопотребления и методологии оценки. Были изучены основные направления, потенциальные методы и функции, позволяющие экономить энергию в сети.

Ранее аналитическая работа была выполнена для экономии энергии пользовательского оборудования в релизах 16 и 17. Для экономии сетевой энергии на системном уровне были изучены балансировка нагрузки трафика и спящие режимы для gNB для городских микро- и макросценариев с массовым MIMO. Результатом исследования стала поддержка функций сетевого энергосбережения в четырёх ключевых областях: сокращение широковещательных передач gNB, прерывистая передача и приём gNB, динамическая мощность gNB и адаптация антенного порта, которая, например, полезна вместе с радиостанциями, ориентированными на массовый MIMO.

Релиз 19 должен основываться на работе, проделанной в релизе 18, и внедрять дополнительные функции энергосбережения. В частности, для вторичных ячеек (SCells — Secondary Cells) дополнительная оптимизация передачи блока сигналов синхронизации (SSB — Synchronization Signal Block), включая версию по требованию, может ещё больше снизить энергопотребление.

В дополнение к конкретному пункту, касающемуся энергосбережения в сети, в области AI/ML проводится дальнейшая работа по поддержке энергосбережения в сети, такая как определение сигналов прогнозирования энергоэффективности между узлами с использованием данных, собранных на интерфейсах RAN с помощью процедуры AI/ML.

Стандарт 5G-A также поможет операторам мобильной связи и их клиентам более эффективно соблюдать соглашения об уровне обслуживания (SLA — Service Level Agreement) и соответствовать постоянно растущим показателям качества обслуживания (QoS — Quality of Service).

Ожидается также, что преодоление разрыва между стандартами 5G-A и 6G поможет отрасли подготовиться к широкому развёртыванию инфраструктуры и устройств 6G в 2030-х годах. Несмотря на то, что 6G всё ещё находится в зачаточном состоя-

нии, он будет основываться на ключевых инновациях 5G-A, которые обеспечивают эффективное управление спектром, расширенное покрытие, сверхнизкую задержку и повышенную пропускную способность.

Под руководством 3GPP разработка 5G-A продолжается параллельно с ранними исследованиями 6G. В рамках 5G-A 3GPP будет сосредоточен на дальнейшем совершенствовании моделирования каналов для интегрированной связи и зондирования (ISAC — Integrated Sensing and Communication), улучшении пропускной способности и задержки, проверке моделей каналов 3GPP в более высоких частотных диапазонах и расширения передовых технологий MIMO в верхнем среднем диапазоне (от 7 ГГц до 16 ГГц) для более эффективной поддержки глобальной покрытия.

Продолжающаяся в мире цифровая трансформация поставит перед сетями мобильной связи новые задачи, с которыми не смогут справиться ни 5G, ни 5G-Advanced. Растущие ожидания ставят перед исследователями промышленности и исследовательского сообщества чёткую цель — 6G должен способствовать созданию эффективного, дружелюбного к человеку и устойчивого общества посредством постоянно присутствующей интеллектуальной связи.

Тем не менее, часть из рассмотренных выше компонентов передовой технологии 5G-Advanced можно рассматривать как предшественников некоторых строительных блоков 6G, прокладывающих путь к широкому внедрению предстоящего стандарта в 2030-х годах. К примеру, XR постепенно превратится в иммерсивную коммуникацию для взаимодействия человека и машины, что может предъявить новые требования к 6G, чтобы обеспечить ещё лучший опыт.

В области машинной связи RedCap может быть дополнен устройствами с нулевым энергопотреблением — классом устройств, собирающих энергию из окружающей среды и предоставляющих входные данные для цифровых двойников. ИИ/ML также будет играть важную роль в полностью управляемой данными архитектуре 6G и интеллектуальной сетевой платформе будущего.

В общем, стандартизация 3GPP продолжается...

По материалам

<https://click.ru/3MFUg6>,

<https://click.ru/3MFVAB>,

<https://click.ru/3MFVvX>,

<https://click.ru/3MFVzy>,

<https://click.ru/3MFW59>,

<https://moluch.ru/archive/491/107357/>

О влиянии на организм человека продолжительных доз СВЧ-излучения небольшой мощности (по материалам зарубежной прессы)

Я. БЛАГУШИН, канд. физ.-мат. наук, г. Санкт-Петербург

Введение

Последние десятилетия, как в специализированной литературе, так и в СМИ, всё чаще обсуждается вопрос о потенциальном вреде здоровью, причиняемом различными источниками СВЧ-излучения. При этом, если в советское время источников СВЧ-излучения было мало и сталкивались с ними в основном только учёные и военные, то сейчас практически каждый из нас ежедневно подвержен действию небольших доз СВЧ-излучения. Под СВЧ-излучением, называемым иногда микроволновым, понимают довольно широкий диапазон частот между 300 МГц и 300 ГГц, в котором работает как большое число бытовых приборов, которыми мы пользуемся каждый день (микроволновые печи, мобильные телефоны, Wi-Fi роутеры, Bluetooth головные телефоны, беспроводные камеры, "умные" часы, "фитнес-браслеты" и т. д.), так и профессиональная аппаратура (радиолобительские радиостанции верхних УКВ-диапазонов, спутниковые телефоны, терминалы связи и пр.). Сегодня однозначного ответа на вопрос о вреде здоровью, причиняемом источниками СВЧ-излучения, нет, однако находится всё больше и больше свидетельств тому, что даже небольшие, но продолжительные дозы СВЧ-излучения, оказывают, скорее, негативное воздействие на наш организм. В этой обзорной статье будет кратко рассказано о нескольких подобных исследованиях, опубликованных в серьёзных иностранных изданиях, в том числе, и о самых последних, датированных 2024-м годом.

К сожалению, отечественная пресса довольно скромна в отношении этой проблемы. Большинство работ ограничиваются анализом результатов, полученных другими авторами [1—3]. Более того, автору даже приходилось слышать в отечественных СМИ мнение о том, что СВЧ-из-

лучение от мобильных телефонов и Wi-Fi-роутеров абсолютно безвредно для человека, равно как и нахождение рядом с антеннами мобильной связи. Те зарубежные научные работы, о которых будет рассказано ниже, представляют собой подробные исследования, которые скорее больше противостоят этому утверждению. Они говорят об опасности даже небольших доз СВЧ-излучения в том случае, когда они получают регулярно и в течение длительного времени. Стоит также обратить внимание и на тот факт, что ещё в 2011 г. Международное агентство по изучению рака (IARC) признало электромагнитное излучение радиочастотного диапазона потенциально канцерогенным фактором для человека, присвоив ему категорию 2B "возможно канцерогенный фактор" [4, 5]. В 2022 г. появился ряд новых исследований, указывающих на то, что эта категория должна быть повышена до 2A "вероятно канцерогенный фактор" [6]. К сожалению, об этих фактах в нашей стране мало известно, несмотря на то, что, например, о первом из них сообщалось в авторитетнейшем медицинском журнале "Ланцет" [4], а также на сайте Всемирной организации здравоохранения [5]. Между тем, статистика заболеваемости раком в России неутешительная: в крупных городах смертность от онкологии постоянно выходит на первое место, вытесняя смертность от сердечно-сосудистых заболеваний.

Обзор некоторых работ

Первые исследования, посвящённые вреду здоровью, причиняемому СВЧ-излучением, появились ещё в середине прошлого столетия. Они были связаны в основном с появлением профессиональных заболеваний у военных, обслуживающих радары, с применением высоких частот для терапевтических целей, а также с возможностью использования

СВЧ-излучения как оружия. Статья [7] содержит обзор ранних (открытых) работ на эту тему с 1940 г. по 1960 г. Многие из этих работ с современной точки зрения не совсем научны, и опыты проводились далеко не всегда корректно, поэтому подробно мы на них останавливаться не будем, но с исторической точки зрения обзор [7], без сомнения, очень интересный.

Одно из первых систематических и качественно проведённых исследований, касающихся влияния продолжительного СВЧ-излучения небольшой мощности на млекопитающих, было проведено американскими исследователями из университета Беркли в Калифорнии в конце 1950-х годов. Оно описано в серии работ под общим названием "Нетепловые эффекты микроволнового излучения" [8, 9]. Авторы изучали биологическое действие микроволнового излучения частотой 9270 МГц с плотностью потока энергии 100 мВт/см² в течение четырёх с половиной минут в день ежедневно, т. е. в среднем 312,5 мкВт/см² непрерывно, на протяжении нескольких месяцев. Напомним нашим читателям, что плотность потока энергии — это количество энергии, переносимой в единицу времени через единичную площадку, перпендикулярную направлению, в котором течёт энергия [10] (т. е., говоря простым языком, это мощность излучения, падающая на единичную площадку пространства, перпендикулярную направлению излучения радиоволн). Для опыта были отобраны 300 самцов лабораторных мышей, которые были поделены на две группы: 200 самцов находились в облучаемой группе, 100 — в контрольной. В обеих группах мыши были трёхмесячного возраста, находились в одинаковых условиях (температура, размер клетки, еда, образ жизни и т. д.) и имели приблизительно одинаковое генетическое разнообразие. Были проведены два экспери-

мента. В первом изучалось влияние излучения на продолжительность жизни мышей. Во втором исследовалось влияние излучения на появление заболеваний. Оба эксперимента длились 14 месяцев и были проведены на одних и тех же мышах. По итогам эксперимента выяснилось, что, с одной стороны, за эти 14 месяцев облучённых мышей умерло на 15 % меньше, чем необлучённых. Авторы это объяснили тем, что обе группы мышей перенесли пневмонию в последние месяцы эксперимента, и микроволновое излучение, вероятно, могло сыграть какую-то роль в борьбе с инфекцией. С другой стороны, у выживших облучённых мышей на 32 % чаще встречалось бесплодие и на 25 % чаще лейкоз. При этом нужно заметить, что хотя и среднесуточная плотность потока энергии СВЧ-излучения, которому подвергались мыши, была не очень высокой, её пиковое значение 100 мВт/см^2 равняется примерно половине полулетальной дозы.

В следующей работе, о которой пойдёт речь [11], израильские учёные изучали уже влияние гораздо менее мощного источника излучения СВЧ на зрение. Опыты проводились на хрусталиках бычьего глаза, помещённых в питательную среду. Около одних хрусталиков рядом располагалась антенна передатчика мощностью всего 2,2 мВт, работающего на частоте 1,1 ГГц (облучаемая группа), другие же были просто помещены в питательную среду (контрольная группа). В каждой группе было 20 хрусталиков. При этом облучение происходило с паузами: через каждые 50 мин передатчик выключали на 10 мин, а затем снова включали и т. д. В результате эксперимента было установлено, что уже через 36...48 ч у оптической системы хрусталиков из облучённой группы появляются заметные нарушения, которые выражаются, прежде всего, в худшей способности фокусироваться и в появлении микропузырьков внутри. При этом, если облучение длилось менее 9...12 дней, то после выключения передатчиков глазные хрусталики через некоторое время практически восстанавливались (но не бесследно), а если оно длилось более двух недель, то повреждения уже не проходили.

Кроме подобных научных работ, есть и большое число научных докладов, часть которых также стоит упомянуть. В докладе [12] известный американский профессор приходит к выводу, что СВЧ-излучение мобильного телефона, который находится в кармане одежды, может заметно превышать допустимые для человека дозы, и подтверждает это измерениями. Автор также

говорит о том, что излучение от мобильных телефонов может стать причиной различных дисфункций репродуктивной системы человека, а также и некоторых других заболеваний, частично подтверждающих, таким образом, старые результаты своих коллег [8, 9].

В заключение расскажем об одной совсем свежей работе [6], которая даже обсуждалась на страницах иностранных СМИ. Международная команда, состоящая из 11 учёных из Австрии, Германии и Словакии, опубликовала исследование "Оценка окислительного стресса и генетической нестабильности у жителей, проживающих вблизи базовых станций мобильной связи в Германии", которое длилось пять лет. В нём участвовало 24 жителя Германии, которых поделили на две группы. Группы совпадали по уровню жизни, возрасту, полу, образу жизни и профессиональным факторам риска, но в первой группе находились люди, проживающие относительно близко к антеннам мобильной связи (125 м в среднем), а во второй — проживающие относительно далеко от них (767 м в среднем). У испытуемых регулярно брали большое число анализов. По результатам исследования было установлено, что, с одной стороны, многолетнее проживание около антенн станций мобильной связи не оказало заметного влияния ни на перестройки MLL-гена, ни на транскрипционную модификацию c-Abl-гена, ни на разрывы двойных нитей ДНК. С другой стороны, у людей из первой группы, по сравнению с людьми из второй группы, были обнаружены значительно более высокие уровни окислительного разрушения ДНК, а также хромосомных aberrаций (перестроек), таких как наличие дицентрических хромосом, хроматидных пробелов и

очень тревожно. С момента выхода этой научной работы прошёл уже год, и никаких опровержений или существенной критики по полученным результатам не было, а ведь многие из нас, особенно в крупных городах, живут даже ближе чем в 125 м от базовых станций мобильной связи.

О нормах, и не только

Вышеперечисленный обзор, конечно же, очень краток и не даёт всей полноты картины. Сегодня существуют ресурсы, к сожалению, не отечественные, которые собрали огромный массив из тысяч научных документов на эту тему. Наиболее известный из них был создан Рейнско-Вестфальским техническим университетом Ахена в Германии (<https://www.emf-portal.org/en>). Несмотря на то, что в научной среде единого консолидированного мнения о вреде для человека небольших продолжительных доз СВЧ-излучения до сих пор так и нет, ясно, что мощность и продолжительность экспозиции должны находиться под жёстким контролем. В нашей стране ещё с советских времён действует СанПиН, в соответствии с которым плотность потока энергии СВЧ-излучения при непрерывном облучении не должна была превышать 10 мВт/см^2 [13—15]. С одной стороны, это довольно качественный стандарт, за рубежом этот уровень обычно выше. С другой стороны, на практике ситуация зачастую ровно противоположная: в странах, где законодательно этот уровень мог быть зафиксирован и на более высоком уровне, он на практике часто ниже. Так, в большинстве стран ЕС этот уровень в разы превышает российский СанПиН, но, например, в г. Брюсселе в 2007 г. местные власти внедрили норматив в 2 мВт/см^2 , следили за его соблюдением и публиковали подробную информацию о себе на сайте [16] (на этом сайте для плотности потока энергии СВЧ-излучения используются единицы Вт/м^2 , для пересчёта в принятых в России мВт/см^2 необходимо домножить значение в Вт/м^2 на 100).

К сожалению, как в России, так и за рубежом, операторам мобильной связи невыгодно соблюдение низких уровней СВЧ-излучения, поскольку это ведёт к уменьшению скорости передачи данных и, как следствие, уменьшению потребляемого трафика. Кроме этого, существенные коррективы в стандарты по всему миру внесло и внедрение сетей 4G и 5G, и некогда высокий брюссельский стандарт в 2 мВт/см^2 в 2014 г. был заменён на 10 мВт/см^2 , а в 2023 г. и вовсе был увеличен до 50 мВт/см^2 для частот свыше 2 ГГц. В табл. 1

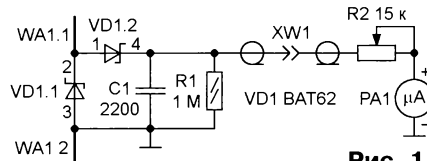


Рис. 1

хромосомных фрагментов. Таким образом, авторы исследования показали, что хромосомные нарушения и разрушение ДНК у человека могут появляться не только в результате действия ионизирующих излучений, о чём давно хорошо известно, но и в результате продолжительного действия СВЧ-излучения небольшой мощности. Авторы работы очень осторожны в своих выводах и пишут, что их результаты требуют дальнейшего подтверждения, но с учётом предыдущих исследований, это последнее выглядит

приведены законодательные ограничения на максимальную плотность потока энергии электромагнитного излучения в г. Брюсселе, Бельгия, на улице (Sext) и внутри жилых помещений (Sint) при непрерывном облучении (по данным на апрель 2025 г. из [16, 17] все цифры округлены, значения частоты f в формулах берутся в мегагерцах). В России сейчас действует СанПиН 2.1.8/2.2.4.1383-03 от 2003 г., с изменениями от 2007 г. [13], определяющий максимальную плотность потока энергии СВЧ на прежнем уровне, т. е. 10 мкВт/см², но соблюдается ли он на деле? В табл. 2 приведены законодательные ограничения в России на максимальную плотность потока энергии электромагнитного излучения для населения при непрерывном облучении (Sext/int) и в режиме кругового сканирования (Sscan).

Автор решил проверить, насколько мощными источниками СВЧ-излучения являются базовые антенны операторов мобильной связи в Санкт-Петербурге. Для этого был проведён ряд измерений с помощью бытового детектора СВЧ-излучения BR16 диапазона 2,45 ГГц с пределом измерения 10000 мкВт/см². Перед измерениями у цифрового прибора был выставлен ноль. Для этого было найдено место с условно нулевым уровнем СВЧ-излучения (поскольку город сильно загрязнён "СВЧ-смогом", то таким местом, вдали от антенн мобильной связи, стал лес под Санкт-Петербургом). Кроме этого, автор сделал и несколько аналоговых детекторов СВЧ-излучения для дополнительного контроля показаний. Самый простейший из них состоял из обыкновенного детекторного приёмника, собранного по схеме с удвоением напряжения (рис. 1). В качестве антенны использовался широкополосный диполь на диапазон 2,6 ГГц с рефлектором, в качестве детектора — два диода Шоттки BAT62 в одном корпусе SOT143, способные работать на частотах до 6 ГГц. Производитель этих диодов, фирма Infineon Technologies, указывает на своём сайте, что эти диоды способны работать и на частотах вплоть до 24 ГГц (в некоторых документах — до 30 ГГц), но в паспорте характеристики гарантируются только до 6 ГГц.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Посохин В. В.** К вопросу о влиянии неблагоприятных экологических и вредных производственных факторов

Таблица 1

Диапазон частот	Sext (мкВт/см ²)	Sint (мкВт/см ²)
100 кГц...400 МГц	25	10
400 МГц...2 ГГц	$f/16$	$f/40$
2 ГГц...300 ГГц	125	50

Таблица 2

Диапазон частот	Sext/int (мкВт/см ²)	Sscan (мкВт/см ²)
30 кГц...300 кГц	25	—
300 кГц...3 МГц	15	—
3 МГц...30 МГц	10	—
30 МГц...300 МГц	3*	—
300 МГц...300 ГГц	10	25

*За исключением средств радио и телевизионного вещания.

на нервную систему. — Экология человека, 2005, № 5, с. 32—37.

2. **Яргин С. В.** О биологическом действии электромагнитного излучения радиочастотного диапазона. — Сибирский научный медицинский журнал, 2019, том 39, № 5, с. 52—61.

3. **Родченко Д. А., Кизиченко М. С., Сарчук Е. В.** Воздействие СВЧ-излучения на организм человека: аспекты проблемы. — Научное обозрение. Фундаментальные и прикладные исследования, 2020, № 3, с. 1—11.

4. **Baan R., Grosse Y., Lauby-Secretan B., El Ghissassi F., Bouvard V., Benbrahim-Tallaa L., Guha N., Islami F., Galichet L., Straif K.** on behalf of the WHO International Agency for Research on Cancer Monograph Working Group. Carcinogenicity of radiofrequency electromagnetic fields (рус. "Канцерогенность электромагнитных полей радиочастотного диапазона"). — The Lancet Oncology, 2011, том 12, вып. 7, с. 624—626.

5. IARC classifies Radiofrequency Electromagnetic Fields as possibly carcinogenic to humans (рус. "IARC классифицирует электромагнитное излучение радиочастотного диапазона как возможно канцерогенное для человека"). Пресс-релиз № 208 Всемирной организации здравоохранения от 31 мая 2011 г. — URL: <https://www.iarc.who.int/pressrelease/iarc-classifies-radiofrequency-electromagnetic-fields-as-possibly-carcinogenic-to-humans/> (08.05.25).

6. **Gulati S., Mosgoeller W., Moldan D., Kosik P., Durdik M., Jakl L., Skovraga M., Markova E., Kochanova D., Vigasova K., Belyaev I.** Evaluation of oxidative stress and genetic instability among residents near mobile phone base stations in Germany (рус. "Оценка окислительного стресса и генетической нестабильности жителей, проживающих вблизи базовых станций мобильной связи в Германии"). — Ecotoxicology and Environmental Safety, 2024, том 279, с. 1—10.

7. **Cook H. J., Steneck N. H., Vander A. J., Kane G. L.** Early Research on the Biological Effects of Microwave Radiation: 1940—1960 (рус. "Ранние исследования биологических эффектов микроволнового излучения: 1940—1960 гг."). — Annals of Science, 1980, том 37, с. 323—351.

8. **Süsskind C. and Staff.** Non-thermal effects of microwave radiation. (рус. "Нетепловые эффекты микроволнового излучения"). Annual Scientific Report (1961—62) on Contract No. Nonr-222(92) and Final Report (1957-62) on Contract No. AF 41(657)-114. — Institute of Engineering Research, 1962, том 60, вып. 489.

9. **Prausnitz S., Süsskind C.** Effects of Chronic Microwave Irradiation on Mice (рус. "Эффекты хронического воздействия микроволнового излучения на мышей"). — IRE Transactions on Bio-Medical Electronics, 1962, том 9, вып. 2, с. 104—108.

10. **Савельев И. В.** Курс общей физики. Том II. Электричество (4-е изд.). — М.: Наука, 1970, с. 407.

11. **Dovrat A., Berenson R., Bormusov E., Lahav A., Lustman T., Sharon N., Schachter L.** Localized Effects of Microwave Radiation on the Intact Eye Lens in Culture Conditions (рус. "Локальные эффекты микроволнового излучения на здоровых хрусталиках, помещённых в питательную среду"). — Bioelectromagnetics, 2005, том 26, с. 398—405.

12. **Davis D.** The truth about mobile phone and wireless radiation (рус. "Правда о мобильных телефонах и их излучении"). Лекция в Университете Мельбурна, Австралия, 30 ноября 2015 г. — URL: <https://youtu.be/BwyDCHf5iCY> (08.05.25).

13. СанПиН 2.1.8/2.2.4.1383-03. Гигиенические требования к размещению и эксплуатации передающих радиотехнических объектов, 2003, с изменениями от 2007 г.

14. СанПиН 2.2.4/2.1.8.989-00 (упразднён). Электромагнитные излучения радиочастотного диапазона (ЭМИ РЧ). Изменение N 1 к СанПиН 2.2.4/2.1.8.055-96, 2001 г.

15. СанПиН 2.2.4/2.1.8.055-96 (упразднён). Электромагнитные излучения радиочастотного диапазона (ЭМИ РЧ), 1996 г.

16. 1 MARS 2007. Ordonnance relative à la protection de l'environnement contre les éventuels effets nocifs et nuisances provoqués par les radiations non ionisantes. Intégration des modifications en vigueur publiées jusqu'au 04-04-2023 inclus (рус. "1 MAPTA 2007 г. Постановление, касающиеся защиты окружающей среды, а также возможного вреда, причиняемого неионизирующим излучением, с изменениями на 04-04-2023"). REGION DE BRUXELLES-CAPITALE, Moniteur belge du 14-03-2007, с. 13693. — URL: <http://www.ejustice.just.fgov.be/eli/ordonnance/2007/03/01/2007031104/justel> (08.05.25).

17. Quelles sont les normes légales d'exposition aux ondes électromagnétiques? (рус. "Каковы нормы экспозиции электромагнитным излучением?") Официальный сайт г. Брюсселя, Бельгия. — URL: <https://environnement.brussels/thematiques/ondes-et-antennes/quelles-sont-les-normes-d'exposition-aux-ondes> (08.05.25).

(Окончание следует)

РОССИЯ

БАШКОРТОСТАН. В Белебее началось вещание двух радиостанций — "Радио Ваня" и "Радио Шоколад" на частотах 97,6 МГц и 90,9 МГц соответственно (источник — URL: https://vk.com/wall-90495469_16277?w=wall-90495469_16277&ysclid=memxmdejm140871197 (23.08.25)).

БУРЯТИЯ. Жители Еравнинского района продолжают жаловаться на отсутствие радиовещания. В Минтрансе Республики Бурятия отметили, что из-за нехватки средств в республиканском бюджете субсидирование трансляции радиостанции "Радио России" с вставками "ГТРК Бурятия" приостановили, и подключение пока не планируется. Минувшей весной еравнинцы тоже высказывали недовольство по этому поводу. В радиовещании очень нуждаются пожилые люди возраста 70—90 лет. Однако в министерстве транспорта тогда тоже сослались на нехватку финансирования, из-за которого радиовещание приостановили в некоторых малочисленных населённых пунктах. Там доступны радиостанции "Вести ФМ", "Маяк" и "Радио России", но по телевизору в первом мультиплексе. В ведомстве отметили, что УКВ-трансляция в сёлах возобновится после того, как выделят необходимое финансирование (источник — URL: <https://www.baikal-daily.ru/news/16/503498/> (23.08.25)).

ВЛАДИМИРСКАЯ ОБЛ. Радиостанция "Маруся ФМ" начала вещание в г. Вязники на частоте 107,9 МГц (источник — URL: https://vk.com/wall-90495469_16240?w=wall-90495469_16240&ysclid=memv7jvf2s560657924 (23.08.25)).

ДНР. Православная радиостанция "Радио Вера" начала вещание в Мариуполе на частоте 97,2 МГц (источник — URL: <https://radiovera.ru/vstrechaj-e-radio-vera-v-mariupole.html> (23.08.25)).

ЗАПОРОЖСКАЯ ОБЛ. "Детское радио" начало вещание в июле в Мелитополе на частоте 99,8 МГц (источник — URL: https://onair.ru/main/enews/vi ew_msg/NMID__92491/ (23.08.25)).

С 28 июля 2025 г. в Мелитополе на частоте 88 МГц нача-

лось круглосуточное вещание радиостанции "Комсомольская Правда" (источник — URL: https://vk.com/wall-19037431_2685?w=wall-19037431_2685 (23.08.25)).

Радиостанция "За!Радио" сменила частоту в Токмаке. Теперь вещание радиостанции осуществляется на частоте 103,7 МГц. Радиостанция "Маяк", ранее вещавшая на этой частоте, теперь вещает на частоте 105,1 МГц (источник — URL: https://vk.com/wall-134632126_58021?w=wall-134632126_58021 (23.08.25)).

ИВАНОВСКАЯ ОБЛ. Радиостанция "Маруся ФМ" начала вещание в г. Фурманове на частоте 94,5 МГц (источник — URL: https://vk.com/wall-90495469_16240?w=wall-90495469_16240&ysclid=memv7jvf2s560657924 (23.08.25)).

ИРКУТСКАЯ ОБЛ. 1 августа 2025 г. стартовало вещание радиостанции "Радио Дача" в Братске на частоте 94,3 МГц (источник — URL: https://www.radiogrom.com/radio_news/index.php?id=29853 (23.08.25)).

КРАСНОДАРСКИЙ КРАЙ. С 25 июля 2025 г. радиостанция "Радио Шансон" вновь начала вещание в Краснодаре на частоте 98,3 МГц (источник — URL: <https://1region.ru/adv/naselen nye-punkt/krasnodar.html> (23.08.25)).

ЛЕНИНГРАДСКАЯ ОБЛ. 6 августа 2025 г. филиал РТРС "Санкт-Петербургский РЦ" начал трансляцию радиостанции "Вести ФМ" в Кингисеппе на частоте 106,7 МГц (источник — URL: <https://t.me/vcfm2014/2361> (23.08.25)).

МОСКВА. Из лицензии радиостанции "Радио России" (Л033-00114-77/00058283) исключена московская частота 66,44 МГц. Вещание на ней не ведётся с 1 августа 2024 г. в связи со сменой частоты вещания на 101,5 МГц (источник — URL: <https://rkn.gov.ru/activity/mass-media-for-broadcasters/tele-radio/?id=L033-00114-77/00058283> (23.08.25)).

НИЖЕГОРОДСКАЯ ОБЛ. С полуночи 23 июля 2025 г. на частоте 88,6 МГц в г. Арзамасе состоялся запуск московской музыкальной радиостанции "Хит FM". Вещание осуществляется с вышки РТС круглосуточно, мощность передатчика — 0,1 кВт. Система RDS на данный момент отсутствует (источник — URL: [https://rmg.ru/news/radio-hit-](https://rmg.ru/news/radio-hit-fm-zazvuchalo-v-arzamase)

[fm-zazvuchalo-v-arzamase](https://rmg.ru/news/radio-hit-fm-zazvuchalo-v-arzamase) (23.08.25)).

1 августа 2025 г. в Нижнем Новгороде на частоте 90,8 МГц началось вещание радиостанции Sputnik. Трансляция осуществляется с мачты на Конном проезде с мощностью передатчика 1 кВт. Работает система RDS (источник — URL: <https://radiosputnik.ru/20250801/sputnik-1979193358.html?ysclid=memx eo2q3i947690108> (23.08.25)).

ПРИМОРСКИЙ КРАЙ. Православная радиостанция "Радио Вера" начала вещание во Владивостоке на частоте 97,3 МГц (источник — URL: <https://radiovera.ru/radio-vera-vpervye-zazvuchalo-vo-vladivostoke.html> (23.08.25)).

САМАРСКАЯ ОБЛ. 23 июля 2025 г. филиал РТРС "Самарский ОРТПЦ" начал УКВ-трансляцию православной радиостанции "Радио Вера" в г. Жигулёвске на частоте 94,9 МГц. Передатчик имеет мощность 500 Вт (источник — URL: https://samara.rtrs.ru/tv/radio-veshchanie/rtrs-nachal-fm-translyatsiyu-radio-vera-v-zhigulevske/?utm_referrer=http s%3A%2F%2Fmoscow.rtrs.ru%2F (23.08.25)).

САРАТОВСКАЯ ОБЛ. В г. Балаково с 28 июля 2025 г. на частоте 104,7 МГц начала вещание радиостанция "Юмор ФМ" (источник — URL: https://onair.ru/main/enews/vi ew_msg/NMID__92514/ (23.08.25)).

1 августа 2025 г. филиал РТРС "Саратовский ОРТПЦ" начал круглосуточную трансляцию радиостанции "Хит ФМ" в г. Вольске на частоте 96,2 МГц (источник — URL: https://vk.com/wall-28526072_28487 (23.08.25)).

СВЕРДЛОВСКАЯ ОБЛ. Радиостанция "Благодать ФМ" на частоте 93,8 МГц теперь вещает в г. Верхняя Тура (источник — URL: https://vk.com/blagofm_ru?w=wall-223380976_7613&ysclid=memwqcl6m2528128469 (23.08.25)).

УЛЬЯНОВСКАЯ ОБЛ. На частоте 94,5 МГц в Ульяновске начала вещание радиостанция "Радио Родных Дорог" (источник — URL: https://vk.com/wall-17219610_12587?w=wall-17219610_12587&ysclid=memwkkie4158309388 (23.08.25)).

ХАНТЫ-МАНСКИЙСКИЙ АО. Радиостанция Radio Monte Carlo расширяет присутствие в Ханты-Мансийском автономном округе. Теперь в Сургуте и Нефтеюганске на частоте 91,1 МГц (источник — URL: [https://artmoskovia.ru/radio-monte-carlo-rasshiryet-prisutstvie-v-hanty-mansi-](https://artmoskovia.ru/radio-monte-carlo-rasshiryet-prisutstvie-v-hanty-mansi)

jskom-avtonomnom-okruge-yugre.html (23.08.25)).

ЗАРУБЕЖНОЕ ВЕЩАНИЕ

АРГЕНТИНА. 16 августа 2025 г. исполнилось 100 лет одной из важнейших и старейших радиостанций Аргентины, которая в последние годы остаётся лидером национальных рейтингов аудитории радиослушателей. Это радиостанция LR6 Radio Mitre (AM 790 кГц) со студиями в г. Буэнос-Айресе. Хотя радиостанция была официально открыта только 6 ноября 1925 г., фактически вещание началось 16 августа того же года, идентифицируя себя позывным LOZ. Некоторое время спустя, 2 февраля 1928 г. ей был присвоен позывной Sociedad Anónima La Nación и было выбрано название для радиостанции LOZ The Nation Broadcasting. Во время президентства Хуана Доминго Перона LR6 была национализирована и управлялась государством, так продолжалось до начала 1980-х годов. В этой связи в резолюции 441 бывшего Федерального вещательного комитета от 30/07/1982 призвали к публичному тендеру на присуждение сигнала LR6 (AM 790 кГц) частным лицам, а декретом № 2008/83 от 09/08/1983 эта лицензия была предоставлена компании Radio Cultura S.A. (источник — URL: <https://mediumwave.info/2025/08/18/argentina-46/> (23.08.25)).

КИТАЙ. Китай официально принял стандарт Digital Radio Mondiale (DRM) для цифрового вещания в AM-диапазонах. Национальное управление радиовещания и телевидения Китая (NRTA) 1 августа 2025 г. объявило о внедрении этого стандарта для вещания в диапазонах KB и CB на всей территории страны. Это решение направлено на модернизацию радиовещания и улучшение качества приёма в этих диапазонах (источник — URL: https://onair.ru/main/enews/view_msg/NMID_92590/ (23.08.25)).

РУМЫНИЯ. С 1 августа 2025 г. румынский общественный (государственный) радиовещатель Societatea Romana de Radiodifuziune — SRR (Румынское общество радиовещания) прекратил все трансляции своих радиостанций на длинных и средних волнах по ночам (с 22 часов вечера и до 6 утра по местному Бухарестскому времени). Прекращение трансляций, как сообщается, затронет двадцать две длинноволновых и средневолновых частоты, на которых в настоящее время вещают радиостанции Societatea Romana de Radiodifuziune, а именно: 153 кГц,

531 кГц, 558 кГц, 567 кГц, 603 кГц, 630 кГц, 711 кГц, 720 кГц, 756 кГц, 855 кГц, 909 кГц, 945 кГц, 1053 кГц, 1152 кГц, 1179 кГц, 1314 кГц, 1332 кГц, 1404 кГц, 1422 кГц, 1458 кГц, 1530 кГц и 1593 кГц. При этом трансляции на УКВ и на KB радиостанций SRR будут продолжаться круглосуточно. Ограничение трансляций на длинных и средних волнах было принято из экономии, учитывая, конечно, и то, что эти диапазоны теперь не так популярны. Румыния отменила налог на вещание в 2017 г., и с тех пор оно финансируется исключительно из государственного бюджета (источник — URL: https://www.radioeins.de/programm/sendungen/medienmagazin/radio_news/beitraege/2021/rumaenien.html (23.08.25)).

СЛОВАКИЯ. В Словакии завершился демонтаж антенных систем радиоцентра Римвавска-Собота. Это был не только крупный вещательный центр, но и один из сильнейших глушителей западного радиовещания для социалистических государств во времена холодной войны. Поскольку в последние годы он оставался неиспользованным, было принято решение о его сносе. Решение о строительстве передающего центра под Римвавской-Соботой было принято в начале 50-х годов 20-го века. В качестве подходящего было выбрано место в кадастре близлежащей деревни Узовска Паница. Преимуществом была окружающая равнина без высоких гор, что усложнило бы распространение вещания, но также и глиняная порода, из-за которой подстилающая поверхность под антенными системами была влажной практически в любое время года, что благоприятно сказывалось на распространении радиосигнала по всему миру (источник — URL: <https://spravy.pravda.sk/regio/ny/clanok/761797-majestatne-stoziare-padii-k-zemi-ako-podstato-zacal-s-odstrel-antenn-obrovskeho-slovenskeho-vysielaca/> (23.08.25)).

ЭФИОПИЯ. Телерадиоцентр "Орфей" сообщил о начале сотрудничества с эфиопской радиостанцией Sheger 102.1 FM. Приглашение, подписанное 25 июля 2025 г., открывает новые возможности для культурного обмена между нашими странами. Музыка "Орфея" уже звучит в эфире стран Латинской Америки и Индонезии. Теперь "Орфей" начинает масштабный диалог с Африкой. Уже подписаны соглашения с радиостанциями в Центральноафриканской Республике и Тунисе, ведутся переговоры со станциями ЮАР, Египта, Замбии (источник — URL: <https://orpheusradio.ru/news/news/100621/teleradiotsentr->

orfe-y-i-sheger-102-1-fm-zapuskayut-sovmestnyy-muzykálny-proekt (23.08.25)).

ЮЖНАЯ КОРЕЯ. Южнокорейское агентство "Рёнхап" сообщает, что Национальная разведывательная служба Южной Кореи прекратила вещание пропагандистских программ, направленных против властей КНДР. Пропагандистские радиoprogramмы "Голос народа" и "Эхо надежды" больше не выходят в эфир. Они транслировались с 1980-х годов. Также обращают внимание на то, что останова вещания пропаганды произошла после того, как президент Южной Кореи Ли Чжэ Мён начал проводить политику, направленную на улучшение отношений с КНДР (источник — URL: <https://www.ntv.ru/novosti/2926114/> (23.08.25)).

Хорошего приёма и 73!

Вышла в свет новая книга

**Мишенков С. Л.,
Попов О. Б.,
Чернышева Т. В.,
Миллер К. Э.**

Электроакустика и звуковое вещание. Учебное пособие для вузов / С. Л. Мишенков, О. Б. Попов, Т. В. Чернышева и др.; Под редакцией доктора техн. наук, профессора С. Л. Мишенкова. — М.: Горячая линия — Телеком, 2025. — 180 с., ил. ISBN 978-5-9912-1047-8.

Рассмотрены основные вопросы построения системы звукового вещания: тракты формирования программ, первичного и вторичного распределения, акустические основы вещания, звукоусиление и озвучение, способы и устройства обработки звуковых сигналов, измерение и контроль в звуковом вещании. Особое внимание уделено построению цифровых каналов звукового вещания, цифровому радиовещанию и экологии звукового вещания. Книга написана по материалам курса лекций "Электроакустика и звуковое вещание", многократно прочитанного авторами студентам, магистрам и аспирантам МТУСИ.

Для студентов вузов, обучающихся по направлениям 11.03.01 — "Радиотехника", 11.03.02 — "Инфокоммуникационные технологии и системы связи", 42.03.01 — "Реклама и связи с общественностью"; 11.04.01 — "Радиотехника", 11.04.02 — "Инфокоммуникационные технологии и системы связи"; по специализации: 10.05.02 — "Информационная безопасность телекоммуникационных систем", будет полезна для специалистов.

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

Новый УВЧ-УПЧ

для приёмников

"Океан-209" и Selenia

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

В этой части статьи обсуждаются вопросы подбора радиоэлементов. Новый УВЧ-УПЧ позволит задействовать старые запасы катушек индуктивности, транзисторов и диодов, осталось их проверить и подобрать. Качество приёма существенно зависит от пьезокерамических фильтров (ПКФ), и без их тщательного отбора проект не реализовать. Приведены советы и примеры по этому вопросу.

5. Компоненты

Ранее в [10—12] была изложена важная информация по применению ВЧ-индуктивностей и ВЧ-диодов, которая полезна и в этом проекте. Предложенная схема УВЧ-УПЧ разработана с учётом применения различных серий ВЧ-транзисторов и даже использование транзисторов серии ГТ322 даст хороший результат, если на них правильно подавать сигнал.

5.1. Транзисторы

Согласно историческому контексту проекта, новый УВЧ-УПЧ показывает отличный результат с применением транзисторов, которые были доступны ещё в 1972 г., это они указаны на схеме. В табл. 1 указаны другие подходящие транзисторы, и приведена краткая информация по их параметрам. В крайней правой колонке указаны транзисторы для реализации тракта с плюсовым питанием. В этом есть смысл, если УМЗЧ в приёмнике реализован на комплементарных кремниевых транзисторах. Этот вариант хорош тем, что можно применить доступные качественные ВЧ-транзисторы серии

КТ368 (SS9018) и другие современные транзисторы. В целом окончательное качество такта от этого почти не зависит, но налаживание проходит проще.

Применение паяльников с регулируемой температурой значительно упрощает работу с германиевыми полупроводниковыми приборами, так как можно минимизировать температуру пайки и сократить её время. Паяльник мощностью 25...80 Вт с хорошей теплоёмкостью жала для быстрого достижения температуры места пайки будет идеальным. Слишком "слабый" и "лёгкий" паяльник заставляет долго "осторожничать", и в итоге можно получить перегрев всего корпуса и чувствительного кристалла.

Если биполярные транзисторы (БТ) легко проверить по коэффициенту передачи тока и токам утечки, и многие мультиметры имеют подобные функции, то полевые транзисторы (ПТ) мультиметром надлежащим образом не проверить. Едва ли сопротивление канала у ПТ с p-n-переходом (JFET, для этого измерения надо соединить затвор с истоком) может свидетельствовать о вероятной годности этого транзистора в конкретном каскаде. Сопротивление канала во многом коррелирует с другими параметрами, это удобно использовать для предварительного отбора изделия из партии, если знать

корреляцию. Но это игра с вероятностью и всё равно требует уточняющего измерения требуемого важного параметра после "отсева" через измерение сопротивления канала.

5.1.1. Подбор транзисторов серий КП301, КП304

Транзисторы серий КП301 и КП304 отличаются по крутизне передаточной характеристики, и в случае их применения в детекторе АРУ это даёт мягкий заход АРУ в работу при применении транзистора серии КП301 и более резкий с транзистором серии КП304 (крутизна больше). При применении транзисторов серии КП304 перепад в громкости принимаемого сигнала будет небольшой, с транзистором серии КП301 образуется более натуральное воспроизведение эфирной динамики. Транзистор КП301Г с малой крутизной не пригоден для детектора АРУ, но как ключ на месте транзистора VT33 его можно применить. В любом случае не пригодны в этом тракте редкие экземпляры с пороговым напряжением более 4 В (при токе стока 5...20 мкА). При нулевом напряжении смещения (соединить затвор, сток и подложку) проводимость канала должна отсутствовать. Измеряют пороговое напряжение в соответствии со схемой на рис. 17.

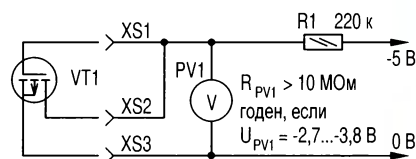


Рис. 17

Продолжение.

Начало см. в "Радио", 2025, № 8, 9

Позиционное обозначение	Структура	Наименование	Узел, функция	Рекомендуемая замена	Важные параметры	Замена для плюсового напряжения питания
VT1	PNP	ГТ308В	Стабилизатор напряж	МП42Б	$I_{K \text{ МАКС}} > 30...50 \text{ мА}$	МП36А
VT2	p-JFET	КП103В	Смещение потенциала	КП103Г, J176	$U_{\text{ОТС}} < 2,2 \text{ В}$	КП303И, КП303Д
VT3, VT4	PNP	КТ326Б	Дифф усилитель	КТ3108, КТ326, КТ3107	$h_{213} > 100$	КТ3102Д
VT5, VT6	NPN	КТ342В	Зеркало тока	КТ3102Д	$h_{213} > 100$	КТ3107, КТ3108
VT7, VT8	p-JFET	КП103В	Каскод, усилитель	КП103Г отчасти J176	подобрать по термостаб	КП303И, КП303Д
VT20	NPN	КТ342Б	УЗЧ тракта ЧМ	серия КТ3102	$h_{213} > 100$	КТ3107, КТ3108
VT21	PNP	КТ203Д	УЗЧ тракта ЧМ	КТ3108, 326, 3107	$h_{213} > 100$	КТ3102Д
VT30	NPN	КТ342В	УПТ индикатора ЧМ	КТ3102Д, КТ3102Е	$h_{213} > 300$	КТ3107К, КТ3107Л
VT31, VT32	PNP	КТ203Д	УПТ индикатора ЧМ	НЧ-транзисторы	$h_{213} > 100$	КТ3102
VT33	FET P	КП301Г	Ключ пост тока	КП301х, КП304, КП508	$U_{\text{НОР}} = -1,5...-4 \text{ В}$	КП501, КП504, КП505
VT40	RF-FET P	КП301Б	Детектор АРУ	КП304А, нельзя КП301Г	$U_{\text{НОР}} < -3,3 \text{ В}$, подбор	КП305А, КП305Б, КП305Д
VT41, VT43	PNP	КТ203Д	УПТ1 АРУ	НЧ-транзисторы	$h_{213} > 70$	КТ3102
VT42	NPN	КТ342Б	УПТ1 АРУ	КТ342В, КТ3102Д, КТ3102Е	$h_{213} > 200$	КТ3107К, КТ3107Л
VT50, VT51	PNP	КТ3108В	УПЧ50 усилитель и АРУ	КТ3108А, КТ326Б, ГТ322Б	$h_{213} > 55$, желательно 100	КТ368А
VT60	PNP	КТ3108А	УПЧ60 входной каскод	КТ326Б, ГТ322Б	$h_{213} = 80...110$	КТ368А
VT61, VT62	PNP	КТ326Б	УПЧ60 каскод и АРУ	КТ3108А, ГТ322Б	$h_{213} > 90$	КТ368А
VT70	PNP	КТ326Б	УПЧ70	КТ3108А, В, ГТ322Б	$h_{213} = 100...130$	КТ368А
VT80	PNP	КТ3127А	УПЧ80 с АРУ	ГТ322А	$h_{213} > 70$, малая вых проводим	КТ368А
VT90	NPN	КТ316Д	Входной каскод РУПЧ	серии КТ316, КТ368	$h_{213} > 100$	КТ368А
VT91	PNP	КТ3108А	Выходной каскод РУПЧ	КТ326Б	$h_{213} > 90$	КТ368А
VT100, VT101	NPN	КТ368Б	Ограничитель ЧМ-тракта	серия КТ368	$h_{213} > 50$, подбор $U_{\text{БЗ}}$	КТ363Б
VT102	NPN	КТ342Б	Маломощный ист тока	КТ3102Д, -Е	$h_{213} > 100$	КТ3108А, КТ326Б
VT130	PNP	КТ326Б	УВЧ, входной каскод	КТ3108А, ГТ322А	$h_{213} > 90...120$, малый шум	КТ368А
VT131, VT132	PNP	КТ326Б	УВЧ, каскод и АРУ	КТ3108А, ГТ322Б	$h_{213} > 90$	КТ368А
VT140, VT141	PNP	КТ203Д	УПТ2 АРУ	Не критично	$h_{213} > 70$	КТ3102
VT150	PNP	КТ326Б	Гетеродин в схеме с ОБ	КТ3108А, КТ3108В	$h_{213} > 90$	КТ368А

У большинства этих транзисторов напряжение смещения будет ближе к $-2,7...-3 \text{ В}$ и для надёжной работы в устройстве допускается значение до $-3,8 \text{ В}$. Транзисторы серий КП301 и КП304 сложно заменить какими-либо общедоступными импортными транзисторами. Современные ключевые MOSFET малой мощности с р-каналом (BSS84 и аналогичные) не подходят из-за больших собственных ёмкостей.

5.1.2. Подбор транзистора КП103В

Вероятно, что транзисторы серии КП103 были запущены в производство под пристальным вниманием разработчика, поэтому эта серия отличается от всех остальных отличной сортировкой подгрупп по параметрам. Поэтому узлы на транзисторах этой серии удивительно надёжны при повторении и предсказуемы при проектировании. К сожалению, более поздние популярные серии транзисторов (КП302, КП303, КП307) выпускаются с большими разбросами по ВАХ, что усложняет получение высокого качества аппаратуры при серийном производстве.

Нужно подобрать транзисторы КП103В, а это можно сделать косвенно и просто, по критерию сопротивления канала в интервале $440...560 \text{ Ом}$. Самый низко-

омный из найденных пойдёт на место транзистора VT2, средний — на место VT7 и высокоомный — на место VT8. Такие экземпляры найдутся чаще среди транзисторов КП103В и КП103К, отчасти среди КП103Г и КП103Л, из большой партии КП103М также нашлись подходящие. Если на место VT2 подойдёт транзистор с сопротивлением $300...400 \text{ Ом}$, то на место VT8 надо установить транзистор с указанным ранее сопротивлением канала. После предварительного отбора транзисторов на место VT7 и VT8 их нужно исследовать на предмет определения термостабильной точки в соответствии со схемой на **рис. 18**.

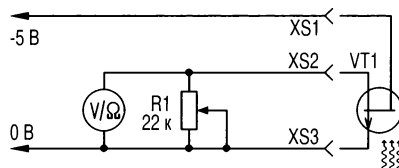


Рис. 18

Стенд для измерения должен быть таким, чтобы было удобно подогревать транзистор горячим воздухом от паяльника или термофена, а резистор R1 при этом не нагревался. Надо подобрать сопротивление резистора R1 таким, чтобы режим транзистора был в термостабильной точке.

Для каждого транзистора надо записать напряжение, ток и сопротивление этого резистора, и на место VT7, VT8 подбирают пару с наименьшим расхождением этих параметров. Оптимальным следует считать напряжение на резисторе в термостабильной точке в интервале $1,3...1,7 \text{ В}$, желательно не более $2,1 \text{ В}$, так как чрезмерно возросла бы зависимость термостабильного режима от напряжения питания. Из импортных транзисторов подходит р-JFET J176, он ничем не лучше и не хуже, чтобы дать ему преимущество.

5.1.3. Транзисторы серии ГТ322

При разборе многочисленных приёмников на запчасти автору ни разу не попало ни одного транзистора серии ГТ322 плохого качества. Однако в этом проекте транзистор ГТ322В не подходит, а ГТ322А идеально подходит на место VT80, и хорошо — на место VT60 и VT130. Все остальные каскады УПЧ можно построить на транзисторах ГТ322Б и в части токораспределителя АРУ. При этом важным параметром является большое значение коэффициента передачи по постоянному току ($h_{213} > 60$ при токе коллектора 1 мА , желательно $h_{213} = 90...120$) в сочетании с малым и стабильным обратным током коллектора. Если

на частоте 465 кГц усиление высокое и не требуется модификации резонансных контуров, то на частоте 10700 кГц в схеме с ОЭ заметен сниженный входной импеданс. Для позиций VT60 и VT70 это означает, что резисторы R54 и R70 не нужны при использовании транзистора ГТ322Б. А для УВЧ (VT130) нужно возвращаться к заводскому варианту, при котором на диапазонных планках (до 1984 г.) были установлены дроссели в цепи эмиттерной ООС (контакт 12), чем был достигнут прирост входного импеданса без увеличения коэффициента шума. Для подачи напряжения смещения на базу транзистора надо заменить диод серии КД503 диодом с прямым напряжением около 0,3 В (серии Д9, ГД402, КД419, БАТ42) и подобрать последовательный резистор для установления тока покоя. Приёмник при массовом применении транзисторов серии ГТ322 имеет не худшее качество, однако летом ему под солнцем точно не место, при температуре выше +40 °С заметно увеличиваются токи утечки, растут искажения, и при прогреве приёмника выше +45 °С это будет слышно, ещё и корпус приёмника пострадает от УФ-излучения. На месте VT91 эти транзисторы не пригодны из-за большого размаха сигнала.

5.1.4. Транзисторы КТ3108А, КТ326Б

Несмотря на общее отличное качество этих транзисторов, у них имеется довольно большой разброс по ёмкости коллекторного перехода. На место транзисторов VT50, VT61, VT80, VT91, VT131, VT150 следует подобрать экземпляры с малой ёмкостью

коллекторного перехода, что чаще бывает у КТ3108А. Ёмкость около 3 пФ при обратном напряжении 3 В можно считать хорошим результатом. Проще всего измерить эту ёмкость, включив коллекторный переход в качестве варикапа в состав колебательного контура.

5.1.5. Транзистор КТ3127А

Транзистор КТ3127А достаточно подобрать с $h_{213} > 70$, по ВЧ-параметрам он с запасом соответствует требованиям на месте VT80. В каскадах с ОБ и в токораспределителях АРУ он не самый хороший выбор из-за особенностей входной ВАХ. Сходный с ним по параметрам транзистор КТ3128А не годится, так как при токе более 1,2 мА он ведёт себя сложным образом, не в пользу линейности.

5.2. Диоды

В табл. 2 приведены рекомендации по применению диодов. Их выбор не изменяется от полярности питающего напряжения, но установка меняется на противоположную, кроме диодов в смесителях. Ещё при доработке заводской схемы диоды серии Д311 показали свою превосходную пригодность для работы до частоты 18 МГц в смесителе, поэтому и в этот раз выбор был сделан в их пользу. Их главное преимущество — малое напряжение (около 200 мВ) при прямом токе 1...3 мА и дифференциальное сопротивление — 50...20 Ом. Эти диоды до сих пор доступны и не дороги, подобрать пары и четвёрки несложно. В смесителе применены подобранные по ВАХ диоды Д311А с разни-

цей прямого напряжения ± 1 мВ при измерительном токе 0,5 мА. Это легко найдётся из партии 20 шт., обычно найдутся две четвёрки и несколько пар, чего достаточно на два приёмника. В смесителе можно применить диоды серии КД922 или ГД508А.

В АМ-демодуляторе диод Д311 лидировал по малому уровню искажений. Подбор пары не обязателен, лучше отобрать их по малому току при обратном напряжении 2...5 В.

ЧМ-демодулятор требует от диодов малого обратного тока и быстрой работы, серии Д18 и Д20 оказались оптимальными, серии ГД508А и КД419 ещё лучше, если КПИ демодулятора идеально симметричные. При безупречной симметрии КПИ ЧМ-демодулятора есть смысл подобрать пару диодов ещё по обратному току и ёмкости при обратном напряжении 3...5 В, а также прямому напряжению при токе 0,1...0,3 мА.

В цепях смещения базы ВЧ-транзисторов подбор диодов не так критичен, однако из-за увеличенного прямого напряжения не подходят диоды серий КД512, КД407, КД409, КД514. При применении германиевых транзисторов с успехом можно использовать диоды серии Д9, которые надо подобрать по малому обратному току и контролировать осциллографом напряжение при прямом токе 0,2 мА на предмет заметных НЧ-флуктуаций (влияет качество игольчатого контакта). Лучше применить диоды серии ГД402, ГД507, ГД508 в малогабаритном корпусе. Диоды серий Д18 и Д20 сложно разместить на плате, можно применить серии КД419 или БАТ42.

Таблица 2

Позиционное обозначение	Технология	Наименование	Узел, функция	Замена	Параметры важные
VD30	Планарный универсальный	КД503А	Защита микроамперметра	Серии КД5хх	$I_{пр} = 0$ до $U_{пр} = 350$ мВ
VD40	Германиевый универсальный	Д20	Цепь смещения	ГД508, ГД402, Д9, КД419, БАТ42	$U_{пр} = 300$ мВ $I_{пр} = 50$ мкА
VD100	Планарный универсальный	КД503А	Цепь смещения	Некритично, не подходят серии КД512, КД407, КД409, КД514	Малый обратный ток, германиевый не подходит
VD110, VD111	Германиевый ВЧ-выпрямитель	Д311А	АМ-демодулятор	Серии Д311, КД419, ГД508А, Д18, Д20	Обратный ток менее 2 мкА при $U_{обр} = 2...5$ В
VD120, VD121	Германиевый ВЧ-выпрямитель	Д18	ЧМ-демодулятор	Д20, ГД508, КД419	Малый обратный ток
VD130	Планарный, универсальный	КД503А	Цепь смещения	Серии КД5хх Германиевый диод с германиевым транзистором	
VD140, VD141	Планарный, универсальный	КД503А	Развязка узлов	Серии КД5хх	Малый обратный ток
VD160—VD163	Германиевый быстродействующий	Д311А	Смеситель	ГД508А, КД922 с подбором R161	$R_{диод} < 40$ Ом при $I_{пр} = 2...3$ мА, $U_{пр} < 300$ мВ
VD164	Планарный, универсальный	КД503А	Цепь смещения	Кроме КД512, КД407, КД409, КД514 Германиевый диод серий Д9, ГД402, ГД507, ГД508 с германиевым транзистором	
HL30	Светодиод универсал	АЛ102х	Красного/зелёного свечения	Серия АЛ307 и аналогичная	$U_{пр} = 1,6...2,2$ В при $I_{пр} = 0,5$ мА
HL31	Излуч. малоомощный ИК-диод	АЛ106х	Ист. напр. 1,2 В, ТКН = -2 мВ/К	Серия АЛ145 и аналогичная	$U_{пр} = 1,15$ В при $I_{пр} = 1...2$ мА

5.3. ПКФ для АМ-тракта

До 1990-х годов в модуляторах АМ-передатчиков использовались аналоговые каскады, и радиостанции имели свой характерный тембр, по которому часто можно было их распознавать. С приходом цифровой обработки аудиосигнала для модуляции и высокоэффективных модуляторов с большим КПД по всем частотам модуляции в эфире мы имеем дело в основном с качественными АМ-сигналами. При максимальной модуляции они почти не создают помехи за пределами нормативной полосы. Вторая гармоника модуляции в АМ-спектре подавлена обычно не менее, чем на 60 дБ относительно основного сигнала, и в большинстве случаев эти побочные излучения приёмник не принимает, если сам не создаёт эти искажения.

Поэтому в наше время целесообразно применить фильтры сосредоточенной селекции (ФСС), у которых АЧХ имеет форму, максимально совпадающую со спектром модуляции, с подавлением эфирных шумов и помех из соседних каналов. На первый взгляд, это можно выполнить с АЧХ с формой в виде трапеции, когда вершина ровная в полосе 8 кГц и полоса пропускания — 9...10 кГц по уровню -3 дБ. Скаты АЧХ должны быть крутые (20...50 дБ/кГц) для подавления соседнего АМ-канала. Но в таком подходе решения задачи "по учебнику" есть подвох, который имеется у приёмников с очень хорошим ЭМФ, когда у них получается металлический тембр из-за того, что переход от идеально плоской вершины в крутые скаты очень резкий. Часто и в SDR используют (программируют) такую АЧХ не в пользу приятного звучания, о котором стоит заботиться для радиовещания.

В годы расцвета АМ-радиовещания очень часто на КВ-диапазонах сигналы размещались по частоте с шагом 5 кГц, поэтому тогда использовали ФСС с полосой пропускания не более 6...7 кГц. Чтобы получить нужное подавление соседнего канала, в простых приёмниках часто применяли ФСС с более узкой полосой (4...5 кГц). Это основательно портило звучание и было одним из весомых аргументов сворачивания АМ-радиовещания. В приёмниках высшей категории могли предусмотреть переключаемый ФСС с полосой пропускания 9...13 кГц. Для этого проекта был предусмотрен ФСС с полосой 9,5 кГц и крутыми скатами. По опыту, сейчас уже не нужен узкополосный ФСС для радиовещательного приёмника, если нет требований приёма DX. Размещение сигналов передатчиков

через 5 кГц в наше время редкое явление. Плотность сигналов на ДВ и СВ диапазонах также уже не требует особо узкополосного фильтра. Ситуация с тремя рядом расположенными мощными сигналами уже маловероятна, а два канала с разницей 9 кГц такой ФСС легко разделяет. Из большой партии можно найти ПКФ с полосой пропускания 8,5...9 кГц и точно решить эту задачу, хотя немного в ущерб звучанию.

После реализации сложного проекта модернизации приёмника Tecsun S-2000 с отдельным блоком четырёх переключаемых ФСС на импортных ПКФ серий CFW/CFU с полосами пропускания 4/6/8/10 кГц выяснилось, что качество этих изделий (даже оригинальные изделия фирмы Murata) редко обеспечит долговременную стабильность и надёжность. Чтобы нашёлся комплект из восьми ПКФ нужного долговечного качества и совпадения параметров, пришлось их выбирать из партии более 200 шт., при этом было забраковано

Для этого нужна партия из 30...40 ПКФ, в которой найдутся ещё другие пары или особо качественные ПКФ.

5.3.1. Подбор ПКФ серии ФП1П1-60-02

Схема простого стенда для подбора ПКФ серии ФП1П1-60-02 с резистивным согласованием показана на **рис. 19**. Использован измеритель АЧХ с импедансом 50 Ом. Такой стенд из-за большого затухания позволит уверенно наблюдать верхние 26...30 дБ АЧХ, и этого для подбора достаточно.

Параметры стенда можно улучшить, применив на входе

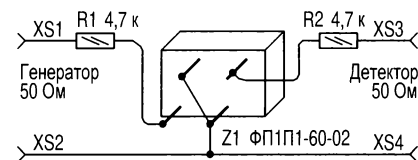


Рис. 19

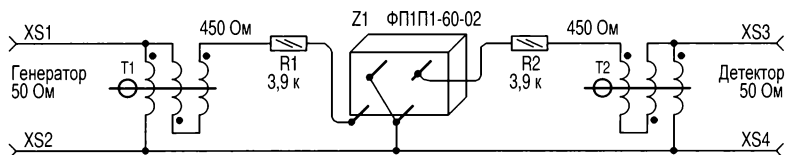


Рис. 20

вано более 50 % изделий по причине плохой стабильности формы АЧХ и смещению центральной частоты. Поэтому в этот раз было решено применить отечественные ПКФ серии ФП1П1-60-хх на семи резонаторах, которые, по многочисленным опытам, оказались очень надёжными, долговечными и по форме АЧХ практически идеальными. Благодаря их серийному качеству окончательный подбор можно осуществить из небольшой партии до 10 шт., и при этом останутся ПКФ отличного качества для других приёмников. Несмотря на этот категоричный выбор изделий отечественного производства, на печатной плате предусмотрены посадочные места для установки импортных ПКФ (серий CFW, CFWM) и даже ЭМФ серии ФЭМ4-52.

Оptionальный модуль активного смесителя позволит реализовать установку на нём сборки из двух ПКФ, и тогда есть смысл найти три ПКФ, совпадающие по центральной частоте и два из них — по полосе пропускания. Третий ПКФ может иметь полосу пропускания до 11...12 кГц и быть установлен на месте Z72.

трансформаторы с соотношением витков 3:1 (**рис. 20**), и выиграть 18 дБ по глубине при работе с таким измерителем АЧХ. Подходят трансформаторы T-622 или T-626 (Minicircuit) либо самодельные, намотанные на кольцевом магнитопроводе из феррита М2000НМ, индуктивность одной обмотки — 100...200 мкГн.

С таким стендом и популярными измерителями АЧХ (50 Ом) можно легко наблюдать верхние 40...50 дБ АЧХ ПКФ (**рис. 21**) с типично встречаемым качеством. Базовое затухание стенда — 23 дБ по сравнению с перемычкой вместо ПКФ, и в этом примере ПКФ на центральной частоте имеет затухание 3 дБ. Лёгкий подъём АЧХ на более высоких частотах позже легко скорректировать широкополосными LC-фильтрами в тракте. Непригодны ПКФ с резкими изломами и существенной асимметрией в АЧХ, таких мало среди ПКФ ФП1П1-60-02.

5.4. ПКФ для ЧМ-тракта

В настоящее время УКВ-радиозфир в мегаполисах РФ при-

вели в порядок, грубых нарушений по модуляции уже нет, современные передатчики выдерживают нормативный спектр, и даже с разносом по частоте 300 кГц они не сильно мешают друг другу, если использовать качественный приёмник. Другой вопрос, что большинство приёмников не в состоянии даже в таком идеальном радиоэфире обеспечивать качественный приём по причине плохой канальной селективности. Как оказалось, подавление соседнего канала должно быть по всему его спектру не менее 26 дБ, чтобы в канале приёма не появились артефакты. Но этого достаточно только при условии, когда все сигналы в радиоэфире одного уровня, как в хорошей кабельной сети. Но в реальности полезный сигнал может быть на 20...60 дБ слабее мощного местного сигнала в соседнем канале, и тогда требование к подавлению ужесточается до 46...86 дБ (по всему мешающему спектру). Такого качества приёмник найти сложно.

ПКФ стабильного качества для радиовещательных ЧМ-приёмников начали выпускать к концу 1970-х, но первые серии имели большое затухание, нередко 10...12 дБ на один фильтр с двумя проходными резонаторами и двумя заградительными резонаторами. Технология и материалы улучшались, и к концу 1980-х годов (в том числе в ГДР и в СССР) появились качественные ПКФ с

ФЧХ для полезного спектра. Это достигается тем, что ФСС содержит сборку из двух ПКФ с малым затуханием (серии low loss). Результирующее затухание сборки — 5...7 дБ. Кстати, и среди старых ПКФ бывают экземпляры с малым затуханием и пригодной формой АЧХ, но придётся их искать в большой партии.

В продаже имеются серийно выпускаемые ПКФ с полосой пропускания 110/150/180/230/235/280 кГц. Если обеспечивается точная частотная настройка при применении ФАПЧ, то с полосой пропускания 180 кГц можно получать удовлетворительное качество аудиосигнала с искажениями -36...-40 дБ, и поэтому такими фильтрами оснащают простые приёмники. Узкой полосой пропускания можно компенсировать многие недостатки в тракте. При более узкой полосе искажения станут уже слышимыми, однако при загрузенности эфира этот результат может быть лучше, чем с помехами от соседнего канала. Качественное звучание обеспечивается при полосе пропускания 230 кГц и точной настройке на сигнал радиостанции. Поэтому для этого проекта с ручной аналоговой настройкой приёма предусмотрена полоса пропускания 250...280 кГц и обеспечено высокое качество аудиосигнала. Можно использовать ПКФ с полосой пропускания 230 кГц, если в УКВ-блоке проведена температурная компенса-

пускация 280 кГц имеют фильтры LT10.7MA5A10-A, SFECV10.7MA5-A-TC, LTCV10.7MA5-A-TC. Их можно опознать по индексу A5 в суффиксе. Маркировка A указывает на центральную частоту 10700 кГц, в этом тракте это не принципиально. Однако у фильтров с другим индексом чаще бывают искривления АЧХ, и для подбора вместо 12 шт. нужно покупать до 20 шт. Для ФСС с полосой пропускания 230 кГц хорошие результаты дали ПКФ SFE10.7MS2A10-C, LT10.7MS2A10-A, LTCV10.7MS2-A, их можно распознавать по индексу S2 в суффиксе. Фильтры с индексом C (центральная частота — 10730 кГц) нужно подбирать из партии не менее 20 шт.

Среди отечественных ПКФ выбором из партии 40...50 шт. можно найти годную четвёрку. Лучшее всего сработает серия ФП1П6-1.3 (на частоту 10640 или 10670 кГц), сложнее это можно найти среди серий ФП1П6-1.2 и ФП1П6-1.4 на частоту 10700±100 кГц.

5.4.1. Предварительный подбор ПКФ из партии

Первый подбор (отсев) изделий можно осуществить с помощью стенда, схема которого показана на **рис. 22**, с согласованием на 320 Ом резисторами R1, R2 при условии импеданса измерительного прибора 50 Ом.

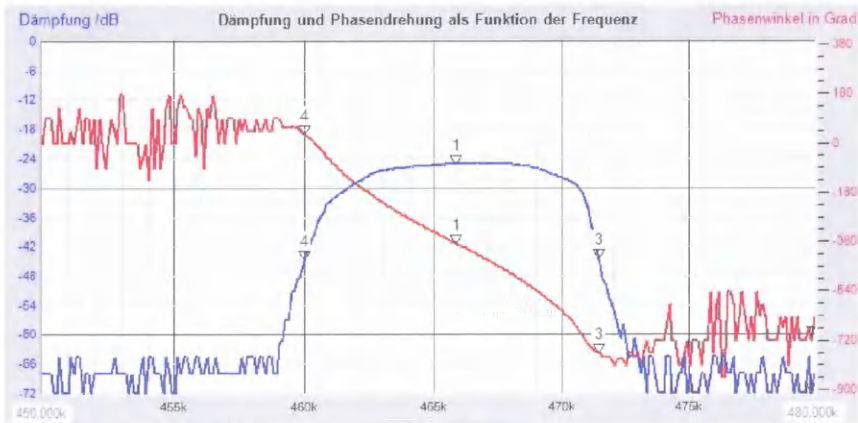


Рис. 21

затуханием около 8 дБ с разбросом ±3 дБ, и в целом они соответствовали импортным изделиям того времени. К концу 1990-х годов все ведущие изготовители ПКФ стали выпускать различные серии, которые оптимизированы то по затуханию, то по групповой задержке, то по габаритам — выбор стал огромным.

В этом проекте совмещены высокая канальная селективность и минимальная кривизна

ция в гетеродине, как это предлагается в новых схемах УКВ-блоков. Если нет перегруженности радиоэфира, более комфортной будет полоса пропускания 250...280 кГц.

Для комплектования ЧМ-УПЧ нужны четыре одинаковых по параметрам ПКФ. Несмотря на пригодность многих серий ПКФ, был выявлен ряд особо хорошо работающих фильтров серии low loss для получения гарантированного результата. Полосу про-

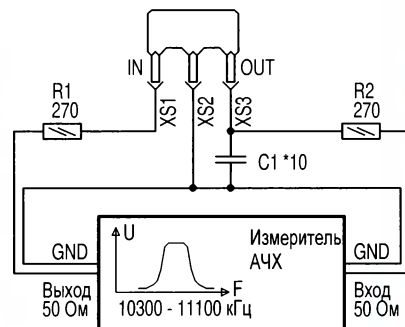


Рис. 22

В этом случае не нужно измерять большую глубину затухания, поэтому линейный амплитудный масштаб более нагляден. Очень удобно тестировать партию ПКФ для поверхностного монтажа, если сделать на макетной плате небольшую вилку-шуп с тремя контактами (**рис. 23**), чтобы было удобно прижать шуп к выводам ПКФ.

Выход можно сконфигурировать для подключения осциллографа с шупом 1:10 и входной ёмкостью 12...15 пФ. Для этого на выходе ПКФ надо установить последовательно два резистора

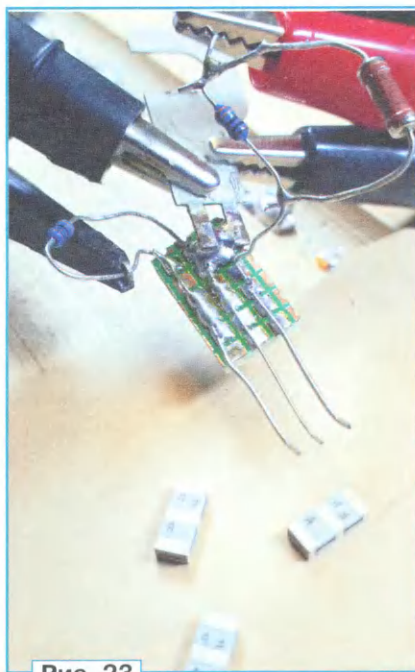


Рис. 23

сопротивлением 180 Ом и 150 Ом (важна сумма 330 Ом) и к общей точке этих резисторов

осталась безупречной. Идеальная форма АЧХ ПКФ с полосой пропускания 280 кГц в рамках этого подбора показана на **рис. 26**, её симметрия отличная, лёгкая дуга на вершине, малое затухание.

При подборе надо оценить симметричность АЧХ, отсутствие странных бугров и перепадов, определить центральную частоту по уровню -10 дБ. Некоторые изделия показывают идеальную АЧХ при коррекции с дополнительным конденсатором ёмкостью до 15 пФ на выходе (по документации), и эту ёмкость может предоставить щуп осциллографа (12...15 пФ). При подборе формируют группу фильтров по признаку центральной частоты с шагом 5 кГц. Собирают четвёрку ПКФ с наиболее близкими параметрами, остальные хорошие ПКФ следует подписать и отложить для других проектов модернизации приёмников. В этом проекте с аналоговой настройкой не обязательно использовать изделия с центральной частотой ровно 10700 кГц, такие лучше бы применить в приёмниках с ФАПЧ для правильного приёма по частотной сетке, без

плохой приёмник, не подлежащий налаживанию и не обеспечивающий базовые нормы по качеству аудиосигнала.

Предположение, что из двух двухрезонаторных ПКФ сам по себе получится четырёхрезонаторный ФСС, портило многие приёмники. Как правило, при прямой стыковке двух качественных ПКФ получается трёхрезонаторный ФСС, да ещё и с кривой АЧХ. На **рис. 27** (масштаб — 50 кГц/дел.) изображён типичный пример АЧХ такого ФСС, который извлечён из приёмника Grundig RR-1140, при этом ПКФ по отдельности оказались идеальными даже спустя 40 лет.

Причина в том, что разработчики этих ПКФ заложили сильную связь с резонаторами, чтобы обеспечить малое затухание. Если соединить два ПКФ непосредственно без согласующих элементов, связь второго и третьего резонатора в системе столь сильная, что они работают как единый резонатор, без требуемого расщепления резонансов полосового фильтра. Но такой резонатор имеет вдвое меньшую ёмкость и вдвое большую индуктивность, что образует

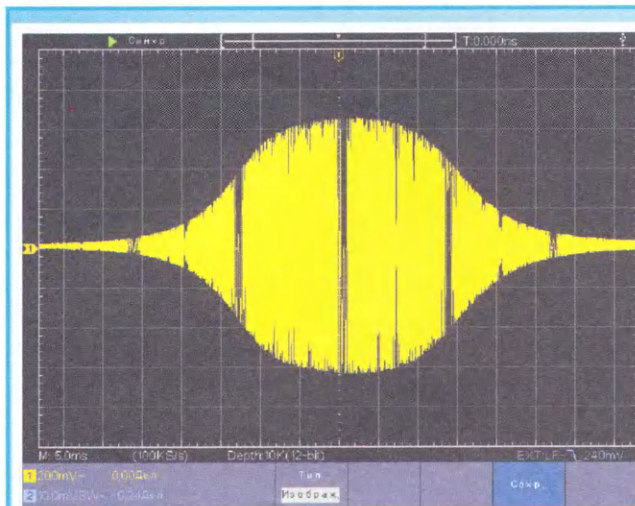


Рис. 24

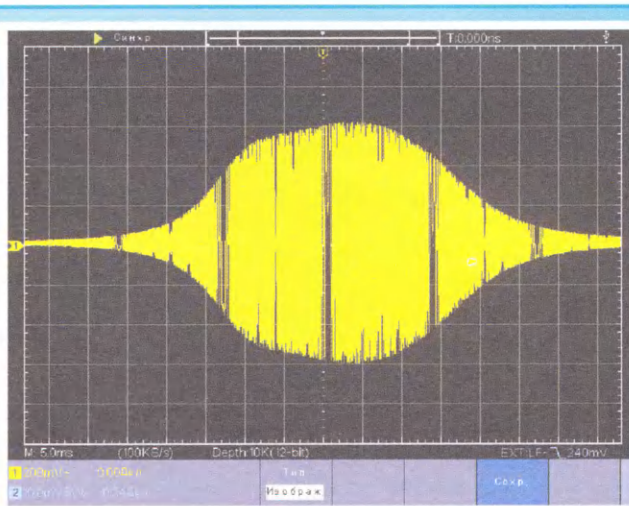


Рис. 25

подключить щуп осциллографа. Это устраняет прямое влияние ёмкости щупа на АЧХ ПКФ. Хороший ПКФ будет иметь АЧХ, показанную на **рис. 24**, и она подходит для тракта с многокаскадным ограничителем на ИМС. Настроить в сборке плоскую вершину АЧХ тоже возможно.

На **рис. 25** показана непригодная форма АЧХ, это пример ПКФ с полосой пропускания 230 кГц, его симметрия в целом плохая, и острые выпуклости указывают на грубые отклонения по согласованию. Такие деформации невозможно исправить внешней коррекцией, чтобы ФЧХ

программной коррекции дисплея.

5.4.2. Сборка из двух ПКФ

Увеличение числа резонаторов в ФСС позволит улучшить подавление непосредственно соседних каналов при более оптимальной АЧХ в полосе пропускания, так гласит теория, и к этому нужно стремиться на практике.

Нет смысла собирать сборку из непроверенных, неподобранных или плохого качества ПКФ. Со случайными изделиями результат может оказаться даже вредным, и получается крайне

характерную "вредную горку" на вершине АЧХ. Хорошо бы, если эта "горка выросла" ровно по центру, но из-за большого изменения реактивности резонаторов контуров в такой комбинации она сдвинута на 20...30 кГц вниз, и приёмники с такими "супер-ФСС" показывают несовпадение частоты приёма с показанием дисплея. Такой приёмник нельзя настроить на ЧМ-сигнал по показанию S-метра. Подобный дефект можно исправить небольшой доработкой — коррекцией связи на стыке ПКФ.

Два ПКФ нужно стыковать с помощью элемента с небольшой

реактивностью, чтобы получить настоящий четырёхрезонаторный ФСС со всеми его выгодами. Это можно реализовать разными способами. На выходе и входе ПКФ импеданс нужно или увеличить, или уменьшить, что из этого сработает, зависит от разных параметров применённых серий ПКФ и требуемой формы вершины АЧХ. К примеру, с кварцевыми фильтрами обычно идут на понижение импеданса в середине многорезонаторного фильтра, где установлены конденсаторы с максимальной ёмкостью. Чаще всего старые трёхвыводные ПКФ потребуют уменьшения импеданса, а современные ПКФ SMD с малым затуханием требуют увеличения импеданса на стыке двух ПКФ.

Теоретически при таком "лестничном" принципе согласования такие сборки на входе и выходе должны быть нагружены отличающимся от нормы импедансом. То есть, если в середине сборки нужен заниженный импеданс, то на входе и выходе он должен быть повышенным. Но это не совсем так у старых изделий из-за их заметного собственного затухания (более 6 дБ), обычно согла-

тельного технологического прогресса позволил пересмотреть общепринятую концепцию стыковки УПЧ ЧМ с УКВ-блоком с помощью ФСС с высокой селективностью.

В отличие от независимой работы двух ПКФ, разделённых усилителем, их работа в сборке даст более выраженную канальную селективность, при этом обеспечивается требуемая полоса для полезного сигнала, скаты более крутые, подавление соседнего канала больше. Полоса пропускания с большим запасом обеспечит по центру гладкую ФЧХ достаточной протяжённости (не менее 150 кГц). К примеру, при образцовом налаживании двух разделённых усилителем ПКФ с полосой пропускания по 280 кГц получается сквозная полоса 190 кГц и удвоенная крутизна скатов АЧХ. А при работе тех же ПКФ в сборке получается полоса пропускания 250...280 кГц и крутизна в верхней части скатов в 3...4 раза больше. В итоге подавление соседнего канала при отстройке $\pm 300...400$ кГц примерно такое же, но полезный спектр сигнала при проходе через сборку имеет малый разброс

получить правильные формы АЧХ и ФЧХ, когда с отдельно работающими ПКФ это не получить. Мало того, сборка их двух ПКФ лучше защищает первый УПЧ от сигналов соседних каналов. Это есть самое "больное место", ухудшающее качество УПЧ-УКВ-трактов, даже в дорогих брендовых приёмниках.

5.4.3. Пример сборки ПКФ серии ФП1П6-1.x

Чтобы показать, что качественный УКВ-приёмник был в принципе реализуемым ещё 40 лет назад, были исследованы ПКФ того времени. До сих пор отечественные ПКФ на частоту 10700 кГц массово доступны. По качеству они имеют большой разброс, к счастью, бывает и в лучшую сторону. Были протестированы ПКФ ФП1П6-1.1 по группе 10780 кГц с полосой пропускания 180...200 кГц. Из большой случайной партии было забраковано 16 % с грубыми дефектами в АЧХ, но чудом без нарушения допусков по документации. 50 % изделий имело нормальное среднее качество согласно документации. Однако их штатное

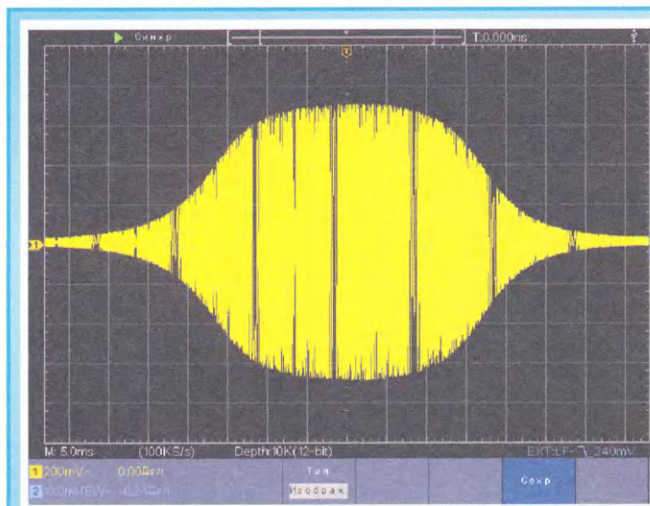


Рис. 26

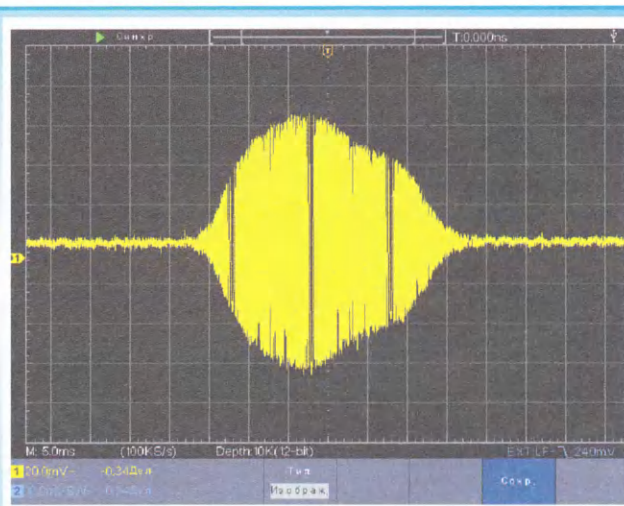


Рис. 27

сующие сопротивления 330 Ом будут оптимальными, иногда правильнее применить согласование на 360 Ом.

Более широкополосные ПКФ на частоту 10700 кГц обычно имеют меньшее затухание. К примеру, ПКФ с полосой пропускания 180 кГц имеют затухание 4...8 дБ, а ПКФ той же серии с полосой 280 кГц может иметь затухание 2...6 дБ. Это имело место в конце 1980-х годов при выборе из большого числа изделий. Сборку из двух ПКФ можно наладить с затуханием 5...7 дБ, что было в 1980-х нормой для одного ПКФ. Именно этот факт ста-

по групповой скорости задержки, даже при настройке сборки с плоской вершиной АЧХ.

Для разных трактов УПЧ и ЧМ-демодулятора нужно выбирать выпуклую либо плоскую вершину АЧХ для достижения лучшего качества аудиосигнала. Плоская вершина выгоднее, если демодулятор зависит от размаха ПЧ-сигнала. При наличии нескольких амплитудных ограничителей с высоким фазовым качеством и глубоким ограничением выгоднее использовать выпуклую вершину АЧХ, у которой фазовая линейность лучше. Именно сборка из двух ПКФ позволяют

затухание 8...10 дБ не позволило перевести два изделия в режим четырёх связанных резонаторов, а это принципиальное условие для успеха. 33 % изделий имело затухание 4...5 дБ, и даже нашлась пара по частотным параметрам при хорошей форме АЧХ. Подходящие ПКФ можно найти среди многих других отечественных изделий, тем более, если искать среди ПКФ с более широкой полосой пропускания 235 или 280 кГц.

Лучший результат с плоской вершиной АЧХ для УПЧ без глубокого ограничения амплитуды был достигнут при согласовании

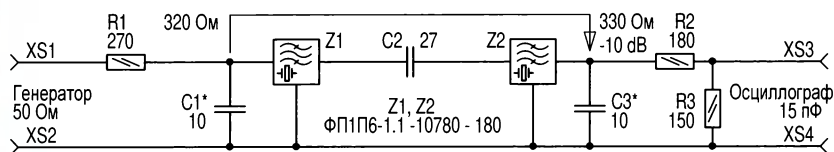


Рис. 28

ФСС на нагрузку 320...330 Ом при стыковке с помощью конденсатора ёмкостью 27 пФ (рис. 28). АЧХ такой сборки показана на рис. 29 (масштаб — 50 кГц/дел.).

Значительный фоновый уровень помех при измерении (–30 дБ) обусловлен недостаточным заземлением фильтров “на скорую руку” и использованием простых НЧ-кабелей с подключением с помощью разъёма “крокодил”. Это часто встречающийся недостаток при быстрых измерениях, но в данном эксперименте это принципиаль-

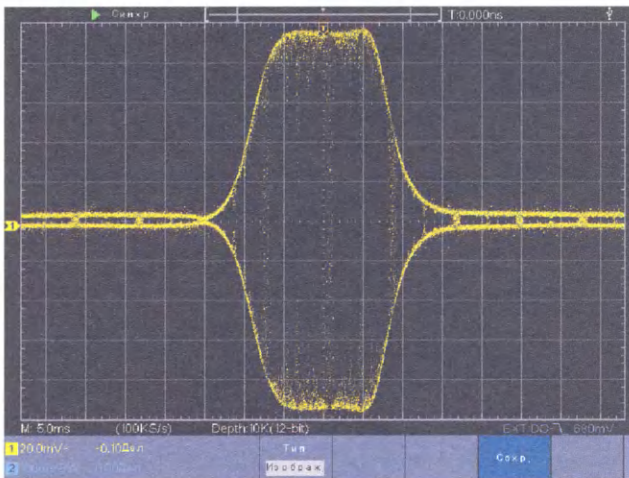


Рис. 29

но не мешало. При правильном монтаже на печатной плате дальнейшее подавление при отстройке ± 150 (200) кГц составляет не менее 36(46) дБ при полосе пропускания 170 кГц (по уровню –6 дБ). Форма вершины АЧХ от такого недостатка стенда не страдает.

На входе и выходе фильтра конденсаторы ёмкостью около 10 пФ могут улучшить ровную вершину АЧХ, но также влияют импеданс источника сигнала и нагрузки, которые надо подстроить индивидуально. При узкой полосе пропускания не следует допускать кривизну АЧХ. Плоская часть АЧХ протяжённостью 120 кГц позволит не допустить паразитную АМ в тракте и получить приличный аудиосигнал. При крайне плотно заполненном эфире подавление соседнего канала делает приём принципиально возможным, и искажения полезного сигнала на уровне –30 дБ (3 %) станут терпимым качеством. Затухание в полосе пропускания этой сборки (около 10 дБ) требует хорошо налаженного УКВ-блока с усилением не менее 26 дБ по напряжению от входа 75 Ом к выходу 330 Ом, а первый каскад УПЧ должен быть малозумящим.

5.5. Индуктивные компоненты

Общие сведения о доступных в РФ индуктивных компонентах приведены в [10, 11]. Их качество и правильное изготовление для выполнения конкретной задачи существенно влияют на работу ВЧ-каскадов. Предложенный УВЧ-УПЧ на транзисторах “живёт” катушками индуктивности и трансформаторами, так как с их помощью между собой связываются и согласуются разные узлы и каскады, обеспечивая как сквозное усиление тракта, так и его селективность.

На рис. 30 показаны КПИ для LC-контуров на частоте 465 кГц на случай большого уровня сигнала либо высокой селективности (добротности). Эти изделия имеют основание каркаса размерами 10×10 мм и с экраном на плате занимают площадь 12×12 мм. Центральную роль сыграет изделие Q-4386 или Q-4172 (Q-4387 продаётся без экрана). Их можно использовать в каскадах с большим уровнем сигнала без интермодуляции в магнитопроводе, и они позволяют реализовать КПИ добротностью до 180...200. Импортные КПИ с увеличенным магнитопроводом (Q-4113, Q-4117, Q-4197) могут работать при



Рис. 30



Рис. 31



Рис. 32

Таблица 3

Обоз- нач.	Узел, функция	Лучший выбор	Материал	Объём, витки	Провод, мм	L, мкГн	SF, МГц	Корпус, мм	Замена, корп. мм	Замена	Прим. 1	Прим. 2
L20	Резект. НЧ	Серия RLВ10	М600НН	Оригинал	0,07...0,1	103 000	0,1	D = 10	D = 12	SL1610 (гантель)	Намотка — 75 % объёма	68...120 мкГн
L50	Согл. ПКФ	Q-3961	М100НН	Оригинал	0,07...0,1	1,02	>100	7×7	нет	Q-3959, Q-3966, Q-4157, Q-3972	Г-звено, слабый резонанс	Q-4157 12 витков (3+3+3)
T50	Согл. УПЧ	Заводская ЧМ-ПЧ-КПМ	М100НН	27 6	0,12...0,15	5,4	>60	12×12	Имп. 7×7	Q-3966, Q-4157, Q-3972, Q-3994	Нужна подборка R54	Подойдет АМ-КПМ
T60	Согл. УПЧ	Заводская ЧМ-ПЧ-КПМ	М100НН	32,8	0,12...0,16	7,2	>60	12×12	Имп. 7×7	Q-3966, Q-4157, Q-3972, Q-3994	Нужна подборка R63	Подойдет АМ-КПМ
L60	Согл. ПКФ	Q-4386, Q-4387	М600НН, М400НН	58+58 симметр	0,1...0,12	250	>5	12×12	Имп. 7×7	Q-3960 и крупнее	Намотка симметричная	Корпус 7×7 мм с активным смесителем
L61	Согл. ПКФ	Q-4386, Q-4387	М600НН, М400НН	71+45	0,1...0,12	250	>5	12×12	Имп. 10×10	Q-3961 и крупнее	71 виток от холодного конца	Корпус 7×7 мм с активным смесителем
L62	Дроссель	Серия ДМ, ДПМ	М400НН—М2000НМ			180	5...15	L = 20	L = 10...20	ЕС-24, СЕСL	82...330 мкГн	Сопровождение не более 10 Ом
L70	Согл. ПКФ	Заводская ЧМ-ПЧ-КПМ	М100НН	13+13 симметр	0,12...0,15	4,8	>60	12×12	Имп. 7×7	Q-3966, Q-4157, Q-3972, Q-3994	Нужна подборка R70, подойдет и АМ-КПМ	Мотать обмотки друг на друга или вместе
L73	Согл. ПКФ	Q-4822	М400НН, М600НН	90	0,07	330	>5	7×7	Нет	Имп. АМ-КПМ		
L74	Согл. ПКФ	Q-4822	М400НН, М600НН	90	0,07	330	>5	7×7	Нет	Имп. АМ-КПМ		
T80	Фильтр ЧМ	Заводская ЧМ-ПЧ-КПМ	М100НН	(12+13) 3	0,12...0,15	4,4	>60	12×12	Имп. 7×7	Q-3966, Q-4157, Q-3972	12 витков от холодного конца	Коррекция АЧХ подборкой R805
L80	Фильтр ЧМ	Заводская ЧМ-ПЧ-КПМ	М100НН	6+20	0,12...0,15	5,0	>60	12×12	Имп. 7×7	Q-3966, Q-4157, Q-3972	6 витков от холодного конца	Коррекция АЧХ подборкой R805
L81	Фильтр АМ	Заводская ФСС-465	М400НН, М600НН	Оригинал		250	>5	12×12	Имп. 10×10	Q-4386, Q-4387 116 витков	Провод 0,1...0,12 мм или литцендрат 3×0,05	Добротность — 180...250+
L82	Фильтр АМ	Заводская ФСС-465	М400НН, М600НН	Оригинал		250	>5	12×12	Имп. 10×10	Q-4386, Q-4387 116 витков	Провод 0,1...0,12 мм или литцендрат 3×0,05	Добротность — 180...250+
L90*	Дроссель	Ферритовая бусинка	М600НН—2000НМ	Выход база		0,2...0,5	нет			Серия ВЛМ Mugaia	Или R = 1 Ом к L80 параллельно части до отвода	
T90	Согл. УПЧ	Q-3966	М400НН—М100НН	14 (2+2)	0,07...0,1	2,9		>60	Нет	Q-3966, Q-4157, Q-3972, Q-3994	Для Q-3966, Q-4157, Q-3973 16...17 витков	Выходная обмотка — 2+2 витка
L91	Дроссель	Серия Д(П)М	М400НН—2000НМ			180	5...15	L = 20	L = 10...20	ЕС-24, СЕСL	82...330 мкГн	Сопровождение не более 10 Ом
L100	Дроссель	Серия Д(П)М	М400НН—2000НМ			180	5...15	L = 20	L = 10...20	ЕС-24, СЕСL	82...330 мкГн	Сопровождение не более 10 Ом
L110	АМ-демод	Q-4386, Q-4387	М600НН, М400НН	88	0,1...0,12	140	>5	12×12	Имп. 10×10	Габаритные импортные		
L111	АМ-демод	Q-4386, Q-4387	М600НН, М400НН	88	0,1...0,12	140	>5	12×12	Имп. 10×10	Габаритные импортные		
T120	ЧМ-демод	Q-4157	М100НН	(12+12) 9 симметр	0,07	4,7	>60	7×7	Имп. 10×10	Q-3966, Q-3972, Q-3966, Q-3994 не годится Q-3994 не годится Q-3994	Корпус 10×10, ставить с одним контактом экрана	Заводские КПМ не пригодны
L120	ЧМ-демод	Q-4157	М100НН	12+12 симметр	0,07	4,6	>60	7×7	Имп. 10×10	Q-3966, Q-3972, Q-3966, Q-3994 не годится Q-3994	Корпус 10×10, ставить с одним контактом экрана	Заводские КПМ не пригодны
L91	Дроссель	Серия Д(П)М	М400НН—2000НМ			180	5...15	L = 20	L = 10...20	ЕС-24, СЕСL	82...330 мкГн	
L131	Рез. УКВ	Q-3990	М100НН, М50ВЧ	Оригинал	0,1	0,30		7×7	Нет	Q-4157, Q-3961, Q-3959, Q-3966	При замене пяти витков в трёх верхних секциях	Настройка на 103 МГц
L132	Дроссель	Ферритовое кольцо	М2000—6000НМ	Подбор	0,15...0,2	>150	>5	D = 5...10		Каркас от Q-4193	Без ДВ он не нужен (замена — перемычка)	
L150	Дроссель	Ферритовое кольцо	М2000—6000НМ	Подбор	0,15...0,2	>150	>5	D = 5...10		Каркас от Q-4193		
T160	Согл. ПЧ	Q-4386, Q-4387	М400НН, М600НН	72 (12+12)	0,1...0,12	90	>20	12×12	Нет	Габаритные импортные	72 витка в нижние три секции	(12+12) симметр.
L160	Рез. КВ	Q-4288	М400НН, М600НН	15	0,1...0,12	10	>30	7×7	Нет	АМ-КПМ любые	Исполнение не критично	
L161	Фильтр	Q-4386, Q-4387	М400НН, М600НН	76	0,1...0,12	98	>20	12×12	Нет	Габаритные импортные		
T161	Согл.	Два ферритовых кольца	М2000НМ+М600НН	Подбор	0,15...0,2	2х >200	>30	D = 7	D = 10	М600НН + М400НН или только 1х М1500НМС	Два провода вплотную без скрутки	

большом уровне сигнала, и при обмотке из литцендрата достигается добротность 150...180. Импортные изделия Q-4386 (Q-4172) применены на позициях L83, L84 и L60, L61, а также в АМ-демоуляторе L110, L111 и в смесителе T160, L161. Они обладают малым ТКИ и могут отлично работать совместно с конденсаторами из керамики NPO. Несмотря на хорошую замкнутость магнитопровода, в УПЧ при большом усилении импортным КПИ большого размера не хватает экранировки от электрического поля. Эти КПИ отлично сочетаются с экранами от старых отечественных КПИ с размерами основания 12×12 мм. При переделке с каркаса убирают облегчающий термоусаживаемый материал. После настройки под временным надетым экраном надо зафиксировать чашку-подстроечник каплей лака и потом окончательно припаять экран. Или после перемотки можно снова надеть тонкий облегчающий термоусаживаемый материал. Эти КПИ выдерживают короткую процедуру нагрева. После этого подстроечник должен оставаться подвижным (с небольшим усилием) для перестройки.

КПИ из приёмников прошлого века, показанные справа, а также АМ ПЧ КПИ из приёмников "Океан" имеют высокую добротность до 250 при намотке литцендратом, но они пригодны исключительно на позициях L81, L82, где АРУ не допустит больших опасных уровней сигнала. На этой позиции можно без доработки, но после ревизии применить КПИ из ФСС с заводской платы приёмников "Океан" ($L = 245 \text{ мкГн}$).

На рис. 31 показаны малогабаритные АМ КПИ с ферритовым магнитопроводом типа "гантель". С ними не удастся канальную селективность, добротность более 70 получить сложно. Они не пригодны при больших уровнях сигнала в сочетании с высокой селективностью. Поэтому они применяются только на позициях L73, L74 после ФСС.

Эти АМ КПИ из феррита, подобно M600(400)НН, позволяют на частоте 10700 кГц получить добротность до 10...20 и поэтому могут быть использованы в резонансном трансформаторе для согласования каскадов или ПКФ. Часто встречаемый резистор, подключённый параллельно резонансному контуру, в таком случае принимает существенно увеличенный номинал либо совсем не нужен. Это ещё интересно тем, что выходная обмотка связи с малой индуктивностью на УКВ имеет большое затухание и не приводит к СВЧ-генерации во входной цепи транзистора. Поэтому такие

изделия можно применить на позициях T50, T60, L70, T90, L160 и не расходовать дорогие каркасные КВ КПИ.

На рис. 32 показаны КВ КПИ для диапазона 3...20 МГц с высокой добротностью, за исключением Q-3994 (гантель) все они — каркасного типа. Изделие Q-3994 обеспечивает тоже высокую добротность на КВ, однако ТКИ у него довольно большой, и поэтому для контуров канальной селективности изделие лучше не применять, в ЧМ-демоуляторе ему также не место. Сильная сторона этого изделия — отличная связь обмоток (КПД) для трансформаторов согласования из-за формы магнитопровода. Этот феррит похож на M200 и на УКВ внесёт заметное затухание. Этой КПИ место на позициях T50, T60, L70, T90, L160, а также L50.

Заводские КПИ из ПЧ-фильтров тракта ЧМ теоретически можно применить на всех позициях. Отсутствие замкнутого магнитопровода и экранировка снижают добротность до 50, и указанные в схеме параллельные резисторы подобраны для этих КПИ. При применении высокодобротных импортных КПИ сопротивление этих резисторов надо уменьшить. Элементы T90 и L50 выполнены на импортных малогабаритных КВ КПИ формата 7×7 мм, выбор сделан из-за высокой степени экранировки. Все импортные КВ КПИ имеют ферритовую чашку, с которой хорошо контактирует магнитопровод, поэтому они мало воспринимают внешние магнитные поля и сами излучают мало.

В ЧМ-демоуляторе можно использовать заводские КПИ (переделать) от приёмника "Океан", однако у них магнитопровод открыт и экран не подавляет НЧ-наводки, а обмотка имеет значительные габариты. Именно вторая КПИ в демоуляторе критична к НЧ-наводкам от сетевого трансформатора и её предпочтительно изготовить из импортной малогабаритной КПИ.

Изделие Q-3990 в низком корпусе появилось по той причине, что его не требуется переделывать ($L_{131} = 0,3 \text{ мкГн}$) и на УКВ оно имеет достаточное качество. Эту КПИ можно заменить другими высокими КПИ с более габаритными подстроечниками, в которых надо намотать пять витков в верхних трёх секциях (2+1+2). Изделие Q-3990 применяется ещё и в новых УКВ-блоках в эмиттерном согласовании УВЧ и ранее было приобретено в запас.

В табл. 3 приведена сводная информация для всех катушек индуктивности и ВЧ-трансформаторов.

5.5.1. Дроссели в эмиттерных цепях транзисторов

В отличие от аксиальных дросселей, дроссели на кольцевых магнитопроводах менее восприимчивы к внешним полям и также сами их практически не излучают. Несмотря на затратное изготовление, результат оправдан в критических местах их применения. Это важно в гетеродине при большой амплитуде вне резонансного контура и на входе УВЧ при его высокой чувствительности. Применение НЧ-феррита позволит получать большую индуктивность и высокую эффективность на ДВ и СВ, а малое число витков сведёт слабо выраженный собственный резонанс далеко в КВ-диапазон. В гетеродине (0,6...18 МГц) предпочтительно применить ферритовый магнитопровод M2000НМ, а в УВЧ (0,15...18 МГц) — МН6000НМ, так как дроссель в первую очередь нужен на ДВ и СВ. Для крепления колец можно использовать пластиковый крепеж (M2,5 или M3) или каркасы от КПИ размерами 7×7 мм. Каркас Q-4193 хорош тем, что имеет сквозную резьбу M3 через весь каркас. Индуктивность не критична, значения 150...250 мкГн будут достаточно, а если приём на ДВ не планируется, достаточно и индуктивности 40...100 мкГн. Для обмотки надо использовать 70...90 % периметра магнитопровода, чтобы повисить частоту собственного резонанса.

5.5.2. ВЧ-трансформатор смесителя

Этот трансформатор должен обеспечивать симметрию смесителя и эффективно работать в широком диапазоне частот. Идеально бы применить современные ферриты M2000НН или M1500НМС. Но, скорее всего, их сложно найти на общедоступных прилавках и проще сделать составной ферритовый магнитопровод из двух колец. Для полного охвата диапазона 0,15...18 МГц сработала комбинация из ферритов M6000НМ и M400НМ. Комбинация из M2000НН и M600НМ сработала полноценно в диапазоне 0,5...15 МГц и даст на частоте 150 кГц спад на 3 дБ, что исправимо увеличением числа витков за счёт применения более тонкого обмоточного провода (0,1 мм). Если в обмотке строго выдержать параллельность проводов, верхняя граничная частота по уровню -3 дБ составит 25(35) МГц для феррита M600(400)НН и провода диаметром 0,1...0,2 мм.

Используются ферритовые кольца диаметром 10(7) мм, обмотка выполняется как для ШПТЛ (широкополосный трансформатор

на длинных линиях) с импедансом 100...120 Ом — два провода диаметром 0,15...0,2(0,1...0,15) мм вплотную друг к другу без скрутки. Для работы на ДВ требуется индуктивность одной обмотки примерно 250...300 мкГн, без ДВ достаточно набрать 150...200 мкГн и выиграть качество на высоких частотах. На частотах до 5 МГц этот трансформатор работает за счёт магнитопровода, выше проявится работа ШПТЛ, влияние магнитопровода постепенно ослабевает, и он работает в качестве экрана. Поэтому важно нанести обмотку равным шагом по 75...80 % периметра, а не многослойно в одной куче. Нужен заметный промежуток между витками и по внутреннему периметру магнитопровода. Кольца сначала надо склеить, потом отшлифовать острые грани. Пример исполнения и монтажа с помощью пластикового крепежа М4 показан на рис. 33 и рис. 34.

ции проводов трансформатор теряет работоспособность.

Этот трансформатор позволит в выходном УВЧ-контуре применить обмотку связи без среднего отвода (заземления), что существенно облегчит доработку планок переключателя диапазонов. Средний общий вывод трансформатора нужно выполнить плотно скрученными проводами непосредственно от магнитопровода, можно пропаять эту скрутку почти до феррита. Отдельные провода концов обмотки должны уходить от магнитопровода примерно в той же позиции, как и общий вывод, чтобы асимметрия была ближе к -40 дБ, а разница индуктивностей в плечах была менее 1 мкГн. Это качество существенно препятствует возникновению ложных сигналов на ПЧ.

5.5.3. Катушка индуктивности L20

Проблемы с покупкой L20 (индуктивность — 68...120 мГн) можно решить доступным дросселем номиналом более 2,2 мГн из серии SL-1016 или аналогичных изделий диаметром 10...12 мм и магнитопроводом типа "гантель" из феррита. аналогичного M1000NH или M600NH с высокой добротностью на частоте 10 кГц. На кольце в свободном порядке проводом диаметром 0,1 мм надо намотать обмотку, занимающую почти весь объём каркаса (до 90 %). Получается дроссель индуктивностью 80...120 мГн добротностью 10...15 на частоте 10 кГц. Использование "мягких" ферритов марок xxxxxNH не обеспечит требуемой добротности, чтобы подавить свист без подавления полезного НЧ-спектра. Такие негодные ферриты выдают себя легко заметной электропроводностью.

5.6. Требования к конденсаторам

Все контурные конденсаторы должны быть из керамики NP0, это относится и к конденсаторам согласования и связи фильтров на частоту 465 кГц, имеющим номинал в интервале 1...22 нФ. При продаже их ёмкость может быть указана в пикофарадах, поэтому в перечне их можно найти не сразу. В большинстве случаев в LC-фильтрах подошли бы отечественные конденсаторы с

честные конденсаторы с TKE M47, но их в исполнении SMD найти совсем сложно. Конденсаторы из керамики X7R (H90 и прочие) имеют выраженную зависимость диэлектрической проницаемости от приложенного напряжения (меняется ёмкость), в том числе и сигнального. Из-за эффекта возникает заметная интермодуляция, не менее чем от плохо работающего транзистора, а низкая добротность таких конденсаторов портила бы АЧХ сигнальных фильтров, поэтому такие конденсаторы надо применять только как блокировочные. Посадочные места на печатной плате сделаны для конденсаторов типоразмеров 1206 и 0805.

Оксидные конденсаторы лучше использовать с номинальным напряжением 16...35 В, так как у них ESR меньше, чем у низковольтных. Конденсатор C22 должен быть из керамики NP0 во избежание искажений от большой амплитуды низкочастотного НЧ-спектра. Допускается применение оксидного конденсатора (танталовый типоразмера 1206 или А) ёмкостью 0,1...0,22 мкФ. Установить его следует минусовым выводом к транзистору VT20.

5.7. Заключение

Сводная таблица применённых элементов BOM (bill of material) для нового УВЧ-УПЧ, как и справочная информация, выложены на сайте редакции. В следующих разделах будет приведено описание монтажа и налаживания.

ЛИТЕРАТУРА

10. Лохни Х. Электронные компоненты для доработки и обновления полупроводниковых радиоприёмников выпуска 1970—1990 гг. Часть 1. — Радио, 2024, № 11, с. 9—18.
11. Лохни Х. Электронные компоненты для доработки и обновления полупроводниковых радиоприёмников выпуска 1970—1990 гг. Часть 2. — Радио, 2024, № 12, с. 9—24.
12. Лохни Х. Электронные компоненты для доработки и обновления полупроводниковых радиоприёмников выпуска 1970—1990 гг. Часть 3. Высоочастотные диоды. — Радио, 2025, № 1, с. 10—25.

От редакции. Упомянутая сводная таблица и дополнительные справочные материалы находятся по адресу <http://ftp.radio.ru/pub/2025/10/trakt-3.zip> на нашем FTP-сервере.

(Продолжение следует)

Рис. 33

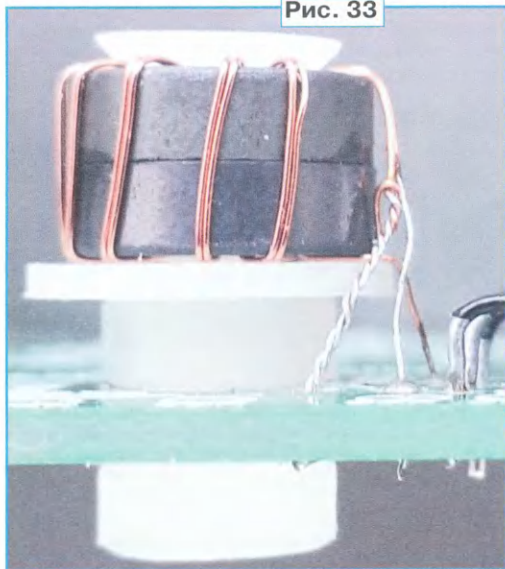
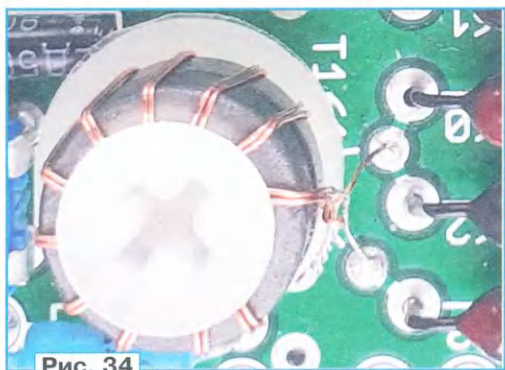


Рис. 34



Нижнее кольцо из феррита M2000NH было покрыто лаком, так как этот феррит токопроводящий и при нарушении изоля-

ции проводов трансформатор теряет работоспособность.

Вольтметр действующего и средневыпрямленного значений напряжения в звуковом диапазоне частот с цветным дисплеем и батарейным питанием

А. КУЗЬМИНОВ, г. Москва

Вольтметр и усилитель собраны на платах из фольгированного с двух сторон стеклотекстолита толщиной 1,5 мм. Чертеж платы вольтметра показан на **рис. 8**, а размещение элементов в масштабе 2:1 — на **рис. 9**. Разъём XP6 размещён с одной стороны платы, все остальные детали — с другой. Применены элементы для поверхностного монтажа, постоянные резисторы и конденсаторы, за исключением C1, C16, C18, C20 и C21, типоразмера 0603. Резисторы входного делителя R1—R5, резисторы делителя R9, R10 и резисторы R16, R17, задающие коэффициент усиления ОУ DA3.2, должны быть с допуском 0,1 %. Резисторы в цепях входного сигнала R8, R12, R14 и резисторы R19—R21 должны иметь допуск 1 %. Выводы всех разъёмов и выводных элементов пропаивают с двух сторон платы.

Кроме того, в отверстия контактных площадок, отмеченных чёрными точками, необходимо вставить тонкий лужёный медный провод и пропаять его с двух сторон платы. Это позволяет не использовать металлизацию переходных отверстий, которая в домашних условиях весьма проблематична, а потому непри-

емлем. Плата не имеет крепёжных отверстий, поскольку держится на жёстких контактах дисплея, который укреплен на внутренней поверхности корпуса прибора. Для этого к плате дисплея тонкой лентой с двусторонним липким слоем приклеены пластиковые полоски (белого цвета) на **рис. 12**, **рис. 13**. К этим полос-

кам приклеена такая же лента, с помощью которой дисплей приклеен к внутренней поверхности лицевой стенки корпуса прибора, в которой прорезано окно по размерам видимой части дисплея.

Все узлы прибора расположены в корпусе размерами 92×59×31 мм (**рис. 14—рис. 16**). Входной разъём RCA укреплен гайкой в отверстии на боковой стенке корпуса. Выключатель питания также укреплен гайкой в отверстии на лицевой стенке корпуса. Кнопка вставлена с натягом в прямоугольное окно, прорезанное на лицевой стенке корпуса. Переключатель пределов впаян в специально разведённую плату, к которой винтами-саморезами привинчены две пластиковые втулки, приклеенные к внутренней поверхности корпуса. Для движения переключателя на лицевой стенке корпуса прорезано небольшое прямоугольное окно по размеру движка с учётом его переключения в три положения. На движок переключателя надета тонкая гибкая пластина из пластика чёрного цвета (**рис. 16**), поставляемая с переключателем. Она двигается вместе с движком переключателя и закрывает вырез на лицевой поверхности корпуса. Дисплей дополнительно приклеен к внутренней боковой поверхности корпуса

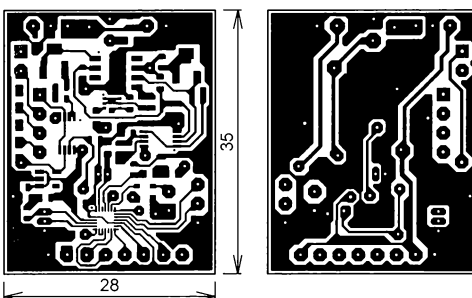


Рис. 8

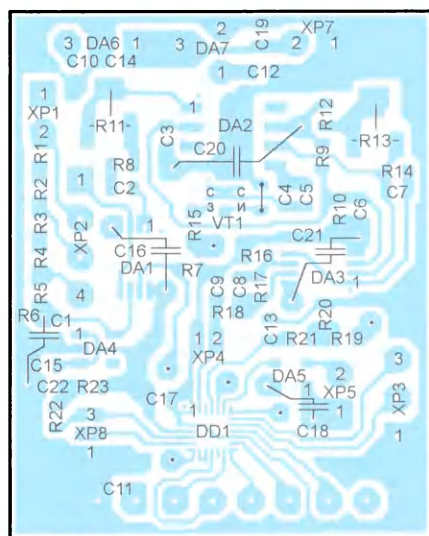
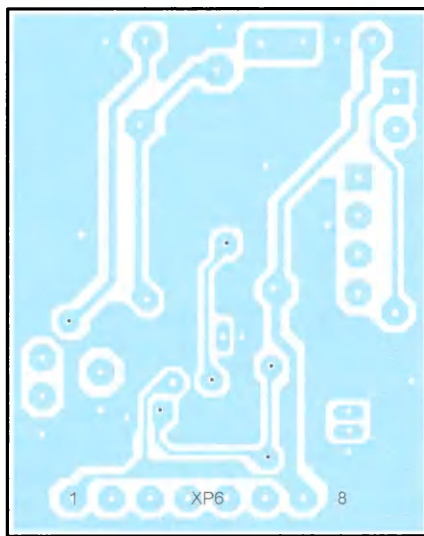


Рис. 9



емлема. Собранная плата показана на **рис. 10**, **рис. 11**.

Продолжение.
Начало см. в "Радио", 2025, № 9

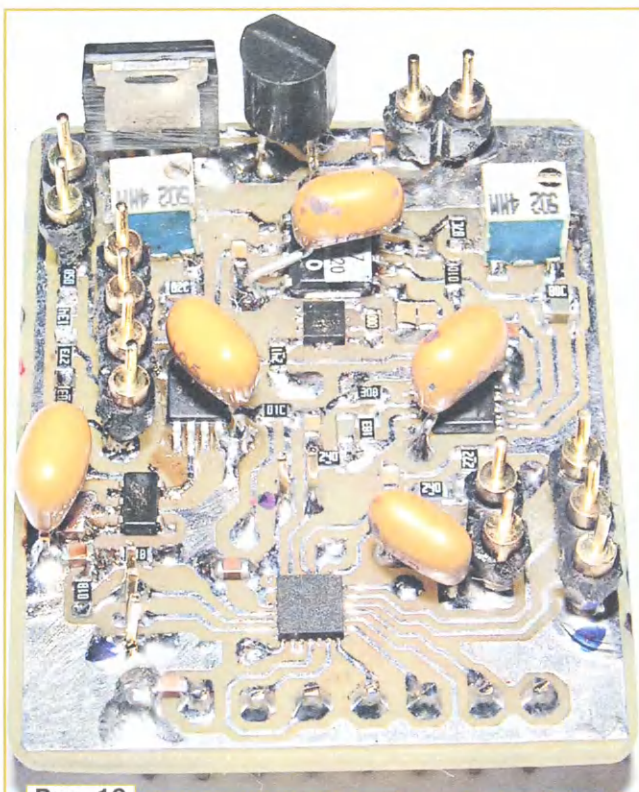


Рис. 10

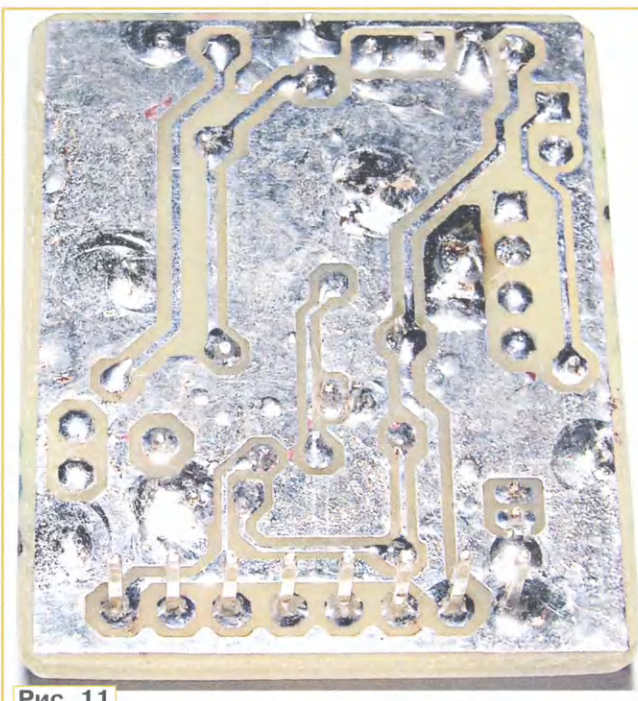


Рис. 11

ется батарея (рис. 14). На крышке корпуса, являющейся

свет от светодиода красного цвета. После окончания зарядки цвет становится зелёным. Для быстрой зарядки желательно исполь-

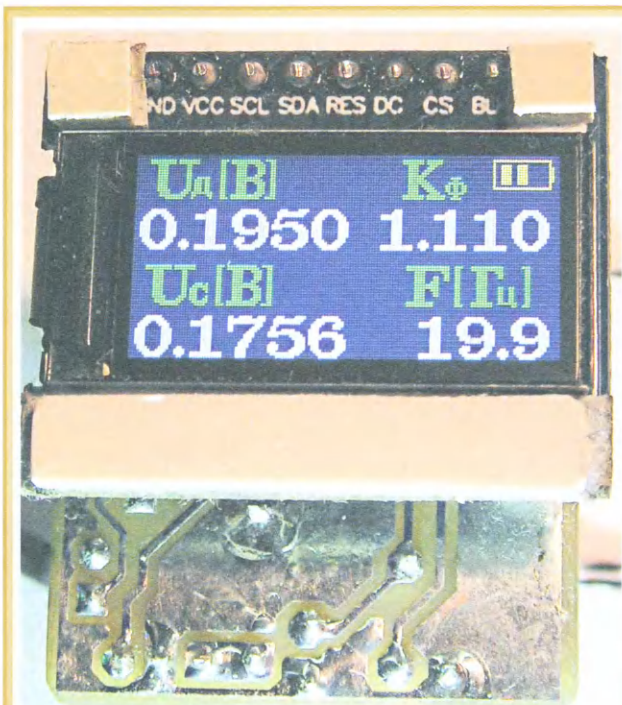


Рис. 12

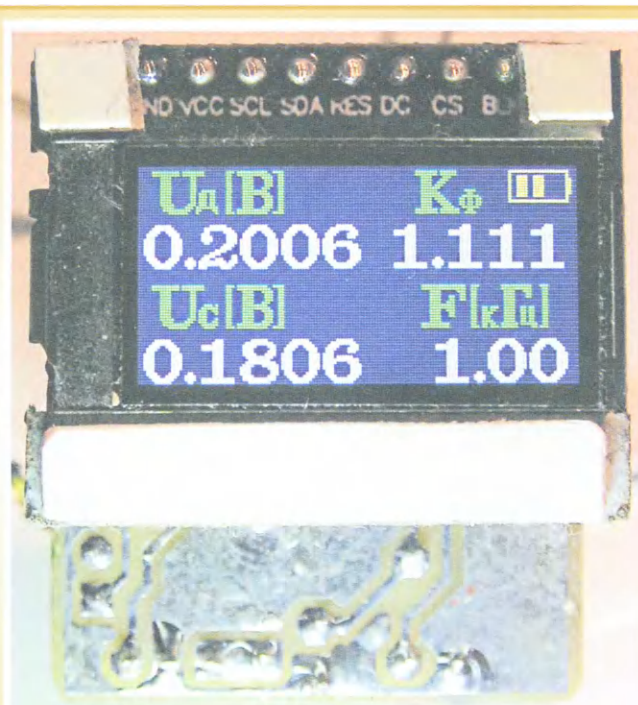


Рис. 13

термоклеем. Для установки аккумуляторной батареи к внутренней поверхности корпуса приклеена L-образная пластиковая пластина, между которой и боковой стенкой корпуса располага-

дном (рис. 15), прорезано овальное окно для подключения разъёма USB к аккумуляторной батарее для её зарядки. В процессе зарядки в районе разъёма USB батареи можно заметить

зоват IP для зарядки телефона с током 1 А, иначе зарядка может продолжаться несколько часов. Для того, чтобы корпус прибора не скользил, на его дно приклеены четыре резиновые ножки.



Рис. 14



Рис. 15

Чертеж платы усилителя показан на **рис. 17**, а размещение элементов в масштабе 2:1 — на **рис. 18**. Применены элементы для поверхностного монтажа, резистор R4 и конденсаторы C3, C4 — типоразмера 0805, остальные резисторы и конденсаторы — типоразмера 0603. Микросхема DA1 и разъёмы размещены на одной стороне платы, элементы для поверхностного монтажа — на другой. Собранная плата показана на **рис. 19**, **рис. 20**. Резистор R4 сопротивлением 1 Ом (рис. 4) составлен из двух сопротивлений 2 Ом, припаянных один над другим. Эти два резистора (с надписью 2R0) можно заметить на об-

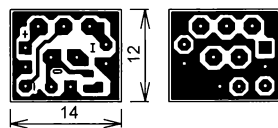


Рис. 17

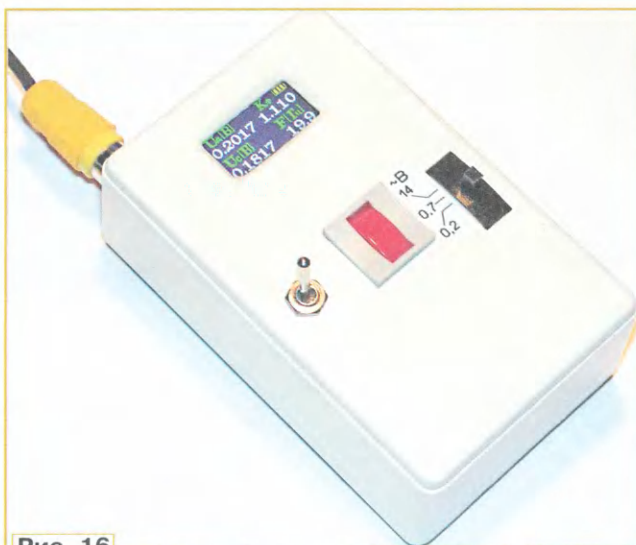


Рис. 16

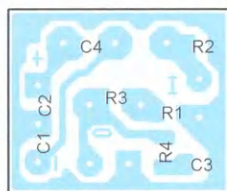
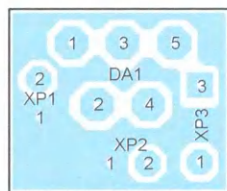


Рис. 18



щем виде платы со стороны элементов для поверхностного монтажа (рис. 19). Все выводы разъёмов и микросхемы LM675T пропаивают с двух сторон платы. Плата не имеет крепёжных отверстий, поскольку держится на жёстких выводах микросхемы.

Плата усилителя размещена в алюминиевом корпусе размерами 50×50×32 мм (**рис. 21**, **рис. 22**). На задней стенке усилителя закреплён теплоотвод размерами 50×43×20 мм с восемью рёбрами. На внутренней поверхности корпуса закреплена медная пластина, а над ней — керамическая изоляционная теплопроводящая прокладка. К этой прокладке винтом M3 с помощью изоляционной втулки через отверстия в корпусе и медной пластине к теплоотводу привинчен корпус микросхемы LM675T. Медная пластина и сам корпус привинчены к теплоотводу винтами M3. Для лучшей



Рис. 19



Рис. 20



Рис. 21



Рис. 22

теплопередачи поверхности теплоотвода, корпуса, медной пластины, керамической прокладки и корпуса микросхемы, контактирующие между собой, должны быть промазаны теплопроводной пастой, например, КПТ-8. Во избежание касания поверхности платы, где расположены элементы, металлического корпуса усилителя в районе платы к поверхности корпуса тонкой лентой с двусторонним липким слоем приклеена тонкая (0,5 мм) изоляционная пластина из стеклотекстолита. Провода питания и входного разъёма пропущены через резиновую втулку, укрепленную в вырезе на боковой поверхности корпуса, и дополнительно за-

креплены между собой термоусаживаемой трубкой. Провод с выходным разъёмом также пропущен через резиновую втулку, укрепленную в вырезе на боковой поверхности корпуса. После того как привинчена крышка корпуса, эти втулки зажимаются между корпусом и крышкой и поэтому жёстко зафиксированы. Светодиоды с припаянными токоограничивающими резисторами, изолированными термоусаживаемой трубкой, с натягом вставлены в просверленные отверстия диаметром 3 мм в верхней части корпуса. Для того чтобы корпус не скользил, к его нижней части приклеены две резиновые ножки (рис. 21).

Хотя усилитель работает практически без нагрузки — его нагрузкой служит делитель напряжения R1—R5 (рис. 1) сопротивлением 200 кОм и RC-цепь R4C3 (рис. 4), как уже было отмечено выше, потребление тока на частоте 20 кГц при амплитуде выходного сигнала 20 В не менее 0,8 А. В связи с этим усилитель прилично нагревается: после часа работы в таком режиме работы корпус усилителя и теплоотвод нагреваются, по ощущению автора, приблизительно до 40 °С. Поэтому и применён алюминиевый корпус, оснащённый дополнительным теплоотводом. Вместо микросхемы LM675T можно, конечно, применить более дешёвый ОУ LM1875T. Он по параметрам близок к LM675T, однако автор не рекомендует его применять по следующим двум причинам. Во-первых, типовое потребление тока без нагрузки и без входного сигнала для LM675T — около 18 мА, против 70 мА у LM1875T (см. их справочные

листки — datasheet), поэтому LM1875T будет нагреваться ещё больше. Во-вторых, LM1875T намного более известен, чем LM675T, поэтому сейчас продаётся масса подделок LM1875T с существенно более худшими параметрами, чем у оригинала, а то и вовсе не работающих. В Интернете, например, можно найти много фотографий сравнения оригинальных и поддельных LM1875T с удалённой пластиковой частью корпуса, когда видно сам обнажённый кристалл, который у поддельных в четыре раза меньше по площади, чем у оригинальных.

(Окончание следует)

Доработка ретрочасов на микросхемах серии K155

С. РЫЧИХИН, г. Первоуральск Свердловской обл.

Как-то от моих дальних родственников мне досталось в наследство одно электронное

устройство. При ближайшем рассмотрении я узнал самодельные электронные часы, которые

я видел ещё мальчишкой в гостях в далёком 1982 г. Светящиеся цифры и рассказ о том, что часы

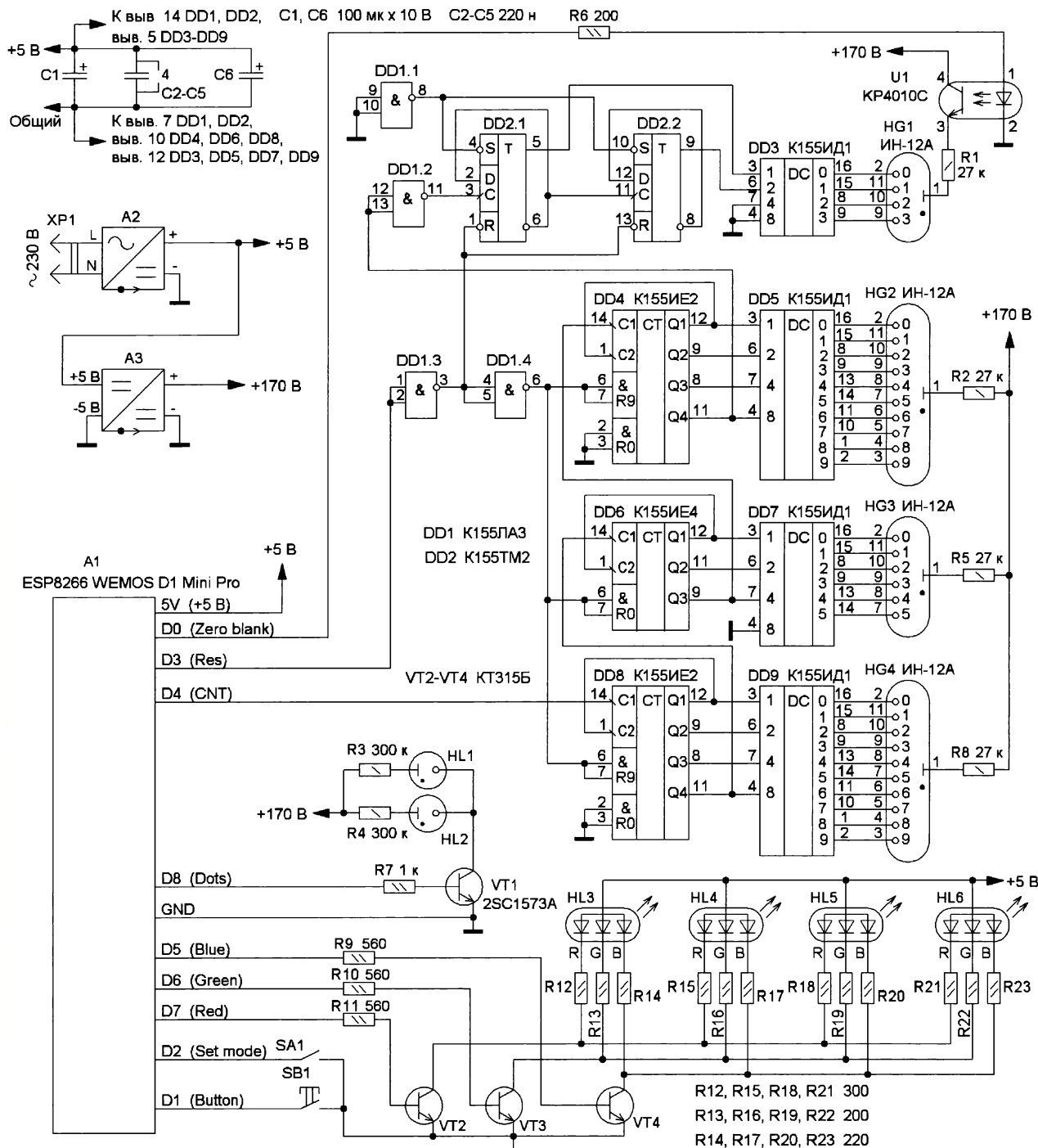


Рис. 1

имеют небывалую точность, произвели на меня тогда неизгладимое впечатление. Поэтому они не были выброшены, а из любопытства взяты на исследование и восстановление.

Корпус часов пришёл в негодность и развалился. При детальной диагностике оказалось, что отсутствует трансформаторный блок питания, но имеются три платы: стабилизатора напряжения, задающего генератора и счёта-индикации. Часы выполнены на базе микросхем серии 155 и четырёх газоразрядных индикаторов (ГРИ) серии ИН-12. После проверки, очистки от коррозии и устранения видимых поломок было произведено пробное включение с применением отдельных источников питания напряжением 5 В и 180 В. Плата счёта-индикации и лампы ГРИ «ожили». Плата задающего генератора оказалась делителем частоты питающей сети! Видимо, кварцевые резонаторы с требуемой частотой тогда были в дефиците. При подаче сигнала с частотой 50 Гц на вход делителя часы заработали. Точность частоты питающей электросети $50 \pm 0,2$ Гц, что при делении может дать погрешность хода часов до 5 мин в сутки.

Казалось бы, что для восстановления надо сделать корпус, приобрести и установить понижающий трансформатор, и пусть дальше ретрочасы работают, но захотелось большего. Тем более что эти часы можно сделать реально точными! Для достижения такого результата было решено отказаться от делителя частоты, заменив его модулем на базе микроконтроллера (МК) ESP8266. Этот модуль имеет в своём составе на борту USB-порт и антенну Wi-Fi, которая даёт техническую возможность получать точное время из Интернета через беспроводную сеть.

Цель доработки — сделать автономные ретрочасы, в которых осуществляется синхронизация времени с сервером точного времени. Такие часы не нужно подстраивать, и им не понадобится резервный источник питания для сохранения хода часов при пропадании питающего напряжения. Необходимо только иметь действующую домашнюю сеть Wi-Fi с выходом в Интернет. Дополнительно, при нажатии на единственную кнопку, на индикаторе появится текущая дата, а при отпускании — год. Кроме того, реализовано управление подсветкой индика-

торов трёхцветными RGB-светодиодами. Выбор цвета осуществляется с помощью этой же кнопки.

В исходную схему часов понадобится внести некоторые изменения, нужно будет удалить задающий генератор и делители частоты вплоть до минут, исключить узлы коррекции времени и объединить входы сброса у счётчиков минут и часов, отключив их от общего провода. В итоге потребуется счётчик с общим коэффициентом деления 2400. Максимальное возможное отображаемое число на индикаторе — 39:59, необходимое для отображения даты 31:12 (31 декабря) и времени 23:59.

Схема часов представлена на **рис. 1**. Она состоит из делителей на шесть и десять (DD6 и DD8) для минут, делителя на десять (DD4) и четыре (DD2) —

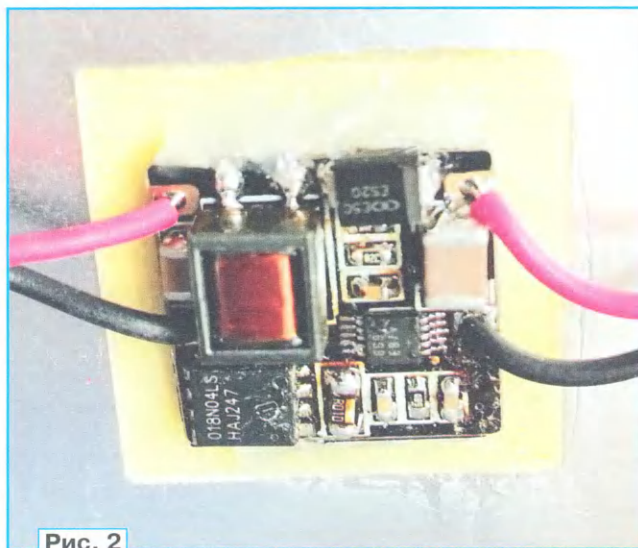


Рис. 2

для часов. К их выходам подключены дешифраторы DD3, DD5, DD7, DD9, управляющие ГРИ HG1—HG4 в статическом режиме. Дополнительные элементы для корректировки часов, бывшие в исходной схеме, исключены. Элемент DD1.2 служит для согласования работы триггера DD2.1 и остальных микросхем. Элемент DD1.1 формирует постоянный лог. 1 для входов S триггеров DD2.1 и DD2.2. Элемент DD1.3 формирует сигнал сброса для этих триггеров, элемент DD1.4 служит разветвителем сигнала сброса и установки для счётчиков DD4, DD6, DD8. Для упрощения разводки печатной платы вместо входов сброса счётчиков DD4 и DD8 (выводы 2 и 3) сигнал Res подаётся на входы установки в состояние 9 (выводы 6 и 7).

Управляет всем устройством модуль A1 с МК, дополнительными элементами и антенной на печатной плате. Для управления

платой счёта-индикации используются всего два сигнала — счётный CNT (вывод D4 A1) и сброса Res (вывод D3 A1), на увеличение (инкремент) показаний табло и сброса-установки счётчиков в состояние 0909 соответственно.

Так как напряжение питания МК модуля A1 3,3 В, а напряжение лог. 1 для ТТЛ-микросхем находится в интервале 2,4...3,5 В, для согласования логических уровней не потребовалось никаких дополнительных устройств.

Модуль A1 формирует минутные импульсы, которые с выхода CNT поступают на счётный вход C1 (вывод 14) счётчика DD8. Эти же импульсы увеличивают внутреннюю переменную в МК, значение которой должно соответствовать показаниям индикаторов. При превышении в полночь на табло максимального значения 23:59 модуль A1 формирует серию импульсов с частотой 500 кГц, устанавливая тем самым нулевые показания 0:00 на табло. При совпадении значения переменной с числом 549, соответствующим показанию 0909 на индикаторе, на линии Res будет сформирован уровень лог. 1. Так достигается синхронизация внутренней переменной и показаний индикаторов.

После подачи питания модуль A1 запрашивает точное время по Wi-Fi и выдаёт на счётчики соответствующее ему число импульсов по линии CNT, устанавливая на табло точное время. Часы в модуле A1 реализованы программным способом с использованием имеющегося кварцевого генератора. Раз в сутки с момента включения модуль A1 производит синхронизацию своих часов с сервером точного времени.

На выводе D8 A1 формируется сигнал, управляющий с помощью высоковольтного транзистора VT1 неоновыми индикаторными лампами HL1 и HL2, которые образуют на табло двоеточие. При удачно выполненной синхронизации эти лампы мигают с частотой 0,5 Гц. Если очередной синхронизации времени не произошло, они светят непрерывно. При этом модуль A1 каждые 30 с повторяет попытки синхронизации.

Вывод D0 модуля A1 управляет свечением старшего разряда десятичных часов. С помощью оптрона U1 при нулевом значении старшего разряда часов в режиме индикации времени выключается индикатор HG1.

Кроме функции часов, дополнительно введена функция ка-

лендаря. При нажатии на кнопку SB1 на табло выводится текущее число и месяц. При её отпущении в течение 2 с отображается год. Двоеточие при отображении даты светит непрерывно, а при отображении года погашено.

Также часы дополнены подсветкой индикаторов HG1—HG4

с помощью трёхцветных светодиодов HL3—HL6. Модуль A1 управляет светодиодами через транзисторы VT2—VT4. При первом запуске они не включены и подсветка отсутствует. При нажатии на кнопку SB1 и её удержании более 5 с будут включаться поочерёдно красная, зелёная

и синяя подсветки в разных сочетаниях семи цветов по кругу при каждом нажатии на эту кнопку. При выборе понравившегося цвета необходимо отпустить кнопку SB1. При этом останется выбранный цвет подсветки, который и будет сохранён в энергонезависимой памяти МК моду-

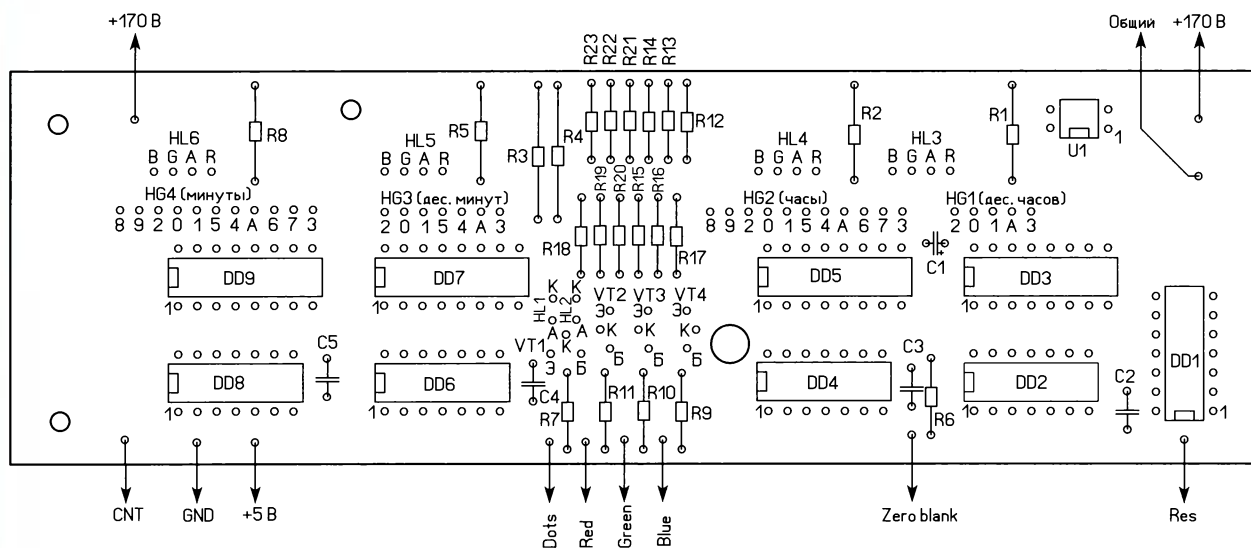
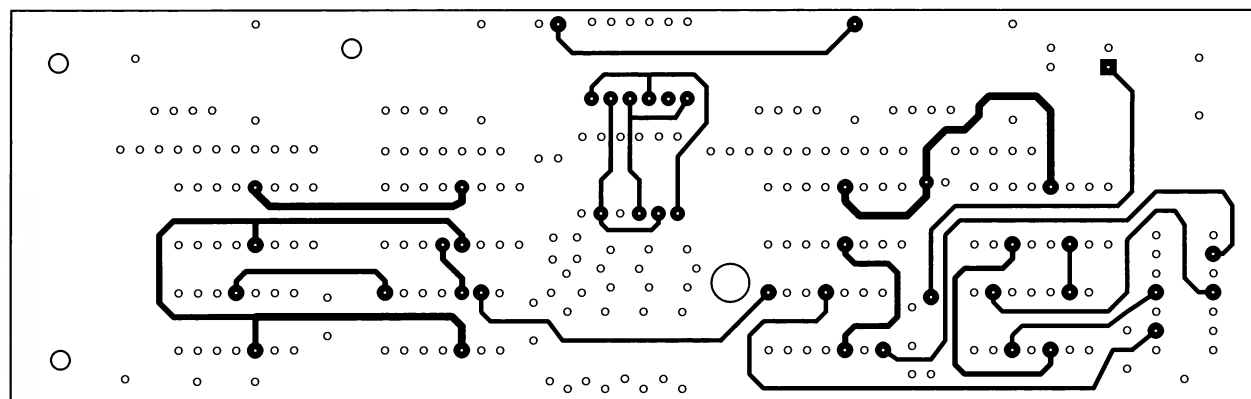
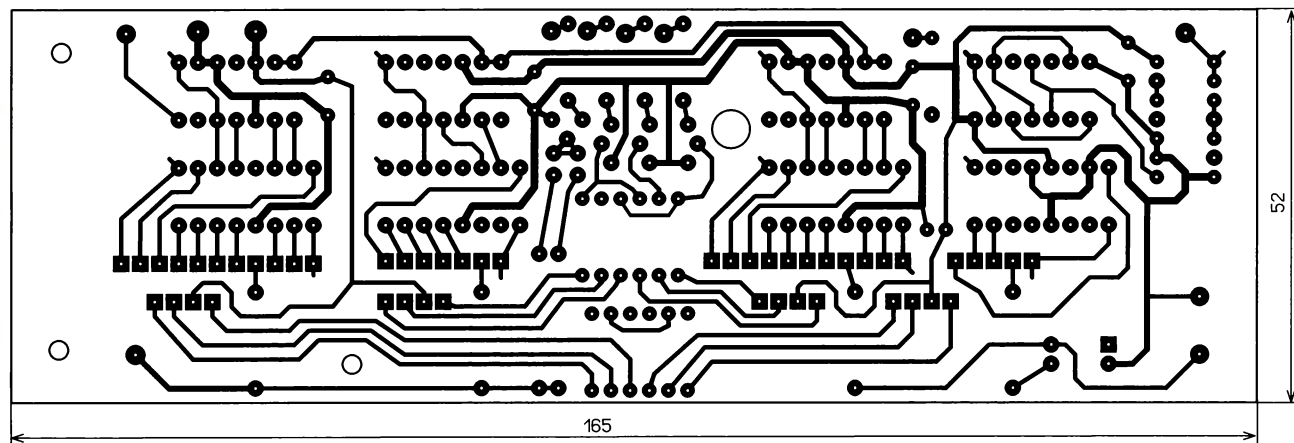


Рис. 3

ля А1. Через 5 с часы перейдут в обычный режим работы.

Питаются часы от готового импульсного стабилизированного источника питания ХРЈ-01В с выходным напряжением 5 В при токе нагрузки до 2 А, его размеры — 65×32 мм.

Для питания индикаторов HL1—HL2 и HG1—HG4 использован повышающий преобразователь напряжения 5/170 NCH8200HV размерами 15×15 мм. При питании напряжением 5 В он способен отдать в нагрузку до 30 мА. Модуль приклеен термоклеем к пластине из стеклотекстолита толщиной 0,5 мм, которая в свою очередь приклеена к алюминиевому экрану (рис. 2).

Для часов использован готовый пластмассовый корпус для РЭА 15-6 размерами 170×130×55 мм. "Родная" плата со счётчиками минут, часов и дешифраторами не входила в новый более компактный корпус, поэтому пришлось перенести все элементы на новую плату, чертёж которой и схема размещения на

ней элементов показаны на рис. 3. Для её изготовления использован двусторонний фольгированный стеклотекстолит толщиной 1,5 мм.

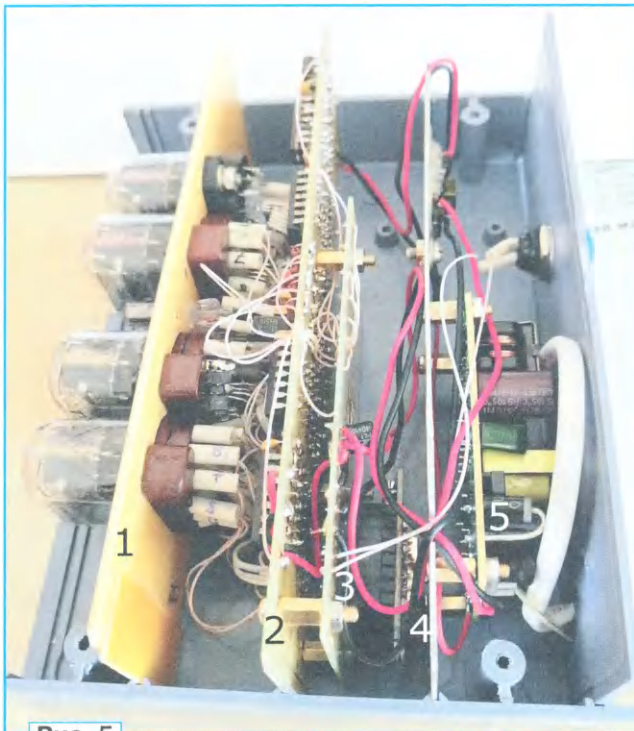


Рис. 5

Модуль А1 установлен на плате из одностороннего фольгированного стеклотекстолита толщиной 1,5 мм (рис. 4). ГРИ HG1—HG4 вставлены в панели ПЛЗ1а-п, размещённые на монтажной плате (чертёж выложен на сайте редакции), там же находятся индикаторы HL1 и HL2, отображающие точки. Они вставлены в отверстия платы и зафиксированы термоклеем. Светодиоды HL3—HL6 вставлены в центральные отверстия панелей ГРИ HG1—HG4 и также зафиксированы термоклеем.

Платы устанавливают в имеющиеся пазы корпуса поочерёдно, как показано на рис. 5. Сначала установлено прозрачное оргстекло размерами 164×51 мм толщиной 1...1,5 мм, затем располагается плата 1 с индикаторами. После неё — плата счёта-индикации 2 с платой модуля А1 3, закреплённой на шестигранных латунных стойках М3, высотой 8 мм. Далее установлен экран 4 из алюминия толщиной 1 мм, который соединён с общим про-

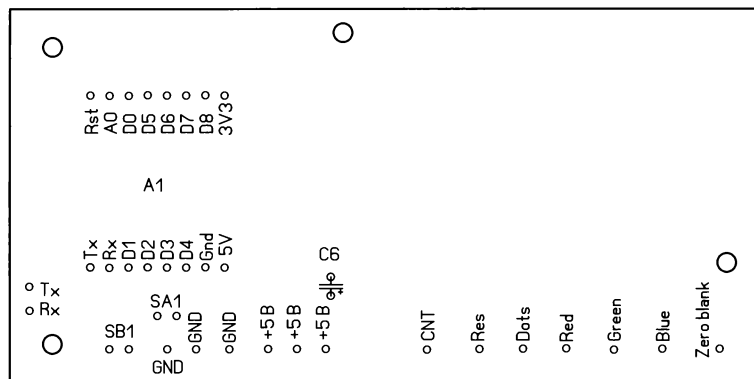
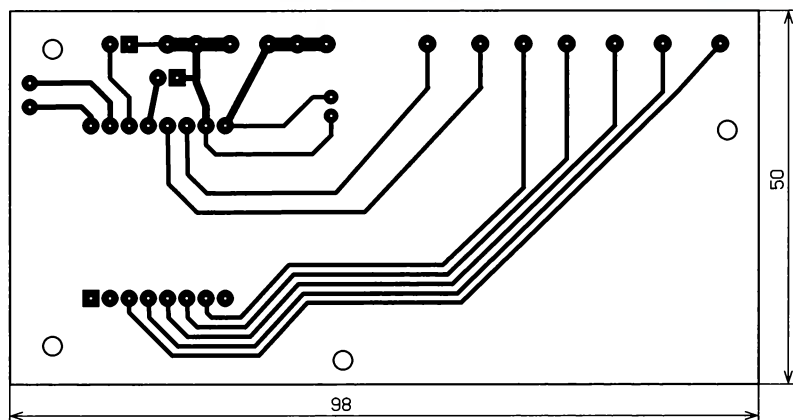


Рис. 4

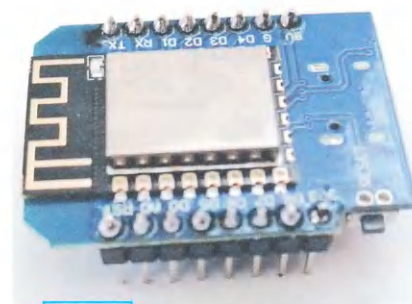


Рис. 6

водом. На экране закреплена плата блока питания 5 с помощью таких же стоек и плата повышающего преобразователя питания индикаторов. Для линии питания 5 В надо использовать изолированный провод сечением не менее 0,5 мм², остальные соединения выполнены гибким изолированным проводом МГТФ-0,07.

На модуль А1 (рис. 6) припаивают два штыревых разъёма DS1021-1X8SF11-B, на плату — два гнездовых разъёма KLS1-208-1-08-S. Все микросхемы — серии K155 или их зарубежные аналоги, кроме дешифраторов K155ИД1. Транзистор VT1 — 2SC1573A можно заменить любым маломощным структуры п-р-п с допустимым напряжением коллектор—эмиттер не менее 200 В. Транзисторы VT2—VT4

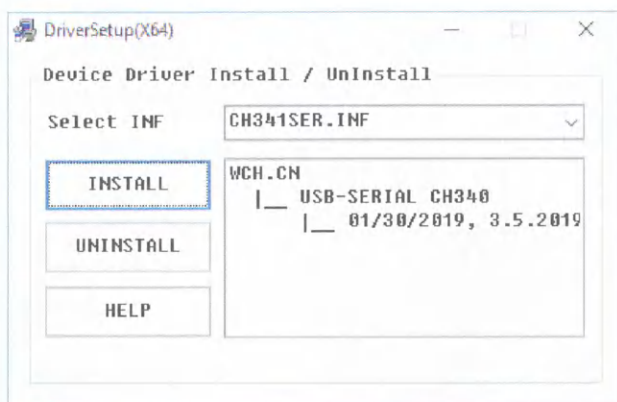


Рис. 7

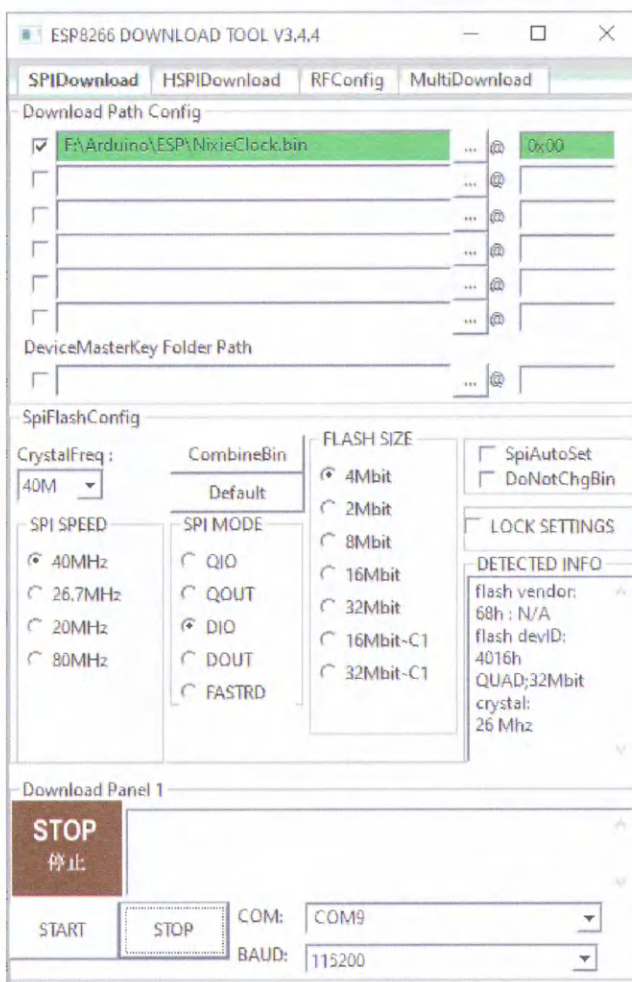


Рис. 9

могут быть KT315Б, KT315Г, KT315Н, KT315Р или аналогичные. Неоновые лампы HL1, HL2 — ИНС-1, при их подключении нужно соблюдать полярность. Трёхцветные светодиоды — в круглом матовом корпусе диаметром 5 мм. Выключатель SA1 — MTS-1, вместо него можно установить перемычку (джампер). Этот выключатель нужен только на время

налаживания подключения часов к сети Wi-Fi. Переключатель SA1 и кнопка SB1 (любая подходящая по конструкции) установлены на задней стенке корпуса.

После окончания монтажа нужно загрузить тестовую программу **test Nixie-clock.bin** в МК модуля A1 до его установки в разъем на плате. Перед программированием потребуется установка на компьютер драйвера для микросхемы серии CH340, которая находится на плате модуля A1 и преобразует сигналы USB в UART. Через неё осуществляется связь модуля с компьютером. Для установки драйвера необходимо скачать файл по ссылке "Драйвер для CH340" из Интернета, его запускают и нажимают на кнопку **INSTALL (рис. 7)**. Далее скачивают программу **ESPFlash DownloadTool**, с помощью которой загрузят заранее подготовленный файл-прошивку через USB-порт в МК модуля A1.

Загрузку в МК проводят в следующей последовательности:

- подключают USB-кабелем модуль A1 к компьютеру;
- запускают файл **ESPFlash**

DownloadTool_v3.4.4.exe;

- после запуска и появления окна (рис. 8) нажимают на кнопку ESP8266 DownloadTool;

- после этого появляется основное окно программы (рис. 9, вкладка SPIDownload);

- в верхней строчке окна Download Path Config нажимают на кнопку с многоточием и указывают путь к загружаемому файлу

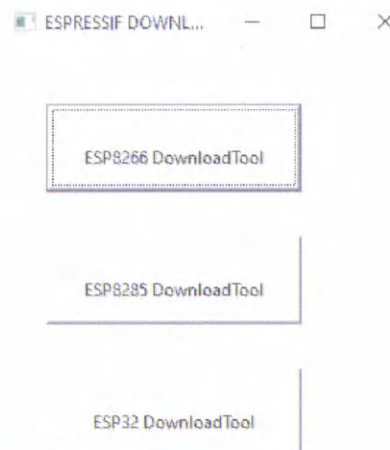


Рис. 8

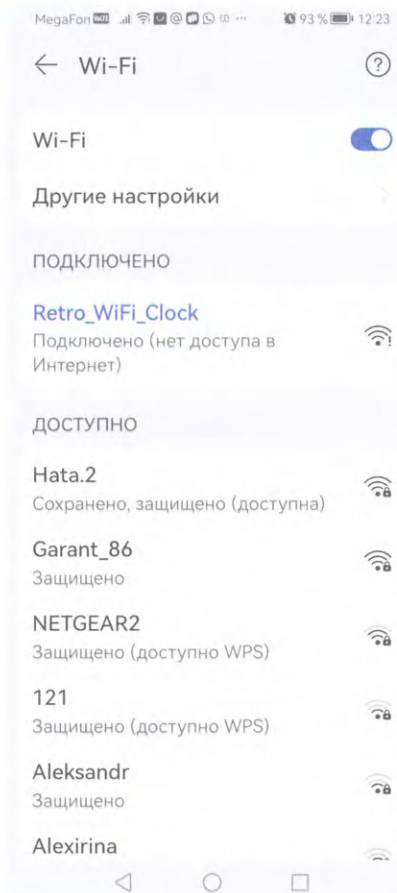


Рис. 10

testNixieClock.bin. Правее в окне вводят 0x00 и ставят галочку;

- расставляют указатели, как показано на рис. 9;
- внизу на вкладке COM выбирают порт, к которому подключён модуль A1;
- нажимают на кнопку **START** и ждут окончания загрузки файла. Обычно это занимает 1...1,5 мин. Надпись **Finish** сообщает об удачной загрузке.

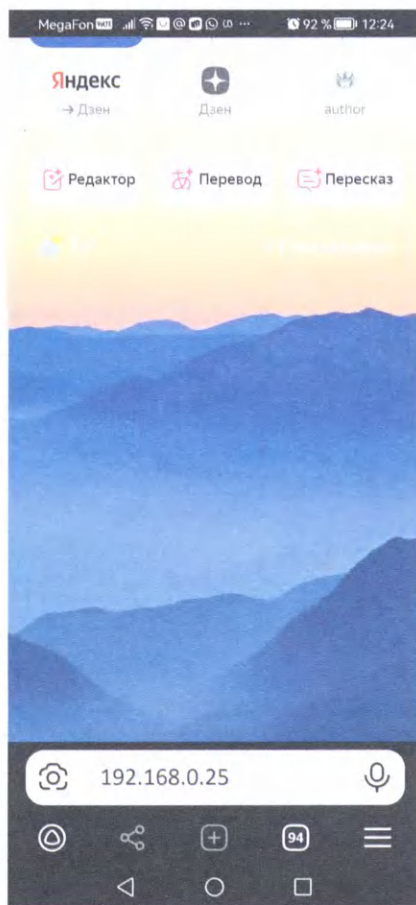


Рис. 11

Модуль A1 с загруженной программой отключают от компьютера, устанавливают в разъём на печатной плате и подают питание на часы. Запускается тестовая программа проверки индикатора. Последовательно выводятся цифры 0000, 1111, 2222, 3333, 4444, 3555, 3656, 3757, 3858, 3959. Наблюдая за сменой цифр на табло, оценивают правильность работы устройства. Показания на табло должны соответствовать указанной последовательности, если все индикаторы и микросхемы исправны, а монтаж выполнен без ошибок. При замыкании выключателя SA1 начинают мигать неоновые лампы HL1 и HL2.

При нажатии на кнопку SB1 гаснет старший разряд, так проверяется работа оптрона, а также включается подсветка. Последовательно нажимая на кнопку, проверяют работу всех семи цветов светодиодов подсветки.

После того, как убедились в правильности работы аппаратной части часов, нужно загрузить рабочую программу в МК модуля A1. Для этого нужно удалить модуль A1 из разъёма и подключить его к компьютеру. Следует повторить описанные выше операции для загрузки

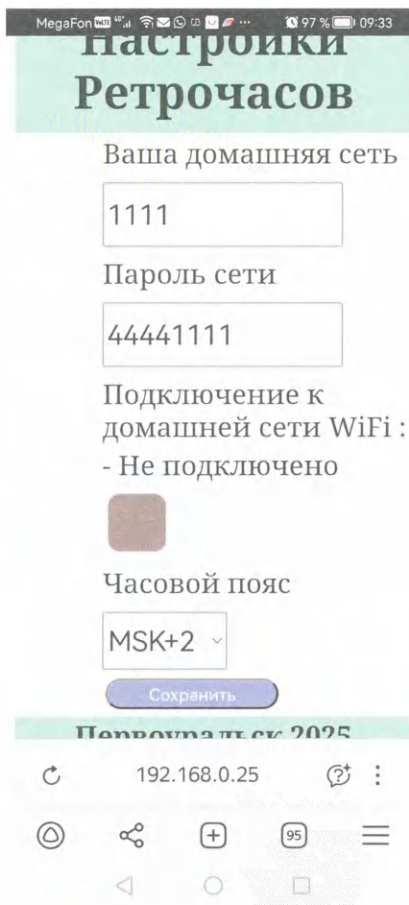


Рис. 12

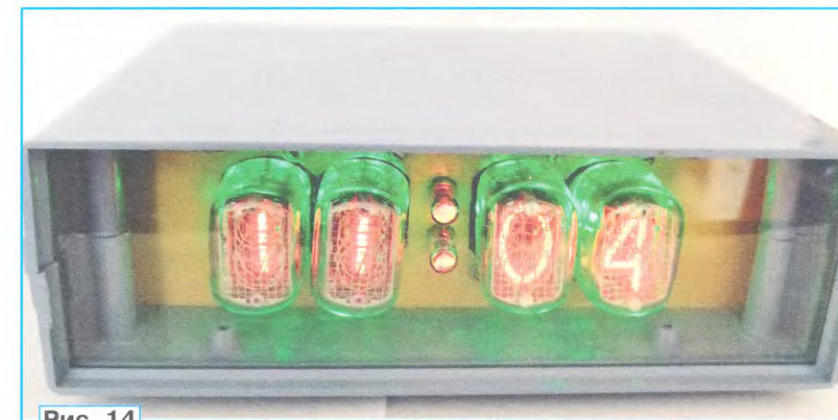


Рис. 14

файла рабочей программой **retroWifiClock.bin**.

По окончании загрузки модуль A1 снова устанавливается в часы. Для налаживания замыкают выключатель SA1 (или устанавливают перемычку) и подают питание.

Далее устанавливают подключение часов к домашней сети Wi-Fi, для чего лучше всего воспользоваться смартфоном. Для этого:

— в настройках смартфона выбирают подключение к Wi-Fi.

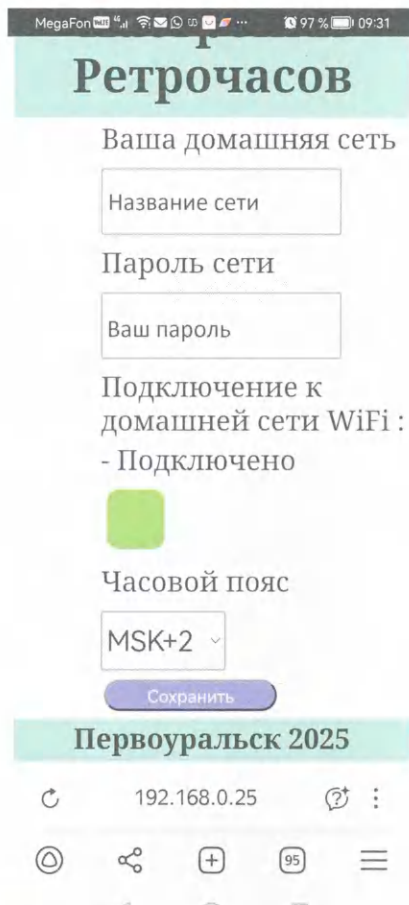


Рис. 13

Находят сеть **Retro_WiFi_Clock** (рис. 10) и подключаются к ней. Пароль для входа — 44441111;

— далее открывают браузер и вводят IP часов — 192.168.0.25 (рис. 11). При вводе нужно обратить внимание, чтобы не было пробелов — Андроид автоматически вставляет пробелы после точек, на ноутбуке такого не наблюдалось;

— смартфон подключается к часам, и на экран выводится страничка сайта настройки подключения часов к домашней

тевого напряжения. Диодный мост VD3 обеспечивает подачу выпрямленного пульсирующего напряжения на тиристор VS1 и переменного напряжения на реле K1. Использование реле позволяет минимизировать падение напряжения на коммутирующих элементах при большом токе.

Благодаря применению экономичного модуля таймера C005 и чувствительного тиристора CR02AM-8 [4] с открывающим током управляющего электрода 100 мкА, узел питания потребляет от сети ток немногим более 1 мА. Кроме того, применено реле, обмотка которого рассчитана на переменное напряжение 220/240 В [5], а контакты позволяют коммутировать переменное напряжение 250 В при токе до 10 А. Это реле также экономичное, фрагмент его технического описания приведён в **таблице**. Особенность этого реле — встроенный светодиодный индикатор наличия на обмотке напряжения (корпус реле прозрачный).

Работает таймер так. После подачи сетевого напряжения модуль таймера A1 начинает отсчёт времени. Чтобы запустить отсчёт, в этот момент на вход модуля Start надо подать низкий уровень напряжения, что достигается установкой конденсатора C2. При отсчёте времени на выходе Out модуля присутствует низкий логический уровень, поэтому симистор VS1 закрыт и нагрузка обесточена. Конденсатор C3 повышает помехоустойчивость работы тиристора. По окончании установленного времени выдержки на выходе Out модуля появляется высокий уровень напряжения, тиристор открывается, реле срабатывает, и на нагрузку через контакты K1.1, K1.2 поступает напряжение сети.

После запуска отсчёта времени конденсатор C2 заряжается до напряжения питания через встроенный в модуль подтягивающий резистор и на работу таймера не влияет. Если сетевое напряжение пропадёт, нагрузка и реле будут обесточены, а контакты K1.1, K1.2 разомкнутся. Конденсатор C2 быстро разрядится через резистор R2, и таймер будет снова готов к запуску при появлении сетевого напряжения. Время задержки включения можно установить резистором R1 и подачей на входы P1, P2 сигналов лог. 1. Подробно об этом рассказано в [3]. Для указанной на схеме конфигурации время выдержки — около 6 мин. Перемычку у вывода P1 временно не устанавливают, чтобы при проверке работоспособности время выдержки было меньше (около 45 с).

Если после проверки всё работает нормально, эту перемычку устанавливают.

Большинство деталей устройства смонтировано на макетной печатной плате (**рис. 2**). Резисторы R1, R2 — для поверхностного монтажа типоразмера 0805, они установлены на плате модуля A1. Остальные резисторы —

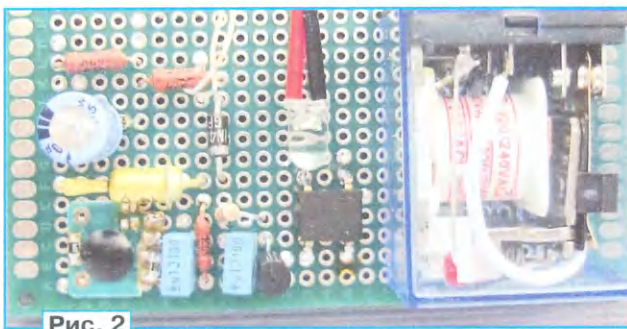


Рис. 2

МЛТ, C2-23, конденсатор C1 — оксидный импортный, конденсаторы C2, C3 — плёночные или керамические, светодиод может быть маломощный любого цвета, у которого при токе 1 мА

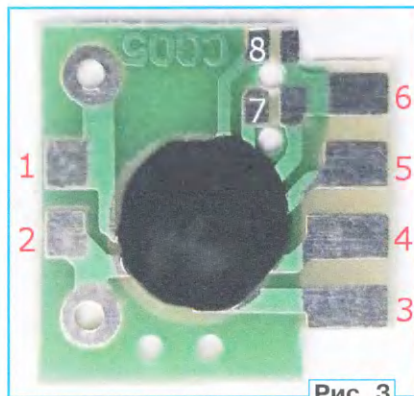


Рис. 3

достаточно яркое свечение. Стабилитрон — любой маломощный с напряжением стабилизации 4,7...5,6 В, диод 1N4007 можно заменить любым маломощным выпрямительным с допустимым обратным напряжением не менее 400 В. Диодный мост можно заменить аналогичным или отдельными диодами, например 1N4007. Замена тиристора CR02AM-8 — тиристор MCR100-6. Нумерация выводов модуля таймера условная, она показана на **рис. 3**. Модуль приклеивают к плате и соединяют его выводы с другими элементами с помощью тонкого лужёного провода.

Для таймера можно использовать пластмассовый корпус подходящего размера, в котором размещают плату, на боковых стенках — отверстия для кабеля питания и гнезда XS1, а на передней — отверстия для светодиода HL1 и светодиода, встроенного в реле K1.

Недостатком этого таймера является постоянное присутствие сетевого напряжения на обмотке реле. И хотя для него это штатный режим, на нём рассеивается мощность около 1 Вт. Приблизительно такую мощность и потребляет этот таймер от сети в дежурном режиме. Чтобы повысить экономичность, можно изменить алгоритм работы устройства. Схема такого варианта таймера показана на **рис. 4**. После его запуска на выходе модуля A1 Out модуля будет низкий уровень, поэтому транзистор VT1 закрыт, и через резистор R6 на управляющий электрод тиристора поступает открывающее напряжение. Реле срабатывает, и

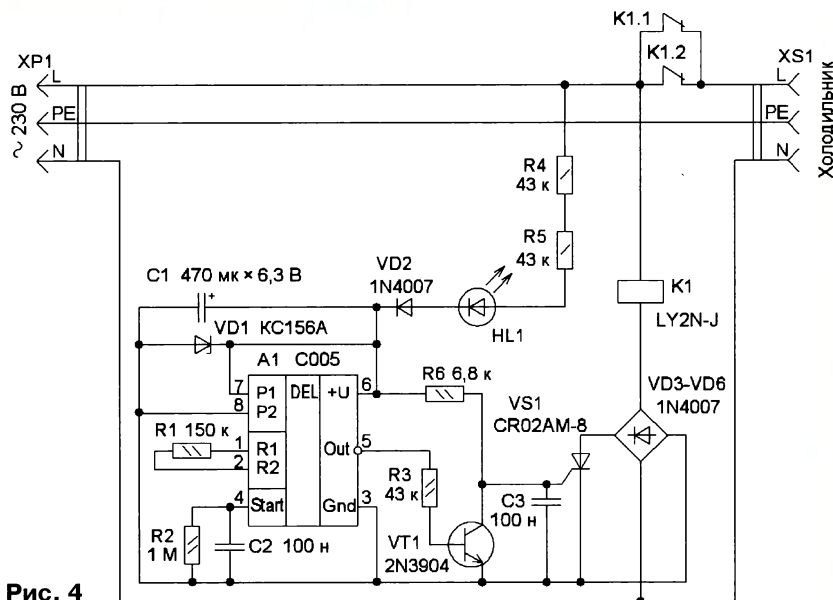


Рис. 4

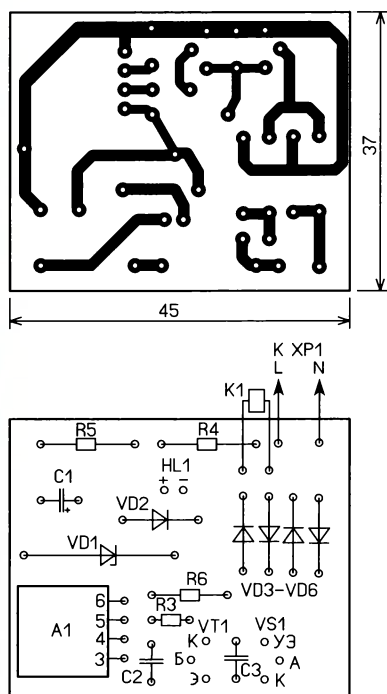


Рис. 5

его контакты K1.1, K1.2 замыкаются, в результате нагрузка обесточена. По окончании выдержки на выходе Out модуля появится высокий уровень напряжения, транзистор VT1 откроется, а симистор VS1 перестанет открываться, поэтому контакты

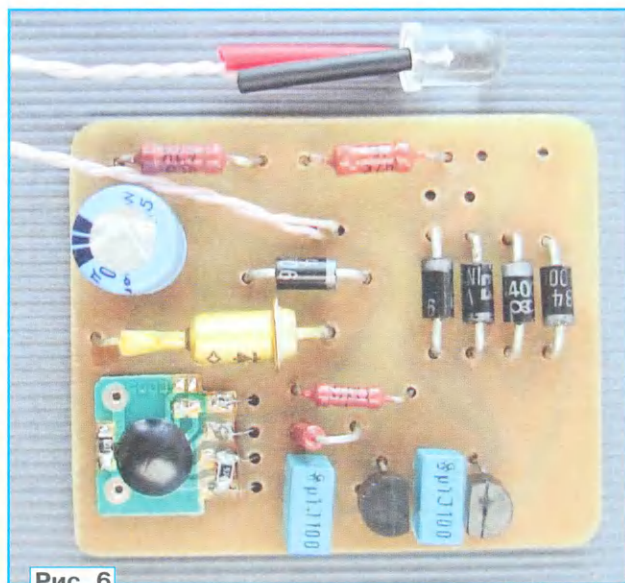


Рис. 6

K1.1, K1.2 замкнутся и на нагрузку поступит напряжение сети. В таком дежурном состоянии таймер будет потреблять ток немного более 1 мА, а мощность будет в несколько раз меньше, чем в первом варианте. При пропадании сетевого напряжения и

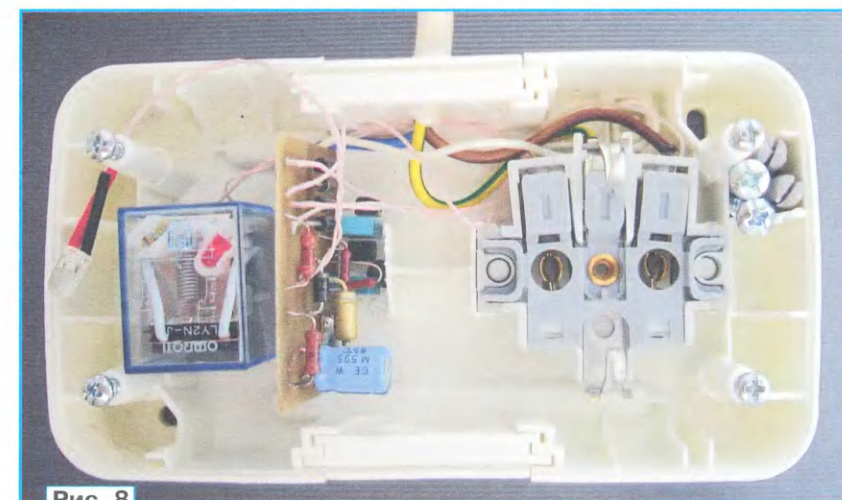


Рис. 8

последующем его появлении процесс повторится.

Чертеж платы для этого варианта таймера показан на рис. 5. Она изготовлена из фольгированного с одной стороны стеклотекстолита толщиной 1...1,5 мм, на ней размещена большая часть элементов. Здесь применены такие же элементы, транзистор может быть любым маломощным кремниевым, например серии КТ3102. Внешний вид смонтированной платы показан на рис. 6.

В качестве корпуса использована накладная сетевая розетка размерами 48×73×130 мм с rockerным выключателем (рис. 7). Сам выключатель удалён, а его клавиша использована как пе-



Рис. 9



Рис. 7

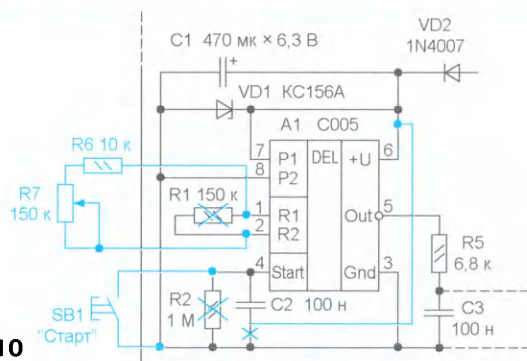


Рис. 10

редняя панель. На одной из боковых сторон корпуса сделана отверстие для кабеля с разъёмом XP1, на противопо-

ложной установлено гнездо XS1. На третьей боковой стороне, которая будет лицевой, сделано отверстие для светодиода HL1 и ещё одно напротив светодиода, встроенного в реле. Размещение узлов внутри корпуса показано на **рис. 8**. На клавише выключателя сделаны отверстия для светодиода HL1 и светодиода реле (**рис. 9**).

На основе таймера второго варианта можно сделать универсальный таймер, например, для утюга, чайника или других электроприборов. Для этого его схему надо изменить в соответствии с **рис. 10**. При этом контакты реле должны быть замкнуты при срабатывании реле K1. Взамен постоянного резистора R1 надо установить цепь из постоянного резистора R6 и переменного R7, с помощью которого можно плавно изменять время задержки. Подавая на выводы 7 и 8 модуля A1 логические уровни, можно в широких пределах изменять время задержки. Резистор R2 не

нужен, конденсатор C2 устанавливают между выводом 4 модуля A1 и линией питания. Между этим выводом и общим проводом устанавливают кнопку SB1 "Старт" с самовозвратом. Эта кнопка должна быть рассчитана на работу в сети 230 В.

После подачи питающего напряжения запуска таймера не происходит, реле K1 и нагрузка обесточены. Светодиод HL1 при этом светит. Для запуска таймера надо кратковременно нажать на кнопку SB1, на реле и нагрузку поступит напряжение, светодиод реле включится, и отсчёт времени реле и нагрузка будут обесточены, а светодиод реле погаснет. В зависимости от того, какие контакты реле (замыкающие или размыкающие) включить в цепь нагрузки, такой таймер может работать как с задержкой включения, так и с задержкой выключения.

Налаживать и проверять работоспособность таймеров следует с особой осторож-

ностью и соблюдением основных правил техники безопасности, поскольку они имеют гальваническую связь с сетью!

ЛИТЕРАТУРА

1. Защита холодильника: самодельное реле задержки включения на таймере 555. — URL: <https://click.ru/3MunY2> (15.08.25).
2. Нечаев И. Таймер задержки включения холодильника. — Радио, 2002, № 7, с. 41, 42.
3. Нечаев И. Модуль таймера C005 и конструкции на его основе. — Радио, 2021, № 6, с. 58—62; № 7, с. 55—58.
4. CR02AM-8. — URL: <https://click.ru/3Musj4> (15.08.25).
5. Bi-power Relays LY. — URL: <https://click.ru/3MupMm> (15.08.25).

От редакции. Чертёж печатной платы таймера находится по адресу <http://ftp.radio.ru/pub/2025/10/timer.zip> на нашем FTP-сервере.

Полумостовой ИИП с резонансной коммутацией ключей и ШИ-регулированием

Описанный в статье ИИП обладает малым уровнем синфазных помех в выходном напряжении и может быть применён для питания чувствительной к помехам измерительной, а также аудио- и видеоаппаратуры. Выходное напряжение ИИП — 24 В, максимальный выходной ток — 10 А, уровень помех на выходе не превышает 10 мВ (пик-пик), общий КПД при максимальной нагрузке — 89 %.

А. ЮДИН, г. Волжский Волгоградской обл.

Полумостовые инверторы с конденсаторным делителем напряжения питания широко применяются в ИИП различных электронных устройств с потребляемой мощностью от 150 до 400 Вт и питанием от сети 230 В. Наибольшее распространение они получили в блоках питания компьютеров. Не буду подробно описывать принцип работы классического полумостового инвертора, читатель может самостоятельно прочитать о нём в книгах по силовой электронике. Отмечу только преимущества полумостового инвертора:

- энергия передаётся в нагрузку в течение обоих полупериодов работы преобразователя, что более рационально по сравнению с однотактными инверторами, использует магнитопровод силового трансформатора, перемагничивая его в обоих направлениях, необходима только одна первичная обмотка;
- после выходного выпрямителя присутствует удвоенная частота преобразования, что уменьшает требования к выходному сглаживающему фильтру;
- за счёт конденсаторного делителя напряжения питания на

первичной обмотке присутствует вдвое меньшее напряжение, чем у альтернативных решений, напряжения на ключевых транзисторах не превышает напряжения питания;

— управление полумостовым инвертором осуществляется с помощью ШИ-контроллера с постоянной частотой преобразования.

Отмечу также главный недостаток классических полумостовых инверторов. Поскольку управление осуществляется посредством ШИМ, то выключение ключевых транзисторов преобразова-

теля и диодов выходного выпрямителя происходит при приложенном напряжении и токе, потребляемом вторичными цепями, при этом в момент выключения на ключах выделяется большая динамическая мощность и создаются синфазные помехи, которые имеют высокую частоту до 30 МГц, и их очень сложно

сопротивление обмоток, последовательное сопротивление конденсаторов и др.

При вычислениях сопротивления и индуктивности в первичной цепи инвертора приводятся ко вторичной цепи путём умножения на $(N2/N1)^2$. Главным условием обеспечения коммутации ключей при нуле тока является

$I_{Cp} > I_{L\phi}$, т. е. амплитудный ток резонансного конденсатора должен быть больше тока сглаживающего фильтра, тогда ток в ключах будет спадать до нуля, и ключи будут выключаться при нуле тока. Следует также отметить, что к диодам выходного выпрямителя может быть приложено обратное напряжение, в

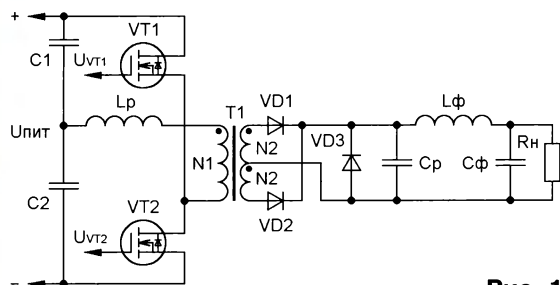


Рис. 1

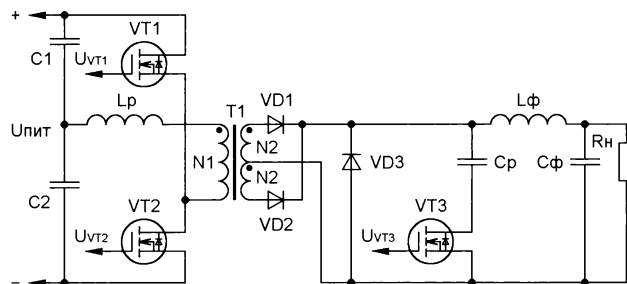


Рис. 3

отфильтровать сглаживающим фильтром из-за наличия паразитных параметров у его элементов. Как способ уменьшения этого эффекта в классических полумостовых инверторах применяют демпферные цепи (снабберы), которые снижают скорость выключения ключей, тем самым делая выключение ключей более "мягким", и частично снижают генерируемые синфазные помехи, но этого оказывается недостаточно для питания высокочувствительной к помехам измерительной или аудио-видеоаппаратуры.

Путь решения описанной выше проблемы давно известен — надо коммутировать ключи при нуле напряжения (ZVS) или при нуле тока (ZCS), тогда динамические потери на ключах и уровень синфазных помех получаются минимальными.

Один из вариантов такого инвертора приведён в книге Ang S., Oliva A. "Power switching converters. Second edition" (CRC Press Taylor&Francis Group, 2005). Это полумостовой квазирезонансный инвертор с конденсаторным делителем напряжения питания, резонансным конденсатором во вторичной цепи, коммутация ключей в котором осуществляется при нуле тока. Схема такого инвертора приведена на **рис. 1**, а диаграммы напряжений и токов на его элементах и упрощённые соотношения электрических параметров, поясняющие принцип работы, — на **рис. 2**, где Zp — сопротивление резонансной цепи, которое может быть определено как сумма характеристического сопротивления резонансного контура и активных сопротивлений цепи, таких как внутреннее сопротивление источника питания, сопротивление ключей в открытом состоянии,

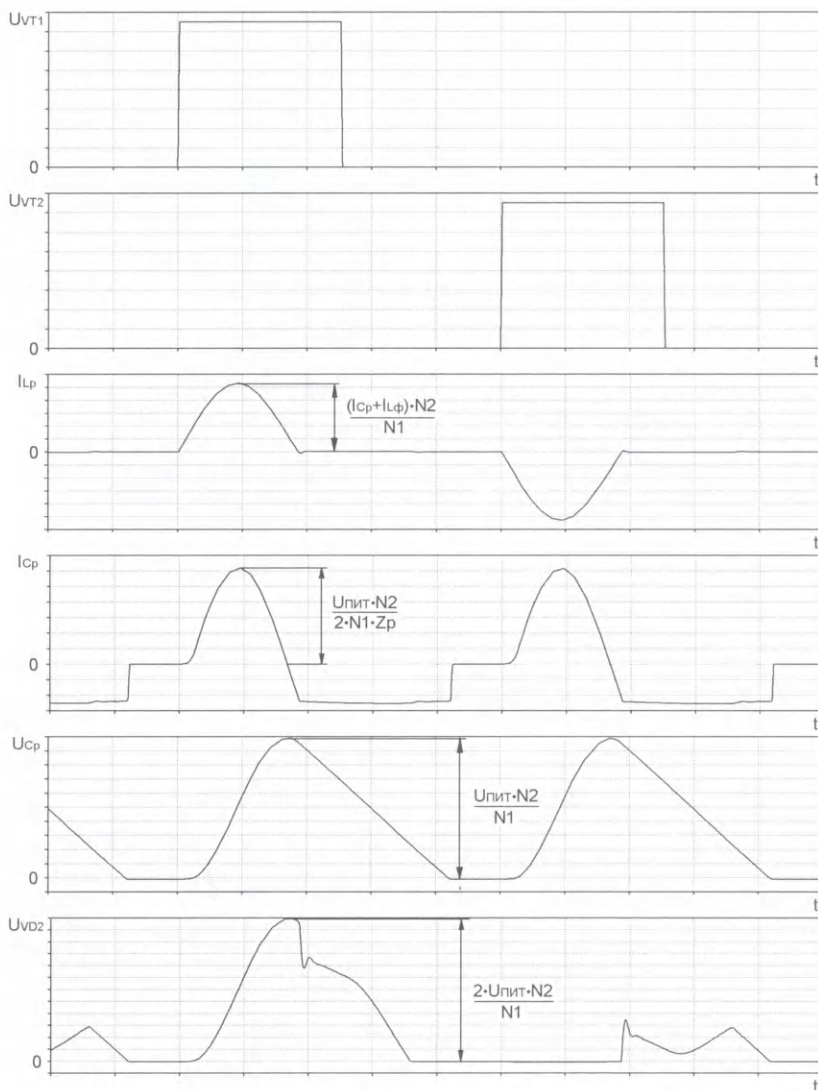


Рис. 2

четыре раза большее, чем индуцируемое на вторичной обмотке трансформатора, что требует применения более высоковольтных диодов, чем в классическом полумостовом инверторе, где к диодам может быть приложено в два раза большее напряжение. Это устройство характеризуется малыми динамическими потерями на ключах во время их коммутации.

Однако у такого устройства есть и недостаток: управление инвертором осуществляется посредством ЧИМ, при снижении нагрузки происходит снижение частоты преобразования при неизменной длительности импульса, формируемого резонансным контуром, при малых нагрузках значительно увеличиваются пульсации выходного напряжения на частоте преобразования и возрастают требования к сглаживающему фильтру.

Цель создания полумостового преобразователя, который будет описан ниже, — объединение достоинства классического полумостового инвертора и квазирезонансного полумостового инвертора из вышеупомянутой книги, при этом надо обеспечить резонансную коммутацию ключей в нуле тока при ШИ-управлении инвертором. Идея заключается в том, чтобы подключать резонансный конденсатор с помощью дополнительного ключевого транзистора только в моменты выключения ключей преобразователя. Схема такого инвертора приведена на **рис. 3**, а диаграммы токов и напряжений на его элементах, поясняющие принцип работы, — на **рис. 4**. Резонансный контур состоит из резонансной индуктивности, в качестве которой используется суммарная индуктивность рассеяния обмоток трансформато-

ра, и двух последовательно соединённых конденсаторов: C_p и конденсатора, образованного паразитными ёмкостями транзистора VT_3 . При включении ключевого транзистора VT_1 или VT_2 в резонансном процессе включения ключей участвуют оба конденсатора, однако суммарная паразитная ёмкость транзистора VT_3 значительно меньше C_p , и частота резонанса определяется в основном паразитными ёмкостями VT_3 . Незадолго до выключения VT_1 или VT_2 включается транзистор VT_3 , своим открытым каналом он шунтирует свои паразитные ёмкости, и в резонансном процессе выключения ключей участвует только конденсатор C_p . Выключение ключевых транзисторов VT_1 , VT_2 и VT_3 происходит после спада тока в резонансном контуре до нуля.

Основные соотношения электрических параметров при резонансном процессе выключения ключей такие же, как на **рис. 2**, за исключением того обстоятельства, что напряжение на конденсаторе C_p перед началом резонансного процесса выключения ключей несколько отличается от нулевого из-за того, что напряжения на последовательно соединённых C_p и паразитных ёмкостях транзистора VT_3 распределяются обратно пропорционально величине этих ёмкостей, что обуславливает несколько меньший амплитудный ток резонансного конденсатора C_p , чем в преобразователе по схеме **рис. 1**. Условие обеспечения выключения ключей при нуле тока такое же, как и в инверторе на **рис. 1**, — $I_{Cp} > I_{L\phi}$.

Устройство по схеме на **рис. 3** уже достигает часть поставленной цели: включение и выключение ключей происходят при нулевом значении тока. Однако из-за малой суммарной паразитной ёмкости транзистора VT_3 частота резонанса при включении ключей получается достаточно высокой и составляет несколько мегагерц, что также является источником помех. Для снижения частоты резонанса при включении ключей параллельно каналу транзистора VT_3 был добавлен дополнительный резонансный конденсатор. Схема такого инвертора показана на **рис. 5**, а диаграммы напряжений и токов на элементах резонансного контура — на **рис. 6**.

Работает инвертор так. Перед включением ключевых транзисторов конденсаторы C_1 и C_2 заряжены до половины напряжения питания, а конденсатор C_p заряжен через резистор R_1 до напряжения на выходе инвертора. После включения ключевого транзистора VT_1 начинается резонансный процесс по цепи: конденсатор C_1 , открытый канал

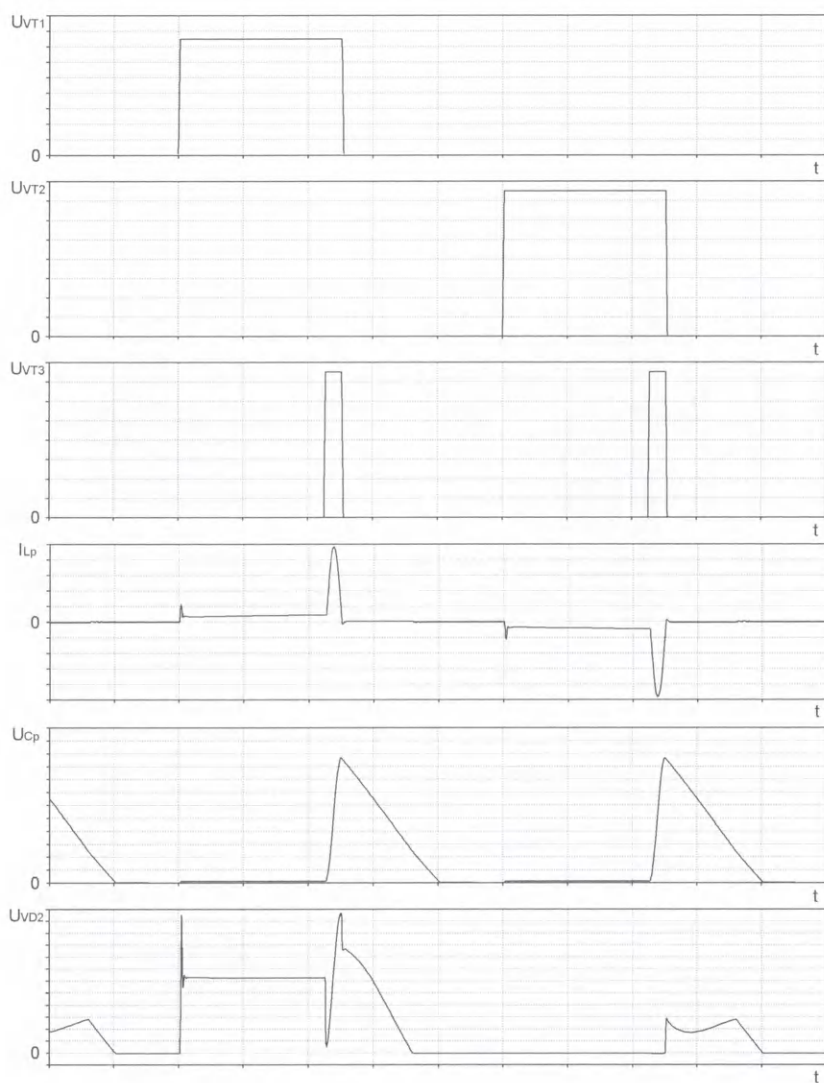


Рис. 4

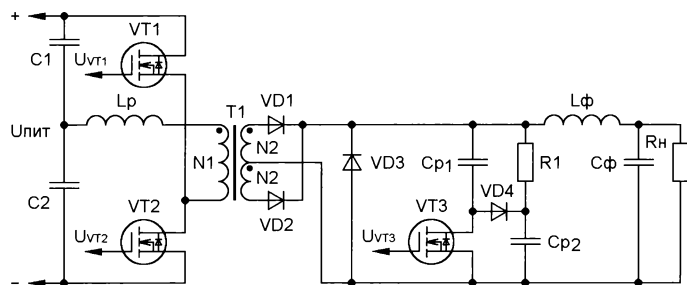


Рис. 5



Рис. 6

транзистора VT1, индуктивность рассеяния обмоток трансформатора L_p , первичная обмотка трансформатора T1, вторичная обмотка T1, открытый диод VD2, конденсатор C_{p1} , открытый диод VD4, конденсатор C_{p2} . В момент, когда напряжение на аноде диода VD4 становится меньше напряжения на его като-

де, диод закрывается и резонансный процесс прекращается. Одновременно с включением транзистора VT1, наряду с током резонансной цепи, по первичному контуру начинают течь ток намагничивания магнитопровода трансформатора и ток дросселя фильтра L_f , которые продолжают течь и после окончания

резонансного процесса, обеспечивая передачу энергии от источника питания через сглаживающий фильтр в нагрузку. Продолжительность включённого состояния транзистора VT1 в стационарном режиме зависит от мощности, передаваемой нагрузке, и управляется ШИ-контроллером. Напряжение на конденсаторе C_{p1} в это время равно разности напряжения, индуцируемого на вторичной обмотке трансформатора T1, и напряжения на конденсаторе C_{p2} . Незадолго до выключения транзистора VT1 узел управления включает транзистор VT3, и начинается резонансный процесс по цепи: конденсатор C1, открытый канал транзистора VT1, индуктивность рассеяния обмоток трансформатора L_p , первичная обмотка трансформатора T1, вторичная обмотка T1, открытый диод VD2, конденсатор C_{p1} , открытый канал транзистора VT3. При условии, что амплитуда тока C_{p1} больше тока дросселя фильтра L_f , ток L_f полностью обеспечивается током C_{p1} , и ток в первичной цепи инвертора спадает до нуля. Это происходит через время, равное половине периода резонансного колебания контура. После этого узел управления выключает транзисторы VT1 и VT3 при нуле тока через них. Ток через дроссель фильтра L_f начинает уменьшаться, что вызывает явление самоиндукции, напряжение на дросселе меняет полярность, диод VD3 открывается, и энергия, запасённая в индуктивности дросселя L_f , перетекает в конденсатор фильтра C_f и нагрузку. При включении транзистора VT2 происходит аналогичный процесс.

(Продолжение следует)

МОДУЛЬНАЯ РЕКЛАМА

Жаркий сезон для радиолюбителей продолжается!
Ждём Вас!

www.radiodetali.perm.ru

Тел: 8-800-201-75-54

* * *

Разработка программ для микроконтроллеров STM32, ATmega и других на заказ:

Сбор данных, передача на сервер, управление, свет, звук, CAN и LIN, генерация сигналов, измерения и т. д.

E-mail: micro51@mail.ru
т. +7-912-619-5167

Блок питания с фазовым регулятором

А. ДЫМОВ, г. Оренбург

Блок питания (БП), описание которого приводится далее, является модифицированным продолжением идеи повышения энергетической эффективности за счёт снижения рассеиваемой мощности на регулирующем транзисторе стабилизатора напряжения. Эта идея была реализована в одном из лабораторных БП [1], который эксплуатируется мной уже более 10 лет. Для снижения рассеиваемой мощности на регулирующем транзисторе в стабилизаторе используется фазовый регулятор напряжения на входе стабилизатора на основе симистора, для которого необходима надёжная синхронизация для правильного определения момента открывания в нужный момент времени за период переменного напряжения. Мощность этого БП относительно небольшая, поэтому периодически возникала необходимость в более мощном БП, который был однажды изготовлен, несколько раз модифицирован и последняя версия которого представлена в данной статье. БП выдаёт стабильное постоянное напряжение от 2,5 В до 25 В при максимальном токе 3 А. Кроме того, имеется дополнительный изолированный от основного источник стабильного постоянного напряжения 5 В при токе до 1 А.

В предлагаемом БП в регуляторе напряжения на входе стабилизатора вместо симистора используется мощный MOSFET, который является более универсальным элементом, чем симистор. За период сетевого переменного напряжения симистор можно открыть только два раза, транзистор же можно открыть и закрыть несколько раз за период. Таким образом, стало возможным заряжать конденсатор фильтра выпрямителя с частотой 200 Гц, т. е. в каждой четверти периода. Временной график работы этого фазового регулятора на активную нагрузку показан на **рис. 1**. Различие амплитуд в четвертях периода вызвано разными задержками открывания и закрывания ключевого транзистора. Здесь нет необходимости в отсчёте времени, нужно только выпрямленное сетевое напряжение в качестве образцового и регулируемое постоянное напряжение для управления выходным напряжением фазового регуля-

тора. Эти напряжения поступают на входы компаратора, который управляет ключевым MOSFET.

Управление фазовым регулятором осуществляется микроконтроллером (МК), который непрерывно производит измерения напряжений на входе и выходе стабилизатора, а также тока в

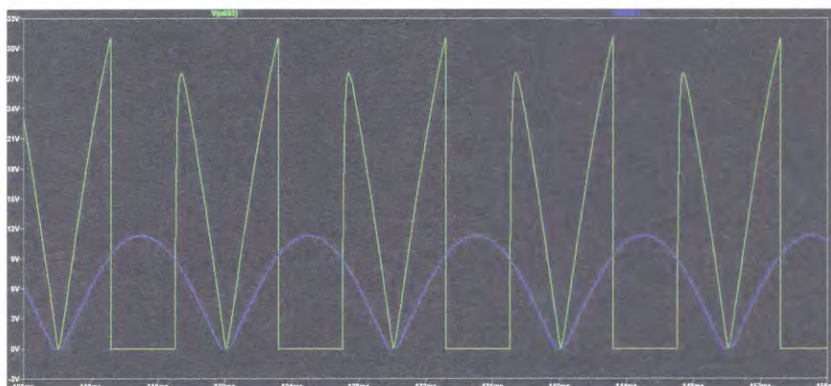


Рис. 1

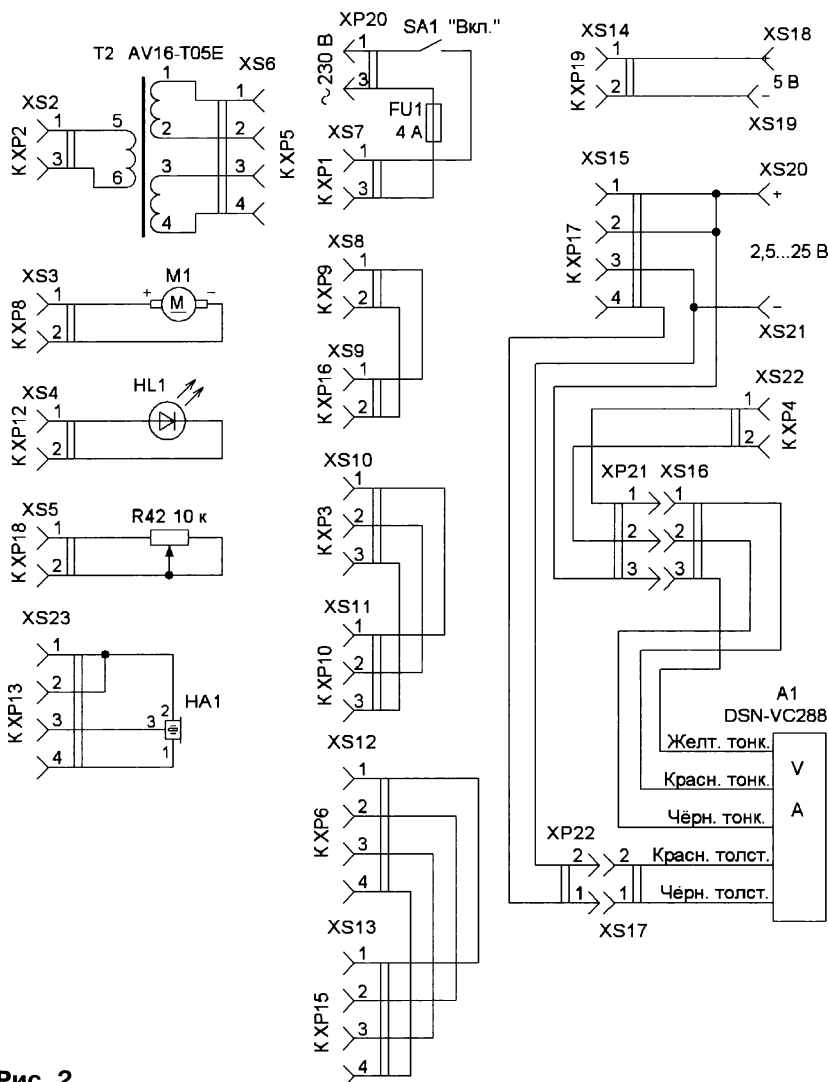


Рис. 2

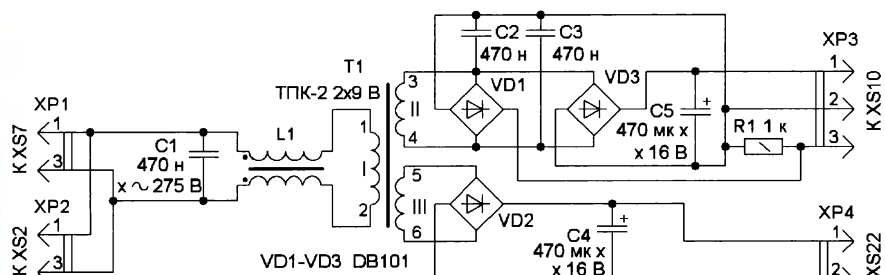


Рис. 3

(рис. 2). Узел вспомогательного БП, схема которого отображена на рис. 3, содержит компоненты сетевого фильтра C1 и L1, разъём XP1, через который подаётся сетевое напряжение 230 В, и разъём XP2, к которому подключается первичная обмотка понижающего трансформатора. Необходимость в трансформаторе Т1 вызвана тем, что при работе фазового регулятора основного БП на вторичных обмотках силового трансформатора Т2

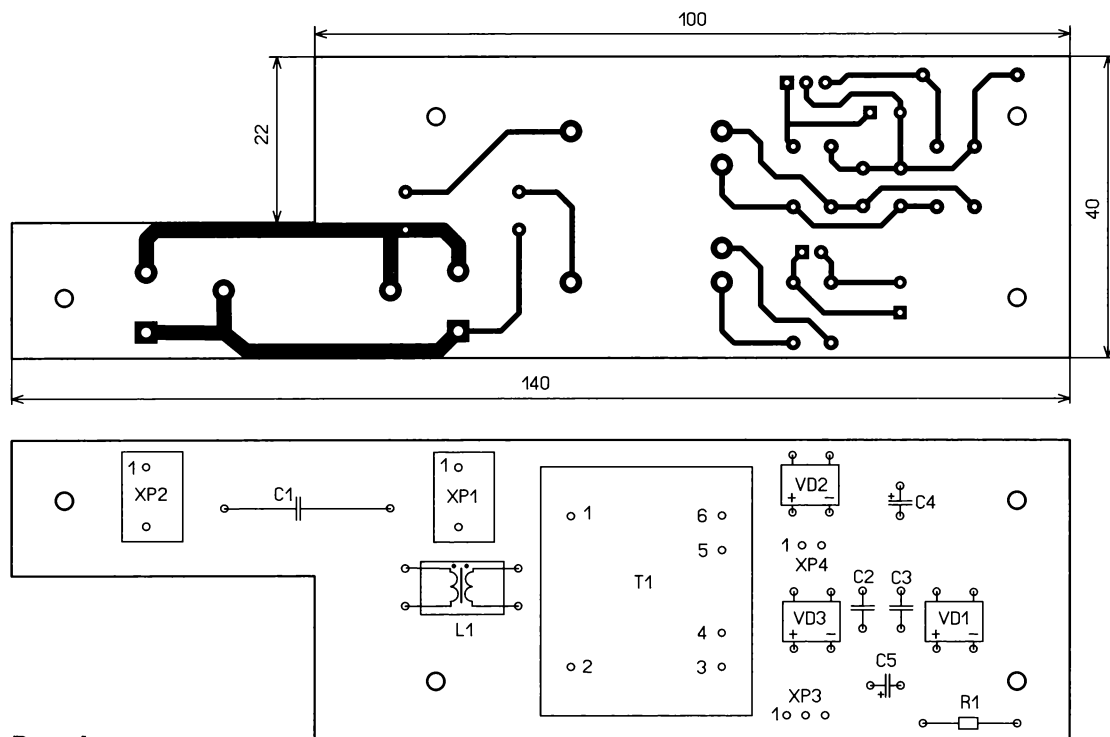


Рис. 4

нагрузке. При превышении некоторого значения рассеиваемой мощности на транзисторе стабилизатора МК с помощью ШИМ-регулятора пошагово снижает напряжение на входе стабилизатора. При снижении рассеиваемой мощности на транзисторе стабилизатора напряжение на его входе пошагово повышается. Максимальная мощность, выделяемая на регулирующем транзисторе стабилизатора, при максимальном токе не будет превышать 10 Вт, она легко рассеивается небольшим теплоотводом с вентилятором. Для устойчивой работы фазового регулятора напряжения производится расчёт задержки времени между шагами регулирования, зависящей от сопротивления (тока) нагрузки БП.

Кроме того, МК осуществляет защиту БП от перегрузок и коротких замыканий. Для отключения выхода источника питания от нагрузки используется от-

дельный ключ на основе мощного MOSFET, который был сохранён в БП от прежней независимой системы защиты. Ранее для её отключения использовалась специальная кнопка. Нестабильность работы независимой защиты вынудила переложить функцию защиты на МК, что оказалось вполне оправданным. При перегрузке или коротком замыкании МК включает защиту со световой и звуковой сигнализацией, отключив фазовый регулятор с сохранением текущего состояния. Затем через каждую секунду МК будет отключать защиту и пытаться вернуть напряжение фазового регулятора в исходное состояние до устранения пользователем перегрузки или короткого замыкания.

Конструктивно БП состоит из четырёх отдельных узлов, средств индикации и органов управления, которые соединяются между собой кабельными разъёмными соединителями

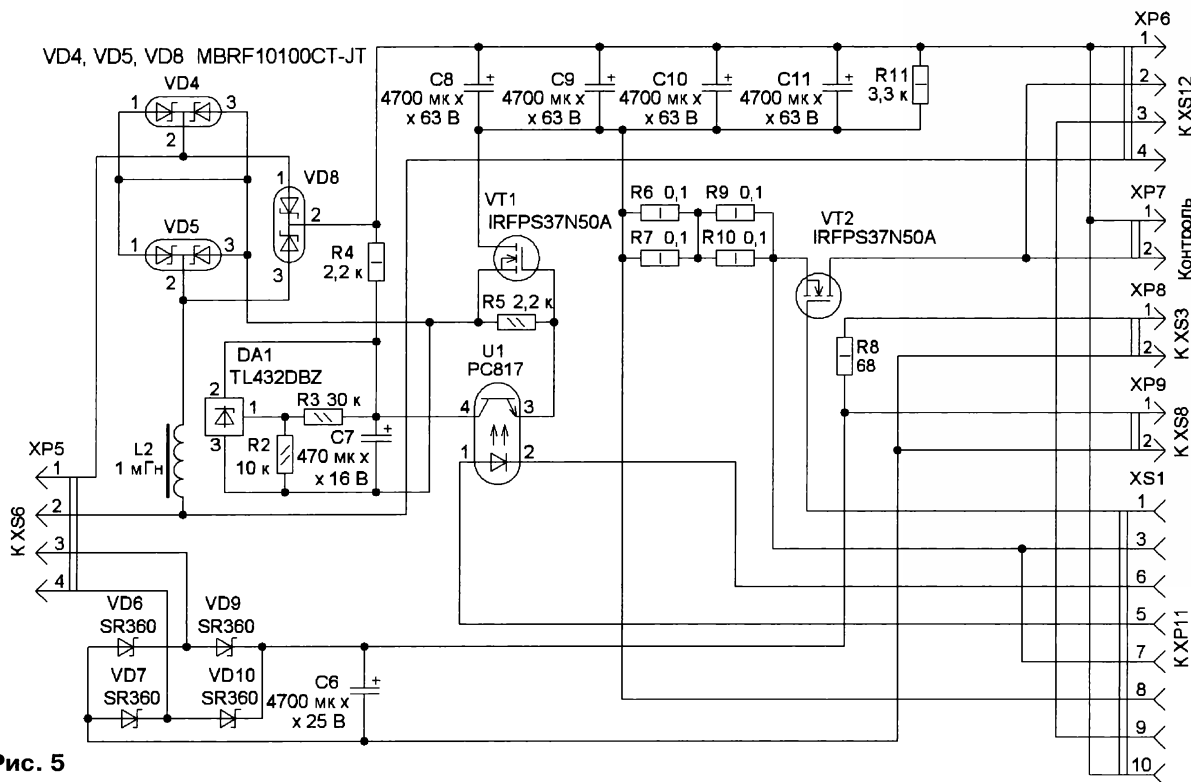
возникают очень сильные искажения переменного напряжения, которые на вторичных обмотках трансформатора Т1 практически отсутствуют. Кроме того, имеется необходимость в дополнительных источниках электропитания для узла управления и индикации напряжения и тока. Напряжение с вторичной обмотки II выпрямляется диодным мостом VD1, нагруженным на резистор R1, и через разъём XP3 и шлейфовый кабель напряжение подаётся на узел управления фазовым регулятором в качестве образцового напряжения. Выпрямительный мост VD3 с конденсатором фильтра C5 используются для электропитания узла управления фазовым регулятором. Вторичная обмотка III, выпрямительный мост VD2 и сглаживающий конденсатор C4 образуют изолированный от всех цепей источник электропитания для модуля цифрового вольтметра/амперметра.

Помехоподавляющий конденсатор С1 — МРХ/JEFU, дроссель L1 намотан на ферритовом кольцевом магнитопроводе М2000НМ типоразмера 10×6×5 мм. Обмотка намотана одновременно двумя проводами МГШВ-0,12 в один слой до заполнения. При пайке на плату важно соблюдать начало и конец обмоток, как указано на схеме. Конденсаторы С2, С3 — керамические К10-17, С4, С5 — оксидные фирмы Hitano, резистор R1 — С2-33. Возможна заме-

ле выпрямителя на диодах VD4, VD5, VD8 плюсовое напряжение поступает непосредственно на конденсаторы фильтра C8—C11, минусовое напряжение поступает на эти конденсаторы через транзистор VT1, который выполняет функцию ключа фазового регулятора. Для управления транзистором VT1 используется отдельный стабилизатор напряжения 10 В на основе элементов DA1, C7, R2—R4. Для открытия транзистора VT1 его затвор

тилятора охлаждения выходного транзистора стабилизатора напряжения через резистор R8 и разъем XP8. Разъем XP7 используется для контроля работы фазового регулятора при налаживании БП.

Дроссель L2 намотан на ферритовом кольцевом магнитопроводе M2000HM типоразмера 28×16×9 мм и содержит 20 витков обмоточного провода диаметром не менее 0,8 мм или МГТФ-0,5. Тип выпрямительных



на конденсаторов и резистора на аналогичные других производителей. Штыревые разъёмы XP1, XP2 — ВЗР-VH, XP3, XP4 — PLS-3, PLS-2 соответственно. Плата изготовлена из одностороннего фольгированного стеклотекстолита толщиной 1,5 мм (**рис. 4**) и крепится к задней стенке корпуса с помощью резьбовых втулок М2,5. Между платой и задней стенкой корпуса БП установлена пластина из электроизоляционного материала.

Узел основного выпрямителя и силовой части фазового регулятора показан на **рис. 5**. К разьёму XP5 подключаются вторичные обмотки трансформатора T2, к контактам 1 и 2 — переменное напряжение для основного источника, а к контактам 3 и 4 — для дополнительного. Дроссель L2 выполняет функцию динамического балласта, ограничивая выбросы тока на вторичной обмотке трансформатора при открытии транзисторного ключа VT1. Пос-

подключается к выходу этого стабилизатора с помощью оптрона U1; резистор R5 способствует надёжному закрыванию VT1 при закрывании фототранзистора оптрона, управление которым осуществляется узлом управления фазовым регулятором, подключённым к разъём XS1. Резисторы R6, R7, R9, R10 — токоизмерительные, падение напряжения на них поступает на измерительный вход МК через разъём XS1. Транзисторный ключ VT2 используется для защиты БП от перегрузок и коротких замыканий, отключая минусовую линию от стабилизатора напряжения через разъём XP6. Переменное напряжение для дополнительно БП поступает на мостовой выпрямитель VD6, VD7, VD9, VD10. Постоянное напряжение сглаживается конденсатором фильтра С6 и через разъём XP9 поступает в узел стабилизаторов. Кроме того, это напряжение используется для электропитания вен-

диодов VD4, VD5, VD8 был выбран не только по параметрам, но и из-за изолированного корпуса (ITO220AB) [2], что обеспечило удобство их крепления непосредственно к металлическому теплоотводу без изоляционных прокладок. Возможно применение диодов другого типа с аналогичными параметрами, но если у них будет корпус ТО-220, возникнет необходимость в теплопроводящей изоляции от теплоотводящей пластины. Конденсаторы С6—С11 — оксидные фирмы Hitano, которые можно заменить конденсаторами с аналогичными параметрами от других производителей. Резисторы R4, R6—R11 — типоразмера 2512, остальные резисторы — типоразмера 0805. Токоизмерительные резисторы R6, R7, R9, R10 должны быть с допуском не более $\pm 1\%$. Гасящий резистор R8 используется по причине использования вентилятора охлаждения с номинальным напряжением 5 В.

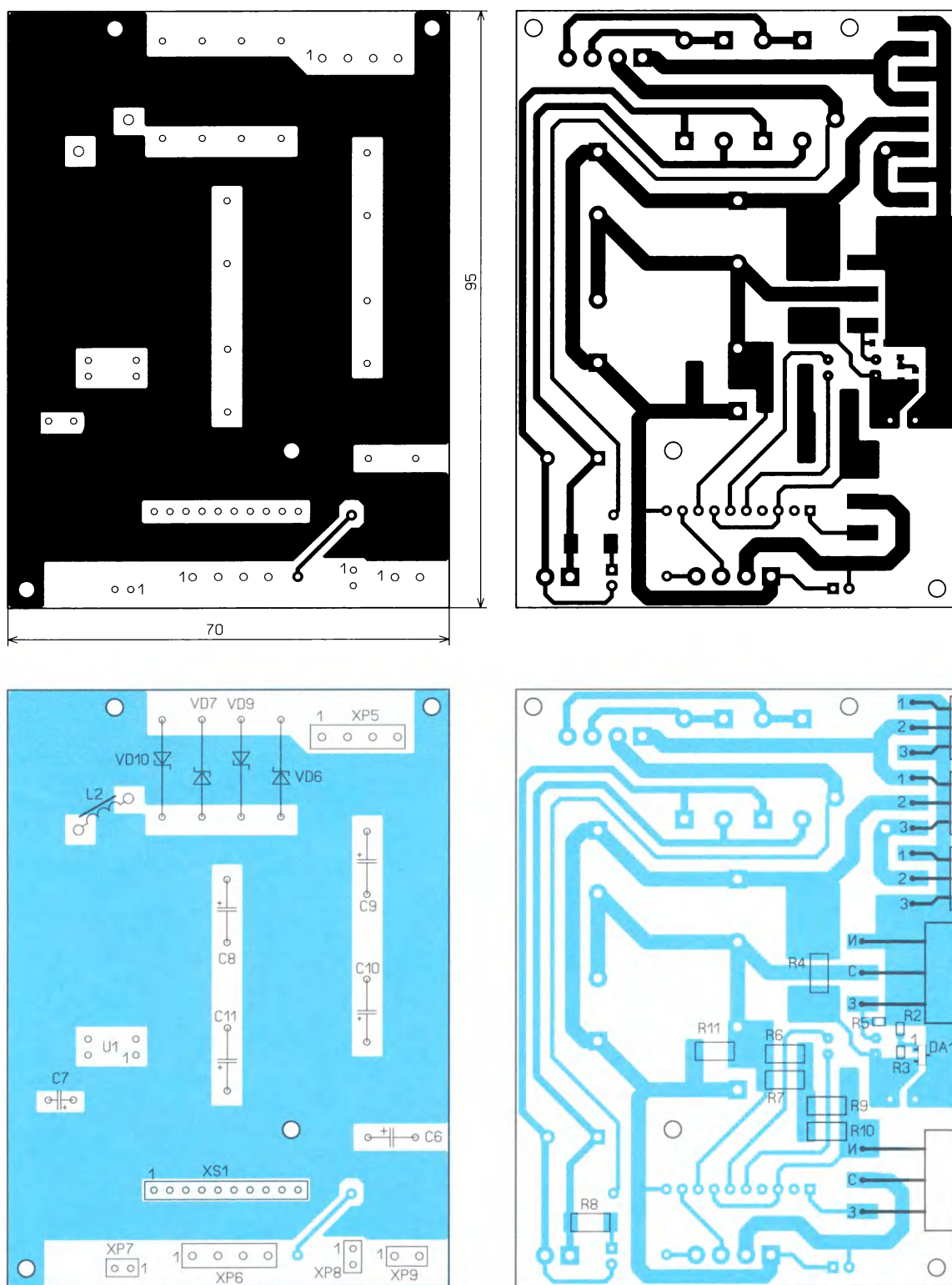


Рис. 6

Возможно применение вентиляторов других типов. Если будет использоваться вентилятор с номинальным напряжением 12 В, взамен этого резистора необходимо впаять проволоочную перемычку. Штыревые разъёмы XP5,

XP6 — B4P-VH, XP7, XP8 — PLS-2, XP9 — B2P-VH. Гнездовой разъём для подключения узла управления фазовым регулятором XS1 — PBS-10. Микросхема стабилизатора DA1 — в корпусе SOT-23, транзисторы VT1, VT2 — в корпу-

се Super-247. Плата выпрямителя и силовой части фазового регулятора — двухсторонняя, её чертёж показан на рис. 6. Перед пайкой элементов необходимо пропаять два переходных отверстия и

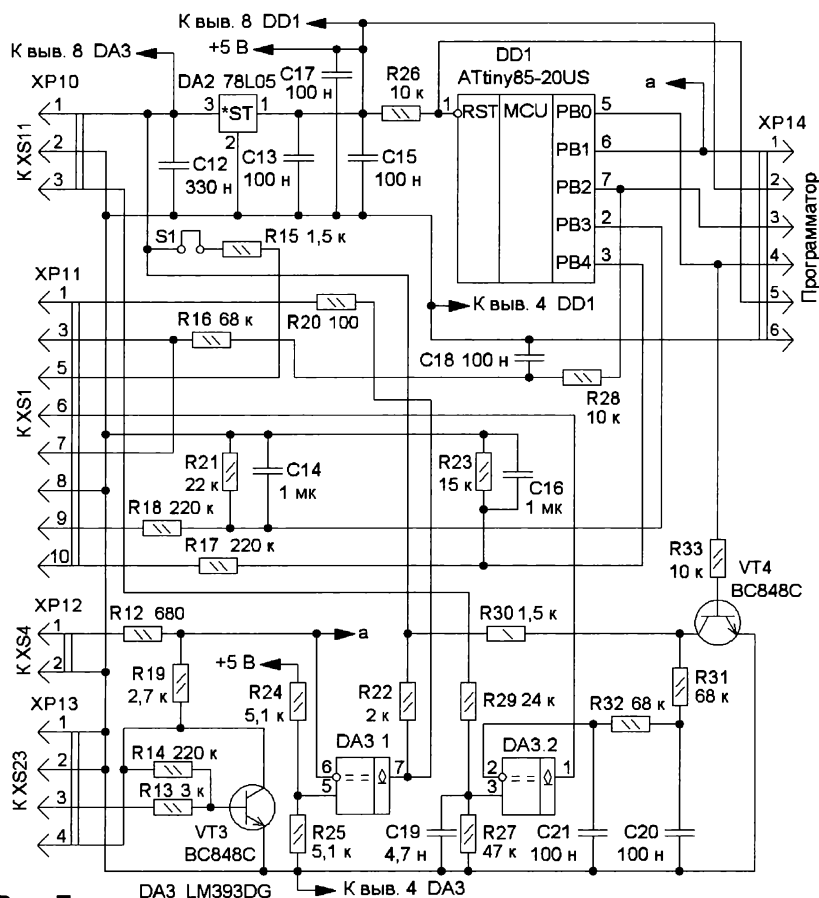


Рис. 7

полевые транзисторы припаивают к плате так, чтобы затем ус-

тановить их охлаждаемой стороной на теплоотвод.

Схема узла управления фазовым регулятором, защитой от перегрузок и коротких замыканий показана на рис. 7. Электропитание узла осуществляется через разъём XP10, который подключается шлейфовым кабелем к вспомогательному источнику питания. Стабилизатор напряжения 5 В собран на микросхеме DA2 и конденсаторах C12, C13, он обеспечивает питанием МК DD1. Через переключку S1 и резистор R15 ток поступает на излучающий диод оптрона фазового регулятора. Наличие переключки даёт возможность отключить этот ток на время программирования МК через разъём XP14, чтобы исключить непредсказуемое поведение регулятора. Цепи R17R23C16 и R18R21C14 образуют делители напряжений и помехоподавляющие фильтры для измерения МК напряжений на входе и выходе стабилизатора напряжения. Элементы R16C18 образуют помехоподавляющий фильтр для измерения тока нагрузки, резистор R28 исключает влияние конденсатора C18 на процесс программирования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дымов А. Лабораторный блок питания. — Радио, 2016, № 11, с. 16—22; № 12, с. 20—24.
2. MBR10100CT, MBRF10100CT, 10A SCHOTTKY BARRIER RECTIFIER. — URL: <https://click.ru/3Mf6wz> (18.06.25).

(Окончание следует)

Источник питания маломощной нагрузки на основе ионистора и солнечной батареи

А. МАМОНТОВ, г. Москва

Иногда появляется необходимость обеспечить разработываемое устройство автономным питанием от солнечной батареи. У малогабаритных солнечных батарей есть недостаток, который выражается в том, что выходная мощность зависит от освещённости. Другими словами, если солнечная батарея размерами 100×40 мм рассчитана на выходное напряжение 5,5 В и ток 1,25 А, это означает, что

такие параметры достигаются только при прямом солнечном облучении всей площади этой солнечной панели в ясную погоду. Погода может меняться, может появиться облачность, следовательно, выходная мощность солнечной батареи будет уменьшаться. Подключать солнечную батарею к цифровому устройству, например на Raspberry PI, недопустимо, потому что при уменьшении освещённости солнечной

батареи произойдёт просадка напряжения питания Raspberry PI и одноплатный компьютер зависнет. Для борьбы с просадками питания сегодня существуют два способа: использование солнечной батареи совместно с платой зарядного устройства и литиевым аккумулятором и второй способ, который приводится в этой статье, — с использованием ионистора и модуля управления его зарядкой/разрядкой.

Предлагаемый модуль управления позволяет создать источник питания на основе солнечной батареи и ионистора. Модуль обладает большим ресурсом работы — около 100000 циклов включения/выключения питания; небольшими габаритами всего устройства питания (модуль управления+ионистор+солнечная батарея); возможностью стабилизировать выходной ток солнечной батареи, который сильно зависит от её освещённости; возможностью питать маломощное устройство-потребитель при слабо освещённой солнечной батарее (рис. 1).

Основные технические характеристики устройства

Потребляемый ток, в отключённом состоянии, мкА	
измеренный	6,3*
расчётный	0,5
Максимальная выходная мощность, Вт	10
Максимальный выходной ток, А	2
Выходное напряжение, В	5
Напряжение включения преобразователя, В	0,9
Напряжение солнечной батареи, В	5...12**
Выходная мощность солнечной батареи, Вт	0,1...1**
Интервал рабочей температуры, °C	40...+85
Время питания максимальной нагрузки от ионистора при слабо освещённой солнечной батарее, с	2...3

* измерено мультиметром Fluke 15D.

** выбор этих двух параметров основывается на освещённости, при которой будет эксплуатироваться солнечная батарея. Обратите внимание! У модуля управления нет защиты от перезарядки ионистора. Необходимо выбрать отношение скорости зарядки ионистора к скорости потребления энергии таким, чтобы на ионисторе не возникало напряжения выше номинального либо оно не превышало его более чем на 10 %.

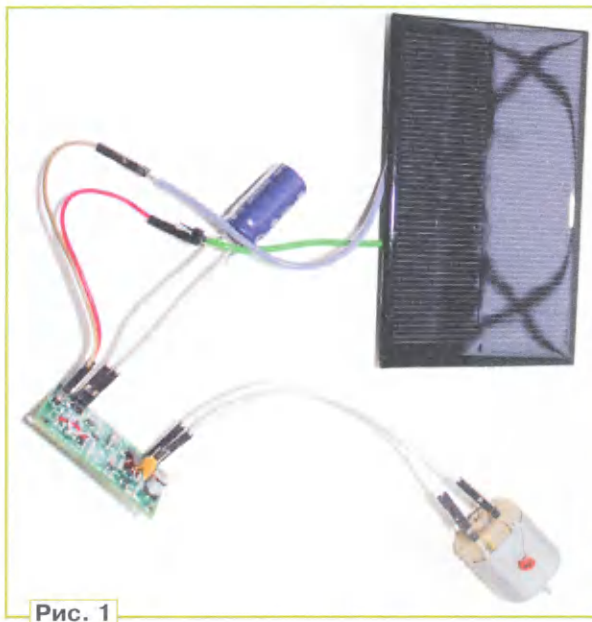


Рис. 1

Схема модуля управления показана на рис. 2. Устройство содержит два основных узла. Узел подачи питания собран на полевых транзисторах с изолированным затвором VT1—VT3. Он также позволяет переходить в выключенное состояние, исключая необходимость отключать питание устройства. Второй узел — повышающий преобразователь постоянного в постоянное напряжение на микросхеме DA1 и полевом транзисторе VT5 с выходной мощностью 10 Вт. У микросхемы DA1 интервал входного напряжения — 0,9...5 В.

К разъёму XP2 подключают солнечную батарею. Ионистор ёмкостью 10...20 Ф с номинальным напряжением 3 В подключают к разъёму XP1, он заряжается от солнечной батареи через диод VD1.

В самом начале работы, когда ионистор разряжен, а солнечная батарея, которая выдаёт некоторую мощность, подключена, ионистор начинает заряжаться, на нём постепенно увеличивается напряжение. Светодиод HL1 — зелёного свечения, транзистор VT2 и резисторы R1, R4 и R5

задают порог включения узла подачи питания на преобразователь на микросхеме DA1. Этот узел собран на транзисторах VT1, VT2 и резисторах R2—R5, он формирует ступенчатый сигнал, который открывает полевой транзистор VT3. Когда напряжение на ионисторе достигнет 2,8 В, транзистор VT3 откроется и подключит ионистор к входу преобразователя напряжения.

Преобразователь будет обеспечивать мощность в нагрузке до 10 Вт при выходном напряжении 5 В до тех пор, пока на ионисторе будет напряжение более 1,8 В.

Как только напряжение уменьшится приблизительно до 1,8 В, закроется транзистор VT2, а следовательно, и транзистор VT3.

Преобразователь напряжения отключится, и устройство перестанет питать нагрузку. После того как транзистор VT3 закроется, модуль будет находиться в неактивном состоянии, в котором он потребляет незначительный ток. Далее процесс повторяется.

Замечу, что автоматическое отключение работает только в том случае, если применяются конденсаторы C7, C8 с низким ESR (внутреннее сопротивление). Здесь подойдут оксидные конденсаторы с низким ESR либо керамические конденсаторы с диэлектриком X7R. Если это условие выбора конденсаторов не соблюдается, то транзистор VT3 может не закрыться и разрядный ток ионистора через преобразователь напряжения всё время будет поступать в нагрузку. Ионистор при этом не зарядится до напряжения 2,8 В, при условии, что мощность, подводимая от солнечной батареи, меньше, чем мощность, потребляемая нагрузкой. Нагрузка не получит нужную для своей работы мощность, поскольку ионистор не запасёт заряд. Например, если к выходу подключён малогабарит-

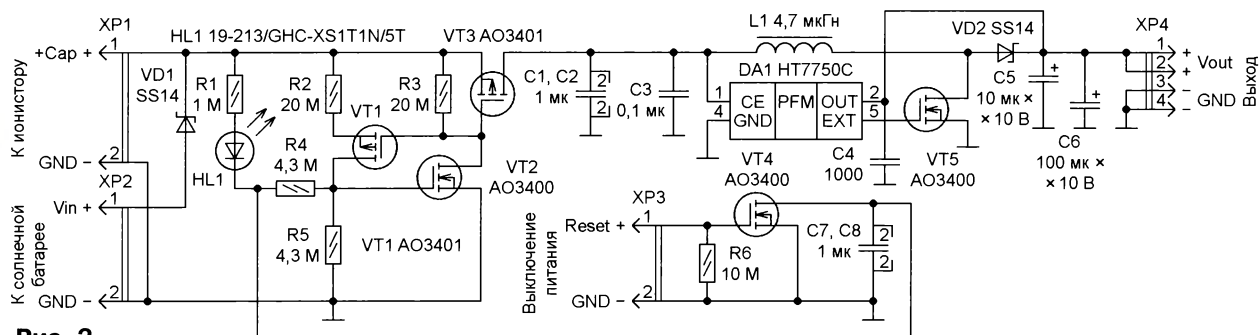


Рис. 2

ный электродвигатель, он не будет вращаться.

Элементы C7, C8, R1 и HL1 создают цепь, задерживающую от-

крытие транзистора VT3. Полевой транзистор VT4 предназначен для закрывания транзистора VT3 по внешнему дискретному

(логическому) сигналу. Подбирая конденсаторы C7 и C8, можно менять временную задержку включения VT3. Если суммарная ёмкость конденсаторов C7 и C8 будет равна 200 мкФ, после поступления логического сигнала на затвор VT4 транзистор VT3 закроется, и при условии, что ионистор заряжен до напряжения 2,8 В, возникнет временная задержка до следующего включения примерно на три с половиной минуты. Эта цепь задержки будет полезна в случае, если требуется экономить заряд ионистора. Например, ионистор зарядился до порога включения. Модуль управления подал напряжение питания на нагрузку. Устройство-потребитель выполнило свою задачу за пять секунд, и больше его работа не требуется. Оно подаёт сигнал выключения на разъём XP3 и отключает подачу напряжения питания 5 В, тем самым обеспечивая себя и позволяя восполнить потраченный заряд ионистора.

Устройство собрано на печатной плате из фольгированного с двух сторон стеклотекстолита толщиной 1,5 мм. Размеры платы — 45×23 мм. Применены элементы для поверхностного монтажа. Микросхема и транзисторы — в корпусе SOT23. Дроссель — SM5845-4R7MT в корпусе L5.8-W5.2. Модель платы, выполненная в программе EasyEDA, показана на **рис. 3**, **рис. 4**. На **рис. 5** показаны несколько экземпляров собранных плат.

Были проведены эксперименты с солнечной батареей на номинальное напряжение 5,5 В мощностью 1 Вт и нагрузкой — электродвигателем на напряжение 6 В мощностью 1 Вт (**рис. 6**). К солнечной батарее через диод 1N4007 были подключены ионистор ёмкостью 10 Ф и

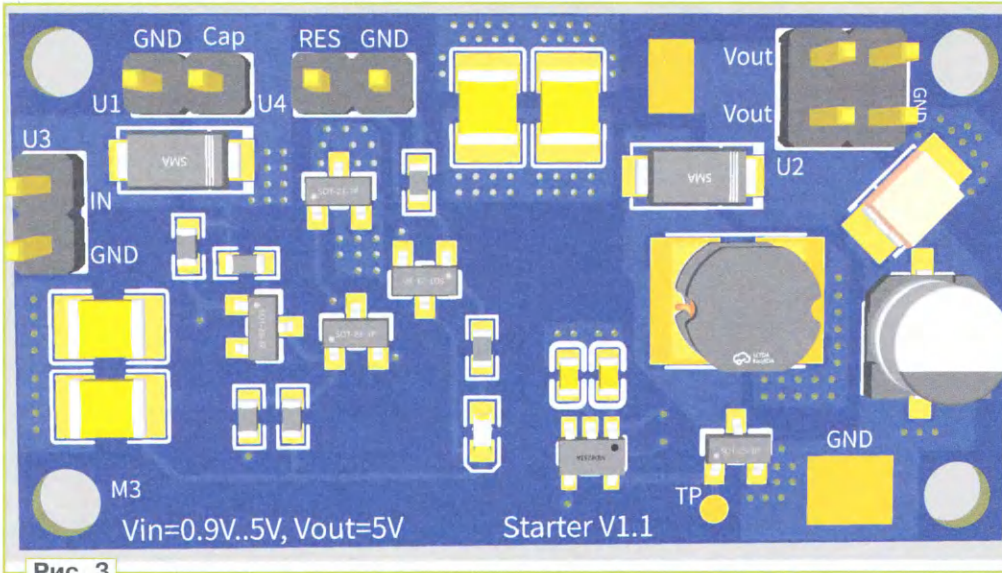


Рис. 3

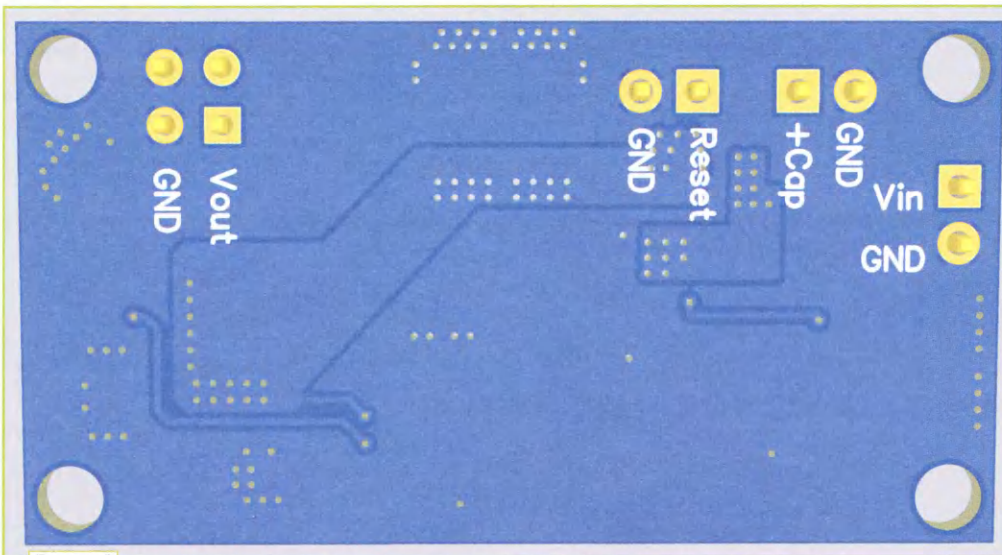


Рис. 4

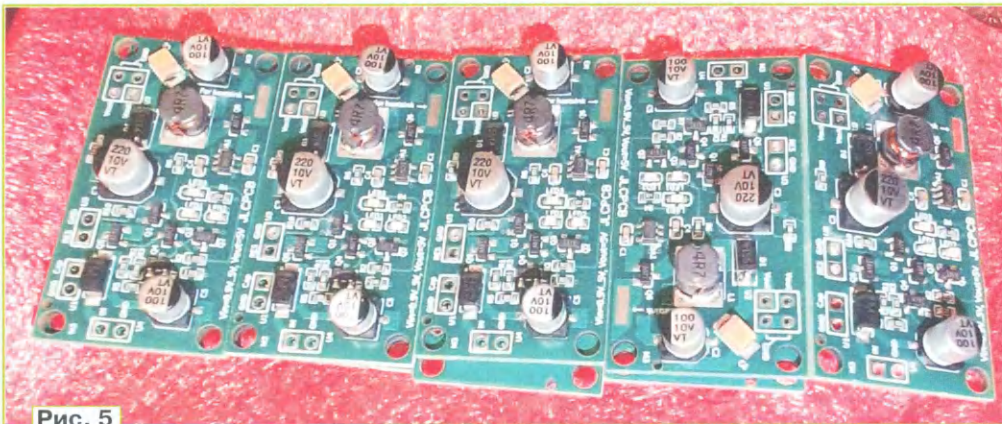


Рис. 5

повышающий преобразователь постоянного напряжения, к выходу которого подключён электродвигатель. Если солнечную батарею поместить в место, где есть дневное освещение, но нет прямых солнечных лучей, на ионисторе медленно будет расти напряжение. Когда на ионисторе напряжение достигает 0,9 В, преобразователь запускается, при этом возможны два варианта: электродвигатель не вращается; электродвигатель вращается очень медленно и короткий промежуток времени, момент вращения очень слабый.

Если подключить модуль управления между ионистором и преобразователем, ионистор заряжается до напряжения 2,8 В, после этого запускается преобразователь и питает электродвигатель, пока ионистор не разрядится до напряжения примерно 1,8 В. Момент вращения электродвигателя — большой.

Таким образом, предлагаемое устройство позволяет накапливать энергию, получаемую от солнечной батареи; уменьшить размеры солнечной батареи за счёт использования накопителя энергии, автоматического управ-



Рис. 6

ления этим накопителем и обеспечения низкой мощности потребления модуля, который управляет этим накопителем; дать возможность создавать автономные устройства с питанием от солнечных батарей, которые будут иметь малые габариты и массу; обеспечивать питанием различные малогабаритные электронные устройства и электродвигатели, кратковременно потребляющие мощность до 10 Вт при напряжении 5 В; обеспечивать питанием эти ма-

логабаритные электронные устройства при слабом освещении, когда солнечная батарея отдаёт небольшую мощность.

Основное назначение этого устройства — использование вместе с электронными конструкторами, отладочными платами Arduino, Raspberry и т. п.

Приведу примеры устройств, в которых может применяться предлагаемый блок питания:

1. Автономный робот с питанием от солнечной батареи, передвигающийся на колёсах или гусеницах.
2. Зарядное устройство на основе солнечной батареи для смартфона, планшета, сотового телефона и пр.
3. Погодная станция.
4. Автоматический полив комнатного растения.
5. Радиотермометр с большой дальностью передачи данных.

От редакции. Gerber-файлы для изготовления печатной платы и перечень элементов находятся по адресу <http://ftp.radio.ru/pub/2025/10/solar.zip> на нашем ftp-сервере.

Из истории отечественного телевидения

А. ЧЕЧНЕВ, колледж связи № 54, г. Москва

Введение

За несколько дней до празднования 70-летия И. В. Сталина инженер НИИ-380, член ВКП(б) с 1928 г. тов. Розин Г. П. написал заявление в Министерство промышленности средств связи (МПСС) СССР на имя министра тов. Алексеенко Г. В. В заявлении указывалось на крупные дефекты телевизора Т-4-50, предназначенного вождю в качестве подарка к 70-летию от коллектива рабочих и служащих НИИ-380. Суть обращения состояла в том, что для восстановления работоспособности этого телевизора, со слов товарища Розина Г. П., и. о. главного инженера 6 ГУ тов. Певцовым В. П. для ремонта

и укомплектования подарка было предложено использовать надёжные оригинальные узлы и блоки от трофейного немецкого телевизора EFu T1, произведённого в г. Арнштадте.

Институт телевидения с филиалом

По заданию правительства СССР в 1932 г. в г. Ленинграде был создан Всесоюзный физикотехнический институт с рядом лабораторий, на которые была возложена задача проведения научно-исследовательских работ в области телевидения.

Бурное развитие телевизионной техники потребовало расширения комплекса лабораторий, и

в 1935 г. из этого института был выделен научно-исследовательский институт телевидения (НИИТ). Проводя большой объём работ и получив на основе договора техническую помощь от американской фирмы RCA, коллектив института накопил необходимый опыт. В течение последующих лет в области телевизионной техники при непосредственном участии специалистов института был выполнен ряд работ, среди которых можно отметить следующие:

— в 1938 г. было закончено строительство, и введён в эксплуатацию Ленинградский телевизионный центр, прекративший работу во время Великой Отечественной войны;

— в 1938 г. закончено строительство, и введён в эксплуатацию Московский телевизионный центр (МТЦ), который силами американских специалистов был укомплектован американской аппаратурой;

— было организовано производство телевизионных приёмников, и до начала войны выпущено около 500 шт. для Москвы и Ленинграда. Во время войны это производство было останов-

лено. В 1946 г. в Москве эксплуатировалось около 300 телевизионных приёмников, настроенных на стандарт МТЦ;

- проводилась разработка проекта телефикации Дворца советов, которая прекратилась с началом войны. НИИТ был демонтирован и эвакуирован в разные районы страны.

В результате этого Советский Союз после войны не имел мощной научно-исследовательской и производственной базы по телевидению. На тот период самой развитой страной в вопросах телевидения были США, где по этой теме работало большое число организаций. Достаточно указать, что 65 американских фирм принимали участие в работе конференции по выработке стандарта телевизионного вещания. В одном Нью-Йорке, по данным 1946 г., имелось 19 центров, ведущих телевизионные передачи. Ряд центров находился в стадии подготовки к вводу в эксплуатацию. Были проложены кабельные линии для телевизионных передач Нью-Йорк—Филадельфия и Нью-Йорк—Вашингтон. Такими же линиями был охвачен и весь юг США. В 1946 г. была проведена дуплексная телевизионная передача цветного изображения Нью-Йорк—Вашингтон. Во время войны ни один телецентр не прекращал своей работы. Лаборатории переключили свою деятельность на оборонную тематику и достигли значимых результатов.

Были разработаны и изготовлены в тысячах штук:

- телевизионные установки для разведки;
- телевизионные головки для авиационных бомб;
- телевизионные головки для планеров;
- телевизионные головки для трёх типов морских самолётов, управляемых по радио;
- были изготовлены, но в небольших количествах, танковые телевизионные системы и переносные телевизионные передатчики для пехоты, но радиус действия этих станций был незначителен и они не смогли получить дальнейшего развития.

В послевоенный период американскими фирмами интенсивно велись работы по телевидению как средству, которое должно было полностью заменить радиовещание и телефонную связь внутри страны.

В довоенный период Англия занимала одно из ведущих мест в области телевидения. В постоянной эксплуатации были телевизионные центры в Лондоне и Бирмингеме и ретрансляционная линия Лондон—Бирмингем. Имелось около 25 тыс. телевизионных приёмников. В период войны лаборатории фирм "Маркони",

"Скафони", "Берда", а также вновь созданные лаборатории при различных институтах министерства обороны продолжали работы по телевидению, переключив их, в основном, на оборонную тематику. Из отчёта правительственного телевизионного комитета следует, что за период войны в этих лабораториях были получены обнадеживающие результаты, которые были использованы в боевых действиях в районах Южной Италии и в Бирме. Английские и американские лётчики проводили совместные бомбардировки виадуктов и переправ бомбами и планерами, начинёнными взрывчатым веществом, с телевизионными головками для точного наведения на цели.

Результаты работ этих лабораторий правительственный комитет предполагал использовать в послевоенный период для развития гражданского телевидения с тем, чтобы стать экспортёром телевизионной аппаратуры в Европу.

В качестве эксперимента тогда же была организована телевизионная передача для Бельгии, которая уверенно принималась в контрольных точках. По результатам эксперимента начались работы по дальнейшему расширению телевизионной сети.

В Германии в довоенный период над вопросами телевидения работал ряд институтов ("Фернзее-Бош", почт и телеграф, "Телефункен") и производственных фирм ("Сименс-Гальске", "Блаупункт", "Лёве", АЕГ и многие другие).

Уровень этой техники характеризовался следующим:

- постоянно действовало два телевизионных центра;
- были разработаны три класса телевизионных приёмников. Один из них, Е-1, был запущен в серийное производство;

- в эксплуатации была постоянно действующая линия (телефизионный телефон), соединяющая города Берлин, Гамбург, Лейпциг, Нюрнберг и Мюнхен;

- институтом "Фернзее-Бош" была разработана и изготовлена серия телевизионных головок (около 600 шт.) для авиационных бомб;

- разработан и изготовлен макет телевизионной головки зенитного реактивного снаряда;

- разработана и изготовлена партия телевизионных установок для танков, а также ряд других заслуживающих внимания приборов.

Исходя из наличия специалистов в различных областях техники телевидения и радиовещания, имевшихся в технических бюро Министерства электропромышленности Германии, а также основываясь на наиболее актуальных для СССР темах, различным министерствам нашей страны был спущен обширный план научно-исследовательских и опытных работ. Реализовать все эти планы предстояло Советской военной администрации в Германии. Тематика работ самая разнообразная, но мы обратимся к темам по телевидению, которые необходимо было выполнить к концу 1946 г.:

- настольный телевизионный приёмник на 625 строк;
- контрольно-испытательная телевизионная установка (КИТУ) на 625 строк для проверки телеприёмников;
- радиовещательные приёмники первого и второго класса.

Совет Народных Комиссаров СССР 15.03.1946 г. принял постановление № 597-246 о создании в г. Ленинграде "Всесоюзного научно-исследовательского института телевизионной техники" (ВНИИТ) с опытным заводом для решения проблемных теоретических и практических задач по



Фото 1

созданию передающей и приёмной ТВ-аппаратуры на 625 строк разложения, разработки чёрно-белых и цветных ТВ-систем различного назначения, передачи ТВ-изображения на большие расстояния. Для выполнения задания Министерства электропромышленности, ещё до официального создания института, в феврале 1946 г. на основании постановления военного совета Группы советских оккупационных войск в Германии был создан филиал института телевидения, находящийся в основном в трёх местах:

- на территории бывшего радиозавода "Сименс-Радио" в г. Арнштадте;

- на территории бывшего конденсаторного завода "Сименс-Гальске" в г. Гера;

- на территории деревообделочного завода в г. Лангевизен, где находились цеха, изготавливающие для нужд филиала ВНИИТ корпуса для радиоприёмников и подобные изделия.

В течение полугода добавилось несколько других германских предприятий радиотехнической специализации.

В целом филиал ВНИИТ занимал общую площадь 30975 м², из

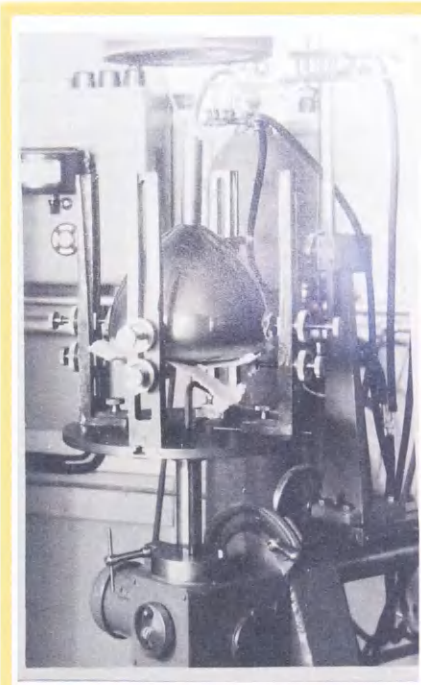


ФОТО 2



ФОТО 3

них на Арнштадт приходилось около 22000 м². Филиал состоял из четырёх основных отделов.

Телевизионный отдел со штатом 298 человек имел семь ла-

бораторий и опытную мастерскую:

- лаборатория телевизионных приёмников и УКВ-передатчиков (ФОТО 1);



ФОТО 4

- лаборатория телевизионной передающей аппаратуры;
- лаборатория развёртывающих устройств;
- лаборатория оптики;
- лаборатория широкоэталельных приёмников и частотной модуляции;
- лаборатория измерительной и контрольной аппаратуры;
- лаборатория радиодеталей.

В состав телевизионного отдела входили конструкторское бюро и бюро технической информации.

1. Вакуумный отдел со штатом в 89 человек имел шесть лабораторий и три мастерских:

- лаборатория электронной оптики;

- лаборатория катодно-лучевых трубок (ФОТО 2);

- лаборатория усилительных и специальных радиоламп (ФОТО 3, ФОТО 4);

- фотоэлектрическая лаборатория;

- лаборатория магнетронов;

- химическая лаборатория;

- электродная, стеклодувная и откатная мастерские.

2. Опытное производство со штатом в 742 человека состояло из конструкторского бюро, инструментального цеха, цеха производства деталей, заготовительного цеха. Здесь же был цех по производству сопротивлений (резисторов) и монтажно-сборочные цеха (ФОТО 5).

3. Административно-хозяйственный аппарат со штатом в 245 человек включал различные вспомогательные службы: бухгалтерию, транспорт, снабжение, охрану, отдел кадров.

На конденсаторном заводе имелись три основных отдела:

- технический со штатом в 57 человек;

- опытное производство со штатом в 497 человек;

- административно-хозяйственный аппарат из 69 человек.

В течение 1946 г. в филиале ВНИИТ работало в среднем шесть советских специалистов, в 1947 г. — четыре специалиста. На 1 января 1947 г. в филиале ВНИИТ со всеми его отделениями работало 2640 немецких специалистов и рабочих, в том числе: специалистов — 108 человек; вспомогательного технического персонала — 183 человека; служащих — 155 человек; рабочих и обслуживающего персонала — 2184 человека. Все специалисты имели самое непосредственное отношение к тематике филиала. Среди них были доктора наук, дипломированные инженеры и инженеры без диплома, ранее работавшие в Берлинском телевизионном институте "Фернзее-Бош", "Сименс-Радио", "Оптардио", АЕГ и других организациях.

Производственное оборудование состояло из 1430 единиц, в том числе станки — 573 шт., специальное технологическое оборудование — 847 шт., лабора-

— разработка промышленной технологии изготовления люминофоров;

— разработка промышленной технологии изготовления теле-

Контрольно-измерительное оборудование

Разработка телевизионных приёмников и передатчиков, развёртывающих устройств не может быть осуществлена при отсутствии контрольно-измерительного оборудования, с помощью которого производится наладивание и поверка этих устройств. В начале работ в первую очередь были изготовлены отдельные устройства и блоки:

— широкополосный осциллограф ПБ-2 (25 шт.) (фото 7);



Фото 5

УЧ. АДМИН. ВНИИТ

68. ЗАПВАНН — дипл.инженер	Специалист в области телевизионной аппаратуры.
69. ВИХОВЕН — инж.практик	Специалист в области телевизионной аппаратуры на фирме "Герензее".
70. МАЛИН — дипл.инж.	Специалист в области разверток.
71. ЛИБОВЕР — инж.практик	Специалист в области телевизионных оптических систем и измерений.
72. ДИТРАХ — дипл.инженер	Специалист в области высокочастотной аппаратуры.
73. ГОБРЕХТ — доктор Рейнрих	Специалист по вопросам люминесценции и фотоэлектричества, а также по разработке передающих телевизионных трубок и спец. телевизионных ламп.
74. ГОБРЕХТ — доктор Рихард	Специалист в области электронной оптики и фотоэффекта.
75. Д.В.Р. — доктор Ганс-Варнер	Специалист в области катодно-лучевых трубок и лабор. спец. ламп.
76. ПОТТВЕРКЕ — инженер Рейнрих	Специалист в области производства конденсаторов и сопротивлений.

Фото 6

торное оборудование — 1831 шт. Приведу фото документа с фамилиями ведущих немецких специалистов, работавших по вопросам телевизионной тематики в филиале, а затем в НИИ-380 в Ленинграде (фото 6).

В 1947 г. выделенное из Министерства электропромышленности Министерство промышленности средств связи (МПСС) ставит дополнительные задачи перед филиалом ВНИИТ, а имен-

но: — разработка промышленных приёмных и передающих трубок (иконоскопы и супериконоскопы). Изготовление необходимой оснастки и специального оборудования для этой цели;

— копирование конструкции ряда американских радиоламп для телевизионной техники и создание оснастки для их серийного производства на заводах СССР;

— разработка телекинопроектора системы МЕХАУ.



Фото 7

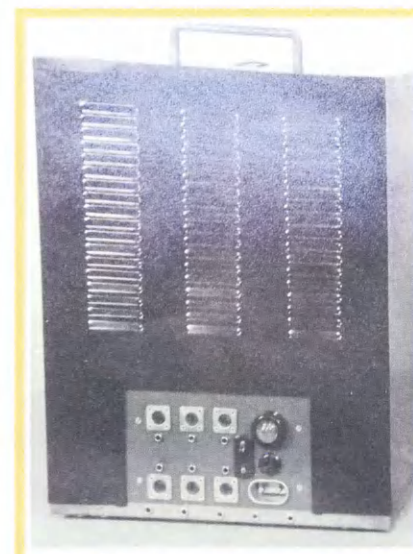


Фото 8

— синхрогенератор для телевизионного стандарта на 625 строк (фото 8);

— 7-дюймовый моноскоп с током луча 100 мкА (фото 9);

— высокочастотный коммутатор (фото 10).



Фото 9

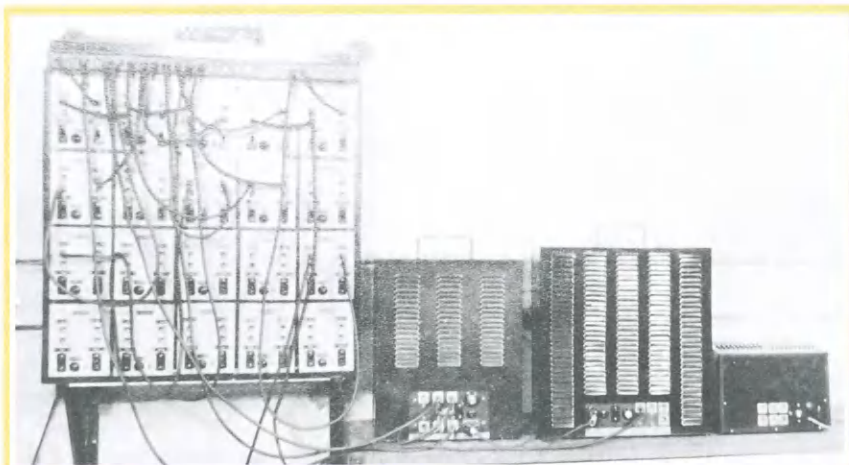


Фото 10



Фото 11

На основе проведённых исследований и создания отдельных блоков и устройств к концу 1946 г. была закончена разработка небольшого телецентра для испытания и налаживания

всех телевизионных устройств, которые создавались в этот период. В разработке КИТУ принимали участие почти все лаборатории филиала в г. Арнштадте. Здесь важно заметить, что совет-

ская элементная база была практически недоступна, поэтому были использованы немецкие радиодетали и радиолампы. К 1 января 1947 г. было изготовлено четыре комплекта КИТУ, два из которых были некомплектны. Радиоламп немецкого производства тоже не хватало для закрытия плановых работ. В целом КИТУ состояла из 11 блоков, в том числе:

- генератор синхроимпульсов по новому советскому стандарту;

- генератор сигналов клетчатого поля;

- развёртывающее и усиительное устройство для моноскопа;

- высокочастотный коммутатор для распределения сигналов изображения;

- УКВ-генератор с широкополосным модулятором для передачи сигналов изображения.

Позднее, уже в СССР, в СКБ-833 один из комплектов КИТУ был переделан на стандарт в 441 строку (Фото 11). На фотографии КИТУ справа, а слева — кинопроекционная установка. Обращая внимание, что эта информация — из отчёта по работам за 1947 г.

Из доклада инженера Баранова Б. И. на заседании секции телевидения НТС МПСС в 1947 г.: "Генератор на 625 строк имеет в своём составе 52 радиолампы. Делитель частоты сделан обычным способом с двойной строчной частотой. Имеется двухламповый синхрогенератор, который позволяет получить управляющее напряжение. Имеется сложная комбинация большого числа отдельных контуров, сложные линии задержки. На этих участках получается запаздывание по фазе. Необходимый сдвиг получается на контуре, включённом в управляющую сетку буферного каскада. Синхрогенератор выдаёт на выходе 15 В. КИТУ содержит генератор сетчатого поля. Имеется шесть комбинаций: горизонтальное поле; распределённая сетка с крупным квадратом; сетки из мелких квадратов; комбинация из вертикального сигнала; сложная комбинация из редких полос больших и мелких квадратов. Передатчик звука шестикаскадный, волна определяется настройкой реактивной лампы. Телевизионный сигнал уверенно принимался на расстоянии до 4 км". По утверждению докладчика, на момент разработки всего комплекта аппаратуры отсутствовали утверждённые технические условия. Они появились в момент свёртывания всех работ по причине демонтажа предприятий филиала и отправке их в СССР.

(Окончание следует)

Радиоэкспедиция в Бенин

TYORU

Александр БЕЗМЕНОВ (R9LM), г. Тюмень

Оставляя автомобиль на таможне, мы не были уверены, что за ночь машину не ограбят, рядом с нашей уже стояли полуразобранные машины. Нам подфартило, таможенники отвлеклись, и мы, закрывая машину, прихватили незаметно пару трансиверов, кабель, антенны и даже ноутбук. Пройдя таможню, садимся в местное такси. Ночь, по пути через каждые пятьсот метров блокпосты, и на каждом останавливают то ли "федералы", то ли отряды военизированной самообороны, светят фонарями в салон, проверяют паспорта. Не знаешь, где ждать подвоха!

Итак, мы на месте, позвонили ребятам, сообщили о том, что доехали и что у нас всё хорошо.

На входе в отель — американский флаг, пальмы, бассейны, довольно большая площадь перед отелем, всё выглядит цивильно по сравнению с той местностью, откуда мы приехали.

Мы нереально уставшие! Сил хватило лишь принять душ, выложить аппаратуру и пометать, что сейчас развернёмся. Но от стресса и усталости сами не заметили, как вырубались. Утро наступило быстро. Ранний подъём и возвращение к таможенному пункту. Нужно вырывать



Аппаратура, которую нам удалось незаметно забрать из машины и доставить в отель.



Отель в Того.

Ловим такси, выезжаем на трассу, как из печки в салон повалил дым, а после и из-под капота! Такси остановилось, чуть было не начался пожар, а огнетушителя в машине нет — зачем он в Африке?! Общими усилиями предотвратили возгорание, но на этом транспорте ехать было уже небезопасно, ловим следующую машину и доезжаем до таможни.

Окончание.

Начало см. в "Радио", 2025, № 5—9

машину с оставшейся аппаратурой!



На таможне в Того. Пытаемся объяснить, кто мы и зачем, для чего нам аппаратура.



Стевис, Владимир Васильев (R9LR), Александр Безменов (R9LM), Николай Толкунов (R5EC).

Настал очередной виток разбирательств с таможней. Сегодня у нас с Владимиром есть ещё день, чтобы помочь команде пересечь границу с оборудованием, завтра наше путешествие заканчивается, и нам нужно улетать в Тюмень. До последнего пытаемся убедить таможенников, что у нас есть оформленное разрешение на позывной в Того, что криминального в этой аппаратуре ничего нет. Звонили и в Российское консульство в Бенине (в Того его нет) — там нам дали ответ, если вас не задержали и не посадили в тюрьму, то разбирайтесь сами. Так мы провели почти весь день на ногах. Где-то к обеду приехали два Василия (R7AL и RA1ZZ). Из всех членов команды Василий (R7AL) хорошо говорит на английском, вся надежда на него, а также на то, что в обед прибудет начальник рангом выше, и он сможет ему разъяснить цели нашей миссии в этой стране.

Прибыл начальник, нас пригласили в отдельное помещение с кондиционером (на улице жара за +30 °C, а тут просто рай). Рядом с ним присутствовал человек, понимающий в радиосвязи, а также охранник. Всей толпой мы старались объяснить, показать карточки (QSL), предыду-



Диплом Unlimited Cass Award 2022.

щие примеры экспедиций. Начальство вроде бы всё поняло, но пояснило, что в стране смутные времена и король боится переворота, особенно со стороны иностранцев, что они бы и рады нас впустить с оборудованием, но боятся тоталитарного короля. Снова пролетели сутки, но в итоге нам удалось договориться забрать машину с аппаратурой и оборудованием.

Возвращаемся в отель в Бенине. Двое суток на таможне и на нервах, нас изрядно потрепали.

Пока мы все были на таможне, Леонид (RW9JZ) в одиночку подерживал рабочее состояние аппаратуры, вещал всеми видами и на всевозможных диапазонах!

Владимир (R9LR) и я начинаем сборы домой... В рюкзаке нахожу открытку от дочери, говорящую о том, что нас ждут дома. На ней мама, папа, дочка.

Очень жаль покидать коллектив, так и не разрешив в полной мере вопрос с пересечением границы, но всё же считаю, что мы проделали огромную работу, используя все возможные пути для решения поставленной задачи. Теперь оставшимся членам команды предстоит вновь попытаться пересечь границу, но это уже другая история, не менее захватывающая, чем первая!

Команда TY0RU — Василий Суханов (RA1ZZ), Василий Пинчук (R7AL), Владимир Васильев (R9LR), Илья Каинов (R5AF), Леонид Бережной (RW9JZ), Вячеслав Родин (OK8AU, RW8A), Николай Толкунов (R5EC), Александр Безменов (R9LM) — установила рекорд (связи с 33553 уникальными станциями из Бенина) и получила диплом Unlimited Cass Award 2022.

Премия Касс (Cass Award) ежегодно вручается DX-экспедициям, совершившим наибольшее число уникальных QSO за календарный год, и объявляется в марте в двух категориях: один оператор и неограниченное число операторов. "Касс" — это WA6AUD (ныне SK), Хью Кэссиди, он же профессор Касс, который был редактором, печатником и почтальоном West Coast DX Bulletin, издававшегося с 1968 г. по 1979 г.

P. S. Это была моя первая экспедиция в составе команды RUDXTeam. Многих ребят я знал по эфиру более 25 лет, и встретиться вот так, бок о бок, за тысячи километров, имея общие интересы и цели, — это очень круто! Воспоминания об этом времени отпечатываются на долгие годы! Надеюсь, это не последняя наша встреча и экспедиция! Желаю команде RUDXT здоровья, новых целей и свершений, развития и процветания! Ну и, конечно же, охотникам за экспедициями желаю меньше QRM, больше DXs! Не забывайте вызывать и спотить, если услышите.

**До встречи на диапазонах,
73!**

Благодарю за редакционную работу Николая (R9LY) и Александра (RW5C).

РАДИО

начинающим

История создания детских внешкольных организаций в Крыму

Л. ПУЗАНКОВ, г. Симферополь, Крым

В конце сентября 1923 г. по решению бюро обкома комсомола в здании детской буржуазной организации будущих граждан по улице Желябова, 17 был открыт Центральный Дом юных пионеров. Он занимал девять комнат, где располагались библиотека, переплётная мастерская, кабинет вожатого звена, склад спортивного инвентаря [1].

В кружках Дома пионеров занималось 75 ребят. С каждым годом появлялось всё больше кружков, в 1924 г. — кружок изобразительного искусства, в 1925 г. — радиокружок. За короткий срок юные радиолюбители установили 16 радиомачт, совершили 13 выездов в деревню, где проводили беседы, установив для сельчан три мачты и два ламповых приёмника. В 1928 г. был организован кружок друзей советского кино. В этом же году был поставлен вопрос об организации хорового кружка. В Доме пионеров собирались руководители "живых газет". Форма массовой пропаганды в виде агитбригад была наиболее популярной в то время — доступная, наглядная, острая и актуальная. Жизнь в стране стабилизировалась, и менялись формы детского творчества — актёры "живой газеты" организовали литературно-драматическую мастерскую.

Помещение для Дома пионеров на ул. Желябова было не-

большим, поэтому в 1930-е годы в периодической печати частыми были публикации о необходимости нового здания. Столице Крыма — образцовый Дворец пионеров! — под таким заголовком выступила газета "Красный Крым". И вот в 1939 г. ребята получили в подарок красивое здание по ул. Советской (ныне Горького). Это было прекрасно оборудованное просторное двухэтажное здание со зрительным залом на 500 человек, с хорошей сценой, большим балетным залом, было много комнат для кружковой и массовой работы.

На тот момент во Дворце пионеров работали кружки: хоровой,

драматический, шахматно-шахечный, рукодельный, авиамодельный, духовой оркестр и оркестр народных инструментов, ансамбль песни и танца, студии балета, юных скульпторов, изобразительного искусства.

В годы Великой Отечественной войны деятельность кружков не прекращалась. В здании Дома пионеров был размещён военный госпиталь, а работа кружков была перенесена в помещение ТЮЗа. Пионеры организовали штаб тимуровских команд, начался сбор бутылок для горючих жидкостей, тимуровцы очистили от мусора и хлама 225 чердаков (в целях противопожарной безо-

**Фото 1. Руководитель радиотехнического кружка
Дворца пионеров Р. Ш. Апсаламов.**



пасности при бомбёжках). Девочки-кружковцы Дома пионеров сшили для госпиталя 350 пар белья, 225 простыней, вязали тёплые вещи. Многие сотрудники Дома пионеров ушли на фронт.

Когда фашисты оккупировали Симферополь, то в одном из самых красивых зданий нашего города, Доме пионеров, был размещён немецкий госпиталь, а уходя из города, фашисты взорвали его и ТЮЗ.

13 апреля 1944 г. Симферополь был освобождён Советскими войсками. И уже в конце апреля Дом пионеров возобновил работу кружков. Постоянно закреплённого помещения не было. Сначала ребята занимались в помещении греческой церкви, затем в помещении школы № 9. К началу 1945 г. было выделено помещение в Доме колхозника (2-й этаж). Работали кружки — авиамodelьный, хореографический, танцевальный, духовой оркестр.

В пятидесятых годах радиокружок размещался на втором этаже двухэтажного здания по ул. Карла Либкнехта, 19. Этот кружок посещал и я. В кружке мы собирали детекторные приёмники, которые передавали жителям сельских мест, где ещё не было радиотрансляции.

С 1956 г. Дом пионеров находился на улице Гоголя, 26. С каждым годом число кружков увеличивалось, он стал центром методической и массовой работы в городе. В стенах Дома пионеров открывались новые кружки, лаборатории, создавались клубы по интересам.

В апреле 1970 г. юные крымчане получили в подарок новое красивое здание. В нём было 116 помещений, общая площадь которых 6000 м². Во Дворце пионеров стали активно работать радиокружок и любительская радиостанция UK5JAZ. На крыше четырёхэтажного здания появились радиолюбительские КВ и УКВ антенны. Начиная с 1978 г. бессменным руководителем радиокружка при дворце пионеров стал Рим Шакирович Апсальмов (U88JR) (фото 1). Многие школьники стали изучать код Морзе и правила работы в эфире. Благодаря усилиям Р. Ш. Апсальмова школьники Симферополя постоянно работали в эфире, принимали участие в различных соревнованиях. Многие из них стали выдающимися спортсменами по

разным видам радиоспорта. Это Рустам Мухаметзянов, Юрий Шаля, Виктория Яворская, Владимир Левдинов, Евгений Воднев, Елена Черненко, Владимир Марченко, Алексей Петров, Виктория Картель и др. (см. фото 2 на 3-й с.). Следует отметить, что изучение кода Морзе в кружке Р. Ш. Апсальмова продолжалось многие годы, даже когда в Крымском радиоклубе это было прекращено. С уходом из жизни

ская радиостанция и др.), к сожалению, не обнаружено!

В 2023 г. исполнилось 95 лет движению юных техников в нашей стране [2]. В 1928 г. для пионеров и школьников Крыма при областном отделе народного образования была организована станция юных техников (СЮТ), в которой начали работать различные кружки, в том числе и радиотехнический. Известно, что первый авиамodelьный кружок в



Фото 3. Школьная астрономическая обсерватория в Симферополе.

Р. Ш. Апсальмова вся работа в радиокружке, к сожалению, прекратилась. Антенны с крыши были демонтированы.

В семидесятых годах при Дворце пионеров появилось новое направление технического творчества — картинг. Многие годы этот кружок возглавлял известный крымский радиолюбитель Немоловский Виктор Александрович (UB5SE). Площадка для заездов была оборудована в соседнем детском парке.

В 1991 г. на базе Крымского областного Дворца пионеров был образован Крымский Республиканский Центр детского и юношеского творчества, а в 2006 г. он стал Крымским республиканским внешкольным учебным заведением "Центр детского и юношеского творчества". После "Крымской весны" это заведение стало называться ГБОУ ДО РК ДДЮТ — Государственное бюджетное образовательное учреждение дополнительного образования Республики Крым Дворец детского и юношеского творчества. Как показывает анализ программ и деятельности этого учреждения, в перечне направлений работы его различных секций, отдела радиолюбительства (радиокружок, радиоконструирование, радиоспорт, любитель-

Крым начал свою работу ещё в 1924 г.! Многотысячная армия юных техников стала с увлечением заниматься техническим творчеством, рационализаторской и исследовательской деятельностью, радиолюбительством.

В чём причина успехов станции? Их много, и каждая из них сыграла свою важную роль. Главная — это ответственные и инициативные руководители станции. Одним из первых директоров СЮТ до войны был Леонид Сторчевский, а с 1939 г. её возглавила Урилевич Полина Давыдовна, работавшая до этого инспектором ОблОНО. После освобождения Крыма от немецко-фашистских захватчиков в 1944 г. она вновь возглавила СЮТ. В короткие сроки СЮТ стала центром по распространению научно-технических знаний среди учащейся молодёжи и развитию научно-технического творчества школьников, стала центром по подготовке руководителей кружков. Под эгидой СЮТ в городах Крыма стали организовываться различные кружки: радиотехнический, судомodelьный, авиамodelьный и другие.

В 1946 г. при Крымской СЮТ было создано СОЛА — Симферопольское общество юных любителей астрономии, работа кото-

рого в дальнейшем заслужила признание не только в нашей стране, но и за её пределами. В 1961 г. в Симферополе была открыта первая в стране юношеская астрономическая обсерватория, построенная Крымской СЮТ методом народной стройки. Эта обсерватория находится в центре Симферополя в детском парке (**фото 3**).

После Великой Отечественной войны для радиотехнического кружка СЮТ в Симферополе были выделены три комнаты в обычном жилом доме по улице Ленина, 21 (**см. фото 4 на 3-й с.**). Как свидетельствуют архивные материалы, в радиотехническом кружке в начале 1950 г. после выпуска первой группы радистов-операторов была открыта и любительская радиостанция с позывным УА6КСБ [3]. На торжественном заседании, посвящённом первому выпуску группы юных радистов, было принято "Обращение ко всем школьникам Крыма": "...создавать кружки по изучению основ радиотехники и азбуки Морзе" (**см. фото 5 на 3-й с.**). Молодые радисты с огромным интересом стали проводить радиосвязи с радиолюбителями Советского Союза и других стран. В 1952 г. записался в радиотехнический кружок СЮТ и автор этих строк.

После П. Д. Урилевич должность директора СЮТ занял

Найговзин Евгений Наумович, который позже стал директором ЦСЮТ РСФСР. В Крыму его сменил Брагинский Исай Ионович, с чьим именем связано создание Малой академии наук Крыма "Искатель". В 1967 г. И. И. Брагинский выехал из Крыма, а новым директором Крымской областной СЮТ был назначен Эммануил Петрович Неверодский, проработавший на этой ответственной должности более 40 лет! Благодаря его инициативе и руководству впервые в Крыму в 90-х годах был создан телекоммуникационный узел Internet CRIS, обеспечивая участие крымских школьников в международных программах "Глобальная лаборатория", "Виртуальный класс" и др. Это позволило совместно с МГУ впервые на Украине (Крым вошёл в состав Украины в 1954 г.) проводить дистанционное телекоммуникационное тестирование школьников Крыма, результаты которого учитывались при поступлении в высшие учебные заведения России.

Обычной практикой при Станциях юных техников в разных городах и районных центрах Крыма была организация радиотехнических кружков и открытие любительских радиостанций. В разные годы радиостанции Крымской СЮТ в Симферополе возглавляли Владимир Осинский (UB5SX),

Виталий Грыжебальский (UB5SL) (**см. фото 6 на 3-й с.**), Валерий Герасимов (UU5JX), а с 1980 г. много лет подряд бессменным руководителем радиостанции был мастер спорта СССР Игорь Овчаренко (UU5JW). В настоящее время коллективной радиостанцией СЮТ UC6K руководит опытный коротковолновик и воспитатель Константин Валентинович Ернев (RX7K).

Школьники в кружках СЮТ изучали код Морзе, правила радиообмена и участвовали в различных соревнованиях, конкурсах радистов-операторов, радиомногоборье, "охоте на лис", соревнованиях по радиосвязи на КВ и УКВ районного, городского, республиканского и международного масштабов, добиваясь порой высоких результатов.

В начале 80-х годов на базе областной коллективной радиостанции СЮТ UK5JAX группа радиолюбителей Симферополя под руководством Василия Бекова (UU2JJ) изготовила необходимые антенные устройства, установили их во дворе на территории СЮТ (ул. Гоголя, 28) и, используя аппаратуру инициатора мероприятия, осуществила первые в Крыму двухсторонние любительские радиосвязи с различными странами на УКВ с отражением радиосигналов от поверхности Луны!



Фото 7. Первенство России по СРП, 12–17 мая 2025 г., Краснодарский край (левее группы участников — Е. Ф. Ромашкевич).

Известно, что в конце 1971 г. в Крыму были зарегистрированы следующие коллективные радиостанции при СЮТ:

UK5JAF — г. Феодосия, начальник радиостанции — переехавший из Симферополя Грыжебалый Виталий Версеньевич (UB5SL);

UK5JAU — г. Джанкой, Гринюк Лев Павлович (UB5JBA);

UK5JBK — г. Севастополь, Привезенцев Вячеслав Анатольевич (UB5SS);

UK5JCB — г. Евпатория, Карпенко Александр Иванович;

UK5JCN — п. Гвардейское, Шапарный Вячеслав Валентинович;

UK5JCP — с. Маленькое, Славгородский Виктор Петрович.

В настоящее время в Симферополе есть и городская СЮТ (ул. Горького, 30), которая активно проводит занятия со школьниками города в различных секциях. В соответствии с нововведением в системе образования нашей страны это учреждение

называется МБ УДО СЮТ — Муниципальное бюджетное учреждение дополнительного образования СЮТ. Сейчас в этом учреждении проводятся занятия со школьниками в различных секциях (около двух десятков). Среди них: основы робототехники, начальное авиамоделирование, основы 3D-моделирования и программирования, программирование на JAVA, введение в программирование на языке PYTHON, основы алгоритмики и логики, судомоделирование, математика для старшеклассников и другие. Много секций есть для младших школьников. Из радиолюбительских программ в учреждении работает секция по спортивной пеленгации, где преподаёт опытный тренер по СРП, зам. председателя регионального отделения СРП по Республике Крым мастер спорта РФ международного класса по радиоспорту Екатерина Федоровна Ромашкевич (UB6KAP). Благодаря её таланту и высоким орга-

низаторским способностям её воспитанники во многих всероссийских соревнованиях (олимпиадах) часто занимают призовые места по этому виду радиоспорта (**фото 7**). Результаты высоких достижений спортсменов учитываются при поступлении их в высшие и средние учебные заведения и назначении стипендий.

Все фотографии — из архива автора статьи и Е. Ф. Ромашкевич.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дворец детского и юношеского творчества. — URL: <http://ddyt.ru/> (15.07.25).
2. Пузанков Л. А. История радиолюбительского движения и радиоспорта в Крыму. — Изд. ООО "Форма", 2023, 236 с.
3. Пузанков Л. История Симферопольской СЮТ и её любительской радиостанции. — Радио, 2018, № 8, с. 49—51.

Игра "Шарики в колбах" на модуле Arduino Pro mini 168 и светодиодной ленте WS2812B

Д. МАМИЧЕВ, пос. Шаталово Смоленской обл.

Статья продолжает тему, начатую автором в апрельском номере журнала этого года (**Мамичев Д.** Игра "Шарики в колбах" на модуле RP2040 и сенсорном дисплее. — Радио, 2025, № 4, с. 59—62). В новом варианте игры полностью изменена её аппаратная часть и частично программная. Её основа (**рис. 1**) — два самодельных модуля: индикатор игрового поля 1, имитирующий колбы и шары, и кнопочная станция 2 для перемещения шариков при игре. Теперь поле примерно в четыре раза больше первого варианта на дисплее, что делает процесс игры комфортней, а избавление от большого объёма графических данных для дисплея позволяет использовать в устройстве микроконтроллер (МК) с



Рис. 1

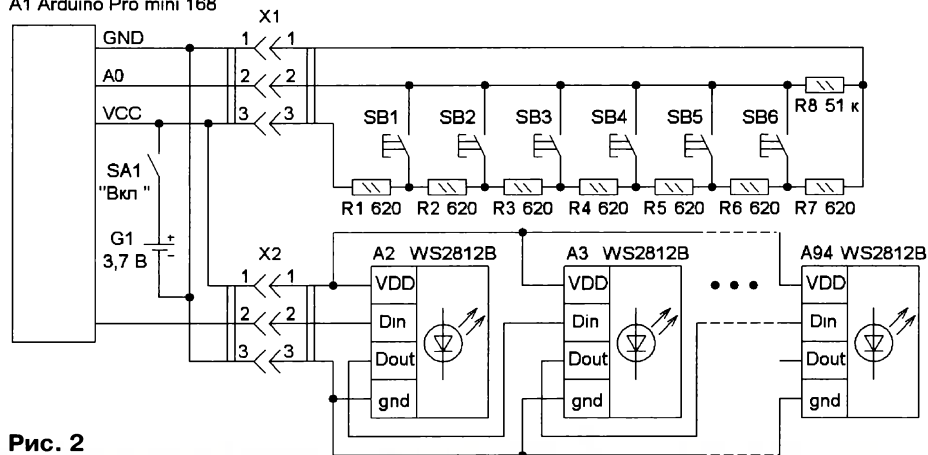


Рис. 2

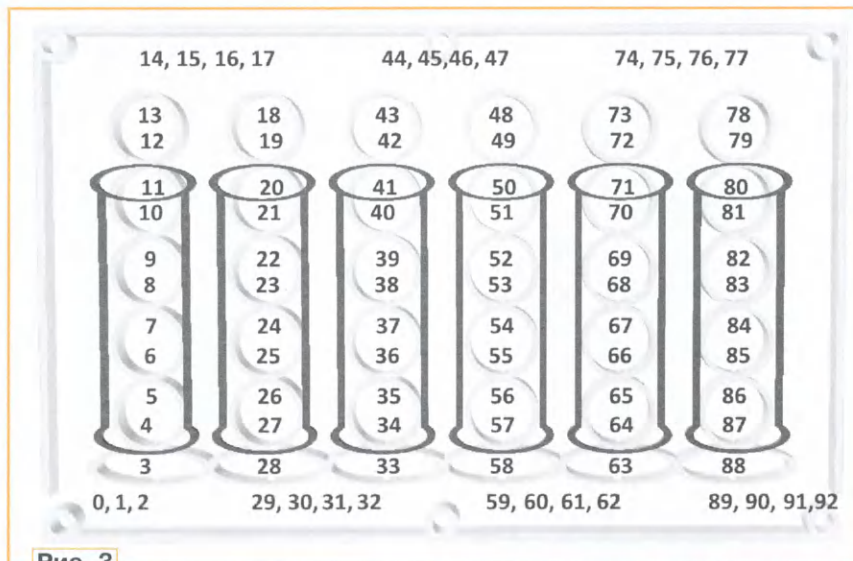


Рис. 3



Рис. 4

гораздо меньшими ресурсами, чем ресурсы модуля RP2040. Изображения шаров и пустых мест заменены футляр-корпусами, содержащими по два адресных светодиода WS2812B в каждом. Фоновое изображение колб заменено их печатными контурами. Функции сенсорного дисплея выполняет комплект из

шести механических кнопок от старой клавиатуры ПК.

Схема устройства показана на рис. 2. Резисторы R1—R8 и кнопки SB1—SB6 образуют аналоговую клавиатуру, подключённую к входу A0 модуля A1. Например, при замыкании контактов кнопки SB3 на вход A0 будет подано напряже-

ние $4/7U_{пит}$. Так, каждой кнопке соответствует своё определённое значение напряжения. Модуль A1 отслеживает нажатия на одну из кнопок. Отрезок светодиодной ленты состоит из 93 программируемых светодиодов A2—A94. Питание готовой конструкции обеспечивает аккумулятор G1 типоразмера 18650 с номинальным напряжением 3,7 В.

Схему укладки ленты по номерам светодиодов (пикселей) от начала № 0 до конца № 92 поясняет рис. 3 (вид со стороны лицевой панели). Для удобства программирования их желательно разделить на несколько групп-массивов данных. Например, пиксели групп 0—2, 29—32, 59—62, 89—92 обеспечивают нижнюю фоновую подсветку футляра, а 3, 28, 33, 58, 63, 88 подсвечивают дно соответствующей колбы. Номера пикселей подсветки шаров сведены в массив:

```
byte massiv_per[5][6]={
{12,18,42,48,72,78},//массив-переходник
{10,20,40,50,70,80},
{8,22,38,52,68,82},
{6,24,36,54,66,84},
{4,26,34,56,64,86},
};
```

Он содержит меньший номер каждой пары футляра шара. Таким образом создаётся логическая связь между индексами массива (номера колб и номера уровней шаров в них) с номером нужного пикселя при отображении анимации.

Для уменьшения засветки соседних футляров (рис. 4) желательно закрасить их боковые поверхности чёрной гуашью 1. Укладка светодиодной ленты производится в пазы 2 змейкой слева направо от нулевого пикселя. Комплект печатных элементов показан на рис. 5. Элементы 2, 5 и 4 обрамляют модуль кнопочного модуля. Кнопки и резисторы монтируют на макетной плате размерами чуть менее 140×25 мм (зазор под вставку в футляр). Корпус 5 с небольшим усилием садится на дно 2. В его боковое окно пропускают соединительные провода разъёма X1. В основной футляр 6 после покраски гуашью укладывают ленту. Сверху накрывают отрезком плотного белого картона толщиной около 1 мм в размер футляра. Детали фиксируются

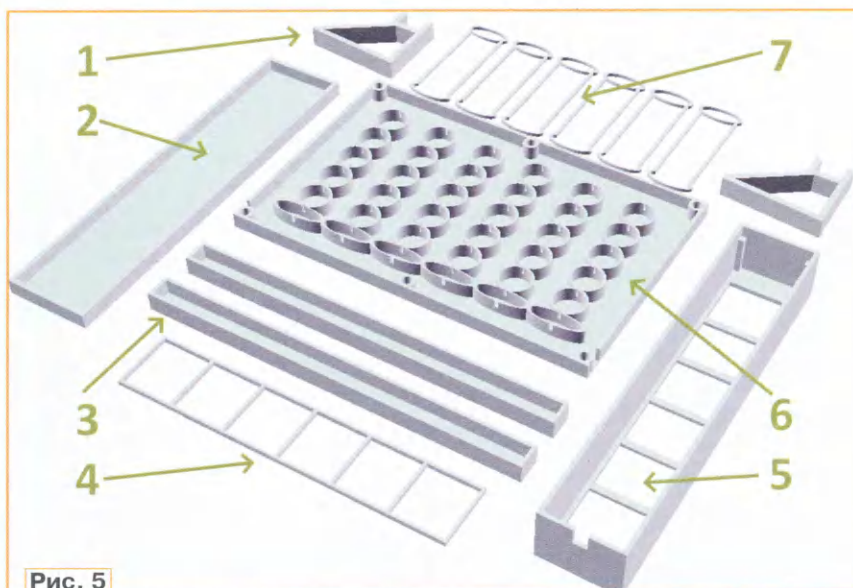


Рис. 5

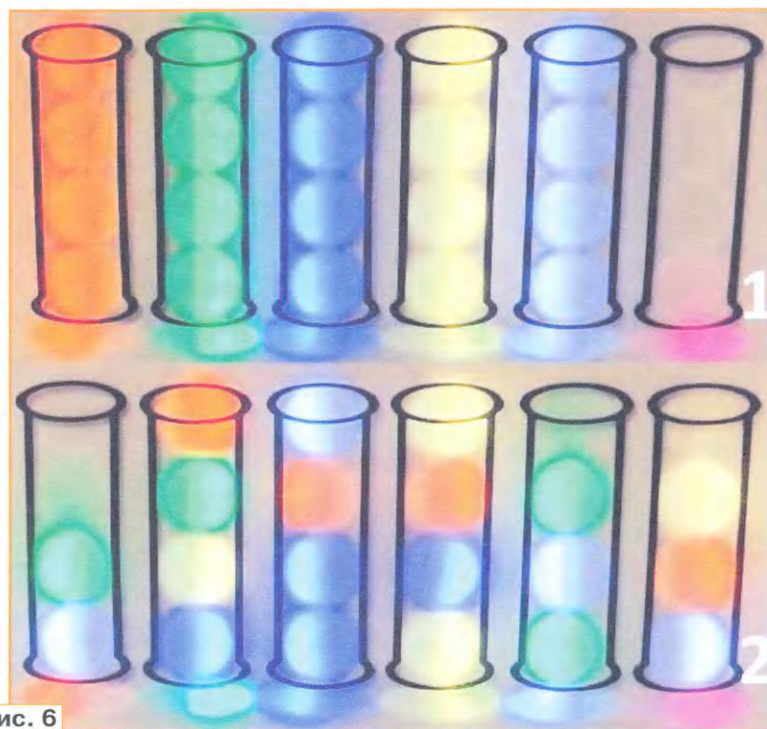


Рис. 6

сверху и снизу прямоугольными заглушками 3. К нижней заглушке секундным клеем приклеивают две опоры 1, отступив от краёв 1,5...2 см. Сверху на лицевые поверхности модулей приклеивают декоративные накладки 4 и 7. Их распечатывают чёрным пластиком. Кнопки извлечены из клавиатуры KS-6000. Надписи на клавишах заклеены отрезками бумажного скотча.

После включения питания для начала игры нужно нажать на любую кнопку, после чего псевдослучайным образом выпадет один из четырёх видов заданий в одной из трёх цветовых палитр (рис. 6). Через несколько секунд исходная расстановка шаров 1 сменится перемешанной 2. Задача игрока — собрать исходную комбинацию, пользуясь кнопками. Как и в первой версии, в текущей нет программной проверки правильности сборки. Для перехода к новому заданию игроку нужно четыре раза попытаться переместить любой шарик в полную колбу. Такое игровое условие, кроме упрощения навигации, дополнительно требует от игрока внимания при игре, иначе текущая игра будет обновлена при случайных или намеренных попытках нелогичных перемещений шариков.

При печати футляров были использованы следующие настройки принтера: пластик — чёрный и белый PLA; высота слоя — 0,2 мм или 0,3 мм; плотность заполнения — 60 %; поддержка — нет, температура сопла — 195 °C; температура стола — 55 °C; тип прилипания к столу — нет.

От редакции. Файлы проекта находятся по адресу <http://ftp.radio.ru/pub/2025/10/shar2.zip> на нашем FTP-сервере.

Искатель скрытой проводки на основе смартфона

И. НЕЧАЕВ, г. Москва

Для поиска скрытой электропроводки используют различные искатели, как выпускае-

мые промышленностью, так и самодельные. В качестве индикаторного прибора в них можно ис-

пользовать мультиметр [1], микроамперметр или звуковой сигнализатор. Но можно использовать и смартфон с установленной специальной программой. Так, например, сделано в индикаторе пульсаций освещённости [2].

В таком искателе можно применить датчики, реагирующие на электрическое или магнитное поле электропроводки. Датчик, реагирующий на магнитное поле, может быть более помехоустойчивым. Его можно изготовить

на основе катушки индуктивности с ферромагнитным незамкнутым магнитопроводом. Изготовить такой датчик можно на основе электромагнитного реле. При этом желательно использовать реле с обмоткой, имеющей максимальное число витков, т. е. с обмоткой на номинальное напряжение 24 В и более.

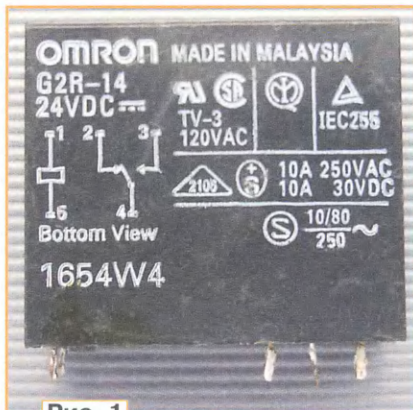


Рис. 1

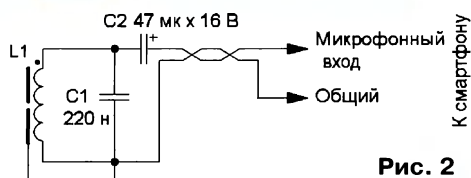


Рис. 2

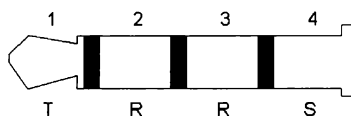


Рис. 3

Было использовано реле серии G2R-14 компании Omron (рис. 1). У него удалена часть основания, на котором закреплены контактные пластины, а также подвижная часть магнитной системы — якорь. Схема подключения обмотки реле к смартфону показана на рис. 2. У смартфона использован вход внешнего микрофона (гарнитуры), конденсатор C1 подавляет высокочастотные наводки, конденсатор C2 — разделительный, он необходим, поскольку на линию микрофона со смартфона поступает постоянное питающее напряжение. Вывод обмотки реле, соединённый с внешним слоем обмотки, соединяют с общим проводом. Кроме того, с ним соединяют и магнитопровод, это уменьшит паразитные наводки. Для соединения со смартфоном использован четырёхпроводный кабель от

гарнитуры с соответствующим разъёмом, который называют TRRS [3]. Следует обратить внимание, что единого стандарта подключения гарнитуры нет, и на рис. 3 показан один из самых распространённых вариантов контактов. Нумерация контактов условная. Общий провод подключают к контакту 3 разъёма, плюс конденсатора C2 — к контакту 4.

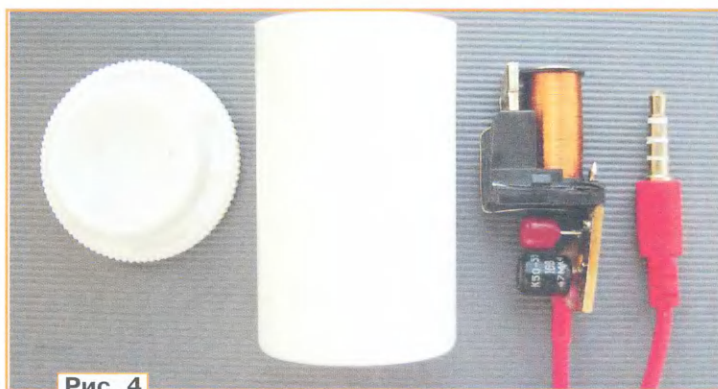


Рис. 4

Конденсаторы C1 и C2 смонтированы на небольшой макетной печатной плате, которая припаяна непосредственно к выводам обмотки реле. На ней распаивают соединитель-

ный кабель, а после проверки работоспособности её крепят к выводам обмотки с помощью термоклея. Для защиты элементов датчика от повреждений все элементы размещают в пластмассовом контейнере подходящего размера с крышкой. Для применённого реле был использован контейнер диаметром 30 мм и длиной 53 мм. Реле

закреплено с помощью термоклея на крышке магнитной системы наружу. Все элементы датчика показаны на рис. 4. Конденсатор C1 — плёночный или керамический, конденсатор C2 — K50-35 или импортный.

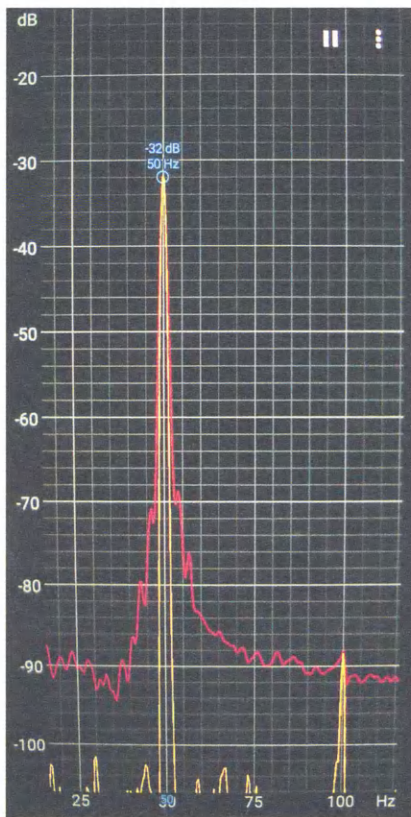


Рис. 5

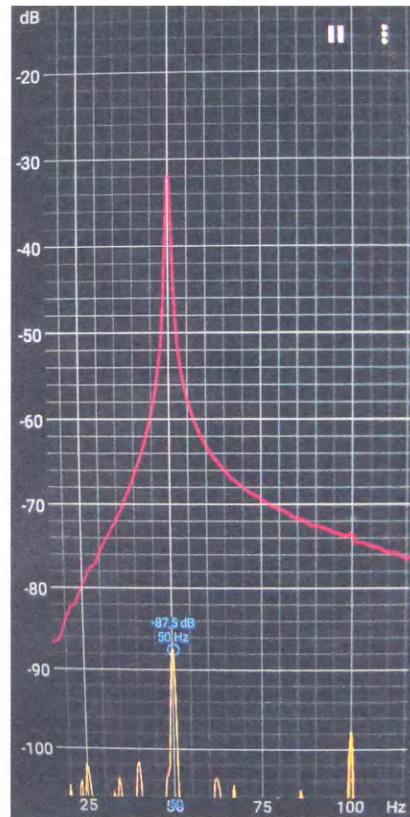


Рис. 6

Для работы искателя на смартфон была установлена программа анализатора спектра Spectroid, но можно использовать и другую [4]. В окне программы надо установить источник звука — внешний микрофон, диапазон анализируемых частот, например 15...150 Гц и логарифмический масштаб отображения амплитуды сигнала. Поскольку датчик реагирует на магнитное поле, для эффективной и точной работы этого искателя необходимым условием является протекание тока через искомую электропроводку, которая для этого должна быть нагружена. В

качестве такой временной нагрузки лучше использовать лампы накаливания мощностью несколько десятков ватт или другую активную нагрузку мощностью несколько сотен ватт. Чем больше мощность нагрузки, тем проще найти электропроводку.

После подключения к смартфону датчик прикладывают к стене и перемещают по ней, находя место, где сигнал максимален. На **рис. 5** показан такой сигнал при подключении нагрузки несколько сотен ватт. При отсутствии нагрузки уровень сигнала резко уменьшается (**рис. 6**).

ЛИТЕРАТУРА

1. **Нечаев И.** Искатель скрытой проводки в мультиметре. — Радио, 2024, № 5, с. 55—57.
2. **Нечаев И.** Пульсации освещённости — на экране смартфона. — Радио, 2024, № 7, с. 55—60.
3. Разъём TRS. — URL: <https://click.ru/3AaT5E> (23.07.25).
4. Лучшие Spectrum Spectrogram Analyzer альтернативы для Android. — URL: https://apkpure.com/ru/similar/github.bewantbe.audio_analyzer_for_android (23.07.25).

Ответы на викторину "Платы расширения Olimex"

("Радио", 2025, № 9, с. 63, 64)

Р. СЕРГЕЕНКО, г. Гомель, Беларусь

1. Ответ — 0. UEXT (Universal EXTension connector) — это 10-контактный фирменный разъём, который стали включать в состав плат Olimex, начиная с 2004 г. Он представляет собой соединитель "плата-плата", который поддерживает три последовательных интерфейса: UART (сигналы UART-TX, UART-RX), I²C (сигналы SCL, SDA) и SPI (сигналы MISO, MOSI, SCK, CS).

Выбор интерфейсов не случаен. Именно они являются основными у подавляющего большинства современных микроконтроллеров (МК).

Конструктивно различают: классический двухрядный UEXT с шагом 2,54 мм, компактный двухрядный mUEXT с шагом 1,27 мм и однорядный pUEXT с шагом 1 мм (**рис. 1**).

Универсальность разъёма не означает принудительную привязку сигналов. Например, если шилд общается с отладочной

платой через интерфейс I²C, то в разъёме UEXT будут задействованы контакты 5 и 6. Через остальные цепи могут передаваться другие цифровые и ана-

MiWi на расстоянии до 120 м. Корпус микросхемы содержит 40 выводов, из них 15 выводов отводятся под питание VDD и общий провод GND.

Устойчивость работы и низкий уровень перекрёстных помех трансивера гарантируются при установке вблизи выводов питания микросхемы керамических конденсаторов определённых

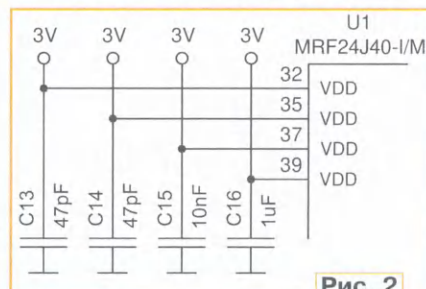


Рис. 2

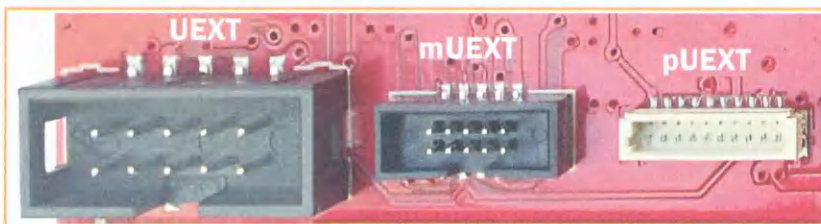


Рис. 1

логовые сигналы. Исключение составляют контакты 1 и 2 — это, соответственно, напряжение питания +3,3 В и общий провод.

2. Ответ — 1. Радиочастотный трансивер U1 MRF24J40 фирмы Microchip соответствует стандарту IEEE 802.15.4 и работает на частоте 2,4 ГГц в протоколах ZigBee,

ной ёмкости. Их номиналы и точки подключения указываются в справочной документации [1]. Там же приводится типовая электрическая схема, которая применительно к плате Olimex MOD-ZIGBEE-PIR должна была бы выглядеть, как показано на **рис. 2**.

В новом варианте схемы шина питания 3V разделяется на

четыре направления с визуальной привязкой конденсаторов C13—C16 к конкретным выводам VDD микросхемы U1. В исходном варианте схемы (из вопроса викторины) цепи питания формально были объединены прямо у выводов U1:32, U1:35, U1:37, U1:39, что затрудняет правильную трассировку печатной платы. Корректно нарисованная электрическая схема должна учитывать подобные нюансы.

3. Ответ — 0. При нажатии на кнопку Key сетевое напряжение 230 В с частотой 50 Гц поступает на диод оптопары OPT1 через ограничитель тока на элементах R15, C1. Светодиод LED_In1 включается при положительной полуволне переменного напряжения, когда транзистор внутри оптопары открывается. При отрицательной полуволне транзистор закрывается и светодиод гаснет. Итого, частота его мигания составляет 50 Гц. Но из-за инерционности зрения будет казаться, что светодиод горит постоянно, хотя и с пониженной яркостью.

4. Ответ — 1. На плате преобразователя DC/DC Olimex DCDC-50-5-12 имеется джампер E1, которым можно выбрать одно из двух выходных напряжений +VOUT.

Вариант ответа "3 В или 5 В" — неверный, поскольку светодиод красного цвета LED2 никогда не сможет включиться из-за стабилизатора D3 с порогом стабилизации 6,2 В.

Остается вариант ответа "5 В или 12 В", при этом меньшее напряжение будет индуцировать светодиод зеленого цвета LED1, а большее напряжение — одновременное включение светодиодов LED1 и LED2.

5. Ответ — 0 или 1. Игрушка "Привидение" предназначена для самостоятельной сборки начинающими любителями. В набор входят печатная плата, радиодетали, элемент питания CR2032, брошка крепления на одежду и подробная инструкция по монтажу с иллюстрациями.

Стилизованное зубчатое колесо в центре игрушки выполняет двойную функцию. С одной

стороны, это стандартный логотип Open Source Hardware [2], что означает свободное распространение электрической схемы, конструкции и топологии печатной платы.

С другой стороны, поверхность зубчатого колеса металлизированная и является ёмкостным сенсором, подключённым через резистор к входу МК PIC10F206T. При прикосновении пальцем руки к логотипу изменяется ёмкость сенсора. Этот момент отслеживается программой МК, после чего светодиодные "глаза" привидения мигают в течение 2 с.

6. Ответ — 1. На компараторе U3A LM339D фирмы Texas Instruments собран генератор прямоугольных импульсов с частотой 1,1 Гц и скважностью примерно 2. Однако в цепи CAP напряжение будет не прямоугольным, а пилообразным. Почему? Потому что выход компаратора U3A имеет открытый коллектор, из-за чего конденсатор C3 медленно заряжается через высокоомный резистор R12 и быстро разряжается через низкоомный резистор R13 и выход U3A:2.

Моделирование процессов в программе Micro-Cap 12 позволяет увидеть форму напряжений в разных точках схемы (рис. 3). Кроме пилообразного напряжения, этот узел может формировать и треугольное напряжение, снимаемое с конденсатора C4.

7. Ответ — 1. МК ATtiny85-20PU не имеет встроенного канала USB. Но это не мешает ему работать с низкосо-

ский программист Christian Starkjohann (фирма Objective Development).

Программа и схема к ней распространяются свободно, на тех же принципах GNU GPL, которых придерживается фирма Olimex, т. е. с разрешением заимствования. Единственное ограничение — коды дескриптора VID, PID должны оставаться от фирмы Objective Development, иначе необходимо купить у неё лицензию. Правилами сообщества Free Software Foundation такой бизнес не запрещается.

8. Ответ — 1. Покупатели продукции фирмы Olimex отмечают её заботу о клиентах. Подтверждение тому можно найти в плате OLIMEX ESP32-EVB, в комплект поставки которой входят небольшие пластиковые ножки. Пользователь может вставить их в отверстия по краям платы. Это убережёт саму плату от электрических замыканий из-за случайно оставленных внизу металлических предметов, а рабочую поверхность — от механических повреждений из-за острых выступающих выводов радиоэлементов.

9. Ответ — 1. Интерфейс RS-232 в современных устройствах почти не встречается, но для сопряжения с "древними" изделиями его никто не отменял. В стандартном разъёме DB-9, используемом в RS-232, предусмотрены контакты для восьми информационных двухполярных сигналов: CD, RD, TD, DTR, DSR, RTS, CTS, RI, а также общего провода GND.

Сигнал RI (Ring Indicator) относится к экзотике. Тем полезнее изучить его схемотехнику на примере платы Olimex SB-4SERIAL.

Положительная полуволна сигнала RI через резистор R16 поступает на вход цифрового транзистора T1. Нагрузкой его коллектора служит резистор R13, с которого снимается инвертированный однополярный сигнал RI# амплитудой 3,3 В.

Резистор R16 нужен не для ограничения тока базы транзистора T1 (эту функцию выполняют встроенные резисторы), а для снижения тока через диод

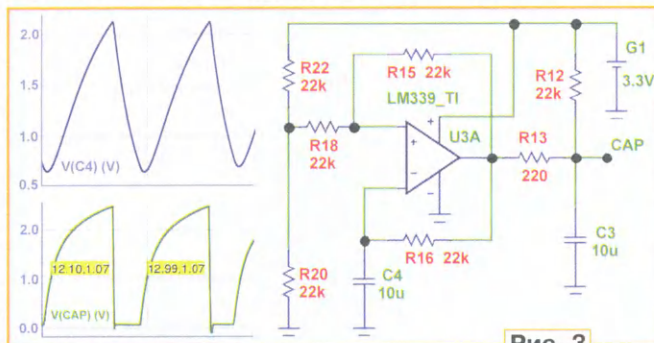


Рис. 3

ростными USB-устройствами стандарта USB 1.1. Вся тонкость в программном драйвере V-USB [3], который использует обычные цифровые линии портов МК и систему прерываний. Драйвер разработал австрий-

Шоттки D1 при отрицательной полуволне сигнала RI. Разумеется, если цепь RI используется для задач не по стандарту RS-232, то при однополярном напряжении резистор R16 можно заменить перемычкой.

10. Ответ — 0. Солнечные панели (батареи) относятся к зелёной энергетике, но они не обеспечивают гарантированное питание, поскольку в тёмное время суток их работа прекращается. Чтобы сделать питание бесперебойным, в систему добавляют буферный элемент питания, чаще всего аккумулятор.

В рассматриваемой плате к солнечной панели S1 ($V_{S1} = 2,4$ В; $I_{S1} = 80$ мА) подключён Ni-MH-аккумулятор с напряжением $V_{BAT} = 1,2$ В через диоды D1, D3. Эти диоды имеют разные BAX, поскольку первый из них — кремниевый эпитаксиально-планарный, а второй — Шоттки (рис. 4).

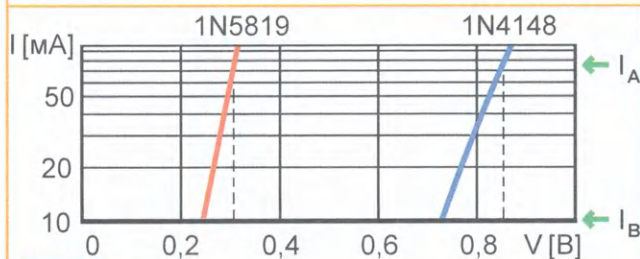


Рис. 4

Падение напряжения на двух диодах при номинальных параметрах солнечной панели и аккумулятора равно $V_A = V_{S1} - V_{BAT} = 2,4 - 1,2 = 1,2$ В. Согласно рис. 4, этому напряжению соответствует ток через диоды $I_A = 75$ мА.

Типовая BAX солнечной панели (I-V curve) в зависимости от освещённости 200...1000 Вт/м² изображена на рис. 5 [4]. Поскольку тип солнечной панели в плате Olimex MSP430-SOLAR не указан, то BAX строится по эмпирическому правилу — напряжение холостого хода V_{XX} на 10...25 % больше, чем V_{S1} , а ток короткого замыкания I_{K3} на 5...20 % больше, чем I_{S1} . Левую часть кривой можно условно отнести к режиму стабилизации тока, а правую — к режиму стабилизации напряжения. Точка P_{MAX} соответствует максимуму отдаваемой мощности в нагрузку.

Если освещённость солнечной панели составляет 1000 Вт/м², то рабочая точка

будет находиться ниже P_{MAX} на изгибе кривой (точка A на рис. 5). Ток через диоды D1, D3 упрощённо принят $I_A = 75$ мА.

Если освещённость снижается, например, до 200 Вт/м², рабочая точка смещается в левую часть графика (точка B). Ток через диоды D1, D3 уменьшается до $I_B = 10$ мА, а падение напряжения на них снижается, согласно рис. 4, до $V_B = 0,95$ В. Напряжение на выводах солнечной панели составляет $V_{SIB} = V_{BAT} + V_B = 1,2 + 0,95 = 2,15$ В.

Разумеется, расчёт приблизительный, и сделан он для конкретных условий, но тенденция сдвига рабочей точки в область стабилизации тока интуитивно понятна.

11. Ответ — 0. Микросхема U1 ADS1220 фирмы Texas Instruments — это четырёхканальный прецизионный 24-разрядный АЦП с интерфейсом SPI.

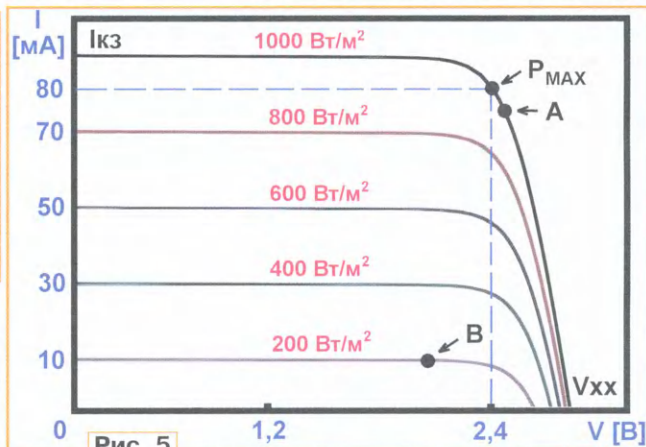


Рис. 5

Как известно, для работы АЦП требуется тактовый генератор. Он может быть внутренним или внешним. В последнем случае импульсы частотой 4096 кГц должны подаваться на вход CLK микросхемы U1. Однако этот вход в модуле Olimex BB-ADS1220 соединяется с цепью GND, следовательно, в работе используется калиброванный внутренний генератор.

Сделано это с целью экономии места на плате и для придания автономности измерительной части модуля АЦП. Кстати, весь модуль содержит всего лишь шесть деталей: одну микросхему, три конденсатора и два разъёма, что и показано в схеме из вопроса викторины.

12. Ответ — 0. Для подключения к портам МК относительно высоковольтной нагрузки обычно применяются

транзисторные ключи. В плате Olimex MOD-RGB они выполнены на цифровом транзисторе T3 и полевом транзисторе FET3.

Внешняя нагрузка, в данном случае светодиодная лента, подключается к контактам 1 и 2 разъёма CON2. Управление нагрузкой производит МК PIC16F1503. При лог. 1 на его выходе RA0 транзистор T3 закрывается, транзистор FET3 открывается, и в нагрузку подаётся напряжение 12 В. Если устанавливается лог. 0 — всё наоборот.

Диод D2 и резисторы R4, R28 образуют цепь обратной связи. Если транзистор FET3 открыт, на вход порта RC5 МК поступает лог. 0. Если транзистор FET3 закрыт — лог. 1. Наличие или отсутствие нагрузки (светодиодной ленты) на эти уровни не влияет. Следовательно, МК через порт RC5 может проверить исправность транзисторов T3, FET3 и выдать аварийное

предупреждение в систему управления.

ЛИТЕРАТУРА

1. MRF24J40. — URL: <https://ww1.microchip.com/downloads/en/devicedoc/39776c.pdf> (10.07.25).
2. Открытое аппаратное обеспечение. — URL: https://ru.ruwiki.ru/wiki/Открытое_аппаратное_обеспечение (10.07.25).
3. V-USB. — URL: <https://www.obdev.at/products/vusb/> (10.07.25).
4. Вольт-амперная характеристика солнечных панелей. — URL: <https://greenpowertalk.tech/blog/ru/вольт-амперная-характеристика-солнечных-панелей/> (10.07.25).

Цена одного номера журнала 2026 г. (с 1-го по 6-й номер) при покупке
в редакции — **550 руб.**

Стоимость полугодовой подписки с рассылкой
из редакции (адресная рассылка) для индивиду-
альных подписчиков России — 4080 руб., для
индивидуальных подписчиков из стран зарубе-
жья — 7200 руб.

Стоимость для юридических лиц России —
4200 руб.

Год выпуска	Номер журнала	Стоимость одного номера в редакции	Стоимость одного номера с пересылкой	
			В Россию	В остальные страны
2021	11—12	150 руб.	250 руб.	800 руб.
2022	1—9, 11—12	200 руб.	300 руб.	800 руб.
2023	3—4, 7—12	420 руб.	520 руб.	800 руб.
2024	1, 3, 5—12	490 руб.	600 руб.	900 руб.
2025	1—12	520 руб.	640 руб.	1000 руб.
2026	1—6	550 руб.	680 руб.	1200 руб.

На бланке напишите, за какие журналы Вы переводите деньги и укажите свой точный адрес (с почтовым индексом). После того как деньги поступят на расчётный счёт, мы отправим Вам журналы. Наложенным платежом редакция журналы не высылает!

Подписные индексы журнала по каталогам: **Официальный каталог Почты России П4014;**
КАТАЛОГ РОССИЙСКОЙ ПРЕССЫ 89032



Подписка на ПОЧТЕ РОССИИ



Подписка через КАТАЛОГ РОССИЙСКОЙ ПРЕССЫ

Журнал "Радио" в интернет-магазине OZON



Поддерживаемые
ОС



Dr.Web Security Space

защитит ваш цифровой МИР



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 эксплойтов, 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

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>



© ООО «Доктор Веб», 2021
125040, Россия, Москва, 3-я улица Ямского поля, вл. 2, корп. 12а
Тел.: +7 495 789-45-87 (многоканальный)
факс: +7 495 789-45-97

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