

6 • 2026

РАДИО

АУДИО • ВИДЕО • СВЯЗЬ • ЭЛЕКТРОНИКА • КОМПЬЮТЕРЫ

ЧАСЫ НА ARDUINO UNO



- Электропривод для мангала
- Таймер для соревнований
- Частотомер на МК
- Фотоловушка



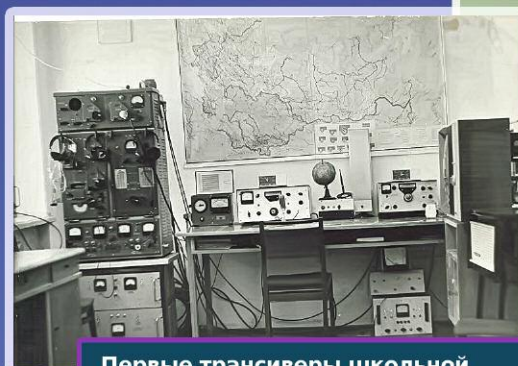
6
2026

КОЛЛЕКТИВНОЙ ШКОЛЬНОЙ РАДИОСТАНЦИИ UN8LWZ — 60 ЛЕТ

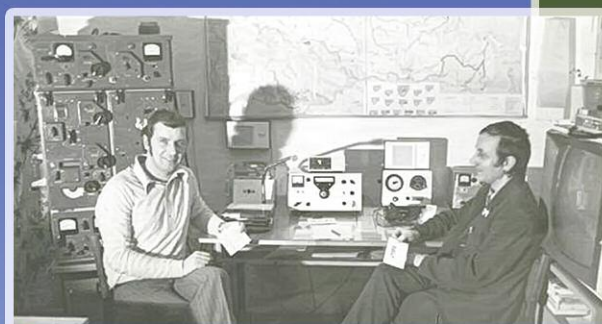
Анатолий ЕФАНОВ (UN9LA), г. Костанай, Казахстан



Анатолий Ефанов (1966 г.).



Первые трансиверы школьной радиостанции (1974 г.).



Первооткрыватели школьной радиостанции
Виталий Нечаев (UN2L) (слева) и
Анатолий Ефанов (UN9LA).



УКВ-аппаратура.



Антенны: волновой канал из пяти элементов на диапазон 10 метров (вверху), волновой канал из четырёх элементов на диапазон 15 метров (посередине), волновой канал из девяти элементов на диапазон 2 метра — её держит Василий Романец (UN9LV).



Наблюдения за работой редких DX.



Основная команда, которая работала в соревнованиях WPX DX Contest (март 2026 г.).

Вручение плакетки, медали и диплома за первое место в чемпионате Казахстана (2025 г.).



Вручение дипломов и медалей за чемпионат Казахстана. Слева — директор школы, справа — начальник школьной радиостанции.



Радостная весть о результате соревнования YL-OM CONTEST (2025 г.).



ИНФОРМАЦИЯ НАШИМ АВТОРАМ. 31

НАУКА И ТЕХНИКА 4

А. ГОЛЫШКО. Внимание всем! 4

РАДИОПРИЁМ 8

А. ПАНЬШИН. Особенности УКВ-радиоприёмников
для работы с радиомикрофонами диапазона
200 МГц 8
В. ШЕПТУХИН. Новости вещания 12

ИЗМЕРЕНИЯ 13

И. НЕЧАЕВ. Упрощённый вариант стенда
для проверки высоковольтных радиоэлементов 13
А. БУЛДАКОВ. Частотомер на микроконтроллере
STM32G431 15

ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ 22

А. ЮДИН. Квазирезонансный изолированный
пререгулятор для гибридного ЛБП. 22

ПРИКЛАДНАЯ ЭЛЕКТРОНИКА 32

А. КОЖЕВНИКОВ. Фотоловушка из цифрового
фотоаппарата. 32
С. РЫЧИХИН. Таймер с обратным отсчётом
для проведения соревнований 34
М. МАКСИМОВ. Электропривод для мангала. 38
В. РУБАШКА. Часы на Arduino UNO со светодиодным
индикатором секунд 42
И. СЕРЕБРЯННИКОВ. Индикатор влажности
с ёмкостным датчиком 47

"РАДИО" — О СВЯЗИ 49

А. ЕФАНОВ. Коллективной школьной
радиостанции UN8LWZ — 60 лет. 49
YL-OM CONTEST 2026 — итоги 50
Л. ПУЗАНКОВ. Достижения крымских
радиолюбителей в 2025 году. 53

"РАДИО" — НАЧИНАЮЩИМ 55

Д. МАМИЧЕВ. Генерация узоров на круглом
дисплее GC9A01 240×240. 55
И. НЕЧАЕВ. Стенд для зарядки/разрядки
Li-Ion аккумуляторов и измерения их ёмкости 59
Р. СЕРГЕЕНКО. Ответы на викторину "Платы
расширения Pololu" 62

НА КНИЖНОЙ ПОЛКЕ (с. 7, 41, 48).

ДОСКА РЕКЛАМНЫХ ОБЪЯВЛЕНИЙ (с. 3, 4, 33, 3-я и 4-я с. обложки).

На нашей обложке. Часы на Arduino UNO со светодиодным индикатором секунд
(см. статью на с. 42).

**ЧИТАЙТЕ
В СЛЕДУЮЩЕМ
НОМЕРЕ:**

**АКТИВНАЯ АС ДЛЯ ТЕЛЕВИЗОРА
РЕГУЛЯТОР ДЛЯ НАГРЕВАТЕЛЯ
ОХРАННАЯ СИГНАЛИЗАЦИЯ
ПЛАВНЫЙ ПУСК БП УМЗЧ**

Международная выставка-форум



ЭЛЕКТРОНИКА РОССИИ

5 ЛЕТ ВМЕСТЕ

24–26/11/2026

rus-elektronika.ru

Забронируйте
стенд



12+

Организатор:



Международная
Выставочная
Компания

Официальная поддержка:



Минпромторг
России

Партнеры:



КОНСОРЦИУМ
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ
ТЕХНИКА

Издаётся с 1924 года

РАДИО®

6•2026
МАССОВЫЙ
ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ
ЖУРНАЛ

"Радиолюбитель"—"Радиопрофит"—"Радио"

"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

Обложка: В. М. МУСИЯКА
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
Применение 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 24.05.2026 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 переписку редакция не вступает. Рукописи не рецензируются и не воз-
вращаются.
© Радио®, 1924—2026. 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. 01634-26 .

NNUI a13db0c21061db125ae82952bc8c62ea

Dr.WEB

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»

РИНЕТ

БЛИЖЕ К ЛЮДЯМ

Телефон:
+7(495)981-4571
E-mail:
info@rinet.ru
Сайт:
www.rinet.ru

Внимание всем!

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

"Люди платят нам за интеграцию,
у них нет времени сутки напролёт
думать, что к чему подключается".

Стив Джобс

Основными принципами организации оповеще-
ния населения являются интеграция всех воз-
можных средств и способов доведения сигналов и
экстренной информации для оповещения населе-
ния, а также автоматизация этого процесса.

Организация оповещения и информирования
населения входит в перечень основных способов
защиты населения от опасностей как мирного, так
и военного времени. Пожары, наводнения, бури,
торнадо, метеориты, камнепады и оползни — это
лишь несколько примеров катастроф, к которым
люди должны быть готовы. Сегодня к списку потен-
циальных опасностей прибавились чрезвычайные
ситуации (ЧС) техногенного характера, а также
современные технологичные войны и акты терро-
ризма, в том числе и через сеть Интернет. В древ-
ности для оповещения о чрезвычайных ситуациях
применялись системы, которые были основаны на
использовании костров, колоколов, башен, бара-
банщиков или голубей. Те методы были простыми,
но позволяли передавать сообщения в моменты
опасности, когда современных средств связи ещё
не было. Но однажды они появились, и вскоре
началась история систем оповещения.

Снижение потерь среди населения от опаснос-
тей, возникающих при военных конфликтах или
вследствие этих конфликтов, а также при ЧС при-
родного и техногенного характера, а также в обла-
сти общественного здравоохранения (например,
пандемии) — основная задача, решаемая совре-
менными системами оповещения. А начиналось
всё в 1918 г., когда германские войска, нарушив
перемирие, повели наступление на Петроград. В
Смольном был создан штаб воздушной защиты,
организовавший сеть наблюдательных постов,
которые должны были информировать о воздуш-
ной обстановке в городе и его окрестностях, а это
оперативно можно было осуществить только по
телефону. Впрочем, и населению предлагалось
немедленно сообщать в штаб по телефону об
обнаружении вражеских самолётов. Этакое "опо-
вещение наоборот", когда население оповещает
органы управления. Правда, в те годы и телефоны
у населения были редкостью, да и аэропланов
было немного. Однако вопрос оповещения нашёл
свое решение. Об угрозе нападения население
оповещалось сиренами и фабрично-заводскими
гудками. Была организована связь с местами уста-
новки сирен, фабриками и заводами, иными сло-
вами, была организована система. Так начался
первый этап (1918—1932 гг.) её развития в нашей
стране. Всего насчитывается семь таких этапов.

После гражданской войны в конце 1925 г. Совет
Народных Комиссаров СССР принял постановле-
ние "О мерах противовоздушной обороны при

постройках в 500-километровой приграничной полосе".

14 мая 1927 г. Совет труда и обороны СССР принял решение "Об организации воздушно-химической обороны страны", которое преследовало цель усилить защиту стратегически важных районов, крупных населённых пунктов, объектов экономики при возможных ударах с воздуха. Территория страны была разделена на приграничную угрожаемую полосу и тыл. Впервые крупные города были определены как пункты противовоздушной обороны, где проводились мероприятия по защите населения и экономических объектов, в том числе и мероприятия по организации оповещения.

В 20-х годах XX века средства оповещения о ЧС были кардинально усовершенствованы, и на смену колоколам пришли ручные, паровые и электрические системы. Самым простейшим из них была ручная сирена. Запускал её человек, для этого он вращал рукоятку устройства, которое издавало пронзительный вой (похожие сирены, называемые "иерихонской трубой", стояли на пикирующих бомбардировщиках J-87, где сирена работала от набегающего потока воздуха), позднее развитие телефонных сетей позволило запускать сирену удалённо.

Тогда же в Советском Союзе внедрена система проводного радиовещания. Так, к 1931 г. насчитывалось более 25 тыс. проводных радиоточек. Системы проводного радиовещания были в городах, крупных сёлах, небольших деревнях, что позволило поднять уровень оповещения населения о приближающейся или уже реальной угрозе на совершенно новый уровень, теперь информация о ЧС могла быть сообщена сразу как всей стране, так и отдельным областям или районам, непосредственно затронутым ЧС.

Второй этап (1932—1941 гг.). 4 октября 1932 г. Совет Народных Комиссаров СССР утверждает "Положение о противовоздушной обороне территории Союза ССР". Этот день принято считать днём рождения местной противовоздушной обороны СССР — МПВО. Основной оперативно-тактической единицей в МПВО был город. В городах-пунктах МПВО строились системы оповещения с централизованным управлением с командных пунктов на основе использования радиотрансляционных сетей и сетей телефонной связи. В 1940 г. в системе МПВО появились службы оповещения и связи. Начальниками служб назначались директора телефонных станций городов.

Третий этап (1941—1945 гг.) — проверка работы оповещения в боевых условиях, совершенствование организационных принци-

пов построения систем оповещения, совершенствования и развития базы технических средств с учётом боевого опыта МПВО. Центральная и районные станции оповещения оснащались пультами управления, с которых непосредственно включались средства оповещения. При подаче сигнала "Воздушная тревога" или "Отбой воздушной тревоги" сирены и радиотрансляционная сеть включались одновременно. При этом передача звука сирены по радиотрансляционной сети осуществлялась с помощью патефона со специальной пластинкой или путём установки электрической сирены непосредственно в студии радиотрансляционного узла.

В сети оповещения использовались сирены мощностью 1,1 и 3,1 кВт. Их питание осуществлялось от трёхфазной сети напряжением 220/380 В или 127/220 В. Число оборотов электромотора сирены достигало 2800 об/мин. Масса сирены мощностью 3,1 кВт достигала 165 кг. Помимо этих сирен, перед войной 1-й электромоторный завод в г. Москве начал выпускать двухторные сирены мощностью 2,1 кВт, которые обеспечивали генерацию двухтонального звука. Рядом с сиреной устанавливалось пусковое устройство (магнитный пускатель и управляющее реле). При нажатии на кнопки включения сирен на пульте центральной или районной станции оповещения от зонного узла по телефонной линии поступала посылка тока и замыкалась цепь магнитного пускателя, который подавал электропитание на мотор сирены.

Для централизованного управления сетью уличных репродукторов устанавливались приборы для включения системы их подмагничивания. Уличные громкоговорители с мощными постоянными магнитами, не требующие подачи электропитания для катушек подмагничивания, появились лишь в начале пятидесятых годов, а аппаратура для дистанционного включения уличных громкоговорителей — в начале 70-х годов.

Четвёртый этап (1945—1961 гг.) столкнулся с необходимостью обеспечения защиты населения и экономики страны в связи с появлением оружия массового поражения и поиска наиболее эффективных путей защиты населения и народного хозяйства. На этом этапе происходят кардинальные изменения в организационных принципах построения систем оповещения, они создаются не только в городах, но и начинают охватывать территорию области (края) в целом.

С появлением атомного оружия, которое в сочетании со скоростными бомбардировщиками,

способными решать стратегические задачи далеко в тылу, а затем и с ракетными носителями, возникла угроза, в сущности, населению страны в целом. В связи с этим в 1949 г., а затем в 1956 г. были уточнены задачи и организационная структура МПВО. Особо обращалось внимание на то, что МПВО должна организовываться на всей территории страны. Значительно были расширены её задачи, основной среди которых было обеспечение своевременного оповещения населения об опасности воздушного нападения. Системы оповещения превращались в стратегически важный элемент обеспечения гражданской обороны (ГО). Практически у каждого завода в СССР были собственные объекты ГО. Помимо обычных убежищ, для сотрудников строились и отдельные штабы ГО с расширенными функциями, в задачи которых входила не только организация оповещения, но и связь с экстренными службами. Теперь, помимо охвата, от средств оповещения требовалась управляемость и централизация функций.

В 1946 г. была разработана первая специальная аппаратура оповещения — УДУФ (устройство дистанционного управления Фельдмана), где впервые был реализован принцип использования задействованных линий связи. Она позволила обеспечить формирование и передачу сигналов управления стационарным средствам оповещения. Это, в частности, позволяло одновременно дистанционно включать из одного пункта управления как сирены, так и громкоговорители, что явилось первым шагом к созданию централизованной системы оповещения. Выросли и численно, и качественно сети проводного вещания и радиовещания.

Впоследствии УДУФ подверглась модернизации, и с 1960 г. выпускалась уже модернизированная аппаратура этого класса, был налажен выпуск аппаратуры циркулярного вызова должностных лиц. Модернизация позволила повысить помехозащищённость передаваемых сигналов производимой аппаратуры. Был налажен выпуск более мощных электросирен.

В пятидесятых годах XX века начался промышленный выпуск технических средств оповещения, таких как аппаратура дистанционного управления и циркулярного вызова (АДУ-ЦВ) и аппаратура для построения территориальных систем оповещения 5Ф88, на базе которых началось создание систем оповещения союзных республик, краёв, областей и пр. Для оповещения населения уже планировалось комплексное задействование сетей проводного и



радиовещания, электросирен и уличных громкоговорителей.

Пятый этап (1961—1971 гг.) связан с совершенствованием МПВО, которая была реорганизована в ГО СССР, что привело к серьёзному пересмотру основных взглядов и положений в решении проблем защиты населения и народного хозяйства. Этот этап характерен наиболее интенсивным совершенствованием принципов построения систем оповещения и развитием их технической базы. В эти годы была разработана аппаратура, обеспечивающая передачу команд управления по занятым междугородным проводным и радиорелейным каналам связи (типа 5Ф88), что позволило приступить к массовому строительству территориальных систем централизованного оповещения населения. Такие системы были построены в большинстве республик, краёв и областей.

Управление такими системами организовывалось как из соответствующих административных центров, так и дублировалось из загородной зоны. Требовалось повысить устойчивость работы систем оповещения в условиях возможного применения вероятным противником ядерного оружия. А это подразумевает не только повышение надёжности, но и физическую защиту вместе с резервированием сетей и пунктов управления.

Шестой этап (с 1971 г. по 1992 г.) был связан с широким строительством территориальных систем централизованного оповещения на базе аппаратуры П-160 (доведение по проводным, спутниковым и радиорелейным каналам общегосударственной сети связи условных сигналов и речевых сообщений до органов управления по линии оперативных дежурных служб), разработанной в начале 70-х годов, и проведением реконструкции уже построенных систем, связанной с заменой устаревшей аппаратуры 5Ф88. Для повышения оперативности действий должностных лиц оперативной дежурной службы органов, осуществляющих управление ГО, в процессе оповещения использовалась вспомогательная аппаратура П-157, П-159, П-162. Для доведения условных сигналов до органов управления ГО субъектов РФ по трамтам радиовещания использовался комплекс аппаратуры Р-413.

После аварии на Чернобыльской АЭС в 1986 г. и Спитакского землетрясения в Армении в декабре 1988 г. задачи по оповещению населения были разделены на задачи, решаемые в мирное и военное время. Впервые был поставлен вопрос о создании специальных систем оповещения в районах размещения потенциально опасных объектов — локальных

систем оповещения на базе аппаратуры оповещения П-164 (автоматизация дистанционного управления техническими средствами оповещения населения и должностных лиц), предназначенных для замены морально и физически устаревшей аппаратуры, и обеспечивающий построение систем оповещения в городах и населённых пунктах, а также в сельской местности на основе использования проводных каналов сельской телефонной связи. С этой целью были подготовлены типовые проектные решения и выпущены рекомендации по созданию локальных систем оповещения в районах размещения атомных станций, химически опасных объектов и гидросооружений. Оконечное оборудование оставалось тем же — электросирены, громкоговорители и радиотрансляционные абонентские приёмники.

В конце 1988 г. был пересмотрен и изменён порядок организации оповещения. Для оповещения населения было спланировано использование всех сетей вещания, включая сеть телевидения и сетей электросирен. В январе 1989 г. впервые было определено, что сеть электросирен предназначена не для подачи конкретного сигнала военного времени — сигнала "Воздушная тревога!", а для подачи единого сигнала оповещения "Внимание всем!" с последующим его информационным наполнением по всем сетям вещания.

Седьмой, современный этап (с апреля 1992 г. по настоящее время) связан с созданием в РФ единой государственной системы предупреждения и действий в ЧС. На этом этапе осуществляется переход от принципа площадного оповещения населения, как минимум в масштабе субъекта РФ, к выборочному оповещению — непосредственно в районе возникновения ЧС. Системы оповещения, ориентированные ранее исключительно на подачу сигналов военного времени, теперь планируются как на оповещение населения при возникновении ЧС техногенного и природного характера в мирное время, так и в военное время. На многих потенциально опасных объектах Российской Федерации (к примеру, АЭС) установлены локальные системы оповещения, сопряжённые с соответствующими системами оповещения населения субъектов Российской Федерации.

В конце девяностых годов прошлого века началось интенсивное развитие комплексов технических средств оповещения (КТСО). Бурное развитие цифровых технологий позволило расширить их функциональные возможности, стали широко использоваться цифровые каналы связи. Системы

оповещения можно классифицировать по назначению, по способу передачи информации, по архитектуре, по уровню взаимодействия (по способу управления) и по способу схемотехнической реализации. Отечественными предприятиями был разработан целый ряд КТСО: П-166М, П-166Ц, П-166 ВАУ, П-166 ИТК ОС, СГС-22, КПТС АСО, КПАСО-Р "Марс-Арсенал", КТСО "Муссон", КПТС "Грифон", КТСО-Р, КТСО-РМ, "СИГМА" П-161М РММ-8, КТСО-РТС УРТУ, КОР "Радиус", КТСО СГРИ-А, УКС АОС "НАБАТ" и др. С 2001 г. началась цифровизация и переоснащение систем оповещения в субъектах РФ.

Непосредственно для оповещения населения запланировано широкое использование всех цифровых сетей вещания — проводного и радиовещания, телевидения, включая коммерческие сети вещания, сети мобильной и спутниковой связи, а также сети Интернет. Решение навигационных задач для подвижных объектов определяется встроенными приёмниками ГЛОНАСС. В это же время по объективным причинам сети проводного вещания начали терять своё значение в системах оповещения населения.

Трагические события лета 2012 г. в городе Крымске Краснодарского края показали, что для своевременного оповещения в местах возможных быстроразвивающихся ЧС в случае угрозы или их возникновения необходимо наличие систем мониторинга ЧС природного и/или техногенного характера, автоматически сопряжённых с системами оповещения населения, поскольку любая задержка приводит к катастрофическому росту последствий.

К сожалению, именно трагические обстоятельства послужили ещё одним толчком развития систем оповещения путём создания комплексных систем экстренного оповещения населения об угрозе возникновения или о возникновении ЧС (КСЭОН), которые были построены в кратчайшие сроки в соответствии с Указом Президента РФ. В настоящее время оповещение населения об угрозах ЧС осуществляется в соответствии с принципами, заложенными при становлении систем МПВО и ГО. Различные гаджеты вместе с SMS-сообщениями, электронной почтой, веб-сайтами и социальными сетями стали сегодня для многих ещё и средствами оповещения.

Сегодня от средств оповещения нужна гибкость не только в охвате территории, но и в части уровней задействованных пунктов управления и должностных лиц, включая планирование и автоматизацию задач оперативного дежурного, а также ситуационные центры (при их наличии). К примеру, в РФ непосредственные

действия (работы) по задействованию систем оповещения осуществляются дежурными (дежурно-диспетчерскими) службами органов повседневного управления РСЧС (сокращённое название "Единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций" дежурными службами организаций связи, операторов связи. В частности, РСЧС функционирует на федеральном, межрегиональном, региональном, муниципальном и объектовом уровнях и объединяет органы управления, силы и средства федеральных органов исполнительной власти, органов исполнительной власти субъектов РФ, органов местного самоуправления, организаций, в полномочиях которых входит решение вопросов по защите населения и территорий от ЧС, в том числе по обеспечению безопасности людей на водных объектах.

Согласно приказа МЧС России № 578, Минкомсвязи России № 365 от 31.07.2020 г. "Об утверждении Положения о системах оповещения населения" системы оповещения населения о ЧС создаются в России на следующих уровнях:

- региональном — региональная автоматизированная система централизованного оповещения. Её создают органы государственной власти субъектов РФ;

- муниципальном — муниципальная автоматизированная система централизованного оповещения. Её создают органы местного самоуправления;

- объектовом — локальная система оповещения. Её создают организации, эксплуатирующие опасные производственные объекты I и II классов опасности, радиационно-опасные и ядерно-опасные производства, гидротехнические сооружения чрезвычайно высокой опасности и высокой опасности.

Современные автоматизированные системы оповещения, аккумулирующие информационные потоки от потенциально опасных объектов, сигналы от населения (система 112) и экстренных служб, а также распределяющие управляющие сигналы и сигналы оповещения от центров принятия решений по разработанным сценариям, быстро развиваются, превращаясь не только в универсальные и мультисервисные, но и становясь инструментом государственного управления.

Ключевым элементом подобных автоматизированных систем становятся автоматизированные рабочие места (АРМ) оперативных дежурных, которые организуются на каждом объекте и на каждом уровне функционирования системы вне зависимости от назначения объекта. Одновременно на современных объектах должно обеспечиваться взаимо-

действие с множеством внутренних систем эксплуатации, контроля доступа, видеонаблюдения, пожаротушения, открывания дверей, турникетов, шлагбаумов и т. п.

Сказанное выше подразумевает наличие на среднестатистическом объекте в качестве АРМ либо набора терминального оборудования, обеспечивающего в комплексе все виды и услуги связи (мультитерминальность), либо унифицированного многофункционального терминального оборудования (мультифункциональность), позволяющего относительно просто реализовывать любые услуги связи и сценарии обслуживания на базе типовых АРМ, а также относительно просто масштабировать структуру системы при подключении новых объектов.

Однако если оператор обязан соблюдать целый набор несвязанных инструкций и регламентов для работы с различным оборудованием, услугами и сценариями (в том числе от различных АСУ, которые могут появиться в дальнейшем), это увеличивает вероятность ошибок в результате роста психологической нагрузки. В этом случае трудно добавлять новые АСУ, новые алгоритмы и регламенты, поскольку пользоваться ими будет с трудом.

Современная концепция организации АРМ систем оповещения является такой: многофункциональный терминал оперативного дежурного должен быть один, а система должна помогать оператору решать задачи интеграции и поддержки различных услуг. В частности, таким широко применяемым решением в РФ является унифицированный комплекс средств автоматизации, оповещения и связи УКС АОС "Набат 05". Это решение максимально приближается по своим возможностям к однородной полнодоступной распределённой среде без центрального элемента, в которой перегрузка или выход из строя одного из элементов не приводит как к выходу из строя системы в целом, так и к ограничениям в доступе к услугам системы для большинства абонентов.

Входящий в состав упомянутого выше комплекса интеллектуальный терминал позволяет за счёт системной интеграции заменить все основные технические средства, необходимые для повседневной деятельности оператора различных служб. В одно нажатие он может запустить выполнение различных функций и сценариев всех входящих в систему оповещения АСУ, ведомственных информационных систем, внешних ресурсов и приложений, систем обеспечения эвакуации, сетей видеонаблюдения и т. п. Необходимо лишь настроить весь предусмотренный функционал системы оповещения в интерфейсе интеллект-

туального терминала, и тогда оперативный дежурный сможет управлять всем вверенным хозяйством буквально одной кнопкой. Таков современный интеграционный подход к терминальной стороне систем оповещения.

По материалам

<https://clck.ru/3NeC2F>,
<https://clck.ru/3NeC5C>,
<https://clck.ru/3NeC7u>,
<https://clck.ru/3NeCER>

Вышла в свет новая книга



Нигаев Н. Х.
Антивирусная безопасность цифровой информации. Учебное пособие для вузов. — М.: Горячая линия — Телеком, 2025. — 212 с.: ил. ISBN 978-5-9912-1052-2.

Кратко изложена история происхождения и развития компьютерных вирусов. Даны определения понятиям "цифровая информация", "компьютерный вирус", и классифицируются компьютерные вирусы. Подробно рассмотрена классификация вредоносного программного обеспечения (по версиям "Вирусной энциклопедии Касперского" и ФСТЭК России). Представлены основные виды и примеры потенциально нежелательных программ, пути распространения вредоносного программного обеспечения, формы организации вирусных атак, а также дана классификация антивирусных программ. Определены основные методы и средства обеспечения управления антивирусной защитой информации и приведены методы проведения испытаний программных средств на наличие компьютерных вирусов, освещены вопросы компьютерного андеграунда (компьютерные преступления, компьютерная криминалистика, преступления в сфере обращения цифровой информации, понятие хакерства и краткая история его развития). Составлен обобщённый портрет вирусописателя.

Для студентов вузов, обучающихся по направлениям подготовки 09.03.03 — "Прикладная информатика", 10.03.01 — "Информационная безопасность", 27.03.02 — "Управление качеством", 38.03.05 — "Бизнес-информатика" и специальности 10.05.02 — "Информационная безопасность телекоммуникационных систем", будет полезна преподавателям, слушателям курсов повышения квалификации, а также специалистам в области защиты компьютерной информации, в том числе антивирусной безопасности информации.

Адрес издательства в Интернет
WWW.TECHBOOK.RU

Особенности УКВ-радиоприёмников для работы с радиомикрофонами диапазона 200 МГц

А. ПАНЬШИН, г. Москва

Радиомикрофоны используются уже много лет. В 90-х годах XX века в РФ для их работы широко использовались участки радиовещательных УКВ-диапазонов, при этом приём производился на радиовещательные УКВ-приёмники. Для работы профессиональных микрофонов в наше время

то, что в их ВЧ-каскадах применены микросхемы для бытовых УКВ-радиоприёмников, их гетеродины работают на постоянной частоте, и в них применена кварцевая стабилизация частоты. В таких УКВ-приёмниках применялись схемные решения, о которых рассказано в предлагаемой вни-

манию читателей статье на примере радиоприёмника SHURE SH-200 (рис. 1) китайского производства 2002 г. выпуска, а также радиоприёмников SVEN MK-710 (рис. 2) и SVEN MK-715 (рис. 3). Схемы, помещённые в статью, "срисованы" с конкретных плат приёмников SHURE SH-200

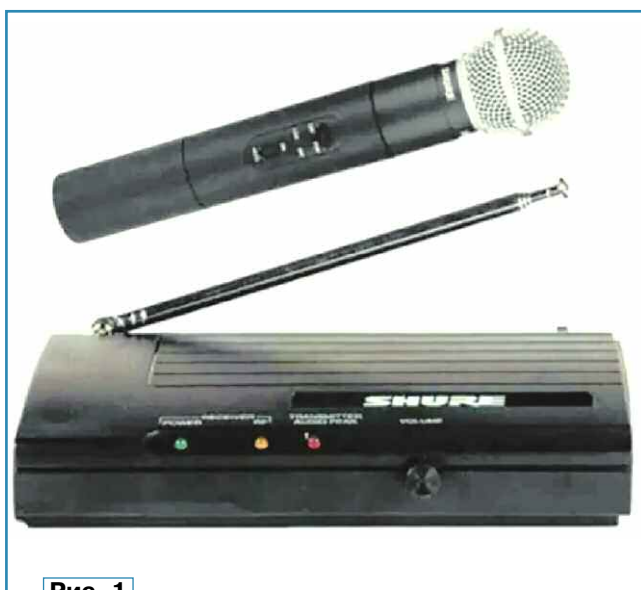


Рис. 1



Рис. 2

разрешены различные диапазоны частот, в частности диапазон 174...230 МГц (назовём его условно диапазон 200 МГц) с передатчиками мощностью до 5 мВт. В разрешённых более высокочастотных диапазонах в приёмниках обычно используют синтезаторы частоты, что даёт возможность с пульта управления приёмника изменять частоту микрофонов для отстройки от помех. Особенностью УКВ-приёмников для радиомикрофонов для диапазона 200 МГц является



Рис. 3

(рис. 4), SVEN MK-710 (рис. 5) и SVEN MK-715 (рис. 6). Это относится к типу и номиналам деталей, к полярности включения оксидных конденсаторов (полярность включения некоторых оксидных конденсаторов вызывает сомнения, но так на плате), при этом нумерация деталей на схемах — позиционная.

Радиомикрофонные комплексы SHURE SH-200 продаются до настоящего времени. Приёмник и передатчик микрофона настроены на фиксированную частоту, которая

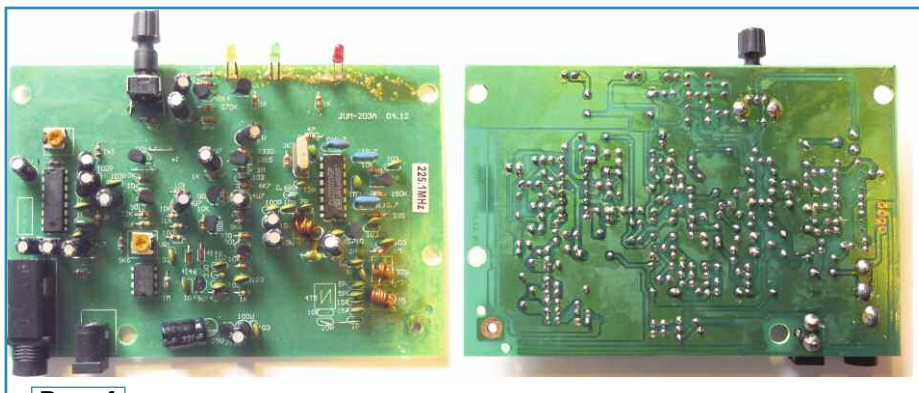


Рис. 4

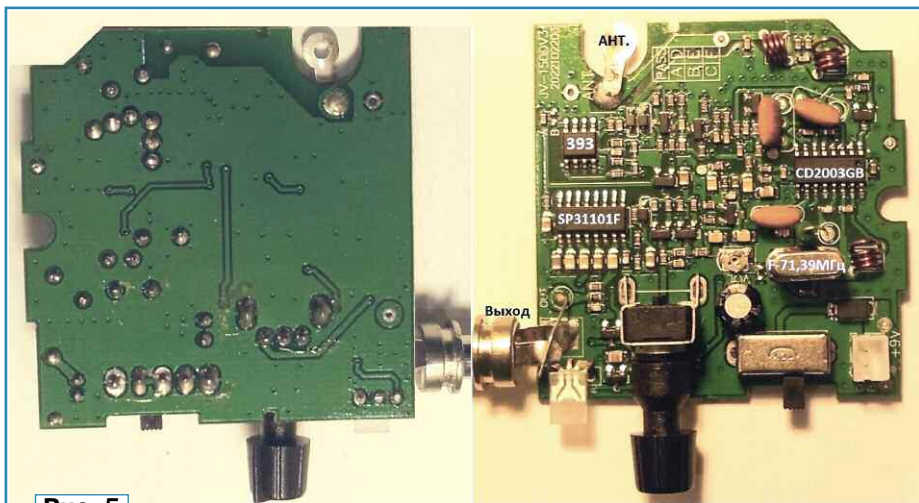


Рис. 5

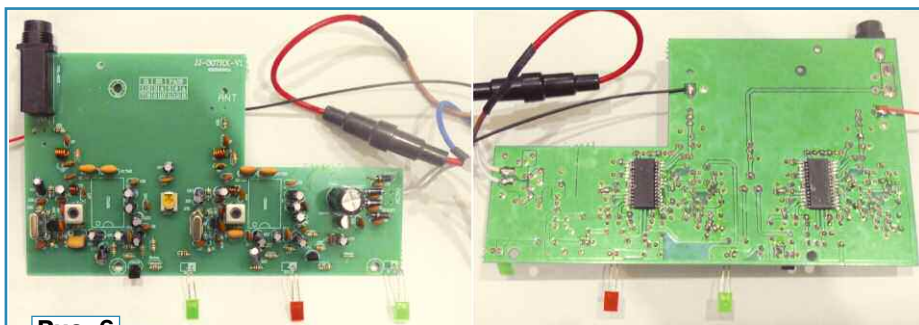


Рис. 6

указана на корпусе микрофона, на плате приёмника и на кварцевых резонаторах, установленных в генераторе микрофона и в гетеродине приёмника. На эту же частоту настроен полосовой фильтр на входе приёмника, к которому подключена антенна.

Схема приёмника радиомикрофона SHURE SH-200 показана на рис. 7. Сигнал с антенны WA1 проходит через входной полосовой фильтр C1—C7L2L3 на вход UB4 на транзисторе VT1. После усиления сигнал поступает на вход (вывод 1) микросхемы DA1 (CD2003GP, аналог — TA2003P), используемой с начала 90-х годов [1]. К гетеродину (вывод 13) подключён кварцевый резонатор

ZQ1, задающий его частоту, при этом работа осуществляется на его третьей гармонике. При этом преобразование сигнала передатчика радиомикрофона осуществляется на третьей гармонике гетеродина. Такое техническое решение обусловлено тем, что гетеродины применяемых микросхем не могут генерировать частоты более 130 МГц. Схема подключения кварцевого резонатора ZQ1 к цепям гетеродина микросхемы TA2003P показана на рис. 8 [1]. LC-цепь L5C10 обеспечивает работу кварцевого резонатора на требуемой гармонике. Пример маркировки кварцевых резонаторов для микрофонов и приёмников показан на рис. 9.

В маркировке резонаторов для передатчиков присутствует буква Т, для приёмников — буква R. Частота кварцевых резонаторов, с буквой R, при одинаковых цифрах на их корпусах, более чем в три раза ниже частоты кварцев, помеченных буквой Т.

В приёмнике SHURE SH-200 в усилителе ПЧ применены керамические фильтры Z1, Z2, в ЧМ-детекторе использован керамический резонатор ZQ2 на частоту 10,7 МГц. Дополнительное усиление ПЧ обеспечивает транзистор VT2. В усилителе ПЧ и ЧМ-детекторе в этом приёмнике LC-контуры не применяются. К выходу ЧМ-детектора микросхемы (вывод 10), подключён подавитель шума на компараторе DA2.1 (LM393P), включающийся при отсутствии или ослаблении сигнала радиомикрофона. В этом случае на выходе ЧМ-детектора имеется высокий уровень шума. С выхода ЧМ-детектора через фильтр R8R10C18C19R11 высокочастотная составляющая этого шума поступает на усилитель на транзисторе VT4, детектируется выпрямителем на диодах VD1, VD2 и подаётся на инвертирующий вход (вывод 2) компаратора DA2.1. На неинвертирующий вход (вывод 3) компаратора DA2.1 поступает пороговое напряжение переключения компаратора. При отсутствии сигнала и высоком уровне шума на выходе ЧМ-детектора на выходе (вывод 1) компаратора DA2.1 устанавливается низкое напряжение. Открываются транзисторы VT5—VT8, при этом гаснет свечение — индикатор несущей частоты микрофона. При наличии сигнала радиомикрофона на выходе ЧМ-детектора уровень шумов уменьшается, компаратор DA2.1 переключается, на его выходе появляется высокий уровень напряжения. Транзисторы VT5—VT8 закрываются, и напряжение звуковой частоты с коллектора VT9 поступает на регулятор громкости — резистор R26 и далее на транзистор VT10, диоды VD3, VD4.

Выпрямленное пульсирующее напряжение поступает на базу транзистора VT11. При достаточно высоком уровне выпрямленного звукового сигнала загорается светодиод HL2 жёлтого свечения — индикатор уровня звукового сигнала. Светодиод HL3 красного свечения служит индикатором включения электропитания. С

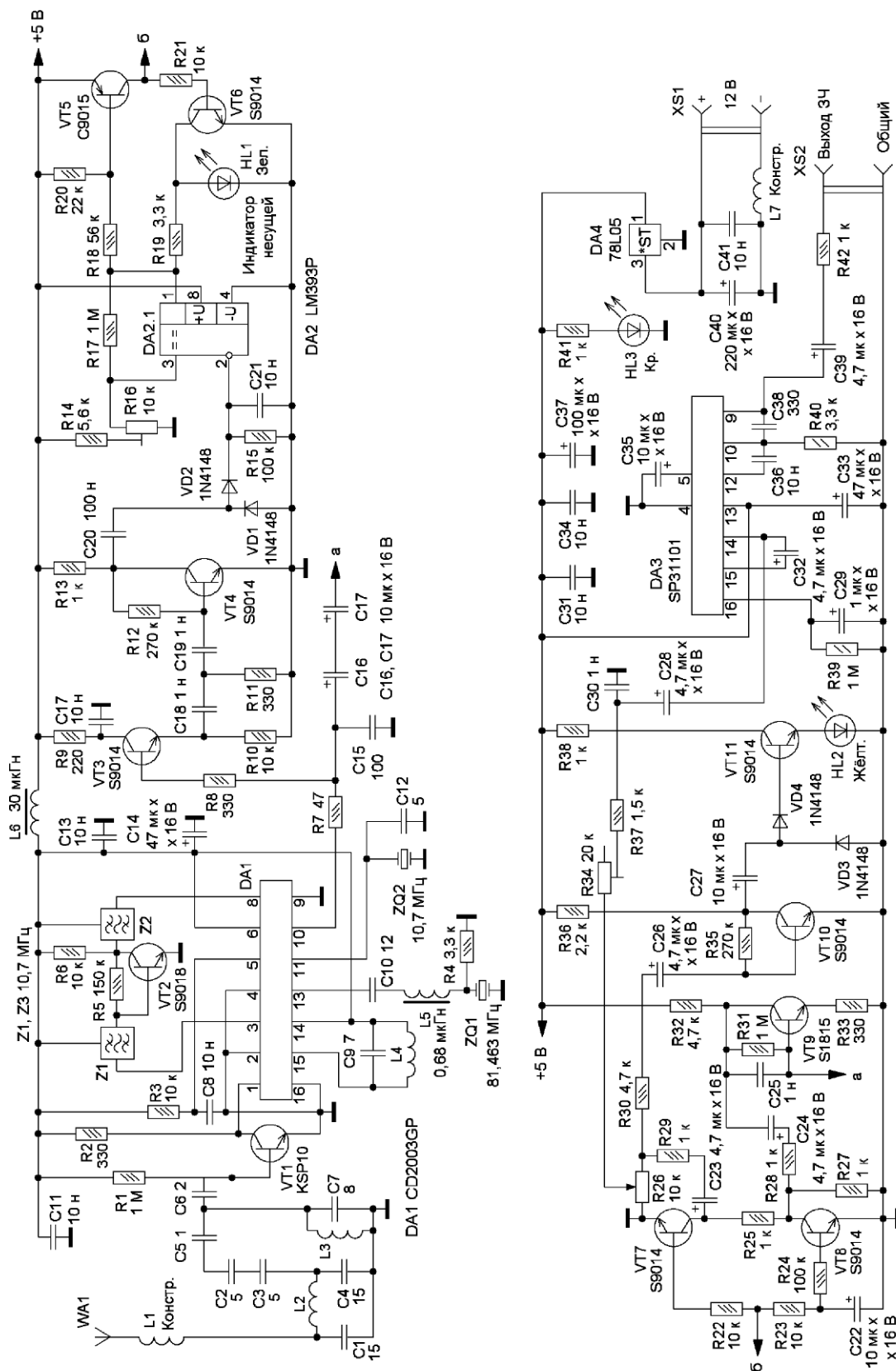


Рис. 7

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

РОССИЯ

БЕЛГОРОДСКАЯ ОБЛ. Частота 98,1 МГц радиостанции "Радио Русь" в Борисовке удалена из лицензии Л033-00114-77/00665423, вещание прекращено (источник — URL: https://vk.com/wall-83427404_27647 (23.04.26)).

ВОЛГОГРАДСКАЯ ОБЛ. Радиостанция "Радио 50" прекращает вещание в Урюпинске. Частота удалена из федеральной лицензии радиостанции Л033-00114-77/00067239. "Радио 50" вещало в Урюпинске с 1 июня 2025 г. и продержалось в эфире около 10,5 месяцев (источник — URL: https://vk.com/wall-67247495_7892 (23.04.26)).

ВОЛОГОДСКАЯ ОБЛ. В Вологде на частоте 102,7 МГц началось вещание радиостанции Business FM, которая заменила радиостанцию "Радио Шансон" (источник — URL: https://vk.com/rtrs_vologda?w=wall-38848202_934 (23.04.26)).

КАЛМЫКИЯ. С 15 апреля 2026 г. в Элисте на частоте 103,2 МГц вместо "Юмор FM" начало вещание "Новое радио" (источник — URL: https://vk.com/wall-210322790_1500 (23.04.26)).

КЕМЕРОВСКАЯ ОБЛ. В Новокузнецке на частоте 104 МГц началось вещание радиостанции Business FM (источник — URL: <https://www.bfm.ru/news/601838> (23.04.26)).

КИРОВСКАЯ ОБЛ. С 3 апреля 2026 г. на частоте 105,8 МГц в Кирове началось вещание радиостанции Relax FM (источник — URL: <https://www.gpmradio.ru/news-page/uid/48161> (23.04.26)).

КРЫМ. В Симферополе на частоте 95,8 МГц и в Керчи на частоте 90,7 МГц с 1 апреля 2026 г. началось вещание единственной в стране государственной радиостанции академической музыки "Радио Орфей". С 8 апреля 2026 г. трансляция началась и в Евпатории на частоте 94,3 МГц (источник — URL: https://vk.com/wall-197535681_5908 (23.04.26)).

ЛЕНИНГРАДСКАЯ ОБЛ. 24 марта 2026 г. началось вещание радиостанции "Родина FM" на частоте 95,2 МГц в Выборге и на частоте 93,9 МГц — в Приморске. Ранее на этих частотах вещало "Модное радио", которое прекратило работу 19 ноября 2025 г.

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

(источник — URL: <https://gomel-sat.bz/topic/174520-vmestomodnogo-radio-v-leningsgradskoj-oblasti-nachinaet-veshhanie-rodina-fm/> (23.04.26)).

Филиал РТПС Санкт-Петербургский РЦ уменьшил мощность передатчика для трансляции радиостанции Love Radio/"Радио Верные Решения" в Выборге до 0,1 кВт. Частота трансляции осталась прежней — 99,8 МГц. Решение об изменении мощности трансляции принял вещатель (источник — URL: https://spb.rtrs.ru/tv/radioveshchanie/radiostantsiya-radio-lyubov-radio-vernye-resheniya-v-vyborg-e-izmenila-moshchnost-veshchaniya/?utm_referrer=https%3A%2F%2Fmoscow.rtrs.ru%2F (23.04.26)).

ПРИМОРСКИЙ КРАЙ. В Арсеньеве на частоте 95,8 МГц началось вещание радиостанции "Наше Радио". Ранее на этой частоте была радиостанция "Радио 7 на семи холмах" (источник — URL: <https://www.nashe.ru/news/nashe-radio-zazvuchalo-v-primorskom-arseneve> (23.04.26)).

Также в Арсеньеве на частоте 107,5 МГц началось вещание радиостанции DFM, заменив собой "Ретро FM" (источник — URL: https://vk.com/tv_fm?w=wall-57714744_15530 (23.04.26)).

РОСТОВСКАЯ ОБЛ. В Ростове-на-Дону на частоте 100,1 МГц началось вещание радиостанции Business FM (источник — URL: https://vk.com/wall-210322790_1427 (23.04.26)).

САРАТОВСКАЯ ОБЛ. В Калининске на частоте 105 МГц восстановлено вещание радиостанции "Авторадио" (источник — URL: https://vk.com/wall-19037431_4018 (23.04.26)).

В Саратове на частоте 88,7 МГц вместо радиостанции "Рекорд" началось вещание радиостанции Business FM (источник — URL: https://saratov.rtrs.ru/tv/radioveshchanie/rtrs-nachal-translyatsiyu-radiokanala-biznes-fm-v-saratove/?utm_referrer=https%3A%2F%2Fmoscow.rtrs.ru%2F (23.04.26)).

СВЕРДЛОВСКАЯ ОБЛ. Радиостанция "Благодать FM" на частоте 92,5 МГц запустила систему RDS в Североуральске, Покровск-Уральске, Бокситках, Калье (источник — URL: https://vk.com/wall-20890825_32087 (23.04.26)).

ХАБАРОВСКИЙ КРАЙ. В Хабаровске на частоте 101,8 МГц начала своё вещание радиостанция "Песни от всей души". Это новый проект 2026 г., созданный

на основе популярного телевизионного шоу (источник — URL: https://vk.com/wall-19037431_4242 (23.04.26)).

ХАНТЫ-МАНСКИЙ АО. Православная радиостанция "Радио ВЕРА" начала своё вещание в Сургуте и Нефтеюганске на частоте 92,1 МГц (источник — URL: https://vk.com/wall-51326921_65490 (23.04.26)).

ЧЕЛЯБИНСКАЯ ОБЛ. С 16 марта 2026 г. радиостанция "Маруся FM" вновь начала вещание в Челябинске на частоте 104,9 МГц (источник — URL: https://vk.com/wall-90495469_16788 (23.04.26)).

Радиостанция "Интерволна" 8 апреля 2026 г. возобновила вещание в Миассе на частоте 95,6 МГц и Кыштыме на частоте 97 МГц. С 10 апреля 2026 г. трансляция "Интерволны" возобновилась в Сатке на частоте 90 МГц (источник — URL: https://vk.com/wall-18520524_46919 (23.04.26)).

ЧЕЧНЯ. В Грозном начала работу радиостанция Radio Monte Carlo. Частота вещания — 95,9 МГц (источник — URL: <https://onair.ru/2026/03/30/monte-carlo-v-groznom-zapusk-strategiya-i-lokalnyj-kontekst> (23.04.26)).

ЯРОСЛАВСКАЯ ОБЛ. В Угличе на частоте 94,7 МГц началось вещание радиостанции "Искатель" (источник — URL: https://vk.com/wall-90495469_16795 (23.04.26)).

В марте 2026 г. РТПС Ярославский ОРТПЦ увеличил мощность передатчика радиостанции "Хит FM" в Ярославле с 250 Вт до 500 Вт, а также заменил фидер и передающую антенну (источник — URL: https://yosslavl.rtrs.ru/tv/radioveshchanie/rtrs-uvlechil-moshchnost-radiopredatchika-khit-fm-yosslavl-rasshiriv-zonu-veshchaniya-i-okhvata/?utm_referrer=https%3A%2F%2Fmoscow.rtrs.ru%2F (23.04.26)).

ЗАРУБЕЖНОЕ ВЕЩАНИЕ

ВЬЕТНАМ. Радиостанция "Голос Вьетнама" перешла под прямое управление ЦК Коммунистической партии Вьетнама. Решение о передаче радиостанции, Вьетнамского телевидения и Вьетнамского информационного агентства под прямое управление Центрального комитета Коммунистической партии Вьетнама стало не просто административным шагом, а стратегическим актом, отражающим зрелость политической системы и её способность отвечать на вызовы времени (источник — URL: <https://onair.ru/2026/03/26/radio-golos-vietnama-pereshlo-pod-pryamoe-upravlenie-czk-kommunisticheskoy-partii-vietnama/> (23.04.26)).

КОЛУМБИЯ. Colmundo Radio, являющееся основным продуктом радиостанций на протяжении более 40 лет, официально уходит из эфира. История сети началась в 1981 г., когда она была основана как Grupo Radial Colombiano братьями Родригес Орехуэла. В первые годы своего существования это был медиацентр, который набирал таланты высшего уровня, чтобы доминировать в рейтингах. В 1989 г. сеть претерпела серьёзную трансформацию, когда она была продана пастору Чаморро, эквадорскому политику и религиозному лидеру, который переименовал её в Colmundo Radio. Часто называемая La cadena de la paz ("Цепочка мира"), она стал основной платформой для "Студенческой церкви крестового похода" и христианского программирования. Из-за снижения интереса к прослушиванию радио и роста цифровых платформ сеть решила вернуть свои лицензии Министерству информационных технологий и коммуникаций (MinTIC). В настоящее время станции сети заменили свой стандартный контент музыкой, поскольку они готовятся к окончательному закрытию.

ПРИДНЕСТРОВЬЕ/РОССИЯ. Новое расписание ретрансляций с 29 марта 2026 г.: "Радио России" — с 11.00 до 15.00, частота — 999 кГц, мощность передатчика — 1000 кВт; "Вести ФМ" — с 18.00 до 05.00, частота — 1413 кГц, мощность передатчика — 500 кВт; (время — московское) источник — URL: [https://vk.com/club158109176_457240562%2F210bbe62a974e5d55e](https://vk.com/club158109176?z=photo-158109176_457240562%2F210bbe62a974e5d55e) (23.04.26)).

США. Суд в США постановил, что решение администрации

Дональда Трампа о прекращении вещания "Голоса Америки" и "Радио Свобода" было незаконным, и предписал ей вернуть к работе 1042 сотрудника этих СМИ. Принявший решение судья Окружного суда США по округу Колумбия Ройс Ламберт дал американским властям неделю на выполнение решения ("Голос Америки" и "Радио Свобода" признаны Минюстом РФ иноагентами. Юрлицо Radio Free Europe/Radio Liberty (RFE/RL) признано нежелательной организацией в России).

Американский телеканал CBS News объявил о закрытии своей радиослужбы, сославшись на сложные экономические условия из-за перехода слушателей на цифровые источники и подкасты, пишет Associated Press. Служба CBS News Radio начала вещание в сентябре 1927 г., став предшественницей всей сети CBS.

Сегодня CBS News Radio предлагает материалы примерно 700 аффилированным радиостанциям по всей стране. Служба наиболее известна своими ежечасными сводками новостей. Вещание радиослужбы прекращено 22 мая 2026 г.

ШВЕЙЦАРИЯ. Цифровое радио DAB+ в Швейцарии уже должно задавать тон, но аналоговое УКВ-радио не так просто отключить. После того, как SRG SSR (Schweizerische Radio und Fernsehgesellschaft), крупнейшая швейцарская общественная телерадиовещательная корпорация, уже приняла решение о продолжении существования аналогового УКВ после 2026 г., туристические кантоны, такие как Тичино и Вале, теперь настаивают на возвращении вещателей до празд-

ничного сезона этого года. В то время как аналоговое УКВ вещание вряд ли играет роль в Швейцарии, многие автомобили в Швейцарии (около 40 % зарегистрированных транспортных средств) ещё не имеют радиоприёмников стандарта DAB+. Поэтому часть водителей была в значительной степени исключена из сообщений о дорожном движении на автомагистралях и туннелях.

ЯПОНИЯ. 30 марта 2026 г. NHK реорганизовала свои три действующих радиослужбы ("Радио 1", "Радио 2" и FM) в две — NHK AM и NHK FM. "Радио 2" было отключено, и некоторые из его программ были переданы либо NHK AM, либо NHK FM. Реструктуризация радиостанций, сосредоточенная на отключении средневолнового вещания, не ограничивается NHK. Из 47 японских радиостанций 44 объявили о планах прекратить вещание на средних волнах к осени 2028 г. и перейти на УКВ-вещание. Эта конверсия обусловлена таким фактором, как устаревание вещательного оборудования. Хотя Министерство внутренних дел и коммуникаций и Японская ассоциация коммерческих вещателей ещё не объявили о конкретных планах по использованию этого "пустыря", было предложено несколько идей. К ним относятся использование его в качестве инфраструктуры предотвращения стихийных бедствий во время чрезвычайных ситуаций или перефилирование его для сельского хозяйства и Интернета вещей, используя способность средних волн распространяться на достаточно большие расстояния.

Хорошего приёма и 73! ■

Упрощённый вариант стенда для проверки высоковольтных радиоэлементов

И. НЕЧАЕВ, г. Москва

В статье автора "Стенд для проверки высоковольтных радиоэлементов" (Радио, 2025, № 9, с. 34—36) было приведено описание стенда для проверки высоковольтных радиоэлементов. Этот стенд можно упростить, если исключить из него узлы автоматического регулирования.

В этом случае потребуется регулируемый лабораторный блок питания с выходным напряжением до 12 В, и придётся вручную изменять его выходное напряжение.

Схема упрощённого варианта стенда показана на **рис. 1**. Лабораторный блок питания

подключают к разъёму XT1, диод VD1 защищает устройство от неправильной полярности питающего напряжения. А1 — повышающий преобразователь напряжения, на диодах VD2, VD3 и конденсаторах C2 и C3 собран выпрямитель с удвоением напряжения. Вольтметр с автома-

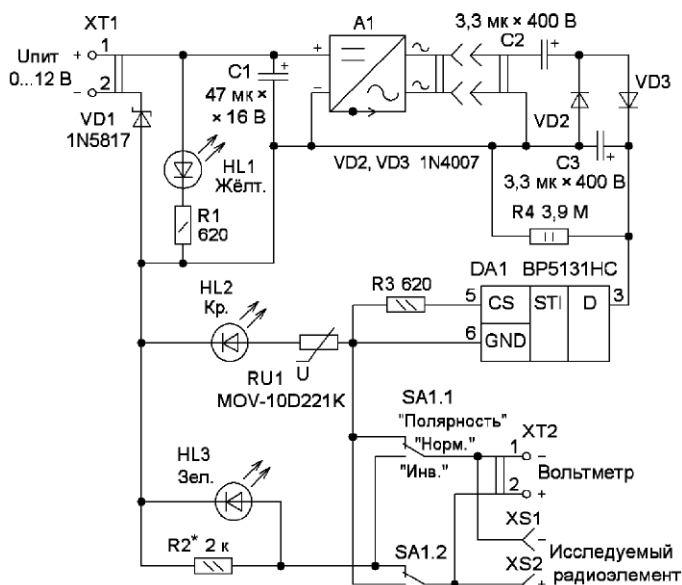


Рис. 1

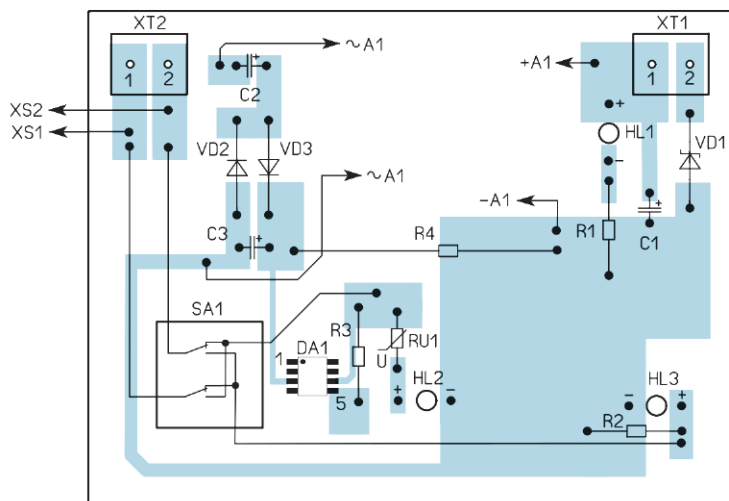
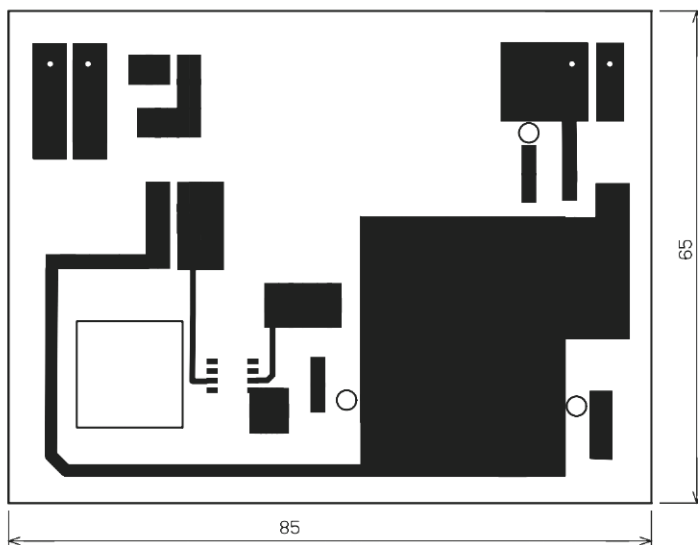


Рис. 2

тическим выбором пределов измерения подключают к разъёму XT2, а исследуемый радиоэлемент — к разъёмам "крокодиль" XS1, XS2. На микросхеме DA1 собран стабилизатор тока 1 мА. Светодиод HL1 — индикатор напряжения питания. На варисторе RU1 и светодиоде HL2 собран индикатор максимально допустимого напряжения. На светодиоде HL3 — индикатор протекающего через исследуемый радиоэлемент тока. Резистор R4 служит для разрядки конденсаторов C2 и C3 при уменьшении напряжения питания устройства.

Измерения с помощью стенда проводят в следующей последовательности. К устройству подключают проверяемый радиоэлемент, вольтметр и включают лабораторный блок питания с установленным выходным напряжением менее 1 В. Плавно увеличивая выходное напряжение, контролируют состояние светодиодных индикаторов. При напряжении более 2 В начнёт светить светодиод HL1, при увеличении напряжения яркость его свечения увеличивается. Если исследуемый радиоэлемент начинает проводить ток, и он достигнет значения около 1 мА, станет светить светодиод HL3. В этот момент надо измерить напряжение на исследуемом радиоэлементе. Для измерения полярности напряжения на радиоэлементе используют переключатель SA1, при этом предварительно выходное напряжение лабораторного блока питания уменьшают до погасания светодиода HL1. Если при увеличении напряжения питания включится светодиод HL2, это означает, что напряжение на радиоэлементе достигло примерно 220 В, дальнейшее увеличение питающего напряжения недопустимо.

Конструкция и применённые детали аналогичны тем, которые указаны в приведённой выше статье. Отличается только печатная плата, чертёж которой показан на рис. 2. Она изготовлена из фольгированного с одной стороны стеклотекстолита толщиной 1,5 мм. Светодиоды — сверхъяркие в корпусе диаметром 3...5 мм, отверстия для них в плате должны быть соответствующего диаметра. Резистор R2 подбирают так, чтобы при токе через исследуемый радиоэлемент 1 мА свечение светодиода HL3 было заметным.

От редакции. Чертёж печатной платы стенда находится по адресу <http://ftp.radio.ru/pub/2026/06/stend2.zip> на нашем FTP-сервере.

Частотомер на микроконтроллере STM32G431

А. БУЛДАКОВ, г. Дзержинск Нижегородской обл.

Измерение частоты — одна из базовых задач радиолюбителя. Описанное в моей статье "Частотомер на LGT8F328P-LQFP32 MiniEVB" ("Радио", 2023, № 4, с. 29—32) решение на основе Arduino показало себя работоспособным, но его применение ограничено. Верхний предел измеряемой частоты ограничен быстродействием микроконтроллера (МК). Поэтому для измерения высоких частот требуются внешние счётчики, а режим измерения переключается вручную. Точность устройства — 6—7 значащих цифр. Низкая частота кварцевого генератора вносит значительную погрешность при измерении сигналов выше десятков мегагерц, кроме того, его частота подвержена температурному дрейфу.

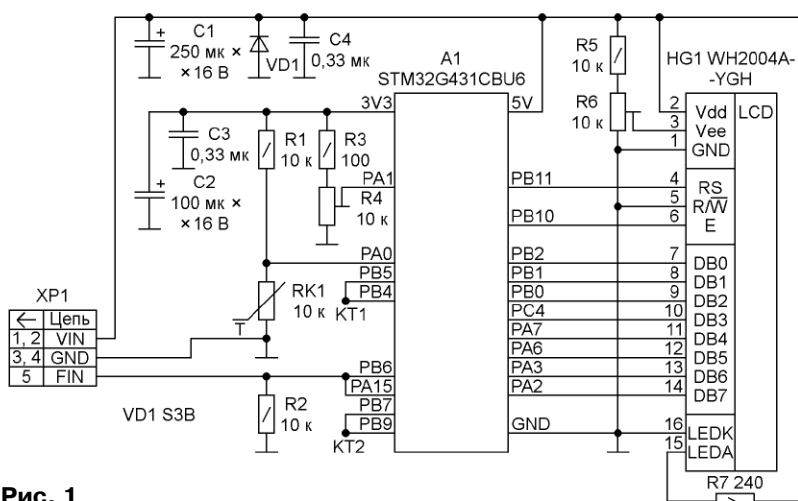
Схема частотомера приведена на рис. 1. Устройство измеряет частоту в диапазоне от 0,3 Гц до 65 МГц при времени измерения 1 с. При входной частоте ниже 1 Гц время измерения автоматически увеличивается. Питание осуществляется от внешнего стабилизированного источника напряжением 5 В. Напряжение +5 В подаются на контакты 1 и 2 (VIN) разъёма XP1, а общий провод (GND) — на контакты 3 и 4. Дiod VD1 выполняет защитную функцию при неправильной полярности напряжения питания. Поэтому источник должен быть с защитой или в цепи питания следует предусмотреть плавкую вставку (предохранитель) на ток 0,5...1 А.

Для программной коррекции частоты кварцевого резонатора

вии сигнала. Такое включение резистора исключает ложные срабатывания от помех, поскольку внутренние подтягивающие резисторы МК отключены. Далее сигнал поступает на счётные входы таймеров 4 (TIM4) и 2 (TIM2) (выводы PB6 и PA15). Таймер TIM4 выполняет функцию программируемого делителя частоты. Входной сигнал с вывода PB6 поступает на счётный вход таймера TIM4. Далее, после деления, сигнал с вывода PB7 подаётся на вход внешнего прерывания PB9. При низкой частоте входного сигнала таймер TIM4 пропускает импульсы без изменения. При высокой частоте он делит её в K дел раз, снижая нагрузку на процессор. Деление частоты снижает частоты обработки прерываний, позволяя МК обрабатывать высокочастотные сигналы без перегрузки, поскольку число прерываний в секунду остаётся в допустимых пределах.

Для подсчёта всех входных импульсов, независимо от делителя TIM4, используется таймер TIM2. Если в момент основного измерения частота входного сигнала резко возрастает, а коэффициент деления TIM4 ещё не скорректирован, сторожевой таймер фиксирует перегрузку и принудительно включает деление. В этом случае показания, вычисленные на основе таймера TIM4, недостоверны, поскольку коэффициент деления изменился в процессе измерения. Тогда вместо этого используются данные таймера TIM2, что обеспечивает корректный результат при резком изменении частоты.

При резком увеличении входной частоты основной цикл программы перегружается, поскольку МК не успевает обрабатывать прерывания от таймера TIM4. Таймер 3 (TIM3) генерирует на выводе PB5 сигнал частотой 10 Гц, который поступает на вход внешнего прерывания PB4. Этот сигнал выполняет функцию сторожевого таймера (Watchdog), контролируя активность основного цикла программы. При каждом срабатывании прерывания по PB4 анализируется счётчик активности. Если его значение меньше определённого значения, коэффициент деления таймера TIM4 автоматически изменяется программно для снижения частоты прерываний.



Для налаживания и проверки на плате предусмотрены контрольные точки: КТ1 (проверяют наличие импульсов частотой 10 Гц на выводе PB5) и КТ2 (на ней наблюдают сигнал с выхода программируемого делителя, частота которого равна входной частоте, делённой на K_del на выводе PB7).

при работе на высоких частотах. На основном этапе в расчёт вводятся поправки, учитывающие температуру и калибровку кварцевого резонатора, что значительно снижает погрешность измерения. Данные для поправок поступают с аналоговых входов PA0 (датчик температуры) и PA1 (вывод калибровки). МК выпол-

Устройство собрано на печатной плате из фольгированного с двух сторон стеклотекстолита FR4 толщиной 1,6 мм. Чертёж платы показан на **рис. 2**, а схема размещения элементов — на **рис. 3**. В отверстия, отмеченные чёрными точками, вставляют отрезки лужёного провода и пропаивают с обеих сторон платы. В частотомере применены постоянные резисторы и неполярные керамические конденсаторы (C3, C4) для поверхностного монтажа типа-размера 1206. Эти конденсаторы должны быть с TKE X5R или X7R на номинальное напряжение 50 В. Конденсаторы C1 и C2 составлены из нескольких танталовых ёмкостью 47 мкФ на номинальное напряжение 16 В типа-размера D. На схеме (см. рис. 1) указана их приблизительная суммарная ёмкость. Конденсатор C1 составлен из пяти, конденсатор C2 — из двух. Места для них на плате предусмотрены. Подстроечный резистор R4 — 3362P, R6 — 3296W. Терморезистор — NTC-MF52AT, его сопротивление при 25 °C — 10 кОм, точность — 1 %, B = 3950. ЖКИ соединён с платой с помощью разъёма (на схеме не показан) PLS-16/PBS-16 с шагом контактов 2,54 мм. Модуль A1 припаян к плате через перемычки из лужёного провода, чтобы между ними был зазор в несколько миллиметров.

Перед первым включением проверьте качество монтажа и соответствие номиналов деталей. Проверьте отсутствие замыканий между печатными проводниками и цепями питания. Первое включение производите от внешнего источника 5 В. Строго соблюдайте полярность подключения. Не подключайте плату к USB-порту компьютера до завершения проверки: ошибка монтажа может вывести порт компьютера из строя. После подачи питания измерьте потребляемый ток. Ток потребления исправной платы должен быть не более 30 мА. При этом должна загореться подсветка индикатора. Отключите внешний источник питания от разъёма XP1.

Перед загрузкой программы в Arduino IDE для STM32G431 выполните однократную настройку среды разработки:

— В меню "Файл > Параметры" добавьте в поле "Дополнительные ссылки для менеджера плат" URL: https://raw.githubusercontent.com/stm32duino/BoardManagerFiles/master/STM32/package_stm_index.json

— В меню "Инструменты > Плата > Менеджер плат" найдите и установите пакет STM32 MCU based boards. После установки перезапустите Arduino IDE для применения новых настроек.

— Выберите плату: Generic STM32G4 series.

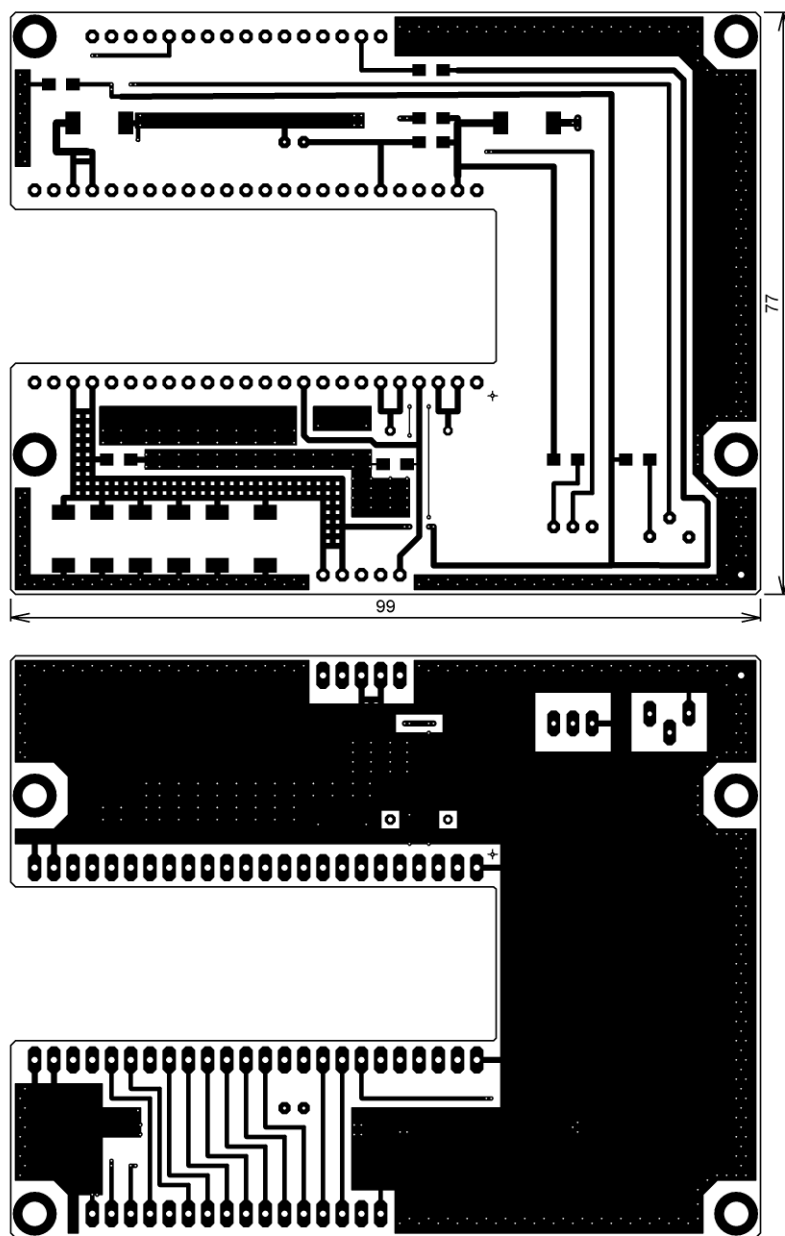


Рис. 2

Алгоритм измерения реализован в два этапа. На предварительном этапе выполняется грубое измерение частоты таймером TIM2. По его результату автоматически выбирается коэффициент деления таймера TIM4, что защищает систему от перегрузки

няет программную коррекцию частоты кварцевого резонатора. Коррекция выполняется с учётом текущей температуры и напряжения на выводе PA1, обеспечивая стабильность результатов измерения при изменении условий эксплуатации.

— В параметрах платы меню "Инструменты > Board part number" укажите Generic G431CBUx.

— В параметрах компиляции меню "Инструменты > Optimize" укажите Smallest (-Os default).

— В параметрах загрузки меню "Инструменты > Upload method" укажите STM32CubeProgrammer (DFU).

входа в режим загрузчика (DFU) нажмите и удерживайте кнопку BOOT0. Кратковременно нажмите на кнопку сброса NRST. Через одну секунду отпустите кнопку BOOT0. Плата перейдёт в режим загрузчика (DFU). Перед загрузкой убедитесь, что плата определена как DFU-устройство. В Windows 10 откройте "Диспетчер

шён, когда прогресс-бар достигает 100 % и появится сообщение "Загрузка завершена".

После запуска программы устройство готово к работе. Если изображение на ЖКИ отсутствует, отрегулируйте контрастность резистором R6. После регулировки на индикаторе отобразятся параметры, показанные на **рис. 4**: T — длительность интервала измерения, N — число входных импульсов, M — число импульсов опорной частоты, F — измеренная частота.

Для повышения точности предусмотрена калибровка. Подайте на вход FIN прямоугольные импульсы частотой 10 МГц, амплитудой 3 В. В качестве источника используйте стабильный кварцевый генератор OSC5A2B02. Вращая движок подстроечного резистора R4, добейтесь показаний 9999999.9 Гц на индикаторе. Если движок резистора R4 находится в крайнем положении, а требуемые показания не достигнуты, выполните программную коррекцию. Измените значение константы Delta_F в исходном коде и снова загрузите программу в МК.

Для понимания принципа работы частотомера теперь рассмотрим более подробно программный алгоритм измерения частоты.

1. Сначала задаются переменные для инициализации системы, включая длительность основного Tau_{izm} и предварительного Tau_{izm_pre} периода измерения частоты. Эти параметры задают интервалы времени, в течение которых МК считает импульсы входного сигнала. Задаётся коэффициент деления таймера TIM4 K_del и пороговая частота обработки прерываний F_irq_max . Если частота входного сигнала ниже этого порога, делитель TIM4 отключается. Настраивается тактовая частота и вводятся поправки к частоте кварцевого резонатора. Исходной считается номинальная частота кварцевого резонатора F_gen , указанная на корпусе. Для подстройки частоты в небольших пределах используется переменная $Delta_F$, задающая постоянное программное смещение по частоте. Конфигурация PLL задаётся множителем PLLN и делителями PLLM и PLLR. На основе этих значений и параметров PLL рассчитывается итоговая тактовая частота системы F_osc . Для дополнительной компенсации возможных отклонений частоты кварцевого резонатора вводятся два коэффициента: d_korr — максимальное относительное отклонение частоты (в процентах от F_osc) и t_korr — величина поправки на температурный дрейф кварцевого резонатора (в герцах на градус).

Для повышения быстродействия критически важная переменная $M1_main$ размещается в высо-

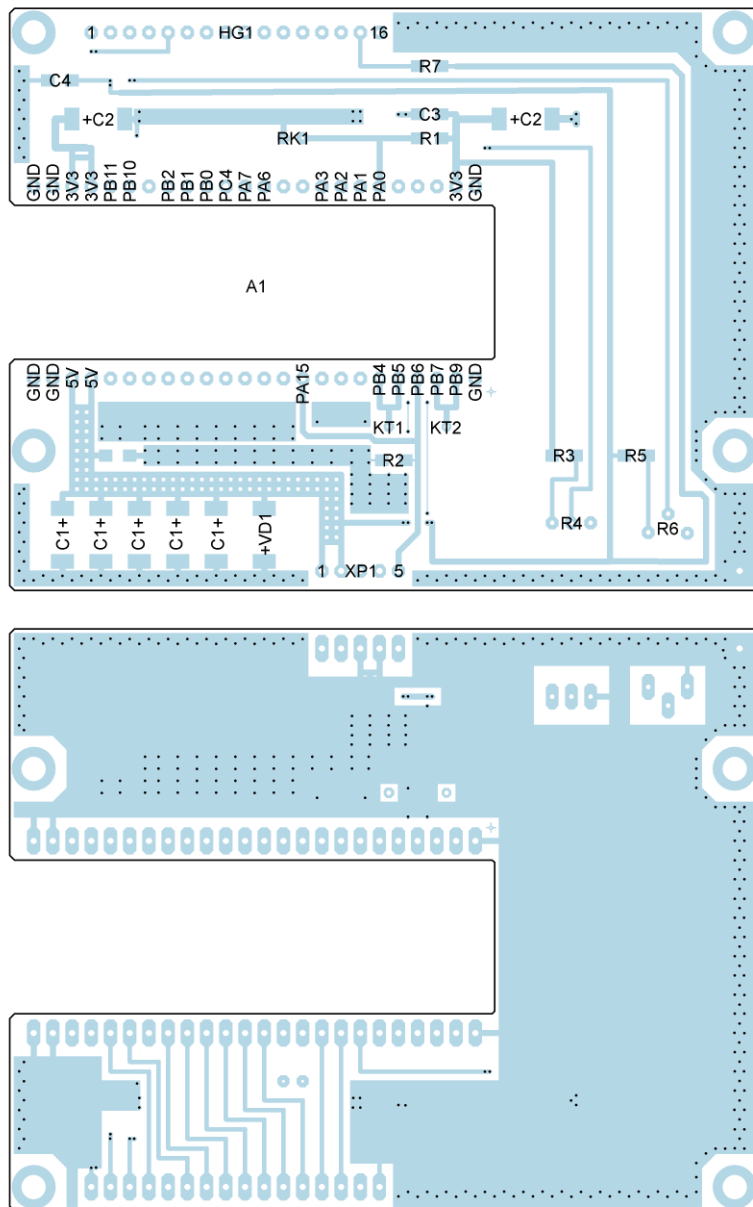


Рис. 3

— В параметрах периферии меню "Инструменты > USB support" укажите None.

— В параметрах периферии меню "Инструменты > U(S)ART support" укажите Enabled (no generic Serial).

Подключите плату к компьютеру с помощью USB-кабеля. Для

устройств" и перейдите к разделу "Устройства USB". После перехода платы в режим DFU в диспетчере устройств должно появиться устройство DFU in FS Mode. Затем в Arduino IDE выберите нужную программу и нажмите на кнопку загрузки (значок со стрелкой вправо). Процесс загрузки завер-



Рис. 4

коскоростной памяти DTCM-RAM. Это обеспечивает минимальную задержку при доступе к ней в обработке прерываний. В стандартной памяти хранятся все остальные переменные. Управляющие флаги, счётчики импульсов N, N1_main, N2_pre и N2_main, счётчик импульсов (тиков) M1_pre для предварительного этапа и промежуточные результаты вычислений. Для вывода результатов на экран используются переменные N_ind, M_ind и F_ind.

Для компенсации температурного дрейфа и калибровки кварцевого резонатора в программе используется два кольцевых буфера T_in и F_in. В них хранят историю измерений с аналоговых входов МК. Новые данные записываются в эти буферы по текущему индексу ring_index. Размер обоих буферов определяется константой FILTER_SIZE. На основе усреднённых значений из этих буферов рассчитываются две поправки: температурная T_delta и F_delta для компенсации отклонения частоты кварцевого резонатора. Эти поправки используются в дальнейших вычислениях.

Далее интервалы времени, заданные в миллисекундах, преобразуются в тики счётчика DWT. Объявляются переменные для хранения результатов этого преобразования: Tau_pre — длительность предварительного и Tau_main — длительность основного интервала измерения в тиках. Объявляются переменные Tau_stop_pre и Tau_stop_main, которые задают таймаут для принудительного завершения измерения при отсутствии входного сигнала. Эти переменные устанавливаются в несколько раз больше, чем соответствующие измерительные интервалы.

В программе реализован механизм сторожевого таймера (Watchdog), использующий две служебные переменные: flag_watchdog, которая выступает флагом перегрузки по частоте прерываний, и watchdog_counter, выступающая счётчиком активности основного цикла. В программе используются и другие служебные переменные, которые управляют процессом измерений и хранят промежуточные данные. Переменная izm_pre определяет текущий режим измерения: 0 — основной, 1 — предварительный. Переменная tik хранит длительность основного измерения в миллисекундах, которая затем выводится на индикатор.

Для работы с аналогово-цифровым преобразователем (АЦП) используются две специализированные структуры. Структура AdcHandle предоставляет интерфейс для управления настройками и состоянием модуля АЦП. Структура sConfig применяется для настройки параметров каждого аналогового канала, таких как номер канала, ранг преобразования и время выборки.

Функция setup выполняет однократную инициализацию МК.

2. Настройка тактового генератора выполняется в несколько этапов. Программа начинает с подготовки двух управляющих структур. Структура RCC_OscInit TypeDef служит для задания параметров генератора и системы PLL. Структура RCC_ClkInitTypeDef используется для настройки и распределения тактовой частоты по внутренним шинам МК.

В структуре RCC_OscInitStruct в качестве основного источника тактирования выбирается и активируется внешний кварцевый резонатор (HSE). Затем настраивается

система PLL, источником для которой выступает HSE. В этой системе задаются коэффициенты: множитель PLLN и делители PLLM и PLLR. Для применения настроек вызывается функция HAL_RCC_OscConfig, которая записывает параметры из структуры RCC_OscInitStruct в управляющие регистры генератора PLL. В результате запускаются HSE-генератор и система PLL.

После настройки тактовой частоты ядра программа распределяет её по подсистемам МК. Для этого в структуре RCC_ClkInitStruct задаются коэффициенты деления для шин: системной шины SYSCLK, шины AHB и периферийных шин APB1 и APB2. Для системной шины источником выбирается выход PLL. Для каждой шины задаётся индивидуальный коэффициент деления. На заключительном этапе вызывается функция HAL_RCC_ClockConfig, которая распределяет частоты по шинам и устанавливает задержку для работы с Flash-памятью на основе структуры RCC_ClkInitStruct.

3. Программа настраивает работу с Flash-памятью для обеспечения стабильного времени выполнения критических участков кода. При работе с ключённым кэшем данных (D-Cache) доступ к Flash-памяти происходит с переменной задержкой, что вносит погрешность в измерения временных интервалов. Чтобы исключить эту неопределённость, D-Cache отключается. После этого, для завершения операций с памятью и применения этого изменения, выполняются барьеры синхронизации данных и инструкций. Дополнительно включается механизм предвыборки инструкций из Flash-памяти, который заранее подгружает следующие команды, сокращая среднее время доступа и делая его предсказуемым.

4. Затем включается тактирование порта ввода-вывода GPIOB и таймеров TIM2, TIM3 и TIM4. TIM2 работает как счётчик импульсов входной частоты. TIM3 генерирует сигнал для сторожевого таймера (Watchdog). TIM4 выполняет роль программируемого делителя входной частоты и включён в цепь измерения перед обработчиком прерываний. Затем включается модуль АЦП для измерения температуры платы через вывод PA0 и сигнала с вывода PA1 для расчёта поправки частоты кварцевого резонатора.

5. Настраиваются выводы МК. Вывод PA15 конфигурируется как вход захвата таймера TIM2 (канал 1) и переводится в режим альтернативной функции AF1. Вывод PB5 конфигурируется как выход таймера TIM3 (канал 2) и переводится в режим альтернативной функции AF2. Так как таймер TIM3 генерирует низкочастотный сиг-

нал, для вывода устанавливается низкая скорость переключения, что снижает электромагнитные помехи и уменьшает броски тока. Вывод PB6 конфигурируется как вход таймера TIM4 (канал 1) и переводится в режим альтернативной функции AF2. Вывод PB7 конфигурируется как выход таймера TIM4 (канал 2) и переводится в режим альтернативной функции AF2.

6. Инициализация счётчика Data Watchpoint and Trace (DWT) и таймеров.

Счётчик тактов DWT, используемый для измерения временных интервалов инициализируется в несколько этапов. Сначала через регистр CoreDebug->DEMCR разрешается трассировка для активации счётчика. Затем запускается счётчик тактов CYCCNT путём установки соответствующего бита в регистре DWT->CTRL. Затем счётчик обнуляется.

Таймер TIM2 настраивается как счётчик внешних импульсов. Сначала он останавливается, а его управляющие регистры сбрасываются в исходное состояние. Затем конфигурируется счётный блок: предделитель PSC устанавливается в 0, чтобы таймер увеличивал счёт на каждом входном импульсе. Регистр периода ARR устанавливается в максимальное значение 0xFFFFFFFF, что обеспечивает максимально возможный интервал счёта 32-разрядного счётчика. Далее настраивается подсистема захвата: канал 1 конфигурируется как вход захвата T11, разрешается захват сигнала CC1E, полярность устанавливается по фронту импульса. Таймер переводится в режим внешнего тактирования External Clock Mode 1, в качестве источника триггера выбирается сигнал T11FP1. После задания всех параметров генерируется событие принудительного обновления UG, которое применяет все сделанные настройки к таймеру. Завершается конфигурация запуском счётчика установкой бита разрешения счёта CEN. После этого TIM2 готов к подсчёту входных импульсов.

Таймер TIM3 настраивается для генерации ШИМ-сигнала с частотой 10 Гц. Процесс начинается с полного сброса таймера. Затем рассчитывается и устанавливается предделитель PSC, уменьшающий системную тактовую частоту до уровня, необходимого для получения заданной частоты сигнала. Регистр автоперезагрузки ARR устанавливается в 9999. Совместно с предделителем это определяет период счёта таймера. Затем канал 2 конфигурируется в режиме PWM mode 2, который обеспечивает генерацию ШИМ-сигнала. Активируется предзагрузка регистра сравнения OC2PE для изменения скважности и разрешается выход канала

на CC2E. Значение регистра сравнения CCR2 устанавливается в 5000. При ARR=9999 это обеспечивает скважность 50 %. После задания всех параметров генерируется событие принудительного обновления, после чего таймер запускается. После этого TIM3 генерирует на выходе PB5 сигнал, который подаёт на вход внешнего прерывания для сторожевого таймера.

Таймер TIM4 выполняет функцию программируемого делителя частоты. Он получает входной сигнал с вывода PB6, уменьшая его частоту в заданное число раз. Настройка начинается со сброса таймера. TIM4 конфигурируется на подсчёт импульсов от внешнего источника: включается режим внешнего тактирования External Clock Mode 1, а источником тактирования выбирается сигнал с вывода PB6. Коэффициент деления задаётся программно через коэффициент K_del; значение предделителя PSC вычисляется как K_del 1. Если PSC=0, деления не происходит, и выходная частота равна входной. Если PSC>0, таймер пропускает заданное число импульсов, уменьшая частоту в (PSC+1) раз. Для работы в качестве делителя регистр периода ARR устанавливается в 1, поэтому таймер считает от 0 до 1 и автоматически сбрасывается. Канал 2 таймера настраивается в режиме ШИМ (PWM mode 2) с включённой предзагрузкой регистра сравнения OC2PE и разрешённым выходом CC2E. Значение регистра сравнения CCR2 устанавливается в 1. При ARR=1 и CCR2=1 выходной сигнал на выходе PB7 имеет скважность 50 %. TIM4 формирует на выходе PB7 меандр с частотой, в K_del раз меньшей, чем частота входного сигнала PB6 (при PSC>0). После настройки всех параметров генерируется событие обновления, и таймер запускается.

7. На выходе PB4 настраивается внешнее прерывание для сторожевого таймера (Watchdog), активируемое по фронту импульса от TIM3. При срабатывании этого прерывания вызывается обработчик watchdogHandler, который отслеживает регулярность выполнения основного цикла программы и выявляет возможные зависания. Ещё одно внешнее прерывание, предназначенное для измерения входной частоты, настраивается на выходе PB9 и активируется по фронту импульса. Каждое его срабатывание приводит к вызову обработчика interruptHandler, в котором увеличивается значение счётчика импульсов. Значение переменной N служит основой для последующего расчёта частоты входного сигнала.

В программе задаются приоритеты прерываний, определяющие порядок их обработки при одно-

временном их возникновении. После настройки приоритетов все необходимые прерывания глобально разрешаются с помощью модуля NVIC. Это действие завершает настройку прерываний и переводит систему в режим их обработки.

8. Настройка аналоговых входов. Аналоговые входы PA0 и PA1 служат для подключения внешнего датчика температуры и подстроечного резистора R4 цепи калибровки кварцевого резонатора. Подстроечный резистор R4 используется для изменения напряжения на выводе PA1. МК считывает это напряжение с помощью АЦП и вносит соответствующую программную коррекцию в частоту кварцевого резонатора, компенсируя разброс или старение. Выводы переводятся в режим аналогового входа; при этом подтягивающие резисторы и все альтернативные функции для них отключаются.

Далее настраивается модуль АЦП (ADC1), который будет использоваться для измерений. Сначала настраивается источник тактирования: через регистр RCC->CCIPR выбирается тактовая частота с выхода PLLP (PLLPClk). Основные параметры задаются в структуре инициализации AdcHandle: предделитель частоты устанавливается в 16, разрешение 12 бит с выравниванием результата вправо, и включается режим сканирования для автоматического опроса нескольких каналов подряд. Преобразование запускается однократно, и непрерывный режим при этом отключается. Число преобразований в серии устанавливается равным 2. Все эти настройки применяются к модулю АЦП вызовом функции HAL_ADC_Init. Затем выполняется калибровка модуля АЦП. Вызывается функция HAL_ADCEx_Calibration_Start, которой передаётся структура управления AdcHandle и параметр режима ADC_SINGLE_ENDED. Параметр ADC_SINGLE_ENDED указывает режим одиночных измерений, что соответствует использованию каналов PA0 и PA1. В процессе калибровки внутренняя логика АЦП автоматически вычисляет и компенсирует смещение нуля и коэффициент усиления, записывая поправочные коэффициенты в свои регистры. После успешного завершения процедуры АЦП считается откалиброванным и готовым к выполнению измерений.

После настройки и калибровки модуля АЦП осуществляется конфигурация отдельных каналов. Первым настраивается канал, соответствующий выводу PA0. Все его параметры задаются в структуре каналов АЦП sConfig. Каналу назначается физический номер ADC_CHANNEL_1. Устанавливается ранг преобразования ADC_RE-

GULAR_RANK_1, в результате чего канал располагается первым в очереди на оцифровку. Устанавливается время выборки 640,5 циклов тактовой частоты АЦП. Режим измерения устанавливается в одиночный режим ADC_SINGLE_ENDED. Аппаратное смещение отключается установкой параметра ADC_OFFSET_NONE. Завершением настройки канала служит вызов функции HAL_ADC_ConfigChannel, которая записывает все заданные параметры в управляющие регистры модуля АЦП. По аналогии с первым каналом настраивается второй канал, соответствующий выводу PA1. В той же структуре sConfig меняются два ключевых параметра: номер канала меняется на ADC_CHANNEL_2, а ранг преобразования на ADC_REGULAR_RANK_2. Остальные параметры, заданные ранее для первого канала, сохраняются без изменения. Обновлённая конфигурация применяется к модулю АЦП тем же вызовом функции HAL_ADC_ConfigChannel.

9. Далее инициализируются кольцевые буферы T_in и F_in для хранения истории аналоговых измерений. Перед началом измерений выполняется сброс флага переполнения АЦП ADC_FLAG_OVR. Затем функцией HAL_ADC_Start запускается первое преобразование. Программа ожидает завершения преобразования для канала PA0 с помощью HAL_ADC_PollForConversion, после чего считанное значение записывается в ячейку T_in[0]. Аналогичная процедура выполняется для вывода PA1, и его значение записывается в F_in[0]. Полученные начальные значения температуры и калибровочного сигнала копируются во все оставшиеся ячейки соответствующих буферов. Это обеспечивает корректную работу алгоритма усреднения с самого начала измерений и исключает влияние пустых или незаполненных ячеек на расчёт поправок T_delta и F_delta.

10. Далее выполняется инициализация ЖКИ для отображения информации с помощью библиотеки LiquidCrystal. Как отмечено ранее, эти функции выполняются медленнее из-за отличия реальной тактовой частоты МК от значения по умолчанию в среде Arduino IDE. Для ускорения вывода на экран используется восьмисимвольный режим передачи данных, при котором задействуются все восемь линий данных дисплея. Объект lcd связывается с выводами МК, подключёнными к сигнальным линиям дисплея. Вызовом метода lcd.begin(20,4) дисплей настраивается на работу в формате 20 символов в строке и 4 строки. Команда lcd.clear() очищает экран. После этого дисплей готов к выводу результатов измерений.

Среда разработки Arduino IDE и ядро STM32duino по умолчанию рассчитаны на тактирование МК от внешнего кварцевого резонатора с частотой 24 МГц. Однако на применённой плате установлен кварцевый резонатор с частотой 8 МГц, поэтому стандартные временные функции выполняются в три раза медленнее, чем ожидается библиотека LiquidCrystal. Поскольку эти функции используются только библиотекой LiquidCrystal для формирования задержек при выводе на дисплей, обновление информации на экране происходит медленнее обычного, что не влияет на точность измерений. Чтобы восстановить нормальную скорость вывода информации на индикатор, уменьшите все временные задержки, связанные с выводом, пропорционально этому замедлению. Для этого найдите в папке библиотек Arduino файл LiquidCrystal.cpp и соответствующим образом уменьшите значения задержек, используемых библиотекой при выводе на индикатор.

11. В конце инициализации осуществляется финальная настройка временных интервалов алгоритма измерений: на основе заданных длительностей предварительного и основного измерительных интервалов в миллисекундах и тактовой частоты системы F_osc рассчитываются четыре параметра Tay_pre, Tay_main, Tay_stop_pre и Tay_stop_main, определяющие временные рамки каждого этапа работы.

12. Каждый проход главного цикла начинается с двух последовательных действий. Сначала счётчик активности watchdog_counter увеличивается на единицу. Это даёт сторожевому таймеру возможность отслеживать периодичность вызовов главного цикла. Затем в переменную dwt_cnt считывается текущее значение счётчика DWT, фиксирующее время с момента начала текущего этапа измерения и используемое для контроля длительности временных интервалов и определения момента окончания измерения при отсутствии входного сигнала.

13. В главном цикле постоянно проверяется истечение времени для текущего интервала измерения. Проверка выполняется отдельно для предварительного и основного этапов измерения. Для предварительного измерения анализируются флаги активности Gate_pre, режима izm_pre, начала start_gate_pre и окончания stop_gate_pre. Если измерение активно (Gate_pre == 1 и izm_pre == 1), флаг окончания stop_gate_pre не установлен, флаг начала start_gate_pre сброшен, а значение счётчика DWT превысило интервал Tay_pre, то устанавливается флаг stop_gate_pre. Это сигнали-

зирует о завершении предварительного этапа. Для основного измерения проверяются флаги Gate_main, izm_pre, start_gate_main и stop_gate_main. Если измерение активно (Gate_main == 1 и izm_pre == 0), флаг окончания stop_gate_main не установлен, флаг начала start_gate_main сброшен, а значение счётчика DWT превысило интервал Tay_main, то устанавливается флаг stop_gate_main. Такая система обеспечивает своевременное завершение этапов измерения и корректное переключение между ними.

14. Для защиты от зависания при отсутствии входного сигнала реализован алгоритм аварийного завершения измерения по таймауту. Этот алгоритм обрабатывает ситуацию, когда импульсы не поступают дольше утроенной длительности соответствующего измерительного интервала (Tay_stop_pre или Tay_stop_main). Если в режиме предварительного измерения время dwt_cnt превышает значение Tay_stop_pre, программа принудительно завершает этот этап. В M1_pre записывается текущее время, счётчик импульсов N2_pre обнуляется, и флаг активности Gate_pre снимается. Аналогично, при превышении времени Tay_stop_main в M1_main записывается текущее время, счётчик N1_main обнуляется, и флаг Gate_main снимается. Поэтому при отсутствии сигнала алгоритм измерения не зависает, он завершает текущий цикл и переходит к подготовке следующего измерения.

15. После завершения предварительного измерения выполняется анализ его результатов для подготовки к основному этапу. Это позволяет выполнить основное измерение с параметрами на основе результата предварительного измерения. Частота входного сигнала вычисляется по формуле $F2_pre = (N2_pre * F_osc) / M1_pre$. Полученное значение F2_pre является грубым приближением по сравнению с основным результатом, но его достаточно для принятия решения о настройке делителя таймера TIM4 перед основным измерением.

На основе предварительной частоты F2_pre выбирается коэффициент деления, снижающий нагрузку на процессор при высокой входной частоте. Сначала в регистр TIM4->PSC записывается максимальное значение K_del 1. Затем частота F2_pre сравнивается с порогом F_irq_max. Если F2_pre ниже порога F_irq_max, в TIM4->PSC записывается 0, и каждому входному импульсу будет соответствовать одно прерывание. Если же F2_pre превышает порог, делитель остаётся установленным в K_del 1, и каждому K_del-му входному импульсу будет соответствовать одно прерывание.

Чтобы вступили в силу новые значения предделителя, генерируется событие принудительного обновления UG для таймера TIM4.

Переход в режим основного измерения осуществляется сбросом флага `izm_pre` в ноль. Затем устанавливаются флаги, управляющие основным измерением: `start_gate_main` (сигнал начала) и `Gate_main` (сигнал активности), а флаг `stop_gate_main` сбрасывается. Счётчик DWT обнуляется. Теперь алгоритм измерения готов к основному этапу определения частоты входного сигнала.

16. После завершения основного измерения выполняется обработка результатов и подготовка к новому циклу: значения счётчика `N1_main` умножается на (`TIM4->PSC + 1`), для учёта фактического коэффициента деления. Затем рассчитываются значения `F1_main` и `F2_main` для основного измерения. В формуле используются поправки `F_delta` и `T_delta`, рассчитанные на предыдущем цикле измерений. Одновременно вычисляется длительность основного измерения в миллисекундах.

Затем обновляются данные калибровки: очищается флаг переполнения АЦП, запускается новое преобразование, и считанные значения с каналов PA0 и PA1 записываются в кольцевые буферы `T_in` и `F_in` по текущему индексу `ring_index`. Индекс увеличивается и сбрасывается при достижении размера буфера `FILTER_SIZE`, что обеспечивает циклическую запись.

На основе значений в буфере `T_in` вычисляется средняя температура платы. Усреднённое значение АЦП преобразуется в градусы Цельсия. Полученное значение температуры ограничивается интервалом 10...40 °C. На основании этого рассчитывается температурная поправка частоты кварцевого резонатора `T_delta`. Аналогично, по данным из буфера `F_in` вычисляется поправка `F_delta`, компенсирующая отклонение частоты резонатора. Эта поправка учитывает возможное отклонение частоты в пределах $\pm d_korr$ (максимальное относительное отклонение) от номинала `F_osc`. Для расчёта используется среднее значение сигнала для калибровки кварцевого резонатора, считанное с вывода PA1.

Полученные результаты выводятся на ЖКИ. В зависимости от состояния флага переменным `N_ind`, `M_ind` и `F_ind` присваиваются соответствующие измеренные значения: при `flag_watchdog == 0` — `N1_main`, `M1_main` и `F1_main`; при `flag_watchdog == 1` — `N2_main`,

`M1_main` и `F2_main`. Далее на экран выводятся длительность измерения `tik` (в мс), значения `N_ind` и `M_ind` и частота `F_ind`. Частота отображается в герцах с автоматическим форматированием.

Перед новым циклом программы возвращается в исходное состояние. Сбрасывается флаг перегрузки `flag_watchdog`. Для таймера TIM4 устанавливается максимальный коэффициент деления (`K_del 1`), чтобы обеспечить защиту от высокой частоты на этапе предварительного измерения следующего цикла. Это изменение немедленно применяется генерацией события обновления (записью в регистр `TIM4->EGR`).

Завершается подготовка перед запуском предварительного измерения. Устанавливается режим `izm_pre = 1`. Выставляются флаги начала `start_gate_pre` и активности `Gate_pre`, а флаг окончания `stop_gate_pre` сбрасывается. Счётчик DWT обнуляется. Теперь алгоритм измерения готов к новому циклу.

17. Обработчик прерывания `interruptHandler` по фронту сигнала на выводе PB9 выполняет две функции: подсчёт импульсов и управление этапами измерения. При каждом вызове обработчик увеличивает счётчик импульсов `N` на единицу. Одновременно обработчик анализирует состояние флагов и, в зависимости от их значений, управляет началом и завершением этапов измерения.

Логика для предварительного измерения:

- начало: при активных флагах `Gate_pre` и `start_gate_pre`, обработчик сбрасывает счётчик DWT, таймер TIM2 и счётчик `N`, после чего сбрасывает флаг `start_gate_pre`;

- завершение: если активны флаги `Gate_pre` и `stop_gate_pre`, обработчик сохраняет текущее значение счётчика DWT в переменную `M1_pre`, а значение счётчика TIM2 в переменную `N2_pre`. Затем сбрасываются флаги `stop_gate_pre` и `Gate_pre`.

Логика для основного измерения:

- начало: при активных флагах `Gate_main` и `start_gate_main` обработчик сбрасывает счётчик DWT, таймер TIM2 и счётчик `N`, после чего сбрасывает флаг `start_gate_main`;

- завершение: если активны флаги `Gate_main` и `stop_gate_main` обработчик сохраняет текущее значение счётчика DWT в переменную `M1_main`, значение счётчика TIM2 в переменную `N2_main`, а текущее число импульсов в переменную `N1_main`. Затем сбрасываются флаги `stop_gate_main` и `Gate_main`, завершая этап основного измерения.

18. Обработчик прерывания `watchdogHandler` для внешнего сторожевого таймера на выводе PB4 отслеживает периодичность выполнения главного цикла программы. Прерывание формируется внешним импульсом от таймера TIM3. При каждом срабатывании обработчик проверяет значение счётчика активности `watchdog_counter`. Если значение счётчика `watchdog_counter` ниже порога, основной цикл программы не успевает выполняться с требуемой частотой между прерываниями. Такая ситуация возникает при слишком высокой частоте сигнала на выводе PB9, когда МК перегружен обработкой прерываний `interruptHandler`.

В этом случае выполняются защитные действия: для таймера TIM4 принудительно устанавливается максимальный коэффициент деления (`K_del 1`) и генерируется событие обновления. Одновременно устанавливается флаг перегрузки `flag_watchdog`. После этого счётчик `watchdog_counter` сбрасывается, начиная новый цикл контроля периодичности выполнения основного цикла. Этот механизм автоматически снижает нагрузку на систему и восстанавливает нормальный режим работы после сбоев, вызванных слишком высокой частотой входного сигнала.

В итоге разработан компактный частотомер на МК STM32G431 с диапазоном измерения частоты до 65 МГц. Главное отличие — отсутствие внешних счётных микросхем: весь счёт и обработку выполняет МК с использованием таймеров. Устройство автоматически выбирает подходящий диапазон и коэффициент деления, чтобы не перегружать процессор, что существенно упрощает работу пользователя. Устройство программируется в среде Arduino IDE, поэтому код легко открыть, изучить и модифицировать под свои задачи. Для максимальной точности выполните калибровку по образцовому генератору, поскольку в программе уже предусмотрена температурная компенсация кварцевого резонатора.

Посвящается памяти моей мамы, Кривенко Людмилы, чья поддержка всегда была со мной.

От редакции. Чертёж печатной платы в авторском варианте и программа МК находятся по адресу http://ftp.radio.ru/pub/2026/06/F_meter.zip на нашем ftp-сервере.

Квазирезонансный изолированный пререгулятор для гибридного ЛБП

А. ЮДИН, г. Волжский Волгоградской обл.

Описанный в статье пререгулятор предназначен для применения совместно с линейным регулируемым стабилизатором (пострегулятором) и обеспечивает поддержание заданного перепада напряжения на регулирующем транзисторе линейного стабилизатора, минимизируя тем самым потери мощности. Пререгулятор питается непосредственно от сетевого выпрямителя со сглаживающим фильтром, его выход изолирован от питающей сети импульсным трансформатором и обеспечивают необходимое выходное напряжение и ток для работы линейного стабилизатора 0...50 В, 0...3 А. Пререгулятор обладает малым уровнем высокочастотных помех в выходном напряжении, не более 6 мВ (пик-пик) во всём интервале нагрузок, что позволяет использовать его в составе гибридного лабораторного блока питания. КПД пререгулятора вместе с сетевым выпрямителем при максимальной нагрузке — 87 %.

Лабораторный блок питания (ЛБП) — это обязательный прибор для радиолюбителей, инженеров и ремонтников, используемый при разработке, ремонте и тестировании различных электронных устройств.

На рынке представлено множество ЛБП под любые задачи, однако многие радиолюбители предпочитают изготовить его самостоятельно.

ЛБП по конструкции делятся на линейные, импульсные и гибридные.

В конструкции линейного ЛБП обязательно присутствует трансформатор сетевой частоты 50 Гц, что сказывается на его больших массогабаритных показателях. Линейный компенсационный стабилизатор в составе такого ЛБП, как правило, обладает хорошим быстродействием, высоким коэффициентом стабилизации напряжения и тока, минимальными высокочастотными помехами, что определяет его возможность питать высокочувствительную к помехам аппаратуру. Для снижения потерь мощности на регулирующем транзисторе линейного стабилизатора предусматривают ступенчатое переключение уровня входных напряжений путём коммутации нескольких вторичных обмоток трансформатора с помощью реле или полупроводниковых ключей. Эффективность такого метода зависит от числа ступеней переключения. Релейные коммутаторы ненадёжны, полупроводниковые удорожают конструкцию.

Импульсные ЛБП в своём составе имеют конвертер, работающий на высокой частоте преобразования, который имеет малые массогабаритные показатели. Импульсный ЛБП может иметь

высокий коэффициент стабилизации напряжения и тока, однако из-за большой ёмкости конденсаторов выходного фильтра имеет худшее быстродействие по сравнению с линейным ЛБП. Конвертер импульсного ЛБП генерирует широкополосные высокочастотные помехи из-за динамических потерь при переключении полупроводниковых ключей и наличия паразитных параметров его элементов. Эти помехи сложно полностью отфильтровать, и часть их проходит на выход ЛБП. Поэтому область применения импульсных ЛБП ограничивается питанием аппаратуры, нечувствительной к высокочастотным помехам. Импульсные ЛБП за счёт невысокой стоимости популярны, и для большинства задач они вполне подходят.

Гибридные ЛБП в своей конструкции имеют предварительный импульсный регулятор напряжения (пререгулятор) и линейный стабилизатор на выходе (пострегулятор), сочетают в себе часть преимуществ линейных и импульсных стабилизаторов. Гибридные ЛБП обеспечивают хорошее быстродействие, присущее линейным ЛБП, меньшие потери мощности на регулирующем транзисторе линейного стабилизатора из-за отсутствия ступенчатости переключения входного напряжения. Ввиду того, что изолированные от сети конвертеры генерируют большие синфазные помехи по сравнению с неизолированными из-за наличия паразитной ёмкости импульсного трансформатора, для изоляции гибридного ЛБП от сети в конструкции часто применяют трансформатор промышленной частоты 50 Гц, а импульсный пререгулятор выполняется по схеме step-down без

изоляции от вторичной "земли". В попытке снизить массогабаритные показатели гибридных ЛБП некоторые производители заменяют "железный" трансформатор на "электронный", используя в качестве "электронного" трансформатора резонансный конвертер, который генерирует минимальное количество высокочастотных помех. Однако резонансные конвертеры в своём большинстве не могут обеспечить глубокую регулировку выходного напряжения перед линейным стабилизатором в широком интервале нагрузок из-за ограниченности рабочего участка регулировочной характеристики, поэтому преобразователь step-down остаётся в конструкции такого ЛБП.

В предлагаемой статье будут описаны этапы создания конвертера и практическая реализация пререгулятора на его основе, заменяющего две ступени преобразования (трансформатор и преобразователь step-down) на одну ступень (изолированный конвертер с глубокой регулировкой), упрощая при этом конструкцию и повышая энергоэффективность гибридного ЛБП.

Перед процессом проектирования определим основные требования к пререгулятору:

— пререгулятор должен поддерживать падение напряжения на регулирующем транзисторе линейного стабилизатора не ниже заданного (по нижнему пику пульсаций напряжения), для этого иметь глубокую регулировку выходного напряжения в широком интервале тока нагрузки;

— пререгулятор должен обладать хорошим быстродействием, чтобы не сильно отставать от быстродействия линейного пострегулятора, это обеспечит мини-

мальный запас напряжения на переходные процессы перед линейным пострегулятором и повысит энергоэффективность;

— пререгулятор должен создавать минимальный уровень высокочастотных помех перед линейным пострегулятором, так как именно этот уровень помех будет и на выходе линейного пострегулятора.

Процесс проектирования начнётся с выбора базовой схемы пререгулятора. Поскольку одно из требований — минимальный уровень высокочастотных помех на выходе, выбираем конвертер с минимальными динамическими потерями при переключении ключей. Это могут обеспечить конвертеры, где включение и выключение ключей происходит в нуле тока (ZCS) или в нуле напряжения (ZVS). Глубокую регулировку напряжения в широком интервале нагрузок может обеспечить при ЧИ-регулировании квазирезонансный конвертер, приведённый в [1], включение и выключение ключей в котором происходит в нуле тока. Функциональная схема конвертера показана на **рис. 1**. Графики напряжений и токов на элементах этого конвертера, а также упрощённые соотношения электрических величин, поясняющие принцип работы, показаны на **рис. 2**, где Z_p — сопротивление резонансной цепи, которое может быть определено как сумма характеристик сопротивления резонансного контура и активных сопротивлений цепи, таких как внутреннее сопротивление источника питания, сопротивление

ключей в открытом состоянии, сопротивлений обмоток, последовательных сопротивлений конденсаторов и др. При вычислениях сопротивления и индуктивности в первичной цепи конвертера приводятся ко вторичной цепи

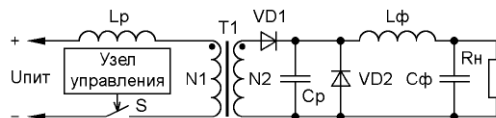


Рис. 1

умножением на $(N_2/N_1)^2$. Главным условием обеспечения коммутации ключей при нуле тока является $I_{cp} > I_{Lф}$, т. е. амплитуда тока резонансного конденсатора должна быть больше тока дросселя сглаживающего фильтра, тогда ток в ключах будет спадать до нуля, и ключи будут выключаться при нуле тока.

Следует отметить, что при резком увеличении нагрузки ток зарядки конденсатора C_f и, соответственно, ток L_f может в несколько раз превышать ток нагрузки, поэтому надо учитывать этот факт при проектировании. На самом деле выключение ключа на первичной стороне конвертера происходит не совсем в нуле тока, поскольку в первичной цепи продолжает течь ток намагничивания трансформатора, поэтому при разработке конструкции трансформатора и схемы конвертера надо стремиться к получению небольшой амплитуды тока намагничивания. Выбор однотактного конвертера обусловлен тем,

что в однотактном преобразователе не возникает динамических потерь и помех, с ними связанных, из-за медленного обратного восстановления оппозитных диодов и зарядке паразитных ёмкостей ключевых транзисторов, как это происходит в полумостовых и мостовых двухтактных конвертерах, а также легче обеспечить высокую скорость изменения выходной мощности, так как нет необходимости заботиться о симметрии перемагничивания магнитопровода импульсного трансформатора. Для повышения быстродействия в однотактном конвертере можно отказаться от пропорционально-интегрального закона регулирования, а управлять работой конвертера двухпозиционным ("релейным") регулятором, где заданным значением напряжения является нижний пик пульсации выходного напряжения. При "релейном" способе управления отсутствует усилитель ошибки, имеющий фазовую задержку, он заменяется компаратором, напряжение на выходе такого конвертера имеет колебания (пульсации), но в целом огибающая переходной характеристики процесса регулирования имеет аperiodическую форму, что гарантирует устойчивость при любом характере нагрузки.

Поскольку изменение индукции в магнитопроводе трансформатора однотактного прямоходового конвертера при перемагничивании по частному циклу меньше, чем у двухтактного, у которого перемагничивание осуществляется по полному циклу, то необходимы большие габариты трансформатора, однако есть пути по оптимизации использования магнитопровода трансформатора, о которых будет написано ниже. Графики, показанные на **рис. 2**, справедливы только при работе дросселя L_f в режиме непрерывной проводимости. Поскольку конвертер предполагается использовать в широком интервале нагрузок, то при малых нагрузках дроссель L_f переходит в режим прерывистой проводимости, также именуемый радиолюбителями как режим "разрывных токов". Это вызывает в паузах тока L_f неполную разрядку конденсатора C_f , а также его зарядку напряжением с C_f через L_f . Начальное напряжение на C_f , отличное от нулевого, приводит к уменьшению изменения напряжения на C_f при приложении напряжения, индуцируемого вторичной обмоткой трансформатора, и снижает I_{cp} . Снижение I_{cp} вызывает снижение тока вторичной обмотки трансформатора и магнитного потока в магнитопроводе трансформатора, генерируемого вторичной обмоткой и направленного навстречу магнитному потоку,

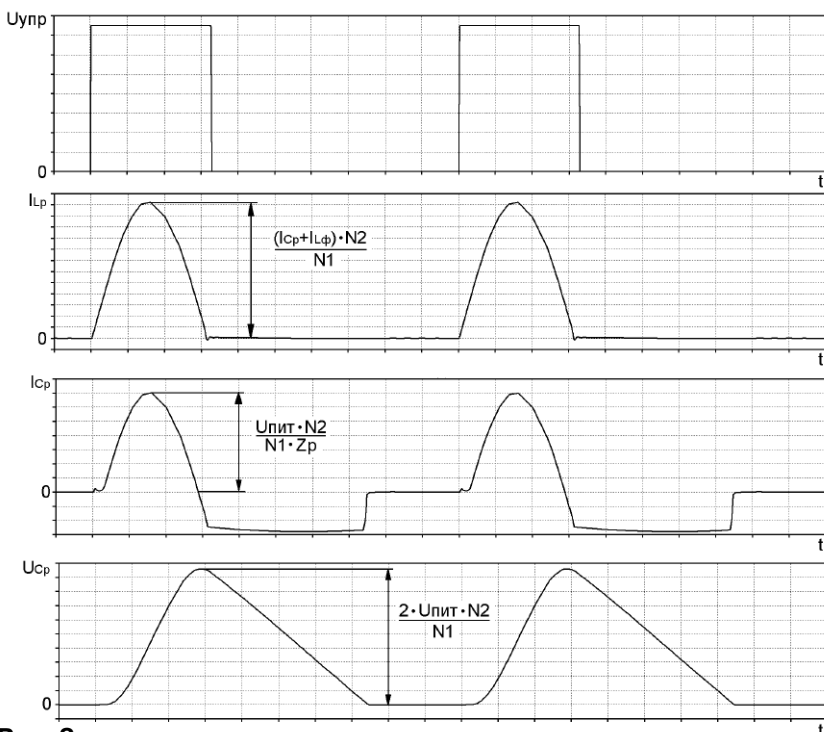


Рис. 2

генерируемому первичной обмоткой. Разностный магнитный поток от первичной и вторичной обмоток увеличивается, что вызывает увеличение индуктивности резонансной цепи и снижение её резонансной частоты. Этот процесс крайне нежелателен, так как при сохранении длительности импульсов управления приведёт к насыщению магнитопровода трансформатора. Для исключения этого нежелательного процесса добавим дополнительный диод VD3 между Ср и Lф, а также будем контролировать остаточное напряжение на Ср узлом управления для запрета подачи импульсов управления на ключевые транзисторы.

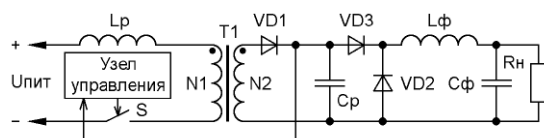


Рис. 3

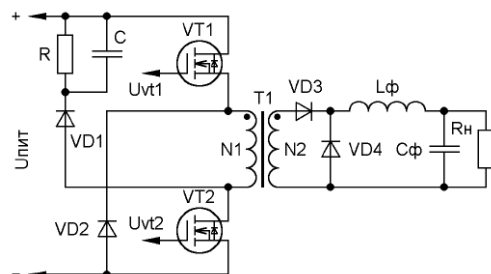


Рис. 4

Схема конвертера приобретает вид, показанный на рис. 3. В качестве базовой первичной (сетевой) стороны конвертера выбираем двухключевой одноклапный прямоходовый инвертор с двумя размагничивающими диодами, также именуемый радиолюбителями как "косой мост". Такой выбор обоснован тем, что симметричные инверторы создают меньше высокочастотных помех при коммутации ключей, чем несимметричные, например такие, как одноклапный одноклапный прямоходовый инвертор с размагничивающей обмоткой и одним диодом.

Учитывая ранее сказанное, примем меры по оптимизации использования магнитопровода трансформатора. Самым распространенным и простым способом является введение небольшого немагнитного зазора в магнитопровод, это снижает остаточную индукцию при размагничивании, тем самым увеличивает изменение индукции. Однако при этом возрастает ток

намагничивания, а это, как было написано выше, нежелательно, поскольку увеличивает уровень генерируемых помех. Другой способ оптимизации использования магнитопровода — его размагничивание магнитным полем с увеличенной напряжённостью. Этого можно добиться, если обмотка размагничивания будет иметь меньшее число витков, чем основная обмотка, либо размагничивание будет производиться через отводы от основной обмотки, такое устройство описано в [2]. Аналогичный результат достигается, если размагничивание будет происходить источником напряжения, большим, чем имеет источник питания конвертера, это может быть осуществлено путём вольтодобавки к источнику питания, такая схемотехника описана в [3]. В обоих случаях увеличивается и обратное напряжение на ключах. Поскольку первый способ усложняет конструкцию трансформатора, то выбор был сделан в пользу второго способа.

Схема конвертера, описанная в [3], показана на рис. 4. Здесь конденсатор С создаёт вольтодо-

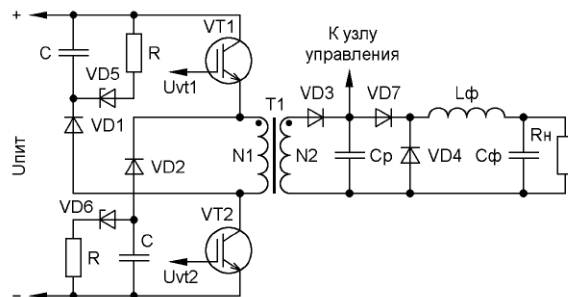


Рис. 5

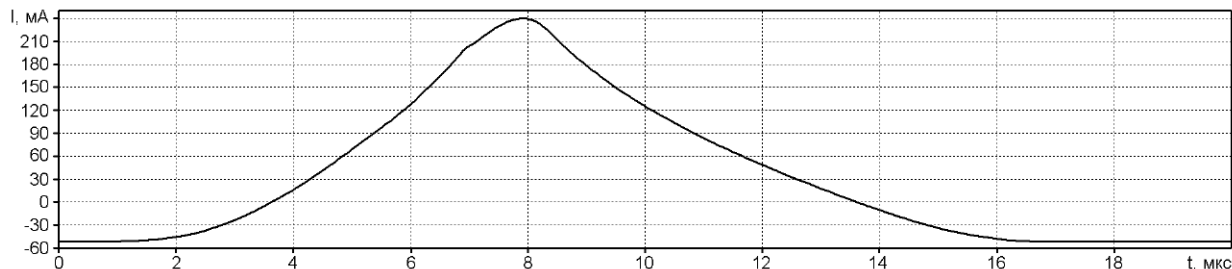


Рис. 6

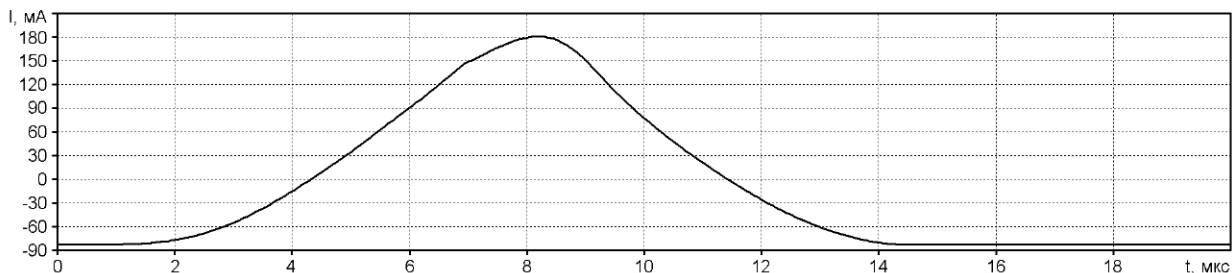


Рис. 7

бавку, а разрядный резистор R ограничивает рост напряжения на нём. Для симметрии разделим вольтодобавку на две в два раза меньшие вольтодобавки и включим их в цепи обоих размагничивающих диодов. Для уменьшения потерь на резисторах R и ограничения напряжения вольтодобавки последовательно с резисторами R включим стабилизаторы на необходимое напряжение вольтодобавки. Поскольку в резонансных конвертерах статические потери в ключах преобладают над динамическими, к тому же вольтодобавка требует применения более высоковольтных ключей, то в этом случае обосновано будет использование в качестве ключей транзисторов IGBT, нежели MOSFET.

Окончательная схема показана на рис. 5. Роль резонансной индуктивности выполняет индуктивность рассеяния трансформатора.

Оценим эффективность мер по оптимизации использования магнитопровода трансформатора путём моделирования схемы в среде LTSpice. На рис. 6 показан график тока намагничивания трансформатора с одними и теми же параметрами в классической схеме без вольтодобавки, а на рис. 7 — с двумя вольтодобавками по 100 В. Из графиков можно сделать вывод, что введение вольтодобавки снизило положительную амплитуду тока намагничивания примерно на 25 % и сместило кривую тока намагничивания в область отрицательных значений. Поскольку ток намагничивания связан с напряжённостью магнитного поля через число витков и длину силовой линии в магнитопроводе, а индукция также связана с напряжённостью, то, введя вольтодобавку в размагничивающую цепь, можно оптимизировать трансформатор одним из трёх способов или их комбинаций:

- уменьшить положительную амплитуду тока намагничивания при сохранении магнитопровода и числа витков первичной обмотки, тем самым снизить потери в магнитопроводе за счёт снижения максимальной индукции;

- уменьшить число витков первичной обмотки при сохранении магнитопровода и положительной амплитуды тока намагничивания;

- уменьшить габариты магнитопровода при сохранении числа витков первичной обмотки и положительной амплитуды тока намагничивания.

Для расчёта номиналов индуктивности и ёмкости резонансного контура воспользуемся формулами:

Резонансная частота контура:

$$F = 1/[2\pi(LC)^{-1/2}]. \quad (1)$$

Характеристическое сопротивление контура:

$$\rho = (LC)^{-1/2}. \quad (2)$$

Амплитуда тока в контуре без учёта активных сопротивлений:

$$I = U/\rho. \quad (3)$$

Из формул (1—3) получаем: Ёмкость резонансного конденсатора:

$$C = I/(2\pi UF). \quad (4)$$

Резонансная индуктивность:

$$L = C(U/I)^2. \quad (5)$$

Для примерного расчёта задан исходными данными: частота резонанса — 100 кГц, напряжение на вторичной обмотке — 100 В.

Для задания амплитуды тока резонансного контура необходимо учесть характер нагрузки. Поскольку выше было упомянуто, что нагрузка ЛБП может иметь высоко динамичный характер, и ток зарядки конденсатора Cф и, соответственно, ток Lф может в несколько раз превышать ток нагрузки, то зададимся десятикратным запасом по току, т. е. $I = 10 \cdot I_n = 10 \cdot 3 = 30$ А.

Проведём числовой расчёт:
 $C = 30/(2\pi \cdot 100 \cdot 100 \cdot 10^3) = 0,477 \cdot 10^{-6}$ Ф;

$$L = 477 \cdot 10^{-9} \cdot (100/30)^2 = 5,3 \cdot 10^{-6} \text{ Гн.}$$

Приведём индуктивность резонансного контура к первичной цепи:

$$L_1 = L \cdot (N_2/N_1)^2 = 5,3 \cdot 10^{-6} / (1/3)^2 = 47,7 \cdot 10^{-6} \text{ Гн.}$$

По вышеописанной схеме был реализован пререгулятор для линейного пострегулятора с регулируемым выходным напряжением 0...50 В и регулируемым максимальным выходным током 0...3 А. Схема пререгулятора приведена на рис. 8.

Работает пререгулятор так. Напряжение 320 В поступает на силовую часть пререгулятора от сетевого выпрямителя. Сетевой выпрямитель выполнен по классической схеме выпрямителей импульсных блоков питания и не требует дополнительного описания в этой статье. Силовая часть соответствует вышеописанной схеме и дополнена демпфирующими цепями R5C4, R6C5 и R9C8, уменьшающими паразитные колебания в паузах между импульсами тока, а также дополнительным сглаживающим фильтром на элементах L2, C13, C14.

Узел управления состоит из генератора-драйвера управления IGBT, "релейного" регулятора выходного напряжения, узла защиты от превышения тока, узла контроля напряжения на резонансном конденсаторе. Узел управления питается от стороннего источника питания напряжением 15 В, обеспечивающего ток не менее 0,1 А.

Источник питания узла управления выполнен по классической схеме с использованием низкочастотного понижающего трансформатора промышленной частоты, выпрямителя и интегрального линейного стабилизатора и не требует дополнительного описания в этой статье. Источник питания узла управления может быть конструктивно совмещён с источниками питания линейного пострегулятора, питания измерительных цифровых приборов, для этого понижающий трансформатор может иметь несколько изолированных друг от друга вторичных обмоток.

Драйвер управления IGBT выполнен на специализированной микросхеме DA2. За счёт положительных обратных связей с выходов DA2 через инверторы на транзисторах VT4 и VT6 на входы DA2 возникает автогенерация. Микросхема IR2110 имеет особенность в том, что при подаче и нарастании питающего напряжения, входные узлы микросхемы начинают работать с 3 В, в то время как выходные — с 10 В. Этот факт мешает началу автогенерации. Для старта автогенерации введён каскад на VT5, VD10, R20, который разрешает подачу импульсов на один из входов DA2 только при достижении напряжения питания не менее 10 В. Резисторы R19 и R21 совместно с ёмкостями затвор — исток транзисторов VT4 и VT6 образуют интегрирующие цепи и обеспечивают задержку их включения для формирования "мёртвого времени" между выходными импульсами. Напряжение с выходов DA2 через диоды VD16 и VD17, резисторы R29 и R30 поступает на конденсатор C19 и заряжает его по экспоненциальному закону. При достижении напряжения на этом конденсаторе порогового напряжения входа SD DA2 выходы DA2 переводятся в нулевое состояние, диоды VD16 и VD17 закрываются, C19 разряжается через VD15 и R31 до напряжения, близкого к нулевому. Таким образом, на обоих выходах DA2 образуются одинаковые чередующиеся импульсы, длительность которых зависит от номиналов R29, R30 и C19. Длительность "мёртвого времени" должна быть не менее времени, необходимого для разрядки конденсатора C19. Для остановки генератора один из входов через резистор R18 "подтягивается" к нулевому напряжению. При остановке генератора равенство сопротивления резисторов R17 и R18 обеспечивает напряжение на входе DA2, равное около половины напряжения питания, которое находится между порогами включения и выключения внутреннего триггера Шмитта по входу DA2. Такое управление остановкой генератора не прерывает импульс,

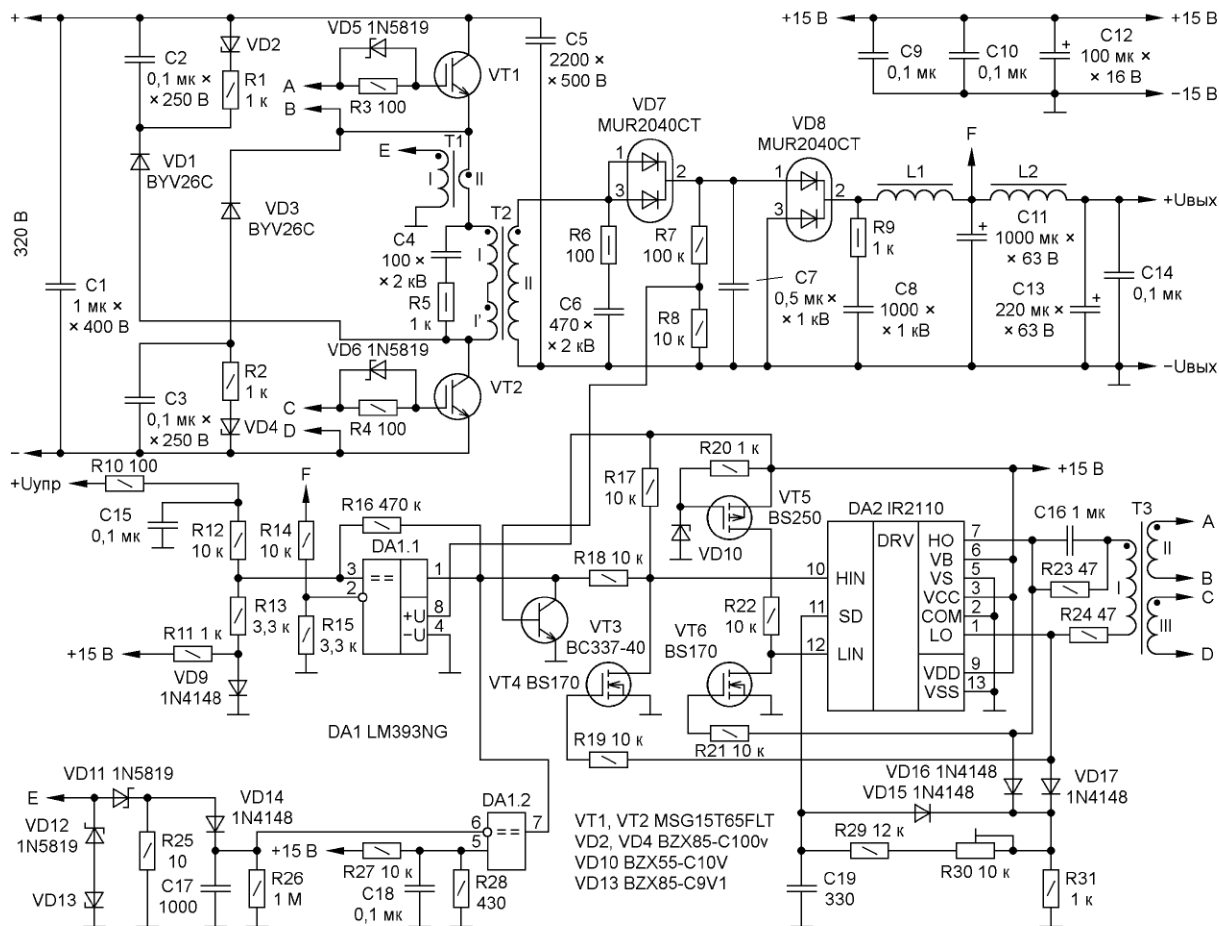


Рис. 8

который уже начал формироваться и не укорачивает его заданную длительность, но препятствует формированию последующих импульсов. В диагональ моста, образованного выходными транзисторами DA2, через C16 и R24 включена первичная обмотка трансформатора T3, и на ней образуются чередующиеся разнополярные импульсы напряжения одинаковой длительности, которые обеспечивают симметричное перемагничивание магнитопровода трансформатора. Вторичные обмотки T3 синфазно подключены через резисторы R3 и R4 к участкам затвор-эмиттер транзисторов VT1 и VT2. Резисторы R3 и R4 ограничивают скорость открывания транзисторов VT1 и VT2, тем самым снижая уровень генерируемых синфазных помех. Ускоренное закрывание транзисторов VT1 и VT2 осуществляется через диоды VD5 и VD6.

"Релейный" регулятор выходного напряжения собран на компараторе DA1.1. На его инвертирующий вход через делитель напряжения R14/R15 поступает напряжение с выхода пререгулятора, а на неинвертирующий вход через фильтр R10/C15 и делитель напряжения R12/R13 поступает напря-

жение с выхода линейного пострегулятора. Напряжения сравниваются компаратором, и его выходным сигналом останавливается или запускается генератор. Резистор R16 обеспечивает небольшой гистерезис переключения компаратора для повышения помехоустойчивости. Источник

напряжения смещения на R11/VD9 задаёт минимальный перепад напряжения на линейном пострегуляторе около 2 В. Напряжение смещения может быть дискретно изменено путём замены диода VD9 на диод с другим прямым падением напряжения, например, на диод Шоттки, или последова-



Рис. 9

тельным соединением двух диодов, в том числе разных типов. Перепад напряжения на линейном пострегуляторе также может быть увеличен путём одновременного увеличения коэффици-

ентов деления делителей R12R13 и R14R15. Для расчёта необходимого перепада напряжения на линейном пострегуляторе необходимо учесть следующие факторы: падение напряжения на регу-

лирующем транзисторе при максимальном токе, при этом регулирующий транзистор должен находиться в активном режиме, а не в режиме насыщения; падение напряжения на токовом шунте при

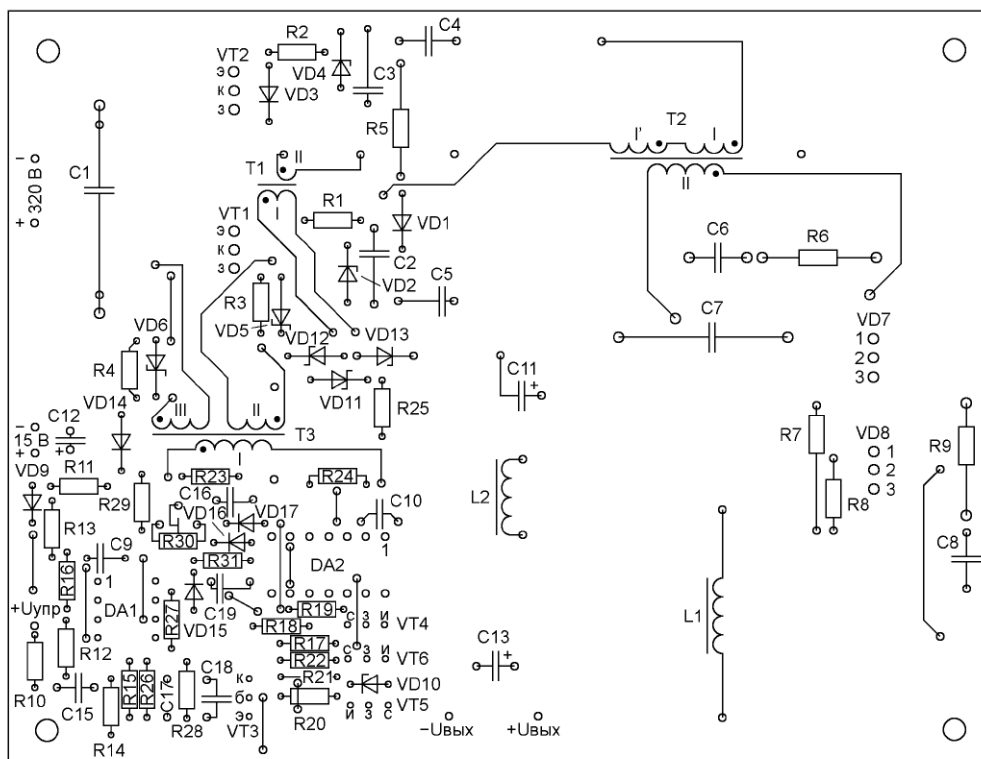
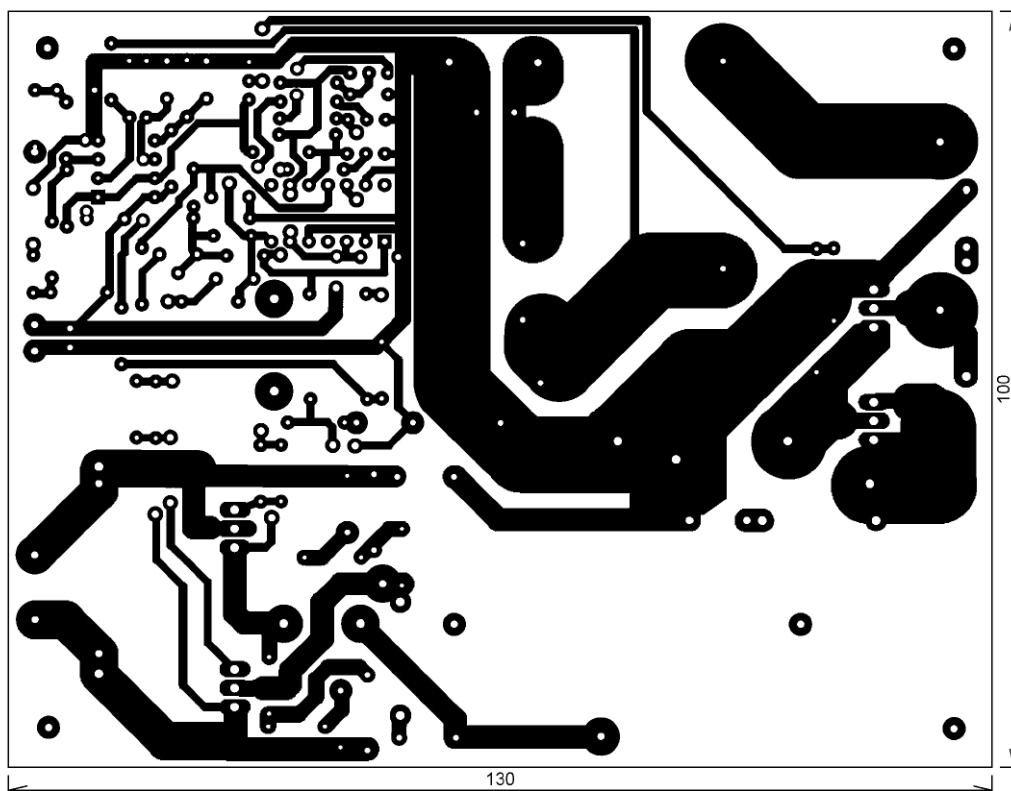


Рис. 10

максимальном токе; динамическое снижение напряжения на выходе пререгулятора при скачкообразном увеличении нагрузки; падение напряжения на проводниках. На **рис. 9** приведена осциллограмма изменения напряжения на выходе описываемого пререгулятора при скачкообразном увеличении тока нагрузки от 0 до 3 А. Снижение напряжения составило около 0,6 В.

Узел защиты от превышения тока выполнен на компараторе DA1.2. На неинвертирующий вход компаратора подаётся пороговое напряжение, заданное делителем напряжения на резисторах R27, R28. На инвертирующий вход компаратора подаётся напряжение, пропорциональное амплитуде тока в цепи первичной обмотки трансформатора T2. Напряжения сравниваются компаратором, и его выходным сигналом останавливается или запускается генератор. Для формирования напряжения, пропорционального амплитуде тока первичной обмотки T2, в её цепь включен трансформатор тока T1, вторичная обмотка которого нагружена через выпрямительный диод VD11 на нагрузочный резистор R25. Цепь VD12VD13 обеспечивает размагничивание магнитопровода трансформатора тока T1. Напряжение с резистора R25 поступает на амплитудный детектор, выполненный на VD14, C17, R26, и на конденсаторе C17 формируется напряжение, пропорциональное амплитуде тока первичной обмотки T2. При превышении током установленного значения генератор останавливается, а при снижении через время разрядки C17 на R26 до порогового напряжения — запускается.

Узел контроля напряжения на резонансном конденсаторе выполнен на транзисторе VT3, на базу которого через делитель R7R8 поступает напряжение с резонансного конденсатора C7. При превышении напряжением порога открывания транзистор VT3 открывается и генератор останавливается, что препятствует новому резонансному циклу при напряжении на C7, отличном от близкого к нулю. Работа генератора возобновляется после разрядки конденсатора C7 током нагрузки.

Пререгулятор собран на печатной плате из фольгированного с одной стороны стеклотекстолита размерами 130×100 мм, толщиной 1,5 мм. Чертеж печатной платы и размещение деталей показаны на **рис. 10**.

Трансформатор тока T1 намотан на кольцевом магнитопроводе K10×6×5 из магнитомягкого феррита любой марки. Вторичная обмотка содержит 100 витков провода ПЭЛШО 0,1, первичная обмотка содержит один виток монтажного провода. Шёлковую изоляцию провода после намотки пропитывают жидким изоляционным лаком.

Трансформатор T2 намотан на магнитопроводе ПК30×16 из фер-



Рис. 11

рита M2500HMC1 или M3000HMC. Такие магнитопроводы использовались в ТВС старых советских телевизоров. Первичная обмотка содержит 60 витков жгута из пяти проводов ПЭВ-2 0,35, вторичная обмотка содержит 20 витков жгута из 16-и проводов ПЭВ-2 0,35. Порядок намотки следующий. На кардасе со щётками, изготовленном для размещения на одном из кернов магнитопровода, сначала наматывают 15 витков первичной обмотки в один слой, затем 10 витков вторичной обмотки в один слой, затем 15 витков первичной обмотки в один слой, затем 10 витков вторичной обмотки в один слой, затем 15 витков первичной обмотки в один слой, таким образом, первичная и вторичная обмотки располагаются с чередованием слоёв. Между слоями необходимо проложить надёжную изоляцию. Индуктивность рассеяния обмоток, приведённая к первичной обмотке, при таком способе намотки получается около 5 мкГн. Оставшиеся 15 витков первичной обмотки наматываются на гильзу, размещаемую на противоположном керне магнитопровода, и совместно с индуктивностью рассеяния они образуют резонансную индуктив-

ность. Такой способ намотки имеет высокую повторяемость получаемых значений резонансной индуктивности и зависит только от разброса параметров феррита. Магнитопровод собирают без зазора. После сборки измеряют индуктивность первичной обмотки при замкнутой коротко вторичной обмотке. Полученный результат и будет значением резонансной индуктивности, приведённой к первичной обмотке. Отклонение от необходимого расчётного значения в пределах $\pm 20\%$ является вполне приемлемым. При необходимости получения более точного значения индуктивности возможен перенос части витков первичной обмотки с одного керна на другой. Для трансформатора T2 могут использоваться и другие ферритовые магнитопроводы формата ПК, ПП и импортные U с близкими типоразмерами с соответствующей корректировкой числа витков обмоток. Провод ПЭВ-2 0,35 можно использовать, аккуратно смонтированный с отклоняющих систем старых советских телевизоров.

Трансформатор T3 намотан на кольцевом магнитопроводе K20×12×16 из магнитомягкого феррита любой марки. Все три обмотки содержат по 40 витков и мотаются одновременно в три провода обмоточным проводом в тройной изоляции марки TIW-B диаметром 0,2 мм.

Дроссель L1 намотан на магнитопроводе E42/21/15 из феррита N87 (PC40, 3F3). В нём должен быть зазор 3 мм в центральном керне. Обмотка содержит 32,5 витка жгута из 12-и проводов ПЭВ-2 0,35. Индуктивность дросселя около 230 мкГн.

Дроссель L2 намотан на кольце DT68-26A из распылённого железа марки 26 размерами 17,5×9,4×6,35 мм и содержит 11 витков провода ПЭВ-2 диаметром 1 мм. Индуктивность дросселя — около 6 мкГн. Можно использовать магнитопровод от дросселя сглаживающего фильтра БП компьютера соответствующего размера.

Поскольку регулирование напряжения на выходе пререгулятора осуществляется посредством ЧИМ, то при малых нагрузках частота преобразования может опускаться в звуковой диапазон. Для исключения нежелательных звуковых эффектов трансформатор T2 и дроссель L1 необходимо пропитать пропиточным изоляционным лаком. Мной была применена вакуумная пропитка в лаке ПЭ-933 с последующей горя-

чей сушкой. В результате получилось полное отсутствие звуковых эффектов при работе ЛБП.

В пререгуляторе применены плёночные конденсаторы С1 типа СВВ22 или аналогичный с полипропиленовым (ПП) диэлектриком, а С2 и С3 — К73-17 или аналогичные с полиэтилентерфталатным (ПЭТ) или ПП диэлектриком. Резонансный конденсатор С7 собран из пяти параллельно включенных плёночных конденсаторов с ПП диэлектриком типа СВВ81 0,1 мкФ × 1000 В, имеющих малое последовательное сопротивление, их можно заменить на К78-2 с учётом увеличенных габаритных размеров. Конденсаторы припаяны к двум латунным стойкам диаметром 6 мм. Конденсатор С14 — для поверхностного монтажа типоразмера 1206, его припаивают со стороны проводников непосредственно напротив выхода пререгулятора.

Транзисторы VT1 и VT2 установлены через изолирующие теплопроводящие прокладки на общую пластину из алюминиевого сплава толщиной 3 мм и размерами 50×70 мм. Диоды VD7 и VD8 установлены через изолирующие теплопроводящие прокладки на общую пластину из алюминиевого сплава толщиной 4 мм и размерами 100×70 мм.

Внешний вид собранного пререгулятора приведён на **рис. 11**.

Для налаживания пререгулятора потребуется осциллограф. На узел управления подают напряжение 15 В от источника питания, с которым он в дальнейшем будет использоваться. Осциллографом контролируют напряжение на выходах DA2. Вращением движка резистора R30 добиваются длительности импульсов, равных половине периода резонансной частоты контура, вычисленной по формуле (1). Если измерялась индуктивность рассеяния трансформатора T2, приведённая к первичной обмотке, то для подстановки в формулу её необходимо привести к вторичной обмотке путём умножения на $(N_2/N_1)^2$. Движок подстроечного резистора R30 должен находиться примерно в среднем положении при необходимой длительности импульсов, при нехватке регулировки надо изменить номиналы R29 или С19. При увеличении номинала С19 необходимо проконтролировать осциллографом, что его разрядка в паузах между импульсами происходит до значения, близкого к нулевому, в противном случае необходимо увеличить "мёртвое время" путём одновременного увеличения номиналов резисторов R19 и R21. Далее левый по схеме вывод резистора R18 необходимо временно соединить с общим проводом, после этого импульсы на выходах DA2 должны исчезнуть, после устрани-

ния соединения генерация должна возобновиться. Далее осциллографом контролируют напряжения затвор—эмиттер транзисторов VT1 и VT2, они должны иметь правильную форму, близкую к прямоугольной. Для дальнейшего налаживания вход +Uупр временно соединяют с линией +15 В, на выход пререгулятора подключают нагрузку, например, резистор сопротивлением 2 кОм мощностью 2 Вт. На пререгулятор подают напряжение 320 В с сетевого выпрямителя через лампу накаливания

со "скрепкой" без "крокодила". Вращением движка подстроечного резистора R30 добиваются подрезания спада импульса, как показано на **рис. 12**. Затем вращают движок R30 в противоположную сторону до момента исчезновения подрезания спада импульса, как показано на **рис. 13**, импульс должен иметь правильную колоколообразную форму. Не следует более необходимого увеличивать длительность импульсов на выходе DA2, поскольку это ведёт к увеличению



Рис. 12

220 В 60 Вт. При отсутствии неисправностей преобразователь должен запуститься, и на выходе появится напряжение. Осциллографом контролируют выходное напряжение, нижний пик пульсаций выходного напряжения должен быть на уровне около 17 В. Далее подключают осциллограф параллельно резистору R25, при этом используется щуп осциллографа

тока намагничивания трансформатора T2. Далее подключают пререгулятор напрямую к сетевому выпрямителю и проверяют работоспособность при максимальном токе нагрузке 3 А, подключив на выход соответствующий проволочный резистор или лампу накаливания. Для испытания пререгулятора в полном интервале выходных напряжений



Рис. 13

можно подать на вход +Uупр соответствующее напряжение от регулируемого источника питания. Далее измеряют осциллографом уровень высокочастотных помех на выходе пререгулятора.

Измерение малых уровней высокочастотных помех с помощью осциллографа представляет определённую сложность. Применение щупа с коэффициентом деления 1:10 снижает чувствительность осциллографа в 10 раз, применение же щупа с коэффициентом деления 1:1 ограничивает верхнюю границу полосы пропускания осциллографа на уровне 4...6 МГц, в то время как синфазные помехи могут иметь более высокую частоту. Использование для измерений кабеля РК-50 без согласующей нагрузки 50 Ом приведёт к искажению результата измерений за счёт отражений сигнала в кабеле. При напряжении 50 В на выходе источника питания на согласующей нагрузке 50 Ом будет рассеиваться значительная мощность 50 Вт, что не является хорошим решением. Поскольку при измерении уровня помех интересуют только переменная составляющая напряжения, то для снижения рассеиваемой мощности на нагрузке 50 Ом постоянную составляющую напряжения можно отсечь с помощью последовательно включённого конденсатора. Мной была изготовлена такая нагрузка. Конструкция изготовленной нагрузки показана на **рис. 14**. Резистор сопротивлением 50 Ом собран из четырёх параллельно соединённых резисторов МЛТ-1 200 Ом. В качестве разделительного конденсатора нагрузки предварительно были испытаны плёночные конденсаторы различных типов с различными диэлектриками. Испытания проводились путём измерения переходной характеристики (ПХ) осциллографа с помощью калибратора И1-9 с использованием его штатной, а затем изготовленной нагрузки. Все типы испытанных плёночных конденсаторов не оказали ухудшающего влияния на ПХ и, соответственно, на верхнюю границу 200 МГц полосы пропускания осциллографа. В окончательной конструкции мной был применён конденсатор К73-16 4,7 мкФ × 250 В с аксиальной конструкцией выводов, который даже немного "улучшал" ПХ: время нарастания и выбросы были меньше, чем со штатной нагрузкой калибратора. В конструкции могут быть применены и другие плёночные конденсаторы с ПЭТ или ПП диэлектриком, в том числе с радиальной конструкцией выводов. На **рис. 15** показана ПХ осциллографа со штатной нагрузкой калибратора И1-9, а на **рис. 16** — ПХ с изготовленной нагрузкой, отсекающей постоянную составляющую. Нижняя гра-

ница полосы пропускания изготовленной нагрузки зависит от ёмкости используемого конденсатора и может быть легко рассчитана по формулам для расчёта RC-фильтра. Следует отметить, что изготовленная нагрузка не подходит для измерения низкочастотных пульсаций 100 Гц.

для припайки разделяют как можно короче. Осциллограмма полученных помех на выходе пререгулятора при максимальной нагрузке приведена на **рис. 17**. Амплитуда помех (пик-пик) не превысила 6 мВ. Измерения уровня помех при меньших нагрузках и на холостом ходу показали резуль-



Рис. 14

Измерение помех необходимо производить непосредственно на конденсаторе С14, припаяв к нему кабель РК-50. Кабель РК-50

тат, не превышающий указанный.

Пререгулятор может использоваться с любым линейным преобразователем, как интегральным, так

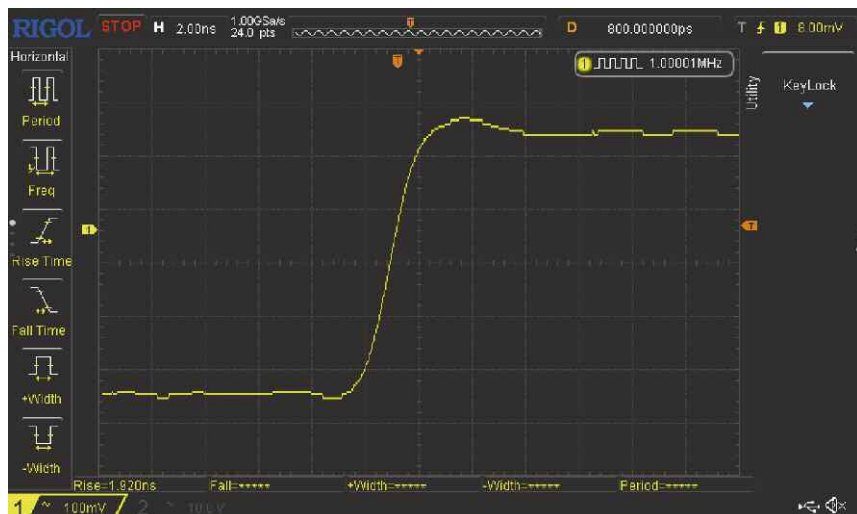


Рис. 15



Рис. 16



Рис. 17



Рис. 18

и собранным из дискретных элементов, однако для получения ожидаемого результата необходимо соблюсти определённые требования к монтажу линейного пострегулятора. Необходимо как можно ближе к выводам регулирующего транзистора разместить входной и выходной оксидные конденсаторы, зашунтированные керамическими конденсаторами. Это достигается размещением печатной платы линейного пострегулятора непосредственно на теплоотводе над регулирующим транзистором. Общий минусовой проводник конденсаторов необходимо выполнить в виде полигона. Межблочные соединения внутри корпуса ЛБП, подверженные влиянию электромагнитных помех, необходимо выполнить экранированным проводом, при этом экранирующая оплётка не должна использоваться в качестве про-

водника. Проводники, не защищённые экраном, должны быть как можно короче. Все экранирующие оплётки соединяются в одной точке с заземляющим (РЕ) проводом сети, а при его отсутствии — с металлическим корпусом ЛБП или общим проводом. Выходные клеммы ЛБП необходимо разместить как можно ближе друг к другу, а штыри выходных клемм должны быть как можно короче. Между выходными клеммами может быть установлен дополнительный конденсатор. В моём гибридном ЛБП был использован линейный пострегулятор по широко распространённой схеме, очень близкой к схемотехнике большинства промышленных линейных ЛБП, имеющих на рынке. Схема и конструкция использованного мной линейного пострегулятора лежит за пределами этой статьи. Осциллограмма высокочастотных помех на выходе моего гибридного ЛБП при максимальной нагрузке показана на рис. 18.

ЛИТЕРАТУРА

1. Vinciarelli P. Forward Converter Switching At Zero Current. — United States Patent № 4. 415. 959, Vicor Corporation, Nov. 15, 1983.
2. Кобзев А. В., Коновалов Б. И., Семенов В. Д. Энергетическая электроника: Учебное пособие. — Томск: Томский межвузовский центр дистанционного образования, 2010.
3. Gu Yi-lei, Lu Zheng-yu, Qian Zhao-ming, Gu Xiao-ming. System integration solution under high-line input voltage. — Journal of Zhejiang University, Vol. 40, № 6, 2006.

От редакции. Чертёж печатной платы в авторском варианте размещён по адресу http://ftp.radio.ru/pub/2026/06/quasi_res.zip на нашем ftp-сервере.

Обращаем внимание авторов журнала "Радио"!

За опубликованные в журнале статьи выплачивается гонорар. В настоящее время размер гонорара за технические статьи (описание конструкций или технических решений) — 1500 руб. за полосу (страницу в журнале), за научно-популярные и информационные — 1000 руб. за полосу. Материалы статей (текстовые и графические в распространённых форматах *.doc,

*.bmp, *.jpg) желательно высылать по электронной почте на адрес mail@radio.ru. Полученные авторские материалы редактируются и затем выкладываются авторам на согласование. Сроки публикации зависят от продолжительности редактирования и наличия в редакционном портфеле аналогичных статей.

Редакция

Фотоловушка из цифрового фотоаппарата

А. КОЖЕВНИКОВ, г. Рудный Костанайской обл., Казахстан

В статье пойдёт речь о доработке цифрового фотоаппарата с целью его адаптации для автоматической фотосъёмки по сигналу датчика движения. Серийные фотоловушки, которые в

большом разнообразии имеются в продаже, умеют делать хорошие кадры, но фотоаппарат за счёт своей оптики, безусловно, лучше. В фотоаппарате имеются авто-фокус, оптический зум и обеспечиваются минимальные геометрические искажения изображения. Конечно же, фотоловушку можно купить, т. е. потратить деньги, но тут нет никакого творчества. А фотоаппарат — вот он, лежит без дела, выбросить жалко, потому что красивый и к тому же исправный. Остаётся только изготовить простое устройство управления и подключить его к кнопкам фотоаппарата "Вкл." и "Затвор".

Такое устройство управления несложно реализовать на популярных и недорогих PIC-контроллерах 12-ой или 16-й серии. На рис. 1 и рис. 2 показаны оба варианта. Применён ИК-датчик движения AM312, поскольку имеет неплохие характеристики, работает при напряжении питания 2,5...5 В, он недорогой и доступен в розничной продаже. Дiode VD4 (выпрямительный диод Шоттки) служит для снижения напряжения питания примерно на 0,3...0,5 В для фотоаппаратов с напряжением питания 3 В, конденсатор C1 — блокировочный. Если питание фотоаппарата осуществляется от литиевого аккумулятора 3,7 В, конденсатор C1 и диод VD4 следует исключить.

Теперь несколько слов о подключении устройства управления к плате фотоаппарата. Его придётся разобрать, для наглядности приведены варианты доработки двух фотокамер, которые имелись в наличии. Это Canon Powershot a430 и Nikon Colpix I11, обе камеры 2007 г. выпуска. Следует отметить, что в более старых экземплярах легче под-

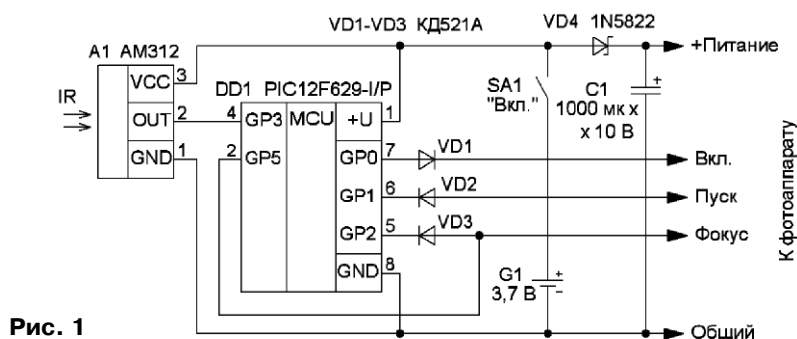


Рис. 1

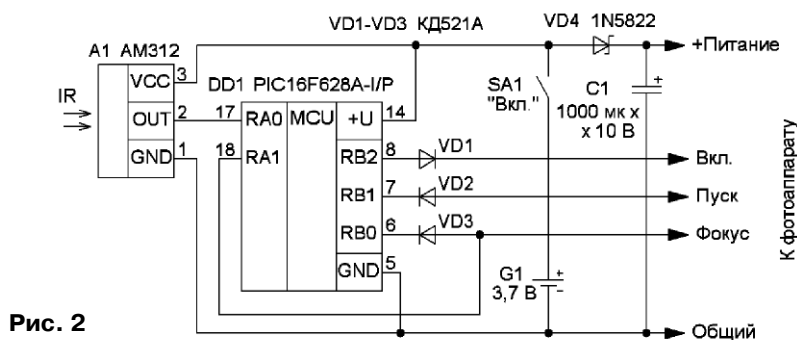


Рис. 2



Рис. 3



Рис. 4



Рис. 5



Рис. 6



Рис. 7



Рис. 8

ключиться к проводникам платы (рис. 3, рис. 4). В более свежих версиях платы часто соединяются между собой с помощью шлейфов, что значительно затруднит пайку. С помощью мультиметра находят контакты кнопок включения и затвора. Кнопка затвора, как правило, имеет положения фокус и пуск. Для включения фотоаппарата на контакт включения кратковременно подаётся лог. 1, фокус и пуск управляются лог. 0, которые формируются устройством управления при появлении сигнала с датчика движения. Кроме того, при отсутствии движения фотоаппарат через 1...5 мин "засыпает", т. е. полностью выключается. Для продолжения съёмки программно предусмотрено его повторное включение. В настройках фотоаппарата желательно отключить дисплей для экономии питания и фотовспышку, если не предполагается съёмка в тёмное время суток.

Поскольку устройства содержат мало элементов, монтаж

можно выполнить навесным методом, непосредственно на выводах панелей для микросхем в корпусах DIP8 и DIP16. Ещё нужно найти на плате фотоаппарата гальванический элемент дежурного питания и, при необходимости, заменить его. Проще всего проводами подпаять любой другой свежий литиевый элемент на напряжение 3 В. Делать это надо быстро, чтобы его не перегреть, но лучше применить специальный держатель. Его можно разместить, например, в отсеке для питания фотоаппарата (см. рис. 3), а основное питание вынести наружу, используя для этого аккумулятор 3,7 В большой ёмкости.

Осталось подобрать готовый корпус, подходящий для улицы, желательно герметичный, и установить перед объективом качественное стекло. Варианты исполнения представлены на рис. 5 и рис. 6. Если подразумевается использование фотоловушки внутри помещения, например для охраны, корпус можно исключить, а питание сде-

лать внешним от сетевого блока питания.

Программы для микроконтроллеров написаны на ассемблере в среде Mplab Ide и прилагаются в формате .hex и .asm. Результаты испытаний фотоловушки показаны на рис. 7 и рис. 8.

От редакции. Материалы проекта находятся по адресу <http://ftp.radio.ru/pub/2026/06/foto.zip> на нашем FTP-сервере.

МОДУЛЬНАЯ РЕКЛАМА

**В Яндекс, Wildberries, Озон
отгружает Гиперон.**

**Все товары собираем,
в день заказа отправляем.**

www.radiodetali.perm.ru

Тел: 8-800-201-75-54

Таймер с обратным отсчётом для проведения соревнований

С. РЫЧИХИН, г. Первоуральск Свердловской обл.

Таймер предназначен для проведения соревнований, например, по профмастерству. Участники выполняют задания в один или несколько этапов за определённые промежутки времени. Таймер обеспечивает измерение времени и отображение его остатка в часах, минутах и секундах на светодиодном графическом индикаторе размерами 32×8 элементов. По окончании отсчёта времени таймер подаёт громкий звуковой сигнал. Так же в любой момент отсчёт времени можно

не менее, чем в течение 12 ч. Если соревнования проводятся в две очереди по 4 ч, ёмкости двух аккумуляторов вполне достаточно на день работы без подзарядки.

Внешний вид таймера представлен на **рис. 1**. Порядок работы с таймером следующий: после включения питания на индикаторе высвечиваются цифры 0:0000. Первая цифра — часы, после двоеточия — минуты, а секунды высвечиваются в малом формате в правом верхнем углу индикатора. Перед запуском кнопками,

Рис. 1



Рис. 2



приостановить, а затем продолжить далее, без сброса оставшегося времени. Это необходимо, например, когда комиссия проверяет выполнение задания на промежуточном этапе. Диапазон временных интервалов таймера — от 1 мин до 9 ч 59 мин. Питание таймера — автономное от батареи из одного или двух параллельно соединённых встроенных Li-Ion аккумуляторов типоразмера 18650 ёмкостью не менее 3000 мА·ч. Для каждого участника можно изготовить по одному экземпляру такого таймера. Один полностью заряженный аккумулятор способен питать устройство до 6 ч непрерывно, а два, соединённые параллельно, обеспечат работу

расположенными на верхней части корпуса таймера (**рис. 2**), нужно установить требуемый интервал времени. Часы, десятки минут и минуты устанавливают соответствующими отдельными кнопками. Каждое нажатие увеличивает значение разряда на единицу по кольцу, т. е. по достижении значения 9 или 5 разряд устанавливается в 0. Если удерживать нажатую кнопку более 1,5 с, цифры меняются автоматически. Когда установлен нужный интервал, нажимают на кнопку "Пуск", и начинается обратный отсчёт времени.

При необходимости отсчёт можно приостановить, кратковременно нажав на кнопку "Стоп". Продолжить его можно, нажав на

Рис. 3



кнопку "Пуск". Если нужно сбросить установленное время, надо нажать и удерживать кнопку "Стоп" более 3 с. Время обнулится — на индикаторе будет 0:00⁰⁰.

В устройстве реализован контроль заряда аккумулятора с помощью кнопки "Батарея". Она расположена на правой боковой стенке корпуса таймера (**рис. 3**). При её нажатии на экран выводится текущее напряжение аккумулятора в вольтах. Отсчёт времени при этом сохраняется.

Дополнительная функция — мерцающая встроенная подсветка кнопок, которые активны в данный момент. При включении мерцают подсветки кнопки "Пуск" и кнопок установки времени. Во время отсчёта времени мерцает подсветка только кнопки "Стоп", так как активна только она. При снижении напряжения на аккумуляторе до 3,4 В также начинает мерцать подсветка кнопки "Батарея".

Схема таймера приведена на **рис. 4**. Его основа — микроконтроллер (МК) DD1 серии ATmega 328P, который осуществляет отсчёт времени и управляет всей работой устройства. К нему подключены кнопки SB1—SB6 со светодиодной подсветкой, на схеме это HL1—HL6 соответственно. Узел подачи звукового сигнала выполнен на транзисторе VT1, резисторе R4, диоде VD1,

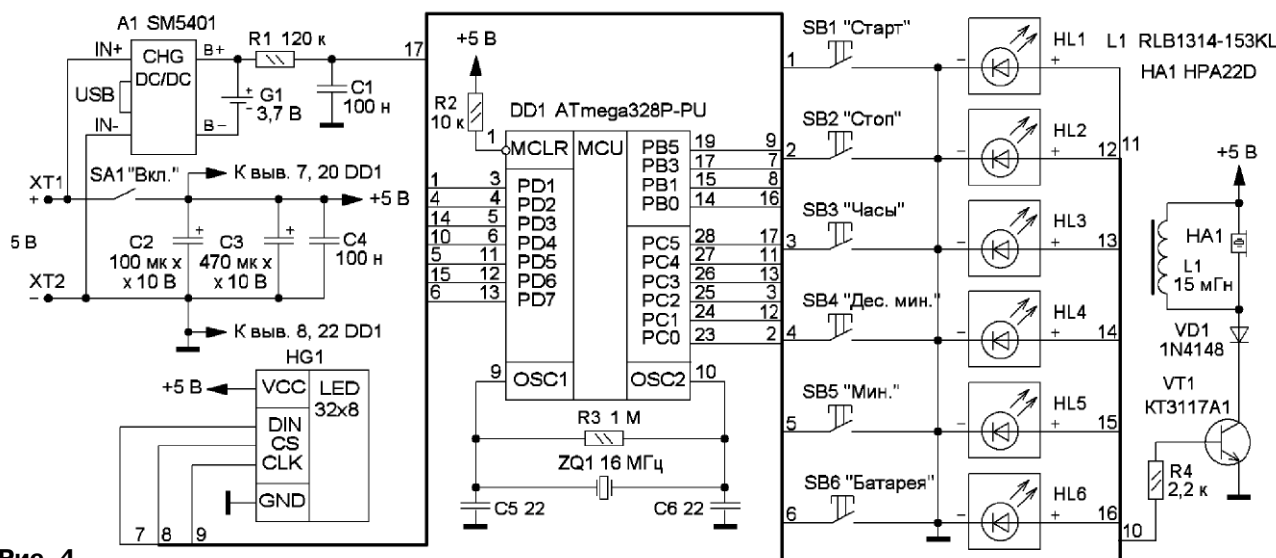


Рис. 4

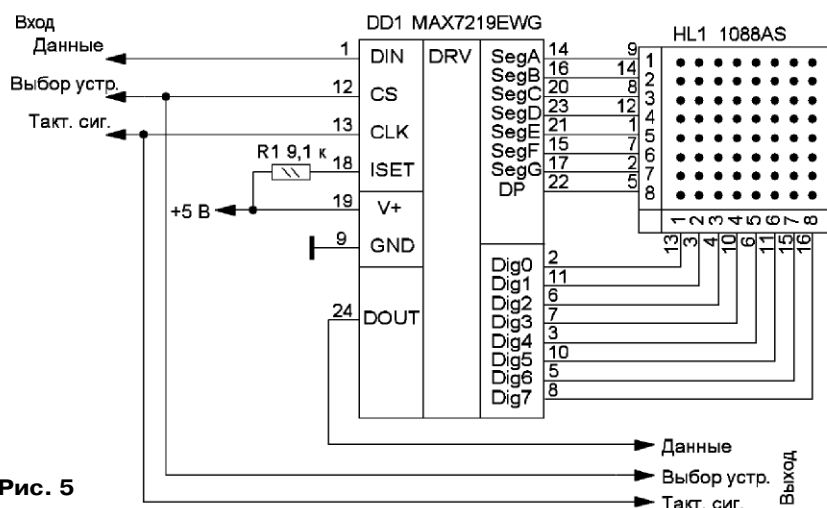


Рис. 5

дросселе L1 и пьезокерамическом акустическом излучателе HA1. Дроссель L1 и собственная ёмкость излучателя HA1 образуют колебательный контур, резонансная частота которого соответствует частоте механического резонанса излучателя. Резонанс обеспечивает гораздо большую амплитуду напряжения на излучателе, и, соответственно, гораздо большую громкость. Диод VD1 защищает транзистор VT1 от отрицательных полуволн напряжения колебательного контура, не допуская перетекания тока через открытые переходы, что также увеличивает акустическую мощность излучателя. Более подробно работа такого узла рассмотрена в [1].

Для отображения информации выбран готовый графический светодиодный индикатор HG1, состоящий из четырёх элементов, каждый из которых содержит светодиодный модуль-матрицу светодиодов 8x8 1088AS, и управляющую микросхему MAX7219. Ми-

кросхема представляет собой специализированный драйвер со встроенной динамической индикацией и памятью для управления восемью семисегментными индикаторами или одной матрицей на 8x8 (64 элемента), позволяющими выводить различные изображения (цифры, буквы и символы) на индикатор. Отображаемая информация передаётся в память драйвера индикатора по последовательной шине SPI. Схема одного разряда такого модуля показана на рис. 5. Все четыре модуля индикатора включены последовательно, информация передаётся с выхода одного модуля на вход следующего аналогично сдвиговому регистру. Применение подобных модулей позволило разгрузить МК от необходимости обеспечения динамической индикации на 64 разряда.

В качестве частотоподающего элемента такого генератора МК применён кварцевый резонатор на частоту 16 МГц в корпусе HC-49S. Так как кварцевые резо-

наторы имеют некоторый разброс по частоте, необходимо будет подобрать для разных экземпляров таймеров резонаторы с наименьшим разбросом (не более 50 Гц) и частотой как можно ближе к 16 МГц. Иначе один таймер будет "уходить" вперёд другого на несколько секунд за измеряемый промежуток в несколько часов.

Для подбора резонаторов удобно воспользоваться тестовым устройством, схема которого показана на рис. 6, и программой для Arduino. Для сборки устройства понадобится МК ATmega328 в DIP-корпусе, два керамических конденсатора, макетная плата, несколько резонаторов на частоту 16 МГц и частотомер. Причём конденсаторы желательно вместе с выбранным резонатором установить затем в таймер.

/* Программа тестирования кварцевых резонаторов 16МГц

На выводе 15 будет частота $F = f_{\text{кварца}}/2 = 8\text{МГц}^*$

```
void setup () {
  pinMode (9, OUTPUT); //
  настройка выхода 9 (соответствует выводу 15)
```

```
// настройка Timer 1
TCCR1A = bit (COM1A0); //
переключение выхода при совпадении регистра сравнения
```

```
TCCR1B = bit (WGM12) | bit (CS10); // режим CTC, без делителя
```

```
OCR1A = 0; //регистр сравнения = 0. То есть переключение выхода будет каждый такт
```

```
}
void loop () {
```

```
}
Приведённая выше программа уже скомпилирована в файл test_freq.hex, и для её загрузки в МК нужно воспользоваться программатором. Далее к МК на макетной плате подключают испытываемый резонатор, подают питание и измеряют частоту на выводе 15. Напрямую измерить частоту на
```

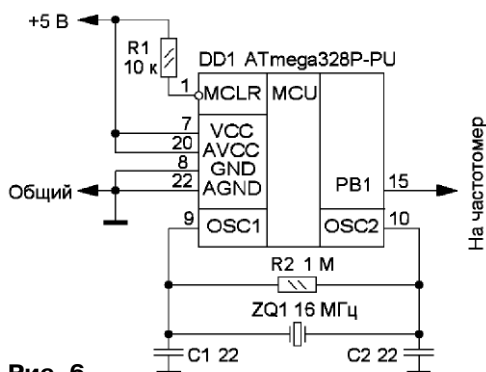


Рис. 6

выводах кварцевого резонатора нельзя, так как это приведёт к изменению частоты и ошибочным результатам измерения.

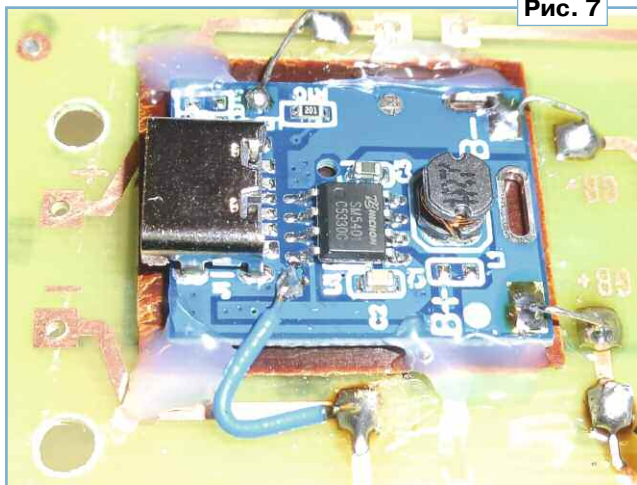


Рис. 7

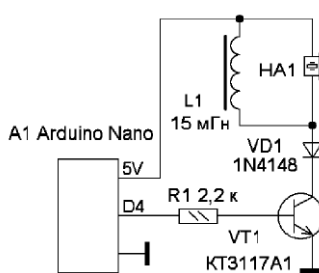


Рис. 8

Для питания устройства применён повышающе-зарядный модуль A1 на микросхеме SM5401 для Li-Ion аккумулятора (рис. 7). Он обеспечивает зарядку встроенного аккумулятора током до 1 А и повышает напряжение аккумулятора G1 до 5 В для питания таймера в автономном рабочем режиме. Микросхема следит за уровнем напряжения на аккумуляторе и при его разрядке до 3,2 В отключает его от преобразователя, предотвращая его разрядку до критического значения. МК также следит за напряжением аккумулятора через резистор R1 и

При первом запуске запрограммированного МК понадобится установить частоту сигнала на контуре L1HA1 для получения максимальной громкости. Для этого необходимо нажать на кнопку SB6 "Батарея" и удерживать её в течение 8 с. Таймер перейдёт в режим установки частоты звукового сигнала. Об этом будет свидетельствовать надпись на индикаторе F=4800Гц. Нажимая на кнопки SB4(+) и SB5(-), подстраивают частоту звукового сигнала по максимальной громкости. Каждое нажатие будет сопровождаться звуковым сигналом соответствующей частоты. Дискретность шага — 10 Гц. Удержание кнопки приводит к автоматическому увеличению/уменьшению значения частоты. Полученное значение записывается в энергонезависимую память МК. Рекомендуемое значение для излучателя HPA22D — 4800 Гц. По окончании настройки нужно ещё раз нажать на кнопку "Батарея".

Транзистор KT3117A1 можно заменить транзистором 2N2222A, диод 1N4148 — диодом КД522Б. Дроссель L1 — RLB1314-153KL индуктивностью 15 мГн. Акустический излучатель — пьезокерамический HPA22D. Если применить другие компоненты для колебательного контура, тогда, возможно, придётся подстроить частоту звукового сигнала. Для этого нужно воспользоваться рекомендациями по подбору дросселя в [1] и использовать стенд и специальную программу для быстрого подбора частоты по максимуму громкости звучания. Схема стенда для настройки частоты показана на рис. 8. Для работы понадобятся установка программы Arduino IDE версии 1.8.16 и плата Arduino Nano или Arduino Uno, или им подобные. После запуска программы Arduino в окне нужно загрузить простую тестовую программу-скетч (комментарии вместе с символами // можно не вводить) или воспользоваться готовым скетчем test_program.ino:

// Тестовая программа подбора частоты для пьезоизлучателя

String inCome = ""; // объявление переменной

```
void setup() {
  Serial.begin(9600); //настройка
  порта
  while (!Serial) {} // ожидаем
  готовности порта
}
```

```
void loop() {
  while (Serial.available() > 0)
  { //ожидаем приёма данных
    int inChar = Serial.read(); //
    приём байта с порта
    if (isDigit(inChar)) {} // в
    байте содержится цифра?
    inCome += (char)inChar; //
    если да, прибавляем её к уже при-
```

Fuse Low Byte	Fuse High Byte	Extended Fuse Byte	Lock Bit Byte
☐ CKDIV8=0	☐ RSDISBL=0	☐ BODLEVEL2=0	☐ BLB12=0
☐ CKOUT=0	☐ DWEN=0	☒ BODLEVEL1=0	☐ BLB11=0
☐ SUT1=0	☒ SPIEN=0	☐ BODLEVEL0=0	☐ BLB02=0
☐ SUT0=0	☐ WDTON=0		☐ BLB01=0
☐ CKSEL3=0	☐ EESAVE=0		☐ LB2=0
☐ CKSEL2=0	☐ BOOTSZ1=0		☐ LB1=0
☐ CKSEL1=0	☐ BOOTSZ0=0		
☐ CKSEL0=0	☒ BOOTRST=0		

Рис. 9

Программа работает следующим образом. При запуске программы встроенный аппаратный таймер T1 настраивается на прямое управление выводом 15 МК. С каждым тактом задающего генератора 16 МГц логический уровень на этом выводе меняется на противоположный. При этом получается частота 8 МГц, равная половине частоты задающего генератора микроконтроллера. Аппаратный таймер работает независимо от ядра МК, поэтому в бесконечном цикле loop нет программы.

при его разрядке до напряжения 3,4 В индикатор кнопки SB6/HL6 начинает мигать. При подзарядке аккумуляторов таймера во время отсчёта необходимо помнить об особенности микросхемы SM5401. Если отключить ЗУ, этой микросхеме требуется время на реверсивное переключение с режима зарядки аккумулятора в режим повышающего стабилизатора напряжения. В этот момент показания отсчёта будут утеряны! Поэтому подключённое ЗУ нельзя отключать до конца отсчёта времени.

нятым байтам

```

    }
    if (inChar == '\n') { //
        байте окончание строки?
        int Fi = inCome.toInt(); //
        если да, то преобразование строки
        в число
    }

```

```

        tone(4,Fi,1000); //
        вывод тонального сигнала (номер
        вывода, частота Гц, длительность
        миллисек)
    }
    inCome = ""; //
    стереть принятые данные!
}

```

После чего нужно подключить

модуль Ардуино к компьютеру. В выпадающем меню "Инструменты" выбрать "Плата" → Arduino AVR Boards и поставить галочку у соответствующего типа модуля (Uno или Nano). Далее в меню "Инструменты" → "Порт" выбрать

порт COM, к которому подключена плата. В меню "Скетч" нажать "Загрузка". После всех действий в



Рис. 10

плату будет загружена тестовая программа.

Далее в меню "Инструменты" выбрать "Монитор порта". Откроется окно монитора, с помощью которого устанавливается связь с модулем. В нижнем правом углу окна выбрать CR (возврат каретки) и скорость 9600 бод. В верхней строке окна набирают значение тестовой частоты, например 4800, и нажимают на кнопку "Отправить". Модуль получит это значение, и на выводе D4 появится сигнал с заданной частотой длительностью 1 с. Таким образом, изменяя частоту, можно быстро подобрать её значение по максимальной громкости акустического сигнала.

Перед установкой МК в панель его необходимо запрограммировать. Скомпилированная управляющая программа находится в

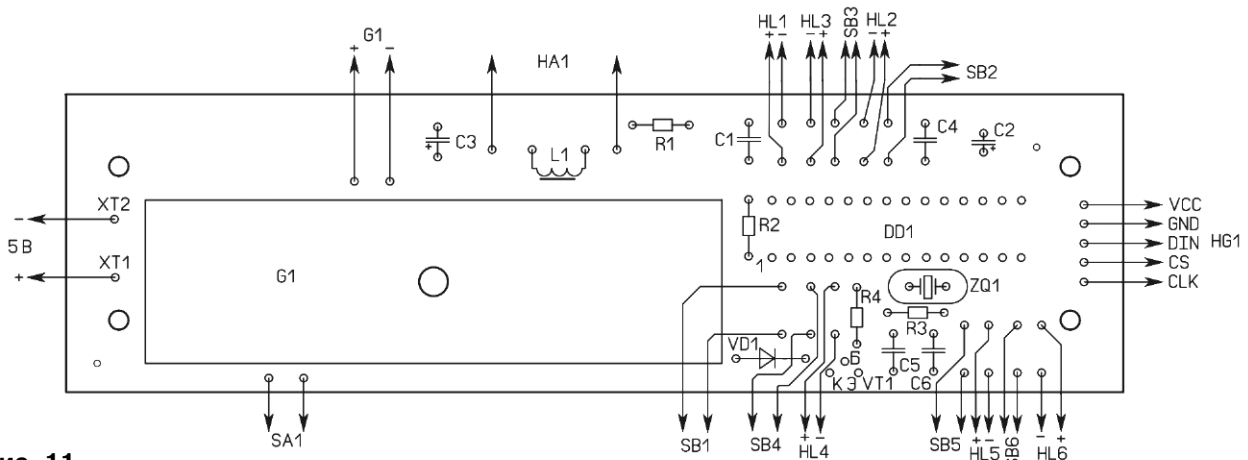
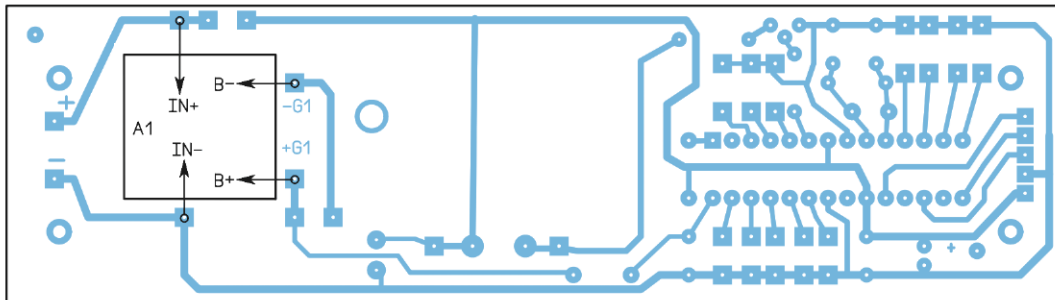
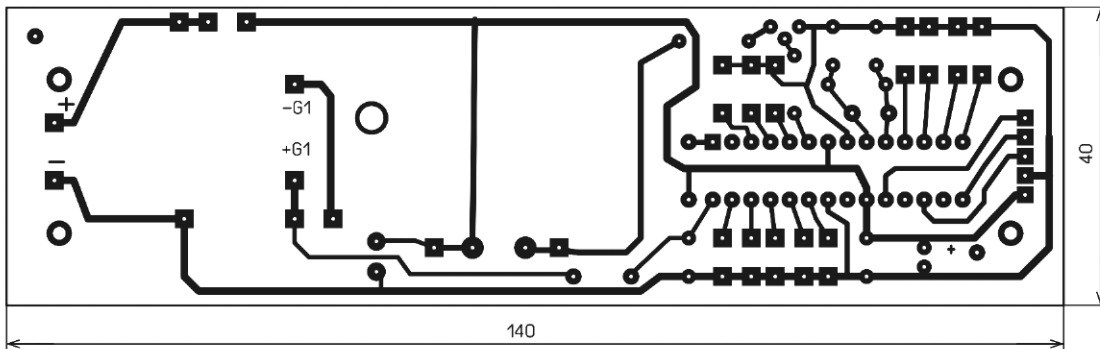


Рис. 11

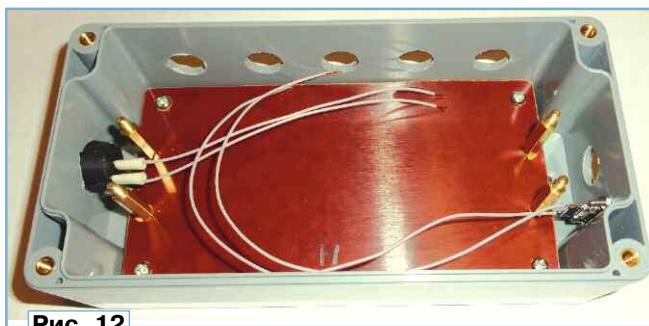


Рис. 12

файле timer_program.hex. Также нужно запрограммировать fuse-биты так, как показано на рис. 9. Галочкой отмечены биты, которые нужно установить в 0.

В процессе работы может появиться постоянный посторонний звук. Его появление обусловлено наводками на колебательный контур, который образуют акустический излучатель HA1 и дроссель L1. Для устранения этого явления нужно собрать контур из излучателя и дросселя (рис. 10). Помещая дроссель внутри корпуса, находят место, где наводки отсутствуют или минимальны. Там и крепят дроссель с помощью термоклея, подключив его отрезками проводов с местом его установки на плате.

Чертёж печатной платы и схема расположения деталей показаны на рис. 11. Аккумулятор G1 устанавливают в держатель, который крепят на плате с помощью винта M3. Если ёмкости одного аккумулятора не хватает, параллельно ему подключают второй аккумулятор в таком же держателе. Перед их подключением они должны быть полностью заряжены.

Для корпуса использован пластмассовый G368 размерами 160×80×55 мм. Слева на корпусе



Рис. 13



Рис. 14

установлен SA1 — миниатюрный клавишный выключатель питания любого типа. Сверху размещены кнопки управления SB1—SB5. Для установки плат в корпус нужно приготовить основание и установить на него четыре латунные стойки длиной 20 мм (рис. 12). На них крепится плата управления. Плату индикатора устанавливают сверху на стойках длиной 6...7 мм и фиксируют гайками или винтами. Если необходимо изолировать стойки от печатных проводников на плате, под них надо проложить прокладки из изоляционного материала. Справа снаружи на корпусе расположены акустический излучатель (для наибольшей громкости),

кнопка SB6 и USB-гнездо X1 для зарядки аккумулятора (см. рис. 3). Сверху сверлят отверстия для кнопок (рис. 13). Кнопки SB1—SB6 — круглые, в металлическом корпусе диаметром 12 мм (рис. 14) с подсветкой с напряжением 3...6 В [2].

Для монтажа использован провод МГТФ-0,07, для цепей питания — МГТФ-0,2 или аналогичные. Надписи для кнопок можно распечатать на клейкой бумаге, вырезать и приклеить возле кнопок. Заготовка надписей — в файле "Надписи.docx".

ЛИТЕРАТУРА

1. Dave Conrad. Простая схема увеличения акустического выхода пьезоэлектрического преобразователя. — Радиолоцман, 2019, № 10, с. 72—74.
2. Водонепроницаемый металлический переключатель с подсветкой 12/16/19/22 мм. — URL: <https://click.ru/3SSUJP> (09.03.26).

От редакции. Файлы проекта находятся по адресу <http://ftp.radio.ru/pub/2026/06/timer.zip> на нашем FTP-сервере.

Электропривод для мангала

М. МАКСИМОВ, г. Калининград

Однажды, выбравшись с компанией на природу для приготовления шашлыков, автор увидел необычное приспособление (рис. 1). Оно состояло из двух пластин, одевающихся на бортики мангала. В одной из пластин было установлено несколько соединённых между собой шестерёнок с прямоугольным отверстием в центре каждой из них. В эти отверстия вставлены концы шам-

пуров. Крайнюю шестерёнку вращал небольшой электромотор с редуктором. Идея понравилась, а шашлыки получились равномерно прожаренными.

Вначале захотелось просто приобрести такое приспособление в готовом виде, но оказалось, что цены на подобные изделия значительно выросли. В то же время в продаже есть пластины с шестерёнками без привода, рас-

считанные на ручное вращение одного из шампуров, который становится ведущим, а остальные будут вращаться с ним синхронно. Цена такого варианта оказалась раз в пять меньше. Приобрести подходящий недорогой электродвигатель со встроенным редуктором также оказалось несложной задачей. Осталось только определиться с источником питания.

Подходящие электродвигатели с номинальным напряжением питания 6 В, 12 В и 24 В можно приобрести на маркетплейсах. Наиболее подходящим оказался один из них с номинальным напряжением 6 В (рис. 2). Его можно питать от двух последовательно соединённых литиевых аккумуляторов. При полностью заряженных аккумуляторах напряжение превышает номинальное, но это



Рис. 1

некритично. Как с полностью заряженными, так и с практически полностью разряженными аккумуляторами изменение скорости вращения практически незаметно. Используя наиболее популярные литиевые аккумуляторы типа-размера 18650, можно приготовить несколько партий шашлыков, и даже останется заряд на следующие пару поездок. Поскольку потребляемый электроприводом мангала ток не превышает 1 А, не нужны сильноточные аккумуляторы, а также число циклов зарядки/разрядки обычно больше. Кстати, очень часто при выходе из строя батареи ноутбука часть элементов находится ещё в хорошем состоянии.

Что касается числа оборотов, вначале планировалось приме-

нить регулировку оборотов с помощью ШИМ, но практические эксперименты показали, что вполне достаточно одной скорости, независимо от содержания шампуров. Поэтому был установлен электродвигатель с редуктором со скоростью вращения десять оборотов в минуту без каких-либо регулировок. Конечный вал электродвигателя имеет полукруглую форму, поэтому для сопряжения с отверстием в пластине с шестерёнками, его нужно подточить (рис. 3). Для крепления двигателя к пластине согнут кронштейн, который привинчен к пластине двумя винтами M2,5.

Поскольку аккумуляторы необходимо помещать в закрытый корпус, чтобы предохранить от нагревания от мангала, было решено поместить в него же и модуль зарядки, а поскольку аккумуляторов два, то потребуются балансир. Также желательно предусмотреть возможность питания устройства от бортовой сети автомобиля и от источника с напряжением 5 В (PowerBank).



Рис. 2



Рис. 3

Схема устройства показана на рис. 4. Схема включения узла зарядки на микросхеме SC6038

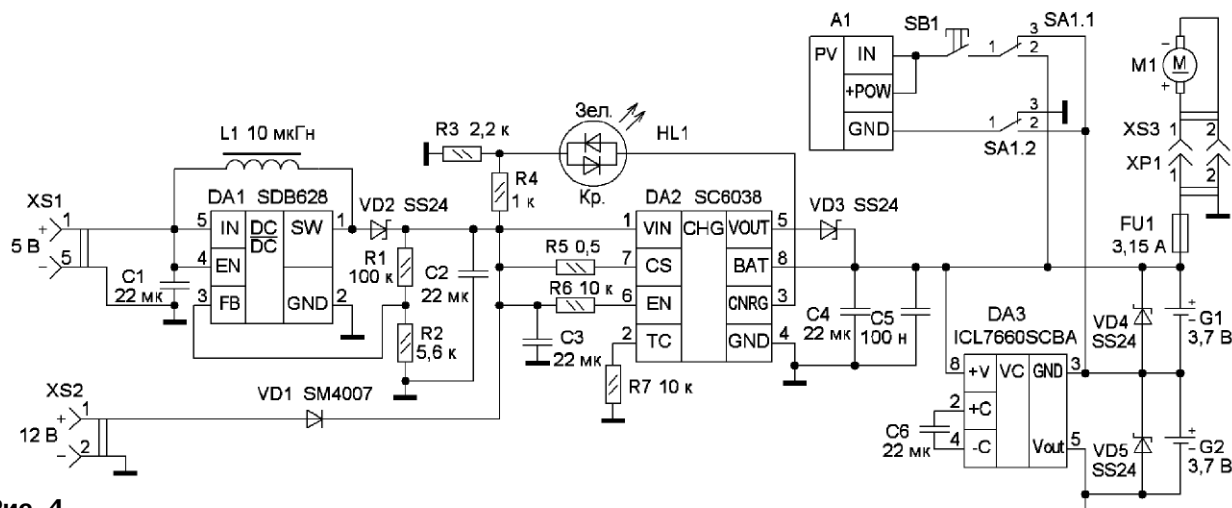


Рис. 4

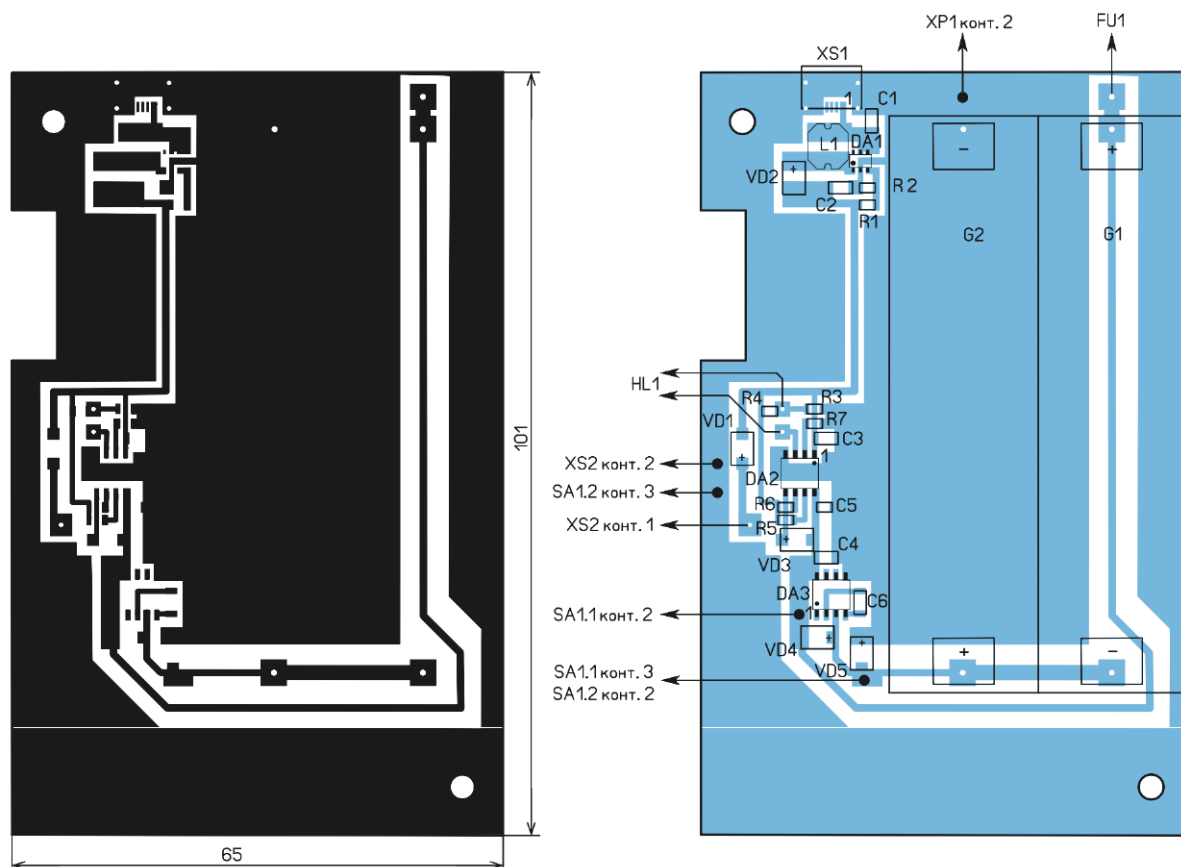


Рис. 5

(DA2) с балансиром на микросхеме ICL7660SCBA (DA3) взята из [1]. Диоды Шоттки VD4 и VD5 должны быть установлены обязательно. Они служат не столько защитой микросхемы ICL7660SCBA от переполюсовки аккумуляторов, сколько от выбросов напряжения обратной полярности при установке и удалении каждого аккумулятора. Микросхемы ICL7660 довольно чувствительны к таким выбросам. Причём автору попала целая партия микросхем ICL7660SCBA из Поднебесной, которые выходили из строя, если первым вынимали верхний по схеме аккумулятор, при этом не спасали даже диоды. При установке аккумуляторов в любом порядке или при извлечении первого нижнего аккумулятора повреждения не происходило. Также при установленных аккумуляторах балансировка проходила нормально. После замены микросхемы на аналогичную из другой партии она уже не выходила из строя при любом порядке замены аккумуляторов.

Схема включения микросхемы контроллера управления зарядкой SC6038 с напряжением 8,4 В (точность 1 %) практически не отличается от приведённой в [2]. Разница только в том, что применён двоянный индикаторный

светодиод в одном корпусе (красного и зелёного свечения) вместо двух отдельных. Зарядный ток устанавливают подборкой резистора $R5 \ I = 0,2/R5$. В устройстве установлено значение зарядного тока 0,4 А.

Входное напряжение микросхемы SC6038 согласно [2] составляет 9...12 В, максимально допустимое — 18 В. Поэтому аккумуляторы можно заряжать от бортсети автомобиля, к которой устройство подключают через разъём XS2. Однако при заведённом двигателе напряжение в бортсети превышает 12 В, и микросхема заметно нагревается. Для снижения напряжения, а также для защиты от переполюсовки установлен диод VD1.

Для питания от PowerBank предусмотрен разъём XS1. Напряжение, поступающее через него, подаётся на повышающий DC/DC преобразователь на микросхеме DA1 (SDB628). Она включена по стандартной схеме [3] и работает на фиксированной частоте 1,2 МГц, а КПД достигает 97 %. Её выходное напряжение $U_{\text{вых}} = (R1+R2)0,6/R2$. При указанных на схеме номиналах напряжение составляет 11,3 В.

При подключённом внешнем источнике питания индикаторный

светодиод будет светить зелёным. При полностью заряженном аккумуляторе свечение становится красным. Нужно учитывать, что при внешнем питании и подключённой нагрузке аккумуляторы работают в буферном режиме, а поскольку ток зарядки ограничен, возможен режим, при котором потребляемый нагрузкой ток будет больше зарядного, и аккумуляторы в процессе работы могут постепенно разряжаться.

Для контроля напряжения аккумуляторов служит цифровой вольтметр A1 с трёхразрядным цифровым индикатором. Переключателем SA1 можно выбрать измерение напряжения либо одного, либо другого аккумулятора. Для включения вольтметра служит кнопка без фиксации SB1. Это сделано для того, чтобы при хранении аккумуляторы не разрядились, если вольтметр случайно забыли отключить.

Плата изготовлена из одностороннего фольгированного текстолита толщиной 1,5 мм (рис. 5). Все детали размещены на одной стороне. Применены в основном SMD-элементы, сверление отверстий необходимо только для винтов крепления, USB-разъёма, выводов держателей аккумуляторов и проводов. Резисторы и конденсатор C5 — типоразмера 0805.

Возможна замена конденсаторов C4, C6 на конденсаторы ёмкостью 10 мкФ с тем же допустимым напряжением. Все конденсаторы — керамические, но конденсаторы C4 и C6 могут быть и танталовые (плюсовым выводом к выводам 2 и 8 микросхемы DA3 соответственно). Микросхемы DA3 и DA2 применены в корпусах SOIC и SOP-8L соответственно, микросхема DA1 — в корпусе SOT23-6. Все диоды Шоттки — в корпусе SMA, дроссель L1 — в корпусе CD53.



Рис. 6

Применён светодиод диаметром 3 мм с двумя выводами, в котором совмещены кристаллы красного и зелёного свечения. Переключатель SA1 — MT3 спаренный, кнопка SB1 — KM1-1. Разъёмы XS1, XS2 — DC-099 (джек 5,5×2,5) — в металлическом корпусе. Вольтметр A1 — недорогой трёхразрядный размерами 23×10,5 мм со светодиодными индикаторами размерами 0,28". Цвет свечения может быть любой. В продаже чаще всего встречаются такие вольтметры с максимальным измеряемым напряжением 30 В или 100 В. Первый вариант предпочтительнее. Перед установкой вольтметра нужно убедиться в его работоспособности при низком напряжении, хотя бы 3 В. Если при этом напряжении вольтметр не работает, на его плате можно заменить защитный диод проволочной перемычкой, это несколько поднимет питающее напряжение. Если вольтметр имеет три вывода, питающий и измерительный провода нужно объединить. Аккумуляторный отсек для двух аккумуляторов типоразмера 18650 устанавливаются в последнюю очередь.

Плату желательно покрыть несколькими слоями лака. Для этого после проверки работоспособности заклеивают защитной лентой контакты для установки аккумуляторов и покрывают плату с обеих сторон электроизоляционным лаком, например, PLASTIK-71. Для устройства применён готовый металлический корпус размерами 103×67×34 мм (рис. 6). В нём сделаны отверстия для разъёмов, кнопки, держателя предохранителя, переключателя, светодиода и вольт-



Рис. 7

метра. На дно корпуса по размеру для изоляции уложен лист тонкого текстолита. Также через отверстия в крышке выведены провода в силиконовой оболочке с разъёмом XP1 DC-099 (джек 5,5×2,5) для подключения к электродвигателю. На сам двигатель для защиты от воздействия внешнего нагрева и попадания влаги одет чехол из фторопласта, в торце которого закреплен разъём (рис. 7).

Заряжать аккумуляторы можно как от зарядного устройства (например, от сотовых телефонов) с выходным напряжением 5 В через разъём XS1, так и через разъём XS2 от блока питания напряжением 12 В с максимальным током не менее 400 мА.

ЛИТЕРАТУРА

1. SC6038 или зарядка для 7.4V батареи своими руками. — URL: <https://mysku.club/blog/aliexpress/30227.html> (11.03.26).
2. SC6038 Linear Charge Management Controllers. — URL: <https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/1951347/ETC/SC6038.html> (11.03.26).

3. SDB628 High Efficiency 1.2MHz 2A Step Up Converter. — URL: <https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/1132508/SHOUDING/SDB628.html> (11.03.26).

От редакции. Чертеж печатной платы находится по адресу <http://ftp.radio.ru/pub/2026/06/mangal.zip> на нашем FTP-сервере.

Вышла в свет новая книга



**Пшеничников А. П.,
Маликова Е. Е.**

Системы сигнализации в телекоммуникационных сетях. Учебное пособие для вузов. — М.: Горячая линия — Телеком, 2025. — 172 с.: ил.
ISBN 978-5-9912-1131-4.

Рассмотрена классификация систем сигнализации в телекоммуникационных сетях связи. В фиксированных сетях связи при внедрении новых технологий должны выполняться важные системные требования: "не разрушаемый переход к новым сетям" и "обратная совместимость". С учётом выполнения этих требований в пособии рассмотрены: система сигнализации по общему каналу OKC №7; стек протоколов TCP/IP; технология SIGTRAN передачи сигнального трафика по IP-сетям.

Достаточно детально рассмотрены протоколы для установления мультимедийных соединений: протокол установления сеансов связи SIP; протокол управления шлюзами H.248/MEGACO; протокол аутентификации, авторизации и учёта Diameter. Кратко рассмотрены системы сигнализации в сетях сотовой подвижной связи стандартов 2G, 3G, 4G. Для закрепления теоретического материала приведены задания для выполнения практических работ.

Для студентов вузов, обучающихся по направлению подготовки 11.03.02 — "Инфокоммуникационные технологии и системы связи", слушателей курсов в системе дополнительного образования при повышении квалификации. Будет полезна специалистам соответствующих профилей.

Адрес издательства в Интернет
WWW.TECHBOOK.RU

Часы на Arduino UNO со светодиодным индикатором секунд

В. РУБАШКА, г. Лисичанск, ЛНР

"Невозможно остановить время: этого не допустит часовая промышленность".

Станислав Ежи Лец

Почти любая конструкция начинается с идеи. А идею навеели шилды (shield) — платы расширений для платформы Arduino. Это одна из замечательных особенностей этой платформы, которая сделала её очень популярной. Даже если вы не используете среду разработки Arduino, наверняка в запасе у вас есть немало всевозможных датчиков, индикаторов и других конструкций, которые изначально для неё проектировались. В итоге идея воплотилась в разработку часов в виде шилда с аналоговым отображением секунд с помощью светодиодов. У многих создаётся впечатление, что Arduino — это что-то с кучей торчащих проводов. От них мы избавимся именно с помощью печатной платы, т. е. шилда. А затем поместим часы в корпус, специально разработанный для этой конструкции (рис. 1).

Для начала были сформулированы основные требования к часам:

- конструкция должна быть в виде шилда для Arduino UNO R3;

- часы и минуты должны отображаться на четырёхразрядном цифровом индикаторе;

- секунды должны отображаться с помощью светодиодов, расположенных вокруг цифрового индикатора;

- использовать микросхему часов реального времени с резервным питанием;

- установку времени производить с помощью кнопок;

- яркость всех индикаторов должна зависеть от уровня внешней освещённости;

- дополнительная возможность — установка времени через последовательный порт;

- предусмотреть возможность расширения функций за счёт добавления датчиков и модернизации программного обеспечения.

Для управления цифровым индикатором потребуются 12 выводов (четыре разряда и восемь элементов), поскольку будет использовано семь элементов и двоеточие. Для индикации секунд плани-

руется использовать 30 светодиодов, нулевой и каждый четный, для этого потребуется 11 выводов (матрица 5×6). Для управления микросхемой часов реального времени потребуется два вывода. Для контроля за освещённостью (фоторезистор) потребуется ещё один вывод (вход АЦП) и два вывода для контроля за состоянием кнопок.

Итого требуется 28 выводов, но Arduino UNO имеет всего 20 свободных выводов, при этом выводы A6 и A7 на этой плате не разведены, вывод Reset без больших проблем использовать не получится. К тому же, если задействовать контакты RX и TX, потеряется последовательная связь. Получается, что выводов для выполнения всех требований не хватает. Придётся устанавливать

фоторезистор. Его мы подключим к выводу AREF, который можно использовать как дополнительный канал АЦП. Остаётся проблема с выводами RX и TX, которые нужны для последовательной связи. Но она с некоторыми ограничениями будет решена программно. В результате получилась схема, показанная на рис. 2. Каких-либо пояснений она не требует.

Плата изготовлена из одностороннего фольгированного стеклотекстолита толщиной 1,5 мм с применением SMD компонентов и проволочных перемычек. Чертёж платы показан на рис. 3. Она в точности повторяет размеры Arduino UNO R3 с разъёмом micro USB. В центре расположен цифровой индикатор, вокруг него расположены 30 светодиодов. Почему 30, а не 60? Потому что 60

физически не помещаются на столь маленькую плату, даже если их разместить максимально близко к краям. Поэтому каждый светодиод будет активен (включён) в течение не одной, а 2 с. Также на плате внизу слева есть две тактовые кнопки, предназначенные для установки времени. В качестве часов реального времени использована микросхема серии DS1307 с кварцевым резонатором ZQ1 на частоту 32768 Гц и литиевым гальваническим элементом G1 CR1220. Сначала фоторезистор был установлен со стороны светодиодов (рис. 4), но он оказался чувствительным к их боковому свече-

нию. Пришлось переместить его на другую сторону платы и вывести под углом 90 градусов на боковую стенку (рис. 5). Плату часов устанавливают на плату Arduino UNO (рис. 6) с помощью ответных однорядных разъёмов серии PLS.

Плата была разработана в программе Sprint-Layout. Как известно, в ней отсутствует инструмент "Эллипс". Поэтому попытки расставить светодиоды вручную к успеху не привели, красиво не получилось. Пришлось использовать векторный графический



Рис. 1

дополнительные компоненты расширения или что-то комбинировать. Для начала можно объединить цифровой индикатор и светодиоды в общую матрицу 8×8. Для этого придётся изменить подключение светодиодов на матрицу 8×4, что в данном случае слегка избыточно (нужно 30 светодиодов, а не 32), но зато стыкуется с матрицей индикатора. Таким образом можно сэкономить сразу семь выводов! После подключения кнопок и микросхемы часов реального времени остаётся незадействованным фо-

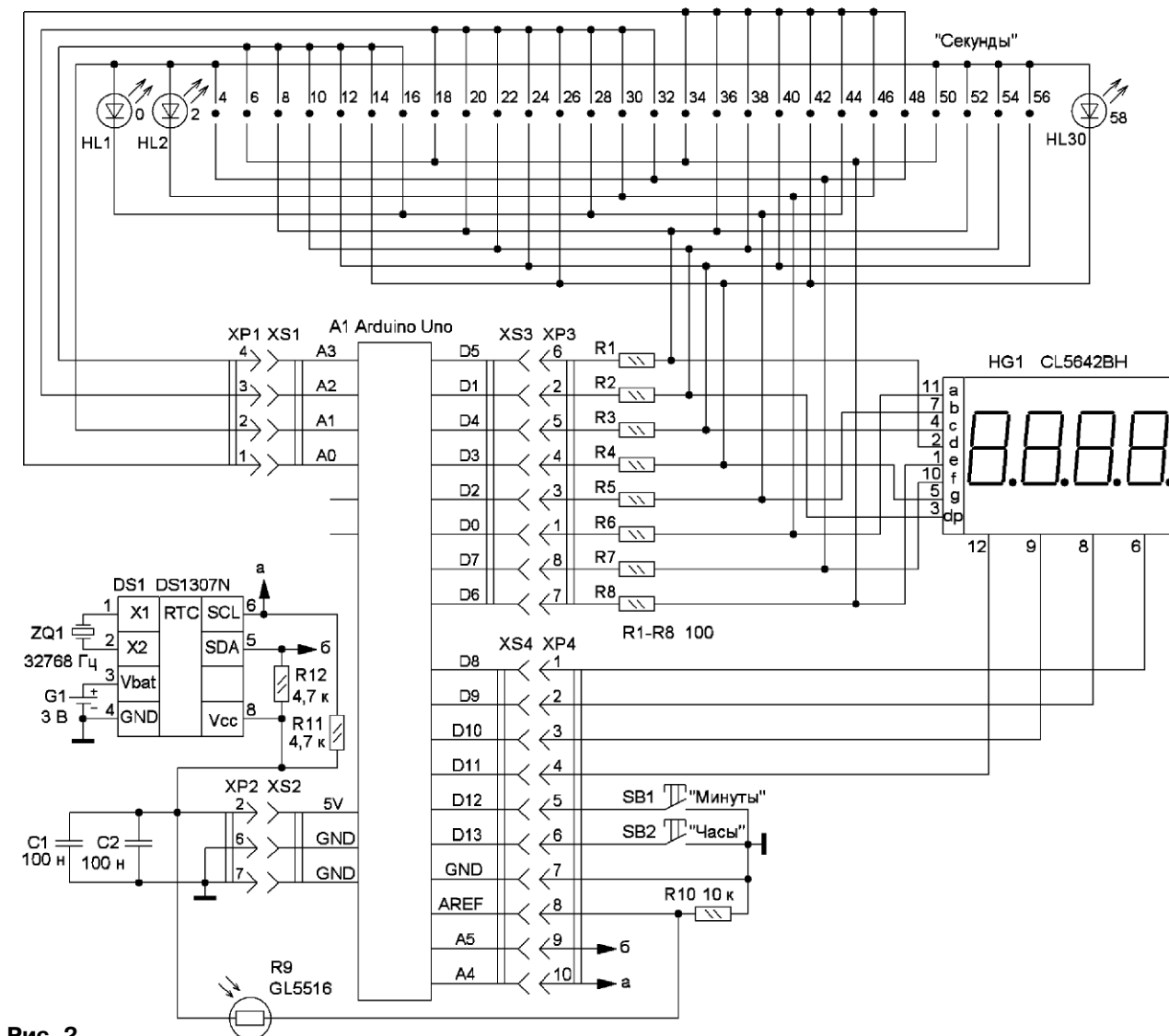


Рис. 2

редактор, с помощью которого был нарисован эллипс и на нём равномерно размещены светодиоды. Результат был конвертирован в растровый формат, который использован в качестве подложки в Sprint-Layout (рис. 7). И уже по нему производилась установка светодиодов на плату. Для подобных задач можно использовать любой векторный редактор, например Corel Draw или Artcam, причём последний для расстановки объектов по кривой кажется более удобным. На плате (внизу справа на рис. 3 нижний) дополнительно выведен разъём для шины I²C и питания (на схеме не показан) для возможного дальнейшего расширения функций устройства.

С появлением 3D-принтеров изготовление корпуса на любой вкус перестало быть серьёзной проблемой. Достаточно нескольких уроков понравившейся про-

граммы моделирования и немного фантазии. Корпус для часов изначально планировался в стиле ретро. Поэтому он несколько напоминает телевизор последней четверти прошлого века. Чтобы плата Arduino UNO поместилась в корпус, с неё снят разъём питания. Если плата часов будет использована без корпуса, этот разъём можно не удалять.

Корпус напечатан пластиком PETG чёрного цвета. Подойдут также пластики PLA или ABC, учитывая при печати усадку последнего. Для ABC в слайсере нужно пропорционально увеличить все размеры примерно на один процент. При печати такой достаточно сложной формы в слайсере нужно использовать генерацию поддержек. При печати корпуса его нужно расположить тыловой частью к столу. В модели (рис. 8, рис. 9) диаметры отверстий под светодиоды подобраны так,

чтобы после печати их не пришлось рассверливать. Сверху корпус затонирован полусухой кистью акриловой краской цвета бронза. После сушки нанесено покрытие акриловым прозрачным матовым лаком на водной основе. В корпусе предусмотрено место для установки защитной вставки. Для этого использован отрезок прозрачного акрила толщиной 2 мм размерами 19×51 мм, который покрыт автомобильной тонирующей. При тонировании нужно работать на чистой поверхности и стараться, чтобы ничего не попало между плёнкой и акрилом. Акрил лучше всего взбрызнуть водой, которая выгоняется резиновым ракелем. Главное — не спешить и удалять все пузырьки с воздухом. В корпусе с внутренней стороны предусмотрены глухие отверстия для кнопок. Нужно просверлить два отверстия диаметром 1 мм и поставить тактовые

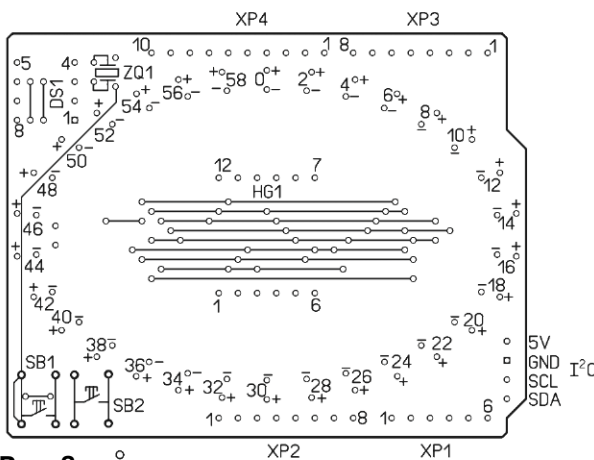
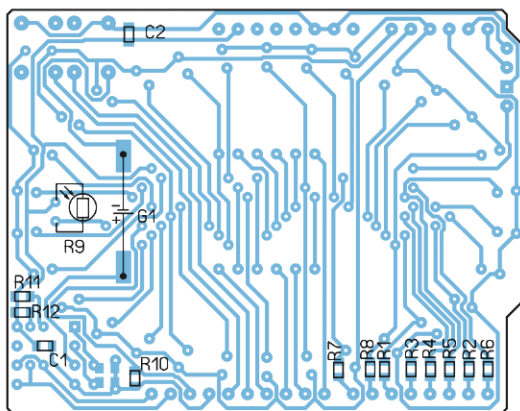
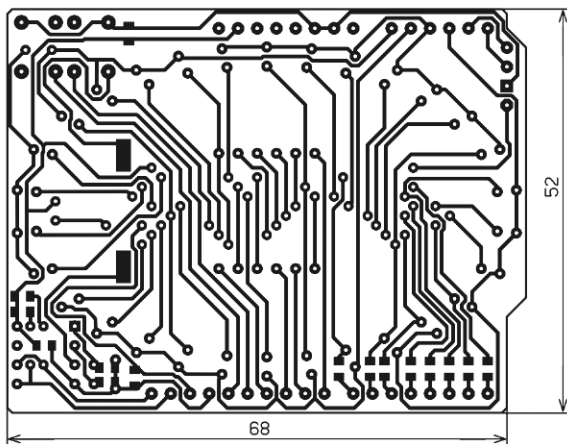


Рис. 3

кнопки с коротким толкателем для установки времени с помощью толкателя, например, иглы или зубочистки. Можно просверлить полноценные отверстия диаметром 3,6 мм и поставить кнопки с длинным толкателем, чтобы они выступали наружу. Третий вариант — кнопки не устанавливать, поручив установку времени программе.

В скетче сначала задают переменные. В функции setup инициализируется последовательный порт (Serial.begin). Настраивается

цикле по знакам коммат цифрового индикатора перемещаем сегмент G, образуя бегущий знак минус. Если информация по последовательному порту пришла, происходит запись актуального времени (setTime). Закрывается последовательный порт (Serial.end). Настраиваются входы с подтягивающими резисторами для кнопок (pinMode (BUTTONx, INPUT_PULLUP)) и выходы на цифровой индикатор и матрицу светодиодов (pinMode(x, OUTPUT)). Затем запускается бесконечный



Рис. 4

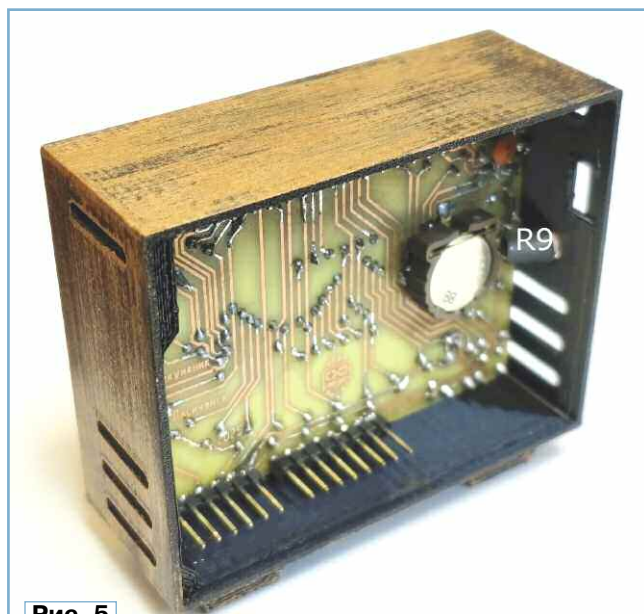


Рис. 5

подключение к цифровому индикатору, и запускается цикл (for (int i = 0; i < 50; i++)), в котором ожидаются данные об актуальном времени от компьютера (Serial.available). Время ожидания — 10 с (две паузы по 100 мс и 50 итераций цикла). В этом

главный цикл loop. Если информация не пришла, через 10 с программа переходит в главный цикл. Такое решение — вынужденная необходимость использовать выводы RX и TX Arduino UNO по двойному назначению, как для установки времени в начале работы скетча, так и для управления линиями светодиодной матрицы в основном режиме.

В главном цикле информация о времени поступает из микросхемы реального времени (getTime), проверяется нажатие на кнопки (digitalRead(BUTTONx)), напряжение на выводе AREF (read_foto). Затем вызывается функция динамической индикации (dynamic_indication), в которой на цифровой индикатор выводятся десятки, единицы часов, десятки и единицы минут (showNumber), а на светодиодную матрицу — секунды (showSeco). Правильнее эту функцию переместить в прерывание таймера, но для начинающих это будет сложно. Функция вывода цифр на индикатор showNumber

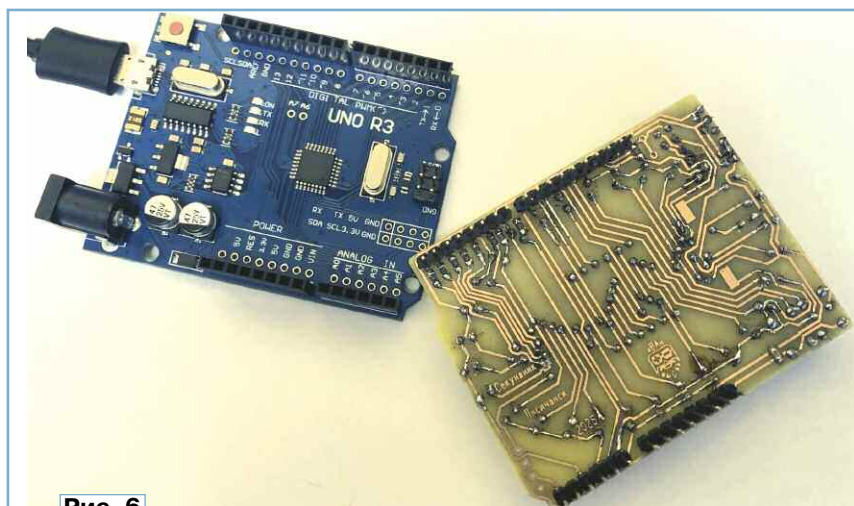


Рис. 6

нему подключён резистивный делитель с фоторезистором R9 для определения уровня внешней освещённости. С помощью регистра ADMUX выставляют 14 канал, значения которого читаем для дальнейшего анализа освещённости в скетче (read_foto).

Так как оказались физически заняты линии последовательного порта, для отладки можно пойти на хитрость — выводить данные АЦП на семисегментный индикатор. Для этого в функции динамической индикации (dynamic_indication()) необходимо снять комментарии с участка кода, следующего за текстом //Код для проверки фотосенсора. Необходимость в этом может возникнуть, если использовать фоторезистор, отличный от указанного на схеме.

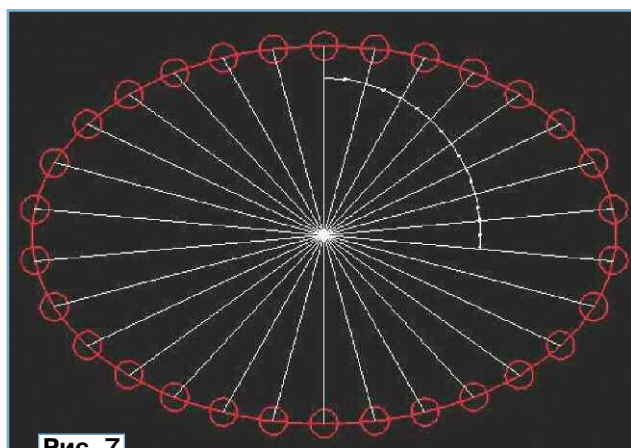


Рис. 7

"зажигает" необходимые элементы текущего знакоместа и двоеточие в нечётную секунду (`bitRead(s, 0) == LOW`). Устанавливается пауза в зависимости от освещённости (`delayMicroseconds(foto_sensor * 12 + 100)`). Функция вывода секунды на светодиодную матрицу `showSeco` включает необходимый светодиод и также устанавливает паузу в зависимости от освещённости (`delayMicroseconds((fotosensor * 30) / 10 + 1)`).

Используемые светодиоды белого свечения оказались намного ярче цифрового индикатора красного свечения. Пришлось применять меры для выравнивания их яркости. Поэтому в цикле развёртки индикатор включён на большее время, чем светодиоды. В зависимости от яркости применяемого индикатора и светодиодов, возможно, придётся незначительно подкорректировать программу. Изменения коснутся строчки кода в функции вывода секунды `delayMicroseconds((fotosensor * 30) / 10)`. Потребуется экспериментально подобрать такие значения, чтобы при изменении яркости засветки фоторезистора (`fotosensor`) от минимальной до максимальной происходило при-

мерно одинаковое изменение яркости светодиодов и индикатора.

Функция `yield()` работает во время задержки `delay` при опросе кнопок. Там происходит вызов функции динамической индикации. Без этого кода при нажатии на кнопки происходит сбой динамической индикации, на время нажатия будет светить последнее выбранное значкоместо индикатора или светодиода. Используют эту функцию как упрощённую альтернативу таймера для динамической развёртки.

Из-за нехватки выводов пришлось использовать вывод `AREF` как дополнительный канал АЦП. К

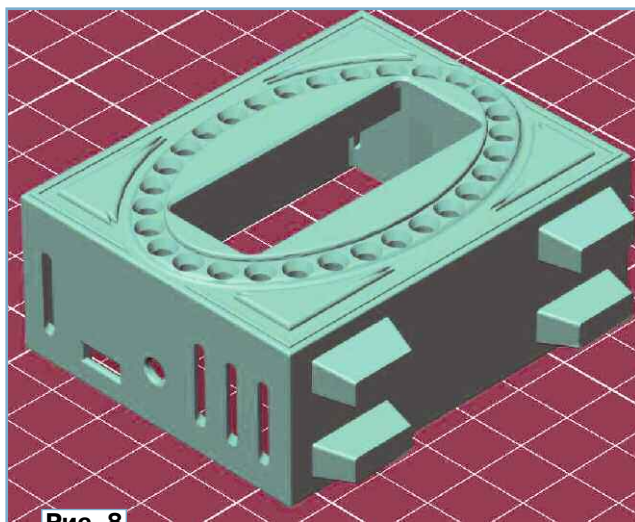


Рис. 8

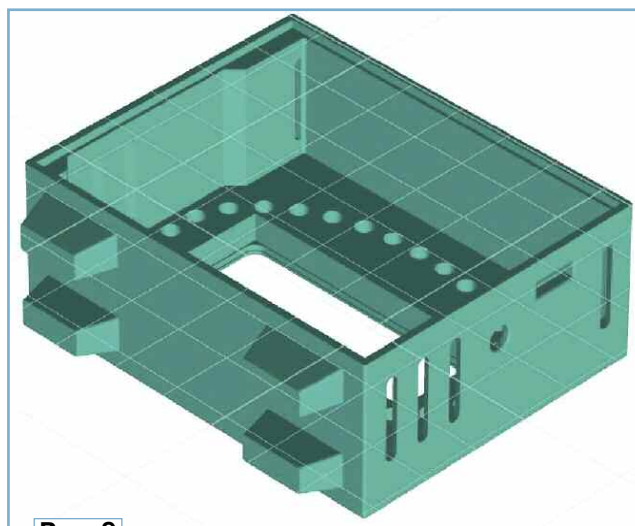


Рис. 9

Существует несколько библиотек, с помощью которых можно работать с микросхемой часов реального времени. Как правило, они охватывают весь функционал,

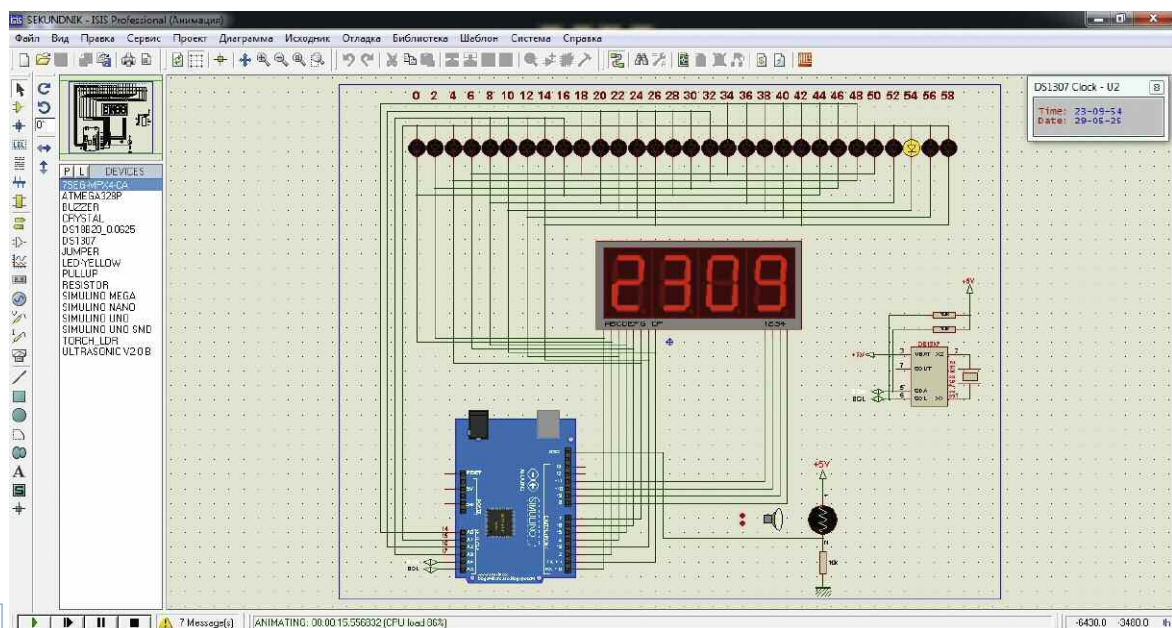


Рис. 10

заложенный в такой микросхеме. В этой конструкции нет необходимости в календаре и будильниках. Поэтому практичнее работать с часами с помощью прямого доступа к регистрам. Это существенно уменьшит объём программы, который может понадобиться при дальнейшей модернизации скетча. Для работы с часами реального времени в начале скетча нужно подключить стандартную библиотеку для связи по шине I²C (#include <Wire.h>). А в настройках инициализировать шину I²C (Wire.begin()). Прочитать время можно с помощью функции getTime(), а записать — с помощью функции setTime(). Ещё понадобятся две вспомогательные функции — bcdToDec и decToBcd. Они соответственно преобразуют значения из двоично-десятичного формата в десятичный, и наоборот.

В среде Arduino IDE при компиляции проекта можно получить системное время компьютера. Это делается с помощью predefined макросов DATE и TIME. DateTime(F(_DATE_), F(_TIME_)), где DATE возвращает дату компиляции в формате Mmm dd yyyy (Jan 26 2026), а TIME возвращает время компиляции в формате hh:mm:ss (11:27:04). Эти макросы работают только при компиляции скетча, и время устанавливается однократно при его загрузке. Часы инициализируются време-

нем последней компиляции скетча, а не текущим временем ком-

любом языке, которая выполнит синхронизацию автоматически.

Но в этом случае использован альтернативный и очень простой метод установки с помощью скрипта bat. При его запуске запрашивается номер последовательного порта, он открывается и Arduino UNO перезагружается сигналом dtr. Так она переводится в режим ожидания приёма актуального времени. Ждем 5 с для перезагрузки, затем открываем порт с деактивированным сигналом dtr, чтобы больше модуль Arduino UNO не перезагружать. Получаем системное время и отправляем его в Arduino UNO. Скрипт можно расширить, для чего вводят проверку наличия порта, проверку на ошибки, передачу даты и дня недели при дальнейшей модернизации ПО.

До воплощения в "железе" была проведена симуляция в "Протеусе" (рис. 10). Для этого необходимо библиотеки с моделями Arduino UNO (ARDUINO.LIB и ARDUINO.IDX)

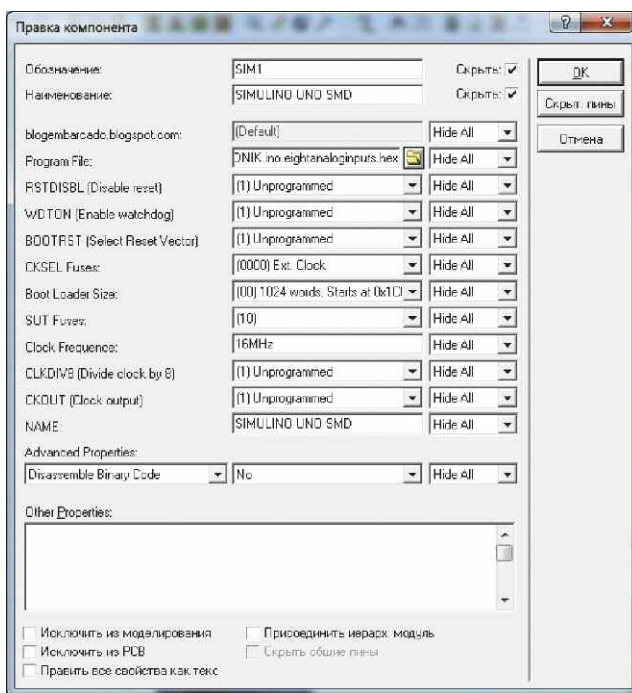


Рис. 11

пьютера. Чем дольше компилируется скетч и чем дольше грузится в плату, тем больше будет расхождение во времени.

Можно устанавливать время с помощью терминала. Для этого набирают строку времени в необходимом формате CIM_DATETIME (yyyyymmddHHMMSS) с небольшим опережением, а в нужный момент отправляют в микроконтроллер. Можно написать несложную программу на

поместить в папку LIBRARY установленного "Протеуса". Для симуляции нужна не только схема проекта (SEKUNDNIK.DSN), но и бинарный файл скетча (SEKUNDNIK.hex). Его можно получить с помощью пункта меню Arduino IDE: скетч — экспорт бинарного файла (экспортировать скомпилированный бинарный файл) (Alt + Ctrl + S). Настройки для установки компонента SIMULINO UNO показаны рис. 11. Здесь важно

правильно указать частоту, на которой работает контроллер — Clock Frequency: 16MHz и полный путь к бинарному файлу (Program File).

После того, как устройство было собрано, запущено и для него написан скетч, выявилась очень серьёзная проблема. Часы спешили на несколько минут в час! Тщательная промывка платы, установка дополнительного блокировочного конденсатора по цепи питания, соединение корпуса кварцевого резонатора с общим проводом, замена его и микросхемы DS1307N результатов не принесли. Очень странно, но в других устройствах на этой микросхеме часы идут достаточно точно, в пределах допустимого. Поиск в сети способа решения этой проблемы положительных результатов не дал, хотя все рекомендации были соблюдены. Решение оказалось очень простым. Выдержка из даташита гласит: "Точность часов зависит от точности кварцевого резонатора и точности соответствия между ёмкостной нагрузкой

схемы тактового генератора и внутренней ёмкостью кварцевого резонатора". Она натолкнула на мысль, в чём дело. Два керамических SMD-конденсатора ёмкостью по 22 пФ (на схеме не показаны, но на плате есть посадочные места) с выводов кварца на общий провод исправили ситуацию. Вероятнее всего, ёмкость используемого кварцевого резонатора на частоту 32768 Гц не соответствует параметрам формирования импульсов микросхемы DS1307N, а возможно, и сама микросхема некондиционная. Небольшая партия этих микросхем была приобретена на известном маркетплейсе по низкой цене. В результате за небольшую цену пришлось заплатить потраченным временем. К сожалению, попасть на некондицию в последнее время очень легко. Сейчас часы отстают примерно на 1,5 с в сутки, и такая точность меня вполне устраивает.

Часы постоянно запитаны от USB-порта компьютера и раз в сутки они корректируются. Кор-

ректировку производит вышеописанный скрипт, который автоматически запускается планировщиком задач (Task Scheduler).

Если нужна большая точность часов, можно использовать микросхему серии DS3231, при этом придётся скорректировать топологию печатной платы. Но здесь тоже нужно постараться, чтобы приобрести кондиционную микросхему. Скетч при этом править не нужно, используемые адреса у обоих часов реального времени совпадают. Светодиоды применены в круглом матовом корпусе диаметром 3 мм. Цвет свечения может быть любым. Цифровой четырёхразрядный индикатор — любой аналогичный с общим анодом, желателен с двоеточием посередине.

От редакции. Скетч для программирования микроконтроллера и другие файлы проекта находятся по адресу <http://ftp.radio.ru/pub/2026/06/clock.zip> на нашем FTP-сервере.

Индикатор влажности с ёмкостным датчиком

И. СЕРЕБРЯНИКОВ, г. Арзамас Нижегородской обл.

Индикатор влажности, схема которого показана на рис. 1, построен на основе преобразователя ёмкости датчика влажности в электрические импульсы с ШИМ. Преобразователь содержит два аналогичных релаксационных генератора на компараторах DA1.1, DA1.2 и RS-триггера на элементах

2И-НЕ DD1.1, DD1.2. Рассмотрим работу одного из генераторов, выполненного на компараторе DA1.1. На неинвертирующий вход компаратора DA1.1 поступает образцовое напряжение с резистивного делителя напряжения R2R6. На его инвертирующий вход поступает напряжение с кон-

денсаторов C1, C2, на которые через резистор R3 поступает выходное напряжение (вывод 11) элемента DD1.2. При достижении на этих конденсаторах напряжения, равного образцовому, на выходе компаратора появляется лог. 0, который меняет состояние RS-триггера (выход элемента DD1.2). При этом через диод VD1 происходит разрядка конденсаторов C1, C2. Для удержания компаратора DA1.1 в состоянии лог. 0 на выходе до полной разрядки ёмкости датчика B1 установлен конденсатор C3, образующий положительную обратную связь. Изменившееся состояние RS-триггера (на выходе DA1.2 — лог. 0, на выходе DA1.1 — лог. 1)

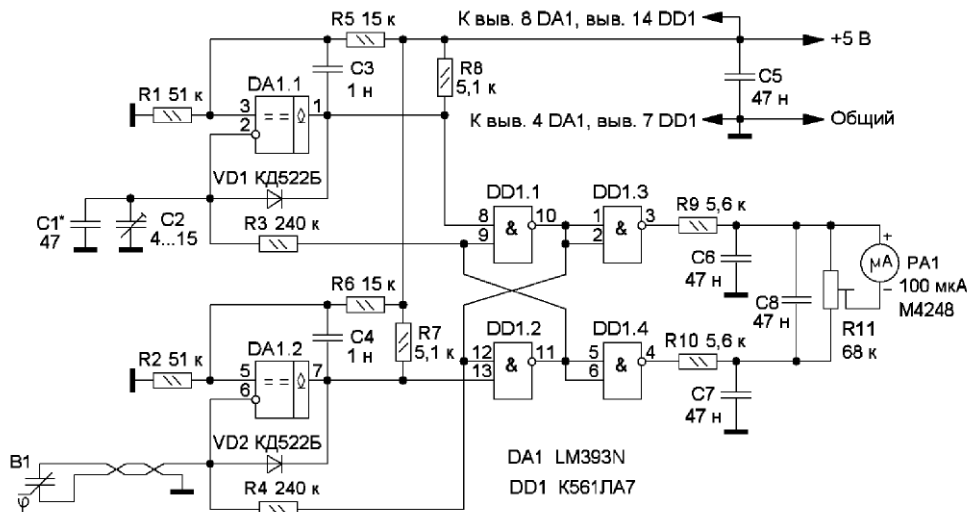


Рис. 1

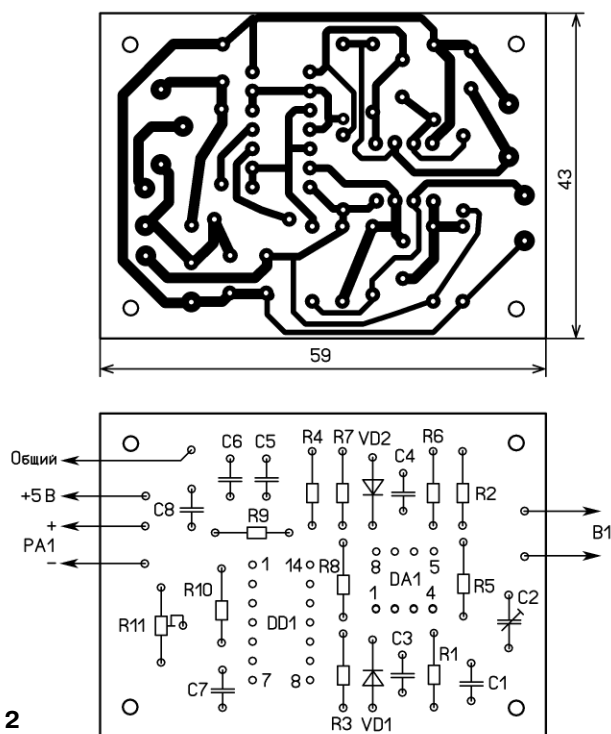


Рис. 2

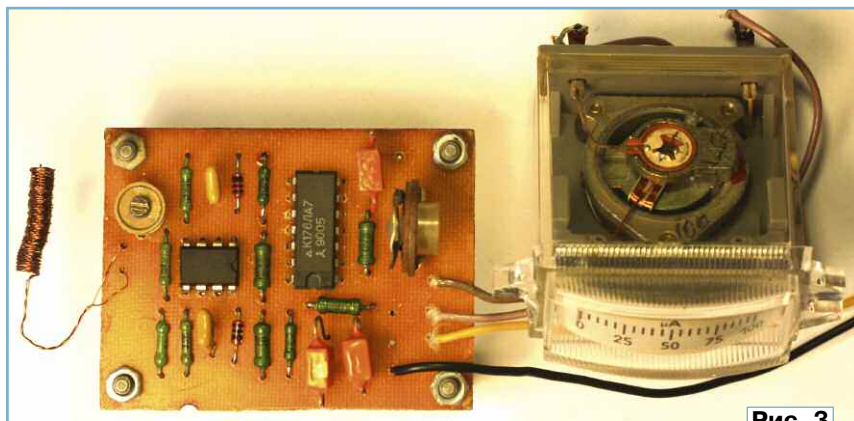


Рис. 3

запускает аналогичный процесс на компараторе DA1.2.

Так реализуется поочерёдная работа генераторов, и на выходах RS-триггера формируется последовательность импульсов, пропорциональная времени зарядки ёмкости датчика B1 и конденсаторов C1, C2. Частота импульсов на выходе генераторов — около 15...20 кГц. Возможно изменение частоты подборкой резисторов R3, R4. Логические элементы DD1.3, DD1.4 использованы как инверторы и установлены для снижения влияния нагрузки на RS-триггер. Для снижения пульсаций выходного сигнала установлены интегрирующие цепи R9C6 и R10C7, а также конденсатор C8. Повысить чувствительность возможно за счёт повышения питающего напряжения, но не выше допустимого для микросхем. Необходима стабилизация напряжения питания для обес-

печения стабильности показаний устройства.

Большинство деталей установлено на односторонней печатной плате из фольгированного стеклотекстолита толщиной 1,5 мм. Чертеж платы показан на рис. 2. Применённый компаратор LM393 имеет отечественный аналог КР1401СА3. Микросхема К561ЛА7 может быть заменена микросхемой CD4011A. Постоянные резисторы — МЛТ, С2-33Н. Подстроечный резистор СП3-1Б или СП3-38. Конденсаторы — керамические КЛС, К10-17 или импортные. Подстроечный конденсатор — КТ4-21.

Описание конструкции самодельного датчика влажности опубликовано в моей статье "Простой ёмкостный датчик влажности" в Радио, 2010, № 1, с. 38. Внешний вид опытного образца индикатора показан на рис. 3.

Налаживание устройства проводят с помощью образцового гигрометра. Влажность в помещениях во время отопительного сезона 10...30 %. Подборкой конденсатора C1 и регулировкой подстроечного конденсатора C2 на шкале микроамперметра устанавливают минимальное значение по показаниям гигрометра. Повышенную влажность можно создать в закрытом прозрачном контейнере со смоченной водой салфеткой, разместив внутри образцовый гигрометр и датчик индикатора. При установившихся показаниях образцового гигрометра резистором R11 устанавливают соответствующее показание микроамперметра. Регулировку необходимо повторить несколько раз для уточнения показаний.

От редакции. Чертеж печатной платы находится по адресу <http://ftp.radio.ru/pub/2026/06/ind.zip> на нашем FTP-сервере.

Вышла в свет новая книга



**Белов Е. Б.,
Лось В. П.,
Пржегорлинский В. Н.,
Авсентьев О. С.**

Введение в информационную безопасность. Учебное пособие для вузов / Е. Б. Белов, В. П. Лось, В. Н. Пржегорлинский и др. — М.: Горячая линия — Телеком, 2025. — 240 с., ил.

ISBN 978-5-9912-0921-2.

Изложены современные взгляды на принципы, задачи и основные направления деятельности по обеспечению информационной безопасности как одной из основных составляющих национальной безопасности Российской Федерации. Рассмотрены приоритетные направления и первоочередные мероприятия по реализации государственной информационной политики. Рассмотрены методы и средства обеспечения информационной безопасности объектов информационной сферы, защита информации как один из основных видов деятельности по обеспечению информационной безопасности.

Для студентов вузов, обучающихся по направлению подготовки 10.00.00 — "Информационная безопасность" уровня специалитета и магистратуры, слушателей курсов повышения квалификации, а также преподавателей и специалистов в области защиты информации.

Адрес издательства в Интернет
WWW.TECHBOOK.RU

РАДИО

E-mail: mail@radio.ru

о связи

ЖУРНАЛ В ЖУРНАЛЕ

Коллективной школьной радиостанции UN8LWZ — 60 лет

Анатолий ЕФАНОВ (UN9LA), г. Костанай, Казахстан

О коллективной школьной радиостанции UN8LWZ рассказывает её бессменный начальник со дня открытия и по настоящее время, мастер спорта СССР, Отличник просвещения СССР, Отличник просвещения Казахской ССР, учитель-методист, кавалер ордена Трудовой Славы третьей степени, учитель школы № 11 г. Костаная, Казахстан Анатолий Дмитриевич Ефанов.

Коллективная школьная радиостанция средней школы № 11 была открыта 7 мая 1966 г. Начинали мы работу в эфире, используя армейскую радиостанцию Р-108.

Первый позывной нашей радиостанции был UL7KIH. В 1967 г. с ещё тогда учеником этой школы Виталием Викторовичем Нечаевым мы начали изготавливать самодельный радиопередатчик на диапазон 28 МГц.

Знаний и опыта в конструировании радиопередающей аппаратуры было мало. Но всё же этот радиопередатчик с помощью опытных радиолюбителей мы построили.

Затем мы собрали ещё один передатчик, мощность которого была больше, чем у предыдущего. А значит, радиолюбители стали нас слышать громче и дальше.

Немаловажное значение для работы в эфире мы уделяли изготовлению антенн. В 1968 г. на крыше нашей школы появилась первая, построенная нами, вращающаяся антенна. Она была направленного действия. А значит, и дальность радиосвязей увеличилась.

Мы стали увереннее проводить радиосвязи уже со странами и территориями мира. Из года в год мы совершенствовались и укомплектовывали радиопередающую аппаратуру. В 70-х годах радиолюбители



Здание новой школы.

осваивали новый вид связи, работая радиопередающую аппаратуру, позволяющую проводить радиосвязи на одной боковой полосе.

В 1970 г. наш главный помощник и конструктор Виталий Нечаев поступил в гражданское авиационное училище в г. Рыльске Курской обл. В училище он в совершенстве овладел знаниями конструирования радиопередающей и радиоприёмной аппаратуры. По окончании училища по распределению он возвращается в наш город и, конечно, на нашу радиостанцию с большим опытом в конструировании и налаживании радиопередающей аппаратуры.

Возвращаясь из училища, он привёз современный по тем вре-

менам трансивер, который позволял проводить двухсторонние радиосвязи уже на шести любительских диапазонах. Эта аппаратура позволяла проводить более дальние и устойчивые радиосвязи даже тогда, когда прохождение радиоволн значительно ухудшалось.

В 1971 г. мы построили первый радиопередатчик, позволяющий проводить радиосвязи уже на коротких волнах. Это был своего рода триумф для нас!

А следующий позывной нашей радиостанции был UK7LAN.

В 1973 г. наша школа переехала в новое здание. Для радиостанции было выделено специальное помещение на третьем этаже.



Антенна "четыре квадрата".

Начиная с этого года и далее, активность нашей радиостанции неуклонно пошла вверх. Уже в 1974 г. силами воспитанников школы Виктора Гнатюка, Сергея Толкача и при активной помощи Виталия Нечаева был собран первый трансивер, позволяющий работать в эфире качественным сигналом на всех любительских диапазонах.

Но для активной работы в эфире и участия в международных соревнованиях этого одного трансивера было недостаточно.

В 1976 г. силами ребят радиокружка был изготовлен второй трансивер, аналогичный первому. Два изготовленных нами трансивера значительно изменили рейтинг нашей радиостанции в эфире.

В этом же году, участвуя в чемпионате СССР по радиосвязи на коротких волнах, мы заняли первое место среди коллективных



Почётный знак ЦК ДОСААФ СССР.

радиостанций. Трое участников этого теста были удостоены звания "Мастер спорта СССР по радиосвязи на коротких волнах".

Антенны позволяют нам проводить более дальние устойчивые двухсторонние радиосвязи. Поэтому, начиная с 1973 г. и по настоящее время антеннам мы уделяем огромное внимание.

Изготовление более совершенных антенн (1973—1990 гг.) позволило нам добиться более высоких результатов на международной арене. Так, например, с 1980 г. по 1986 г. команда девушек была лучшей среди женских команд Советского Союза. Но на этом останавливаться было нельзя. Мы продолжали совершенствовать аппаратуру на радиостанции.

Так, например, в 1977 г. нами был изготовлен автоматический выходной каскад (усилитель мощности), который позволил проводить двухсторонние связи на разных диапазонах одновременно. И это новшество также дало положительный эффект в соревнованиях.

Время шло. Но мы не останавливались на достигнутой планке.

В 1984 г. наша радиостанция была удостоена Почётного знака ЦК ДОСААФ СССР как одна из лучших коллективных радиостанций Советского Союза.

В этом же году нами был изготовлен ещё один трансивер. По тем временам это был более совершенный аппарат.

Участвуя в международных соревнованиях WAS, которые проводили американцы в 1986 г., мы заняли 20-е место в мире. В 1989 г. мы выполнили условие диплома WAB Бразилия и его получили.

Изготавливая передающую аппаратуру, реконструируя антенны, мы продолжали наращивать мастерство работы в эфире. И вот один из результатов.

В международных соревнованиях "Миру—Мир" (1995 г.) мы заняли первое место на азиатском континенте и первое место в Казахстане. За что были удостоены золотой медали!!!

(Продолжение следует)



Диплом за первое место в соревнованиях "Миру—Мир" 1995 г.

Для получения высоких результатов на международной арене необходимо было обратить внимание ещё на один из значимых факторов — это антенны! И в 1977 г. мы сделали антенну "четыре квадрата". Эта антенна проработала на нашей радиостанции 33 года.



YL-OM CONTEST 2026 — итоги

"Женские" соревнования, которые ежегодно в марте проводит редакция журнала "Радио" совместно с Союзом радиолюбителей России и Russian Contest Club, поддерживают инте-

рес у представительниц прекрасного пола к радиоспорту. Участие в них принимает не так много спортсменов — в прошедших соревнованиях, как и в прошлом году, было около 60 участниц.

В этом году, как и в прошлом, "женская" группа "YL радиостанции с одним оператором" разбита на две — SINGLE-OP HIGH YL (работа в эфире большой мощностью, выше 100 Вт) и SINGLE-OP



Команда коллективной радиостанции RK4W, показавшая лучший результат в группе MULTI-OP YL. Слева направо: Радмила Пономарева (UB4WCP), Арина Лямина (R4WCQ), Алиса Соломатина (UB4WDC), Ульяна Симанова, Ксения Богданова и Дарья Завражных (UB4WCW).

LOW YL (работа в эфире малой мощностью, менее 100 Вт), вместо одной "мужской" группы "OM один оператор" также две — SINGLE-OP HIGH OM и SINGLE-OP LOW OM.

Чепкасова (UA9YIM), г. Каменьна-Оби Алтайского края. На втором месте в этой группе — Наталия Шалашова (R1LN) из г. Санкт-Петербурга. Третье место заняла Ольга Сельягина

лика Удмуртия, в её составе участвовали Арина Лямина (R4WCQ), Дарья Завражных (UB4WCW), Радмила Пономарева (UB4WCP), Алиса Соломатина (UB4WDC), Ульяна Симанова и Ксения Богданова. Тренер команды — Павел Анатольевич Коробко (R4WX). Второе место заняла команда коллективной радиостанции R3MAI Городского центра молодёжи и спорта г. Ростова Великого Яро-



Надежда Чепкасова (UA9YIM) заняла первое место в группе SINGLE-OP LOW YL.

славской обл. В прошлом году команда заняла третье место в этой группе. В её состав входили



Ирина Черная (RU3XY) — победитель в группе SINGLE-OP HIGH YL.

Лучший результат в группе SINGLE-OP HIGH YL в соревнованиях этого года, как и в прошлых годах, показала Ирина Черная (RU3XY), д. Подсобное Хозяйство Калужской обл. На втором месте в этой группе — Людмила Воробьева (R9SXX) из г. Оренбурга. Третье место заняла Зоя Литвинова (RA1AGN) из г. Санкт-Петербурга.

В группе SINGLE-OP LOW YL первое место заняла Надежда

(RA6FYL), с. Бахлаоновское Ставропольского края. В прошлогодних соревнованиях она была лидером в этой группе.

Первое место в группе коллективных радиостанций MULTI-OP YL вновь заняла команда RK4W Дворца детского (юношеского) творчества из г. Ижевска, Респуб-



Команда коллективной радиостанции RZ5Z, занявшая первое место в группе MULTI-OP SSB YL-JUNIOR. Слева направо: Елизавета Пахомова, София Пахомова и Дарина Посаднева.

София Хизанян, Анастасия и Лидия Ермолаевы. Тренер команды — Игорь Николаевич Трусов (RJ2M). Третье место заняла команда коллективной радиостанции RO9T школы № 54 из г. Орск Оренбургской обл. В её состав

SINGLE-OP HIGH YL

1 RU3XY	464	24680	432	19810
2 R9SXX	120	4466	117	4400
3 RA1AGN	88	3956	66	1624
4 RY9LAD	104	1937	93	1430
5 ES3YJ	121	1560	104	1056
6 DF4UM	89	936	80	864

SINGLE-OP LOW YL

1 UA9YIM	241	10121	221	8694
2 R1LN	200	5130	184	4536
3 RA6FYL	281	3476	266	3000
4 R8CGV	72	2679	63	1952
5 R8LCT	104	2170	97	1496
6 R8LBI	134	1106	128	1064
7 R6DVC	135	1431	105	868
8 IN3FHE	112	786	103	738
9 DL1HZM	66	492	48	402
10 HA5BA	67	415	63	300

MULTI-OP YL

1 RK4W	394	16448	366	13804
2 R3MAI	255	9178	242	7992
3 RO9T	209	7475	184	6600
4 UN8LWZ	239	6952	210	5640
5 RK9CYA	144	4972	124	3162

MULTI-OP SSB YL-JUNIOR

1 RZ5Z	183	9393	173	8670
2 UA0AXX	208	7575	188	6696
3 RZ9AWA	185	6528	166	6144
4 RC3DC	152	6100	139	5152
5 RK3YWS	99	3006	92	2432
6 RL9M	144	2444	135	2124
7 RA9MF	124	1956	116	1908
8 R5AX	80	2240	69	1875
9 RK1B	71	2466	65	1815
10 RZ4PXP	80	1625	72	1560

SINGLE-OP HIGH OM

1 UA6CC	497	42775	477	36199
2 R7AW	440	24948	425	23698
3 RG9A	452	25704	437	23600
4 RD0A	413	25520	391	23226
5 RA6CA	368	23584	354	23100
6 YU3M	371	24390	350	22792
7 RA0R	458	24520	431	22698
8 R9MM	416	21996	388	18936
9 UA4C	334	20172	327	18603
10 OG7F	380	18684	367	16966

SINGLE-OP LOW OM

1 UA6Y	316	24843	309	23808
2 RU6YA	154	10150	151	10045
3 UA6HML	177	10065	169	9801
4 R6BH	196	9734	182	9331
5 UN8PT	282	8952	273	8736
6 RA3DAD	196	9330	185	7803
7 UA6AK	221	8775	202	7450
8 RZ8U	287	8118	268	7308
9 R3AAA	126	7200	123	6757
10 RX3N	247	7260	240	6699

MULTI-OP OM

1 UA4S	330	16205	315	15164
2 RZ9L	255	7392	223	5920
3 RK4HYT	179	6095	165	5456
4 R8VV	188	6720	180	5120
5 RC0L	166	3893	154	3150
6 RA8T	67	3087	65	2820
7 RC4PH	86	3002	80	2664
8 RY6ZAB	111	2736	100	2340
9 RD4SB	125	2715	116	1920
10 RA0AB	95	2058	90	1794

MULTI-OP SSB OM-JUNIOR

1 R1VS	187	9888	176	8730
--------	-----	------	-----	------

2 UG5R	166	8340	149	6050
3 RM3X	108	5992	104	5908
4 UB4RHV	146	6723	132	5675
5 R4FJ	129	4368	125	4284
6 R3RA	74	2346	73	2329
7 RZ1AWD	56	1824	53	1605
8 UB3T	72	1560	71	1547
9 UA0SQU	48	2904	35	825
10 RC9FC	61	828	57	801

SINGLE-OP SWL

1 R0U-001	227	13212	211	11187
2 R3T-100	298	15190	255	11130
3 R3D-204	140	6240	136	6136
4 UA3-168-493	123	7170	111	6132
5 R4C-7	141	4340	115	3043
6 R4U-2	21	315	6	72
7 R8AFS/SWL	4	16	3	14

CHECKLOG

1 BI4VIP
2 F5AAJ/P
3 I1WKN
4 R3HW
5 R4AY
6 R4WR
7 R6DM
8 RA3AN
9 RA3VGS
10 RA9QAT
11 RD6OK
12 RK4NB
13 RT1S
14 RU1QQ
15 RU6K
16 RW3RN
17 RZ9A
18 UA9CUJ
19 YL2TD
20 YR65KPB

входили Мария Согрина и Альбина Абдулова.

В группе MULTI-OP SSB YL-JUNIOR первое место заняла команда RZ5Z Центра технического творчества и профессионального обучения г. Старый Оскол Белгородской обл., в которой участвовали Дарина Посаднева, Елизавета и София Пахомовы. Тренер команды — Владимир Анатольевич Чичикалов (R3ZN). На втором месте — команда радиостанции UA0AXX из с. Богучаны Красноярского края. В её состав входили Марина Леготкина и Василиса Чурикова. Третье место заняла команда коллективной радиостанции RZ9AWA Центра развития творчества детей и юношества, г. Пласт Челябинской обл., в составе Анастасии Солкиной и Варвары Кужанкуловой.

Хорошую поддержку участникам оказали мужчины. В этом году их было (по присланным отчётам) около 450. В группе SINGLE-OP HIGH OM наиболее активным был Виктор Кондратьев (UA6CC) из ст-цы Старовеличковой Краснодарского края. На втором месте — Сергей Карабут (R7AW), ст. Выселки Краснодарского края. Третье место занял Юрий Куриный (RG9A) из г. Челябинска.

В группе SINGLE-OP LOW OM

лучший результат показал Павел Гончаров (UA6Y), п. Трёхречный, Республика Адыгея. На втором месте — Геннадий Шкурин (RU6YA), ст-ца Гиагинская, Республика Адыгея. Третье место занял Николай Дорошенко (UA6HML), п. Солнечнодольск Ставропольского края.

В группе MULTI-OP OM хорошо выступила команда коллективной радиостанции UA4S из г. Волжска, Республика Марий Эл., выступавшая в составе Алексея Романова и Олега Преловского. Второе место заняла команда радиостанции ДОСААФ RZ9L из г. Тюмени, за которую выступали Владимир Ключеров (R8LA) и Алексей Зотов (R9JR). На третьем месте — команда коллективной радиостанции RK4HYT, с. Кинель-Черкассы Самарской обл., выступавшая в составе Сергея Бахаева, Александра Шулайкина и Александра Альдебенева.

В группе MULTI-OP SSB OM-JUNIOR первое место заняла команда R1VS ГБОУ ДО "Геническая станция юных техников", г. Геническ Херсонской обл., в которой участвовали Владислав Перепелица, Дмитрий Гайфутдинов и Владислав Парицкий. На втором месте — команда радиостанции UG5R МАОУ "Татановская СОШ" из с. Куково Тамбов-

ской обл. В её состав входили Артём Басов, Сергей Морозов и Павел Куделин. Третье место заняла команда коллективной радиостанции RM3X Дома детского творчества, г. Медынь Калужской обл. В её состав входили Дмитрий Волков, Руслан Гадиев и Борис Кулюкин.

Среди наблюдателей лучший результат показал Николай Полковников (R0U-001) из г. Краснокаменска Забайкальского края. Второе место занял Евгений Пашанин (R3T-100) из г. Арзамаса Нижегородской обл. На третьем месте — Юрий Сапожников (R3D-204) из г. Дмитрова Московской обл. В прошлых годах соревнованиях он занял второе место.

Мы благодарим всех, кто принял участие в этих соревнованиях и прислал отчёт. Отдельное спасибо OM, которые своим участием в них поддержали YL!

Результаты лидеров этих соревнований по зачётным группам приведены в **таблице** (место, позывной, заявленное число связей, заявленный результат, подтверждённое число связей, окончательный результат). Все результаты можно посмотреть по адресу http://www.radio.ru/cq/contest/result/yl-2026_tab_site.pdf на нашем сайте.

Достижения крымских радиолюбителей в 2025 году

Леонид ПУЗАНКОВ (R7KA), г. Симферополь, Крым

2025 год — год 80-летия Великой Победы советского народа в Отечественной войне 1941—1945 гг. — ознаменовался для крымских радиолюбителей целым рядом ярких событий. Одним из важных достижений радиолюбителей Крыма можно считать участие во всероссийском конкурсе нашего Ковалёва Ильи Ярославовича (R7KAY),

Студентам колледжа информационных технологий г. Курска была прочитана лекция по аналоговой и цифровой радиосвязи, различных стандартах цифровой подвижной радиосвязи и регламенту работы в эфире. Особое внимание было уделено применению радиосвязи на практике — в структурах МЧС, ВС РФ и службе скорой помощи.



Фото 1 И. Я. Ковалёв выступает с сообщением на конкурсе.

преподавателя ГБПОУ РК "Симферопольский колледж радиоэлектроники", который стал финалистом Всероссийского конкурса среди педагогических работников среднего профессионального образования "Мастер года". Этот конкурс проводится уже пять лет. В 2025 г. в конкурсе участвовало около 10 тысяч преподавателей. Его финал проходил в Курске, в него прошли 89 участников, по одному из каждого субъекта нашей страны. От Крыма в число участников попал И. Я. Ковалёв [1, 2].

Одним из конкурсных заданий в финале был открытый урок, в котором за 45 мин нужно было продемонстрировать педагогическое мастерство, профильные знания и умения. В качестве слушателей на уроке присутствовали студенты соответствующих специальностей. Для урока И. Я. Ковалёв (**фото 1**) выбрал тему: "Применение цифровой радиосвязи DMR" (DMR — Digital mobile radio, цифровой коммерческий протокол радиосвязи, активно используемый радиолюбителями в диапазонах 2 метра и 70 сантиметров).

В практической части урока участники, согласно рекомендациям, придумали позывной, подобный тому, который используют в УКВ радиосетях, и провели свою первую радиосвязь по регламенту. Студенты на практике узнали, какие позывные хорошо воспринимаются на слух, а какие не подходят для эфира. Для радиосвязи использовались радиостанции TYTMD-UV390, которые преподаватель привёз с собой из Симферополя. Это портативные цифровые радиостанции стандарта DMR, работающие в диапазонах VHF (136...174 МГц), UHF (400...480 МГц), имеющие выходную мощность 10 Вт.

И. Я. Ковалёвым были продемонстрированы и специальные возможности DMR: через HotSpot MMDVM им была проведена радиосвязь с крымскими радиолюбителями прямо во время урока. HotSpot — это маломощная цифровая точка доступа, которая позволяет радиостанции DMR подключаться к глобальной сети DMR

через Интернет. Устройство работает как небольшой персональный ретранслятор, который вместо сложных и эффективных антенн использует домашнее интернет-соединение. Такой способ связи вызвал неподдельный интерес не только у студентов, но и у членов жюри. Слушателей удивила возможность отправки SMS через радиостанцию. По итогам конкурса И. Я. Ковалёв стал победителем в номинации "Проводник в мир высоких технологий" и был награждён специальным призом (**фото 2**).

Как всегда, своими успехами и достижениями в 2025 г. порадовали спортсмены Крыма по спортивной радиопеленгации (СРП). Благодаря усилиям и организаторским способностям заслуженного тренера Российской Федерации Екатерины Фёдоровны



Фото 2 Вручение специальной награды мастеру-победителю.

Ромашкевич (UB6KAP) энтузиасты спортивной радиопеленгации продолжили приносить в копилку Крыма новые победы на различных соревнованиях.

Региональным отделением Союза радиолюбителей России по Республике Крым (РО СРП по РК) дважды были проведены соревнования всероссийского уровня. Чемпионат и первенство ЮФО по радиоспорту (спортивная радиопеленгация в диапазонах 144 МГц и 3,5 МГц 28—31 марта 2025 г.). Чемпионат и первенство ЮФО и СКФО по радиоспорту (спортивная радиопеленгация-спринт, спортивная радиопеленгация — радиоориентирование) 2—5 октября 2025 г. Благодаря спонсорам из ООО "Олимп" Желанкину Дмитрию Николаевичу (генеральный директор) и Тихомирову Алексею Игоревичу для проведения тренировок и соревнований появились финишная арка, "электронная отметка", новые радио-



Фото 3

Братья Ведмецкие (слева — Тимур, справа — Егор).



Фото 4

София Постникова.



Фото 5

Ольга Бутузова.



Фото 6

Дмитрий Овчаренко и Лев Сидельников.

передатчики для радиоориентирования (разработчик — А. И. Тихомиров). За счёт этого уровень

Ведмецкий принёс в копилку нашей Республики золото и серебро (фото 3), София Постникова —

бронзу (фото 4), Ольга Бутузова — два серебра (фото 5).

Закончился год для наших "лисятников" торжественным вручением диплома мастера спорта России Тимуру Ведмецкому — настоящему труженику, который является примером дисциплинированности, трудолюбия, целеустремлённости и упорства не только для членов крымской команды, но и всей России.

Порадовали нас в 2025 г. и радиооператоры радиостанции МАН "Искатель" (УС6К). Руководитель радиостанции — Константин Валентинович Ернев (RX7K). Его молодые подопечные Илья Станиславович Аничкин, Дмитрий Васильевич Овчаренко и Лев Николаевич Сидельников в молодёжных соревнованиях СРР по радиоспорту на КВ телефоном 5 апреля 2025 г. заняли 2-е место в стране и были удостоены звания кандидатов в мастера спорта Российской Федерации (фото 6).

Все фотографии к статье из семейных архивов автора статьи, И. Я. Ковалёва, Е. Ф. Ромашкевич и К. В. Ернева.

ЛИТЕРАТУРА

1. Всероссийский конкурс среди педагогических работников системы среднего профессионального образования "Мастер года". — URL: https://firpo.ru/activities/events/vserossiyskiy-konkurs-master-goda.html?_4 (20.02.26).

2. Мастер года. — URL: <https://vk.com/mas.tergoda> (20.02.26).

РАДИО

начинающим

Генерация узоров на круглом дисплее GC9A01 240×240

Д. МАМИЧЕВ, пос. Шаталово Смоленской обл.

В статье продолжается тема генерации узоров [1]. На этот раз объектом подражания выбраны снежинка, цветок и звезда. Базовым элементом служит правильный многоугольник с

сектора BCO' с углом 30 градусов. Далее примитив отражается в точке A' в секторе, равном $BC'O'$, а затем общий суммарный сектор повторяется по кругу с шагом в 60 градусов шесть раз

ной при задании координат рисования примитивов.

Примеры графики из отрезков, точек и закрашенных треугольников приведены на **рис. 2—рис. 4**. Самый простой способ (см. рис. 2,

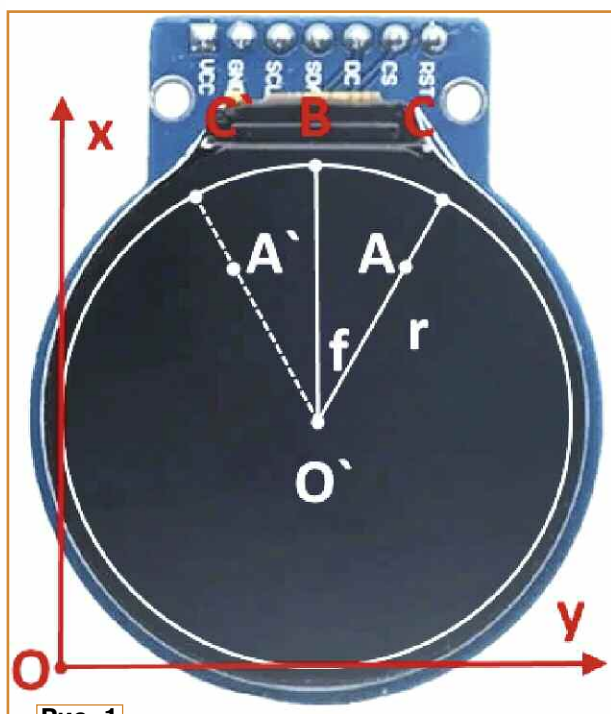


Рис. 1

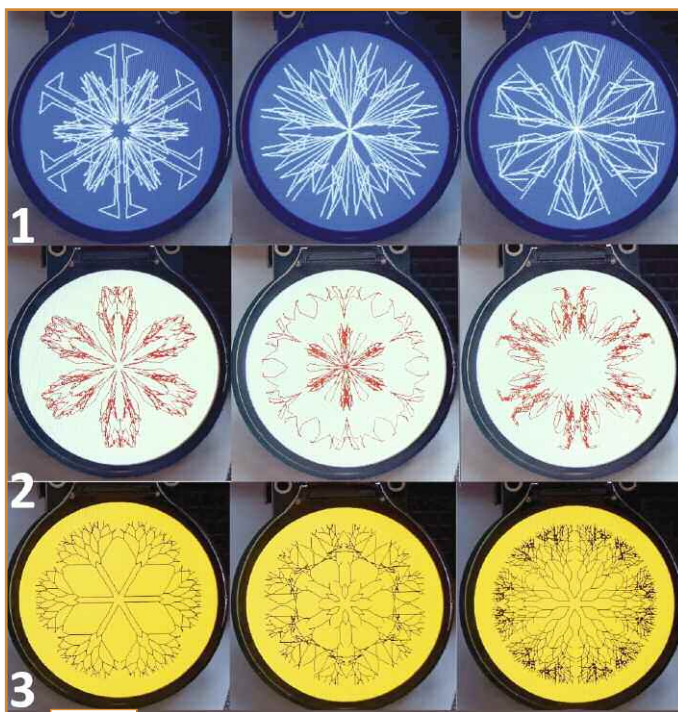


Рис. 2

шестью осями симметрии. Концепцию рисования поясняет **рис. 1**. Графический примитив A (точка, отрезок, треугольник) задаётся при построении в полярных координатах (r , f) внутри

(с учётом исходного). Так, отрисовывая примитивы, одновременно по 12 штук, получаем анимацию создания узора. Полярная система является относительной, декартова XOY — абсолют-

элемент 1) — это построение в секторах цепочки отрезков с псевдослучайным выбором координаты конца. Участник форума Arduino.ru с псевдонимом Corp предложил вариант для имитации

роста снежинок (элемент 3) со следующим алгоритмом генерации:

- первоначальный отрезок на каждом шаге рандомно (случайно) либо продолжает расти, либо разветвляется на два отрезка под углом 120 градусов;

- каждая ветка на следующем шаге ведёт себя независимо и либо продолжается, либо ветвится;

- если ветка выходит за границы сектора, она останавливается (и не отрисовывается);

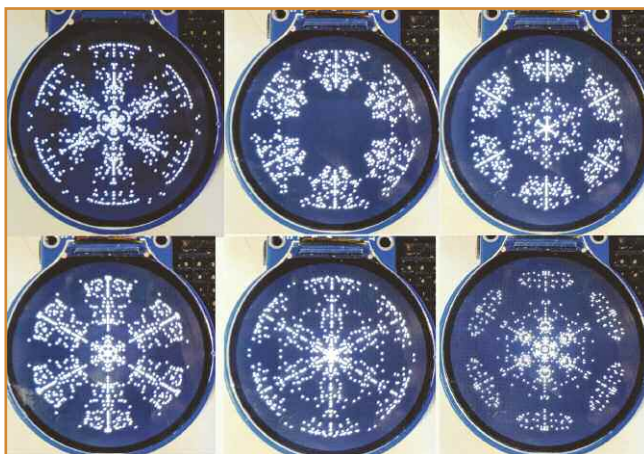


Рис. 3

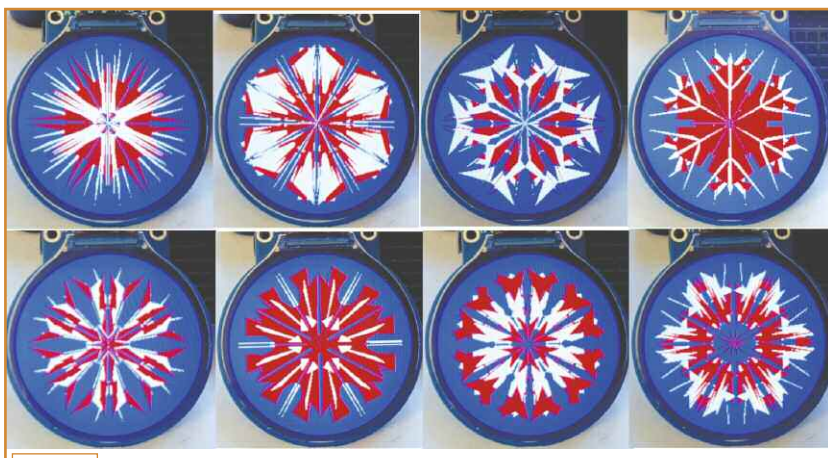


Рис. 4

— каждый сектор повторяется в первоначальном виде либо в симметрично отображённом.

Вариант пиксельной отрисовки, показанный на рис. 3, имеет несколько иной алгоритм работы:

- в секторе псевдослучайно выбирается и рисуется точка, условно базовая;

- в её окрестностях достраи-ваются дополнительные точки;

- от узора к узору число базовых и дополнительных точек рандомно меняется;

- так же меняются параметры рассеивания окрестных точек узора.

Схема устройства для проведения опытов показана на рис. 5, а используемые элементы — модули A1 и A2 на рис. 6. Модуль A1 с микроконтроллером 1 и модуль дисплея 2 соединены электрически с помощью проводов с контактными штырьками с применением макетной платы 3. Кнопка SB1 позволяет запускать и останавливать на паузу генерацию узоров (функция реализована в примере скетча `sped_3467.ino`), к примеру, для фиксации удачно-

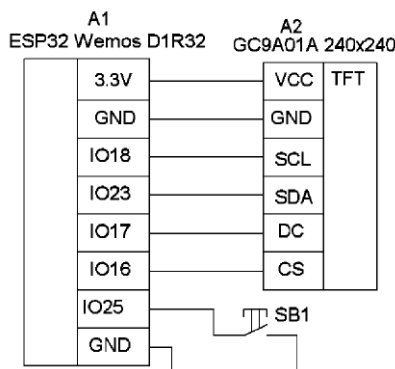


Рис. 5

го варианта на камеру. На рис. 7 и рис. 8 представлены вариации узоров по типу звёзд и цветов.

Иным подходом в генерации узоров является замена геометрических примитивов фрагментами изображения, где пиксели имеют порядок по цветовому расположению. В этом случае внешний вид анимации показан на рис. 9. Во многом он определяется набором исходных базовых картинок и алгоритмом псевдослучайного

выбора фрагмента-сектора из них. Например, его можно случайно выбирать (сектор выделен голубым цветом), вращая по окружности, набирая так комплект непохожих секторов до 50...100 шт. Смена узоров происходит нарастанием изображения нового варианта от центра экрана к краям.

Для практической реализации (скетч `eksperi-ment_2.ino`) анимации используется разработанная самостоятельно функция `draw_RisSektor` (`float S, const uint8_t`

`*bitmap`) с двумя аргументами — углом расположения начала сектора и указателем на массив данных (два байта на хранение цвета одного пикселя) цветов пикселей в картинке. В основном цикле программы происходит постоянный вызов функции с псевдослучайным выбором аргументов. Сама функция состоит из трёх циклов: перебор значений радиуса каждой точки сектора (полярные координаты) с шагом в один пиксель; перебор значений углов точек сектора (0...30 градусов) с шагом, определяемым пере-

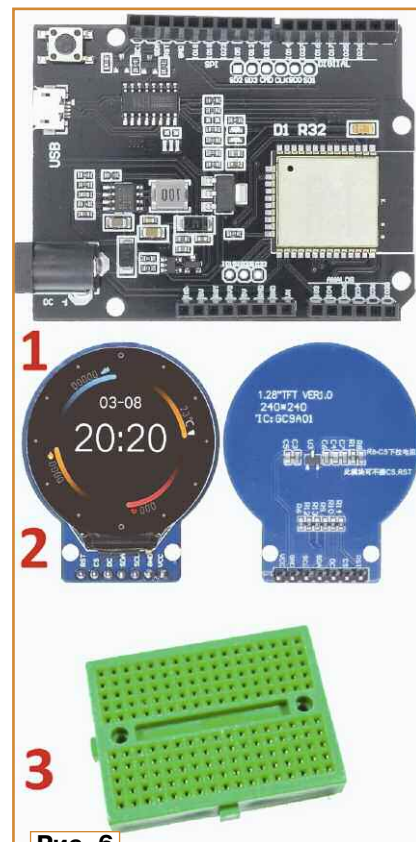


Рис. 6



Рис. 7

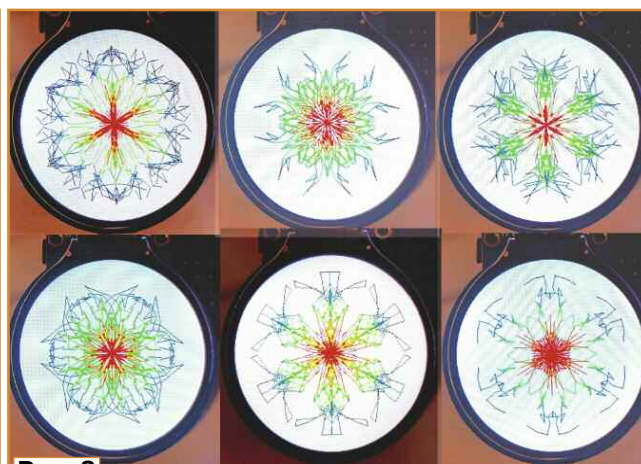


Рис. 8

менной Z, и цикл отрисовки каждого пикселя в 12 секторах узора.

Переменной Z удобнее задавать значения в интервале 100...1000. При малых значениях пикселей в отрисовке происходят пропуски, узор как бы становится сетчатым, зато скорость его смены становится высокой. При больших значениях все пиксели базового сектора отрисовываются,

но скорость смены узора падает. Оптимальным для анимации было значение 400. Эта особенность вывода графики связана с переходом от полярных координат функции к декартовым координатам данных массивов картинок. Также следует отметить, что функция отрисовки пикселя **tft.drawPixel()**; используемой библиотеки **Adafruit_GFX.h** оперирует с декартовыми координата-

ми. Координаты x, y определяют положение данных цвета точки в массиве, координаты x1, y1 задают положение вывода точки-пикселя на экран в секторах узора, а x2, y2 — положение зеркально расположенной точки в секторах.

Следующий шаг усложнения, улучшающий внешний вид генерации и анимации смены узоров, не ограничивающий число их вариаций, — замена фрагментов изображения (базового сектора) его сгенерированным подобием. Здесь можно воспользоваться диаграммами-мозаикой Вороного [2]. Диаграмма — это разбиение плоскости (рис. 10) на области, где каждая точка более близка к указанной базовой точке (точка-сайт), чем к другим. Сами области — локусы — выделяются собственным цветом. Таким образом, для генерации фрагмента достаточно выбрать множество случайных точек (в интервале 10—100), каждой из них сопоставить свой цвет области и определить принадлежность любой точки фрагмента тому или иному локусу. Пример практической реализации — скетч **Il.ino**, а внешний вид полученной диаграммы — на рис. 11. Структура **Point** содержит координаты точек-сайтов и их цвета, переменная **NUM_POINTS** — число сайтов. Исходные и обновляемые данные точек выбираются случайным образом. В основном цикле для каждой точки дисплея вычисляется ближайшая базовая точка и происходит её отрисовка цветом точки-сайта.

Добавляя разнообразие в форму и цвет локусов (рис. 12, рис. 13) можно получить яркие узоры и красочную анимацию, не уступающую узорам с основой на фрагментах изображений (см. рис. 9).



Рис. 9

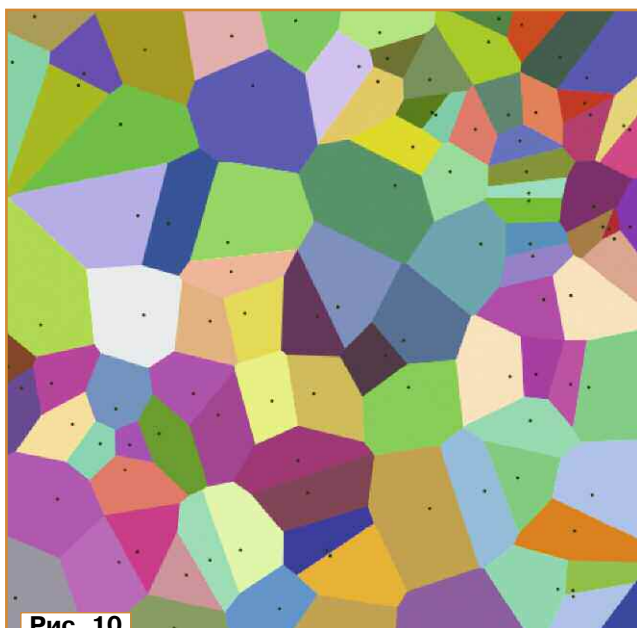


Рис. 10



Рис. 11



Рис. 12



Рис. 13

Вариантом доступного для повторения начинающими практического использования автор посчитал вариант изготовления анимированной фоторамки **рис. 14**. Тут модуль дисплея может выступать, например, как элемент на вершинах посоха Деда Мороза или магического шара колдуна, как дивный цветок или узор. При создании сопутствующей графики удобно пользоваться ассистентом ИИ или книжной иллюстративной графикой художников, например, Виктора Бритвина [3]. Пример готовой рамки-картинки показан на **рис. 15**. Для дисплея прорезают аккуратное круглое окно в материале картинки (бумага, фотобумага) и подложки (плотный картон). Элементы устройства крепят к основанию-подложке на обратной стороне с



Рис. 15



Рис. 14

помощью отрезков скотча. Питание конструкции можно осуществлять от аккумулятора напряжением 3,7 В или от компактного и лёгкого сетевого блока питания 5 В на ток не менее 200 мА.

Описанный в статье макет и примеры скетчей для него могут быть полезны при изготовлении игрушек, сувениров для релаксации, самообразовании. Автор

надеется, что читатели предложат свои варианты генерации узоров на доступной элементной базе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мамичев Д. Игрушка-жест "Узоры" на матрице 16×16 светодиодов WS2812B. — Радио, 2025, № 12, с. 54—57.
2. Диаграмма Вороного. — URL: <https://clck.ru/3S7pLV> (27.02.26).

3. Образы чудовища из сказки "Аленький цветочек". — URL: <https://dzen.ru/a/ZFkuemtsmRL6pCvL> (27.02.26).

От редакции. Файлы проекта и видеоролики, иллюстрирующие работу устройства, находятся по адресу <http://ftp.radio.ru/pub/2026/06/uzor.zip> на нашем FTP-сервере.

Стенд для зарядки/разрядки Li-Ion аккумуляторов и измерения их ёмкости

И. НЕЧАЕВ, г. Москва

В настоящее время всё большую популярность приобретают так называемые USB-тестеры (далее — тестер), стоимость и возможности которых различны. Они оснащены USB-разъёмами, что позволяет подключать их к зарядным устройствам (ЗУ) и дру-



Рис. 1

гой аппаратуре с такими разъёмами. С помощью тестера можно провести измерения напряжения, тока, а также ёмкости аккумуляторов при их заряде.

Об использовании одного из таких недорогих USB-тестеров (рис. 1) [1] было рассказано в

[2]. На его основе был разработан стенд, описание которого приводится в настоящей статье. С его помощью можно проводить изме-

тель используется как при зарядке, так и при разрядке аккумулятора. Этот модуль обладает большим набором функций. При за-

Основная особенность модуля — использование импульсного преобразования напряжения, как при зарядке аккумулятора, так и при его разрядке. Благодаря этому в режиме зарядки КПД этого модуля существенно больше и, соответственно, меньше нагрев, чем, например, в зарядном устройстве на микросхеме TP4056, работающей в линейном режиме.

Одно из преимуществ применения в стенде повышающего преобразователя напряжения — стабильное выходное напряжение, поэтому при использовании в качестве нагрузки резисторов ток через них будет стабильный. В этом случае не потребуется применения регулируемого стабилизатора тока, например [2], используя резистивную нагрузку, которую можно приобрести в Интернете [6], но нетрудно сделать самостоятельно, причём с лучшими параметрами.

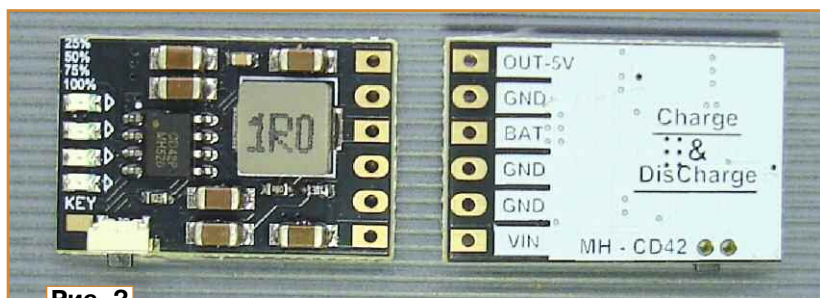


Рис. 2

рения ёмкости, полученной Li-Ion аккумулятором при зарядке, отданной при разрядке, а также заряжать его, а при необходимости и разряжать.

Тестер снабжён ЖКИ с подсветкой, на него выводится информация о выходном напряжении, потребляемом нагрузкой

при зарядке реализован режим CC/CV, входное напряжение — 4,5...5,5 В, максимальный ток зарядки — 2,1 А, напряжение окончания зарядки — 4,2 В $\pm$ 1 %. В режиме преобразователя напряжения (разрядки) выходное напряжение — 5 В, выходной ток — до 2,1 А, КПД — 96 %.

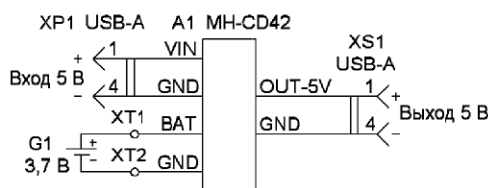


Рис. 3

токе, продолжительности зарядки и электрической ёмкости, полученной аккумулятором от 3У. Результаты измерения ёмкости сохраняются в памяти при отключении напряжения. Для их сброса служит кнопка Reset.

Однако применение такого простого USB-тестера при измерении ёмкости Li-Ion аккумуляторов может быть проблематичным. Дело в том, что его электронная часть питается напряжением 3,3 В от линейного стабилизатора напряжения, которому нужен определённый запас по напряжению. Поэтому при снижении напряжения аккумулятора до 3,5...3,6 нормальные измерения могут быть нарушены.

Для устранения этого недостатка в составе стенда применён модуль MH-CD42 (рис. 2) [3, 4], он собран на микросхеме IP5306 [5] (или её аналоге), которая обеспечивает зарядку Li-Ion аккумулятора, так и работает в составе повышающего импульсного стабилизированного преобразователя напряжения 5 В. Таким образом, импульсный преобразова-

Имеются защиты от перегрузки по току, от перенапряжения, от короткого замыкания и от перегрева. На плате модуля установлены четыре светодиода, которые индицируют степень зарядки аккумулятора: 25 %, 50 %, 75 % и 100 %. Во время зарядки вспыхивает старший светодиод, по её окончании все светодиоды (красного свечения) светят постоянно. При разрядке аккумулятора светодиоды поочерёдно гаснут. На плате установлена кнопка, с помощью которой можно включать и выключать модуль в режиме разрядки. Однократное нажатие включает, двукратное — выключает.

Следует учесть, что в режиме разрядки модуль переходит в ждущий режим, если ток нагрузки в течение 30 с будет менее 50 мА. Поэтому разряжать аккумулятор следует существенно большим током. Кроме того, чем больше ток, тем меньше погрешность его измерения тестером.



Рис. 4

Стенд состоит из трёх узлов: платы с модулем MH-CD42 и держателем аккумулятора, платы резистивной нагрузки и тестера, которые можно использовать независимо друг от друга. Схема первого узла показана на рис. 3. Он содержит модуль зарядки/разрядки A1, держатель аккумулятора (XT1, XT2) и два кабеля с USB-разъёмами на концах XS1 и XP1, которыми узел подключается к тестеру и зарядному устройству. Все элементы смонтированы на плате размерами 37×90 мм толщиной 1,5...2 мм из диэлектрического материала стеклотекстолита. На плате с помощью суперклея установлены модуль A1 и держатель Li-Ion аккумулятора типоразмера 18650, а с помощью термоклея закреплены кабели с USB-разъёмами. Соединения сделаны с помощью изолированного провода. Внешний вид смонтированной платы показан на рис. 4.

Этот узел можно использовать для зарядки аккумуляторов. После его установки в держатель разъём XP1 подключают к зарядному устройству с выходным током до 3 А. Узел можно использовать и как Power Bank. Для этого к разъёму XS1 подключают нагрузку или заряжаемый гаджет. Если преобразователь не активизирован (индикаторные светодиоды погашены), надо один раз нажать на кнопку на модуле A1.

Схема узла резистивной нагрузки показана на **рис. 5**. Он содержит несколько резисторов с

платы показан на **рис. 7**. Этот узел можно использовать для проверки зарядных устройств, блоков питания, стабилизаторов напряжения.

Стенд можно использовать как для измерения ёмкости, получаемой аккумулятором от зарядного устройства, так и для измерения ёмкости, отдаваемой аккумулятором. В первом случае подключение проводят в следующем порядке. К зарядному устройству подключают тестер, а к нему — плату с модулем МН-CD42 и установленным аккумулятором. При уменьшении тока через ак-

кумулятору в измерительном тракте присутствует импульсный преобразователь напряжения, при разрядке ток аккумулятора будет больше, чем ток нагрузки. Поэтому в результатах расчётов надо учитывать его КПД. Отданную аккумулятором энергию можно рассчитать $E_a = C_{\text{и}} \cdot U_{\text{н}} / K$, где $C_{\text{и}}$ — измеренная тестером ёмкость, K — КПД преобразователя (примерно 0,9), $U_{\text{н}}$ — выходное напряжение преобразователя, оно должно быть 5 В. Дело в том, что тестер показывает заниженное напряжение, поскольку

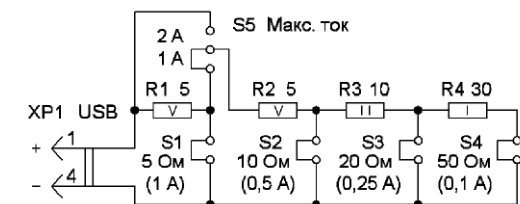


Рис. 5

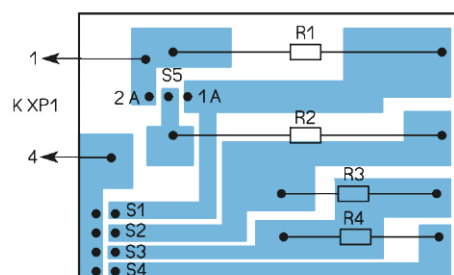


Рис. 6

разной рассеиваемой мощностью и переключки, с помощью которых можно установить требуемый ток (или сопротивление). При напряжении 5 В перестановкой переключки S1—S5 можно установить ток 2 А, 1 А, 0,5 А, 0,25 А и 0,1 А. Все элементы установлены на односторонней печатной плате из фольгированного стеклотекстолита толщиной 1,5...2 мм. Её чертёж показан на **рис. 6**. Применены выводные резисторы, R1, R2 — цементные, остальные — импортные или МЛТ соответствующей мощности. Разъёмы — PLS и PLD. Внешний вид смонтированной

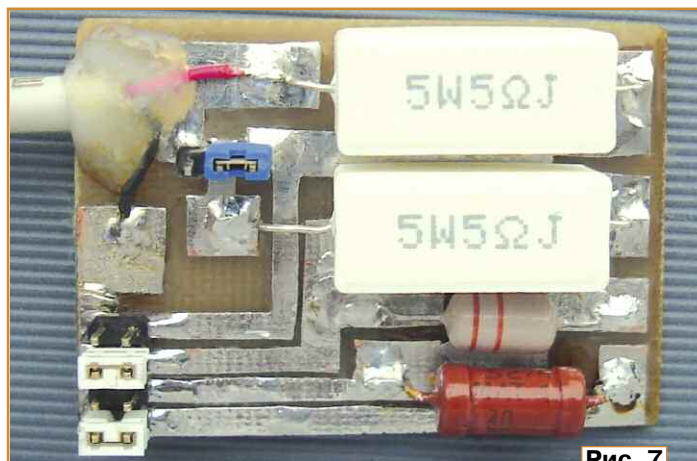


Рис. 7

кумулятор до 50 мА зарядка прекращается. Ток зарядки контролируют по ЖКИ тестера.

Во втором случае к плате с модулем МН-CD42 подключают тестер, а к нему — узел нагрузки. Ток разрядки устанавливают переключками на узле нагрузки, контролируя на экране тестера.

После проведения измерений надо учесть определённые "тонкости". Дело в том, что такой параметр, как ёмкость (ампер-час, миллиампер-час), не совсем правильно характеризует энергию, запасаемую аккумулятором. Он пригоден для сравнения ёмкости однотипных аккумуляторов. Например, какой аккумулятор запасает больше энергии E_a : Ni-Cd ёмкостью 1 А·ч или Li-Ion ёмкостью 0,5 А·ч? Эту энергию измеряют в ватт-часах, и с ёмкостью аккумулятора C_a она связана простым соотношением $C_a = E_a / U$, где U — среднее напряжение аккумулятора. Поэтому упомянутый Ni-Cd запасает энергию $E_a = C_a \cdot U \approx 1 \cdot 1,2 \approx 1,2$ Вт·ч, а Li-Ion — $E_a = C_a \cdot U \approx 0,5 \cdot 3,7 \approx 1,85$ Вт·ч, т. е. примерно в 1,54 раза больше.

часть его падает на датчике тока в нём. Можно определить ёмкость тестируемого аккумулятора $C_{\text{и}} = E_a / U_a$, где U_a — номинальное напряжение аккумулятора (3,7 В).

ЛИТЕРАТУРА

1. USB-порт тестер Huaxingfu. — URL: <https://click.ru/3QqE7w> (14.12.25).
2. Нечаев И. Расширение возможностей простого USB-тестера. — Радио, 2024, № 8, с. 38—41.
3. Your Cee CD42 Charge Discharge Module. — URL: <https://click.ru/3QqDxt> (14.12.25).
4. Модуль заряда-разряда и защиты МН-42 5 В 2 А. — URL: <https://click.ru/3QqDpf> (14.12.25).
5. IP5306. — URL: <https://click.ru/3QqDme> (14.12.25).
6. USB-резистор для тестирования зарядных устройств Interest Marker. — URL: <https://click.ru/3QqDkS> (14.12.25).

От редакции. Чертёж печатной платы имеется по адресу <http://ftp.radio.ru/pub/2026/06/stend.zip> на нашем FTP-сервере.

Ответы на викторину

"Платы расширения Pololu"

("Радио", 2026, № 5, с. 63, 64)

Р. СЕРГЕЕНКО, г. Гомель, Беларусь

1. Ответ — 1. Подключение светодиода D3 и кнопки SW4 к одной линии микроконтроллера (МК) выполнено с нестандартной конфигурацией резисторов R7, R9, R12. Это позволяет организовать визуальную обратную связь, когда нажатие на кнопку SW4 приводит к заметному снижению яркости светодиода D3.

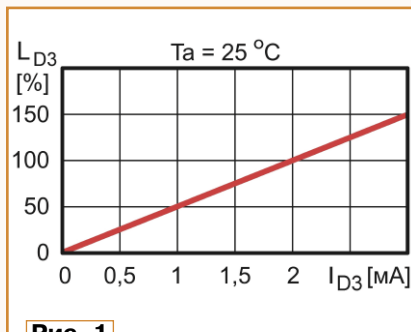


Рис. 1

Расчёты показывают, что при лог. 0 на линии D17 МК ток через светодиод D3 составляет примерно 1 мА при не нажатой и 0,25 мА — при нажатой кнопке SW4. Поскольку параметры светодиода D3 семейства KPHD-1608L фирмы Kingbright регламентируются при прямом токе 2 мА, свечение будет с достаточной яркостью L_{D3} в первом и линейно снижаться во втором случае (рис. 1, [1]).

Логика работы. Сначала МК выставляет лог. 0 на линии D17, при этом загорается светодиод D3. Затем МК одновременно переводит линию D17 в режим входа и производит опрос нажатия кнопки SW4. При лог. 0 она нажата, и наоборот. Далее цикл повторяется. Разумеется, возможны и другие варианты работы.

Важный момент. Функцию "pull-up" для порта МК выполняют последовательно соединённые резисторы R7, R9, R12, которые формируют устойчивый уровень лог. 1 при переводе МК в режим входа. Цепь из светодиода D3 и резистора R7 этого не гарантирует.

2. Ответ — 1. Фирма Pololu широко использует в своих конструкциях один и тот же "конденсаторный" узел опроса оптических ИК-датчиков.

Принцип работы. МК на линии OUT выставляет лог. 1, после чего конденсатор C53 разряжается через резистор R52. Далее МК на линии EMIT выставляет лог. 0, при этом включается ИК-диод D10. Его излучение отражается от препятствия и возвращается обратно на фототранзистор Q10.

Для проведения измерений МК должен перевести линию OUT в режим входа. Конденсатор C53 заряжается через открывшийся коллекторный переход фототранзистора Q10. МК подсчитывает время, за которое сигнал на его входе OUT переходит из лог. 1 в лог. 0. Чем больше открыт фототранзистор Q10 (чем ближе расстояние до препятствия или чем светлее поверхность), тем меньше это время.

Если заменить конденсатор C53 резистором 10 кОм, то при цифровых портах МК, как указано на схеме викторины, чувствительность датчика резко снизится, поскольку фиксироваться будет только факт наличия или отсутствия препятствия. Исправить положение можно, применив МК с каналом АЦП. Но даже в этом случае, по мнению разработчиков фирмы Pololu, чувствительность "конденсаторного" уз-

ла выше. Ещё один плюс — можно считывать информацию синхронно с нескольких датчиков [2].

3. Ответ — 0. Стабилизатор напряжения MIE1W0505 BGLVH фирмы MPS является изолированным преобразователем DC/DC, поскольку внутри содержит трансформаторную развязку с изоляцией 2,5 кВ, MOSFET-транзисторы и цепь обратной связи. Ток нагрузки гарантируется 0,2 А при напряжении 5 В и 75 мА — при напряжении 3,3 В. Главная особенность — не требуется никаких внешних дросселей и диодов. Все детали помещаются в тонком корпусе LGA-12 с габаритными размерами 4×5×1,1 мм (!).

На выходе 5V0 в отсутствие резистора R2 будет стабильное напряжение 5±0,15 В. При установке "нулевого" резистора R2 (или его закорачивании) выходное напряжение снижается до 3,3±0,12 В при входном напряжении 3...5,5 В. Это означает, что микросхема U1 может быть как понижающим стабилизатором [5/3,3 В], так и стабилизированным повторителем напряжения [3,3/3,3 В].

4. Ответ — 1. Микросхема U1 TPS61200 фирмы Texas Instruments используется в синхронном преобразователе DC/DC с входным напряжением $V_{IN} = 0,3...5,5$ В и выходным регулируемым напряжением $V_{OUT} = 2...5,25$ В при токе нагрузки не менее 0,6 А и КПД около 80 %. Микросхема автоматически переходит в режим повышения Boost Mode или понижения Down Conversion Mode в зависимости от напряжений V_{IN} и V_{OUT} .

Регулирование напряжения V_{OUT} производится переменным резистором R4, имеющим линейную зависимость сопротивления от угла поворота. В идеальном случае при полном вращении движка резистора R4 от 0 до 100 % напряжение V_{OUT} должно изменяться от $V_{MIN} = 2$ В до $V_{MAX} = 5,25$ В. Однако из-за неоптимального выбора сопротивлений резисторов R1, R3, R5 зона регулирования сужена вдвое (рис. 2).

Как исправить ситуацию? Резисторы R1, R2 удалить, установить резисторы R3 = 487 кОм, R5 = 61,9 кОм. Для расчёта требуется решить систему двух уравнений: $V_{MIN} = V_{FB} \cdot (1 + R3/(R4 +$

+ R5)); $V_{MAX} = V_{FB} \cdot (1 + (R3 + R4)/R5)$, где $R4 = 100 \text{ кОм}$, $V_{FB} = 0,5 \text{ В}$ — внутреннее опорное напряжение микросхемы U1.

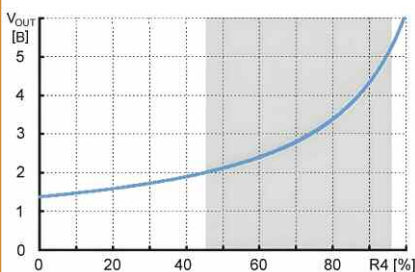


Рис. 2

Аналогичную методику подбора резисторов можно применить в самых разных стабилизаторах напряжения, имеющих похожую формулу для расчёта.

5. Ответ — 1. Мобильный робот Pololu 3pi+ не является разновидностью двухколёсного гироскутера, устойчивость которого связана с гироскопическим эффектом, центробежной силой и вестибулярными навыками водителя.



Рис. 3

Робот Pololu 3pi+ имеет не два, а "два с половиной" колеса. Основные боковые колёса управляются редукторными двигателями независимо друг от друга, а устойчивость конструкции обеспечивает шарнирный механизм в виде третьей шаровой опоры Ball Caster из POM-пластика с низким коэффициентом трения (рис. 3).

6. Ответ — 0. Аналог твердотельного реле выполнен на стабилизаторе тока BCR421U фирмы Diodes, оптопаре TLP3906 и мощных полевых транзисторах TPN1R603PL фирмы Toshiba. Транзисторы вклю-

чены встречно друг к другу, поэтому к цепям OUT1, OUT2 можно подключать напряжение постоянного или переменного тока до 30 В.

Основная функция реле — включение и выключение изолированной нагрузки с током до 11 А по сигналу IN напряжением 2,7...40 В. Кроме того, узел может использоваться как цифровой изолятор для передачи логических сигналов с частотой несколько сотен герц [3]. Частота низкая, поэтому интересно выяснить, какие элементы её ограничивают.

Время переключения транзисторов Q1, Q2 меньше 1 мкс, т. е. они быстродействующие. Оптопара U2, согласно справочным данным, имеет время включения $T_{ON} = 0,2...1 \text{ мс}$, время выключения $T_{OFF} = 0,3...1 \text{ мс}$. Если принять длительность импульса $T_{IMP} = 0,5...1 \text{ мс}$ (рис. 4), то один период равен $T = T_{ON} + T_{IMP} + T_{OFF} + T_{IMP} = 1,5...4 \text{ мс}$, следовательно, допустимая частота сигналов не превышает 250...670 Гц.

7. Ответ — 1. ИК-датчики U1, U2 GP2S60 фирмы Sharp применяются в отражательных

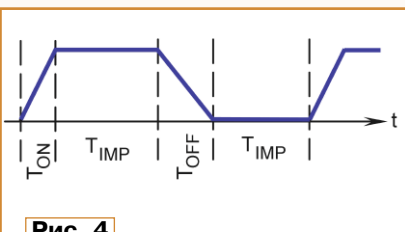


Рис. 4

оптических энкодерах для двигателей постоянного тока. Они могут работать при двух напряжениях питания VCC — 3,3 В и 5 В. Разводка печатной платы сделана универсальной, поэтому на схеме указаны два варианта установки резисторов R3—R5.

Логично предположить, что разработчик стремился обеспечить примерно одинаковый ток через ИК-диоды датчиков U1, U2 при любом из двух напряжений VCC. Следовательно, вариант "а" рассчитан на VCC = 5 В, а вариант "б" — на VCC = 3,3 В. Прямой ток будет составлять, соответственно, $I_A = (VCC - V_{U1} - V_{U2})/R4 = (5 - 1,2 - 1,2)/220 = 11,8 \text{ мА}$ и $I_B = (VCC - V_{U1})/R5 = (3,3 - 1,2)/180 = 11,7 \text{ мА}$ с учётом падения напряжения на ИК-диодах $V_{U1} = V_{U2} = 1,2 \text{ В}$.

8. Ответ — 0 или 1. Фирма Interlink Electronics выпускает пассивные датчики силы двух типов [4] — датчики точечного давления FSR (Force Sensing Resistor) и линейные потенциометры с датчиком силы FSLP (Force Sensing Linear Potentiometer). В вопросе викторины указан датчик B1 разновидности FSLP 10 см, т. е. в виде тонкой ленты на клеевой основе с габаритными размерами 100×14×0,5 мм. Внутреннее сопротивление датчика R1, R2, RP изменяются при линейном перемещении пальца руки, а также при надавливании с различной силой на поверхность.

Подключение датчика FSLP производится к четырём выводам МК, при этом один из них — через внешний резистор R3 сопротивлением 4,6...10 кОм. Две линии МК с номерами 8 и 9 должны быть цифровыми, а линии A2 и A3 должны иметь канал АЦП.

Порядок действий. Установить все четыре линии МК в режим выхода с лог. 0, чтобы снять остаточный заряд с датчика B1. Выставить на линии 8 лог. 1, перевести линию 9 в режим высокоимпедансного входа, а линию A2 — в режим входа АЦП. При перемещении пальца руки по поверхности датчика от края до края будет изменяться отношение сопротивлений резисторов R1, R2 при их неизменной сумме. Получается делитель напряжения, сигнал со средней точки которого поступает в канал АЦП A2.

При надавливании на поверхность датчика в одной точке сопротивление резистора RP снижается примерно с 300 кОм до 1...2 кОм. Для его измерения надо выставить на линии 8 лог. 1, на линии 9 — лог. 0, перевести линии A2, A3 в режим входа АЦП. Далее измерить с

помощью МК напряжения V_{A2} , V_{A3} и воспользоваться формулой $RP = R3 \cdot (V_{A3} - V_{A2}) / V_{A2}$ [4].

9. Ответ — 0. Микросхемы U1, U2 выпускает фирма STMicroelectronics. Первая из них выполняет функцию трёхосевого магнитометра, вторая — 3D-акселерометра и 3D-гироскопа. Совместная их работа позволяет определить положение изделия в пространстве.

Микросхемы связаны с МК посредством интерфейса I²C с тактовым сигналом SCL, сигналом передачи данных SDA и сигналом активации CS. Сигнал SA0 (Select Address) к МК не подключён. В исходном положении (лог. 1) он задаёт адреса записи и чтения, соответственно, 0x3C, 0x3D — в микросхеме U1 и 0xD6, 0xD7 — в микросхеме U2. Поскольку адреса разные, то конфликта на шине I²C не будет.

10. Ответ — 0. Необычное применение U1 TLV809EA43 фирмы Texas Instruments в качестве коммутатора светодиодов D1, D2. Основное назначение микросхемы U1 — формирование сигнала сброса /RST при уменьшении напряжения VCC ниже порога, в данном случае 4,38 В. Этот сигнал обычно подаётся на вход сброса МК, чтобы предотвратить зависание системы или сбой программы.

Выход /RST в микросхеме U1 имеет топологию Push-Pull, т. е. обеспечивает уровни лог. 0 (не более 0,3 В) и лог. 1 (не менее 0,8 · VCC). Ток нагрузки по выходу 5 мА, чего достаточно, чтобы светились светодиоды D1 и D2.

Если напряжение VCC = 5 В, то на выходе /RST высокое напряжение 4,9...4,95 В, включается "синий" светодиод D2, светодиод D1 погашен. Если напряжение VCC = 3,3 В, то на выходе /RST низкое напряжение 0,05...0,1 В, включается "зелёный" светодиод D1, светодиод D2 погашен.

11. Ответ — 0. Стандартная схема подключения механического реле P1 к МК содержит избыточное число светодиодов индикации. Порядковые

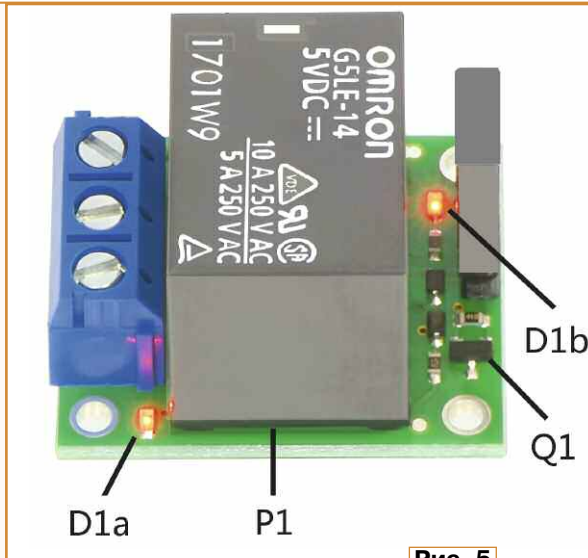


Рис. 5

номера светодиодов D1a, D1b не должны вводить в заблужде-

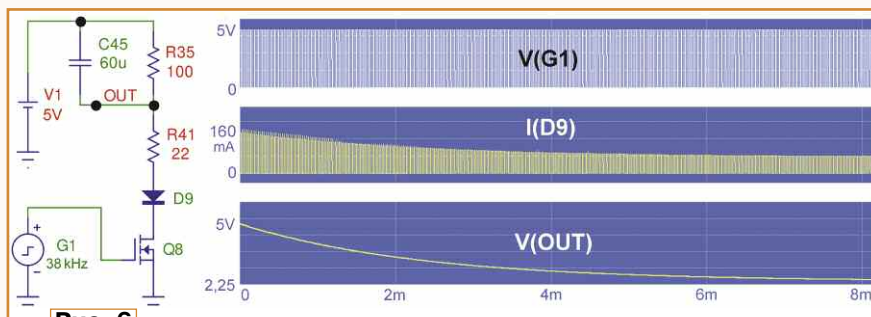


Рис. 6

ние. Это два отдельных светодиода красного свечения, а не сборка из двух светодиодов в одном корпусе.

Два одинаковых светодиода, дублирующих друг друга, указаны на схеме не по ошибке, а со смыслом. На рис. 5 показан внешний вид платы Pololu Basic SPDT Relay Carrier, где видно, что светодиоды D1a, D1b размещаются в разных местах печатной платы. Это удобно в эксплуатации, поскольку корпус реле большой по габаритам, и он может мешать удалённому обзору индикаторов.

12. Ответ — 1. Роботы семейства Zumo имеют три оптических датчика приближения, расположенные в направлениях: вперёд, влево, вправо. Схемотехника у них однотипная. Передающий узел содержит ИК-диод D9, который переключается с частотой 38 кГц по сигналу IN. Светодиод D11 индицирует генерацию посылок. Он тоже "мигает" с частотой

38 кГц, но из-за инерционности зрения этого не видно.

Особенностью узла является массив конденсаторов C45—C50, который формирует повышенный ток ИК-диода D9 для большей мощности излучения.

Моделирование в среде Micro-Cap 12.2.0.5 (рис. 6) показывает, что максимальный ток через ИК-диод D9 будет в начале посылки. Ток задаётся низкоомным резистором R41 = 22 Ом. Через 8...10 мс конденсаторы C45—C50 заряжаются, ток уменьшается в связи с добавлением последовательного резистора R35 = 100 Ом.

Важно отметить, что конденсаторы C45—C50 служат нако-

питателями энергии. Без них ток через ИК-диод D9 в импульсе снижается вдвое.

ЛИТЕРАТУРА

1. KPHD-1608LVSURCK. — URL: <https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/download/2183445/KINGBRIGHT/KPHD-1608LVSURCK.html> (06.03.26).
2. QTR-1RC Reflectance Sensor. — URL: <https://www.pololu.com/product/2459> (06.03.26).
3. Pololu Isolated Solid State Relay/Switch, SPST, 30V, 11A. — URL: <https://www.pololu.com/product/5421> (06.03.26).
4. Force Sensing Linear Potentiometer (FSLP) Integration Guide. — URL: <https://www.pololu.com/file/0J750/FSLP-Integration-Guide-13.pdf> (06.03.26).

От редакции. Файлы для моделирования в среде Micro-Cap 12.2.0.5 находятся по адресу <http://ftp.radio.ru/pub/2026/06/pololu.zip> на нашем FTP-сервере.

Получатель АНО "Редакция журнала "Радио"
ИНН 7708187140,
р/с 40703810538090108833 в ПАО Сбербанк г. Москва,
К/с 30101810400000000225,
БИК 044525225, КПП 770201001

Цена одного номера журнала **2026 г. (с 1-го по 12-й номер)** при покупке
в редакции — **550 руб.**

Стоимость полугодовой подписки с рассылкой из редакции (адресная рассылка) для индивидуальных подписчиков России — 4080 руб., для индивидуальных подписчиков из стран зарубежья — 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	7—8	420 руб.	520 руб.	800 руб.
2024	9—12	490 руб.	600 руб.	900 руб.
2025	2—8, 11—12	520 руб.	640 руб.	1000 руб.
2026	1—12	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. Наложённым 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>



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



© 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