

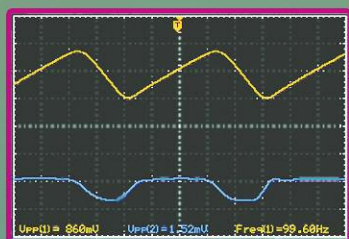
10.2024

www.radio.ru

РАДИО

АУДИО • ВИДЕО • СВЯЗЬ • ЭЛЕКТРОНИКА • КОМПЬЮТЕРЫ

СТАБИЛИЗИРОВАННЫЙ ИСТОЧНИК ПИТАНИЯ



- О проигрывателях UNITRA G-60X
- Аварийные светильники
- Генератор на Si5351
- Тестер жгутов

...и ещё 11 конструкций



10
2024

Наш постоянный читатель, подписчик, старший редактор и редактор-инженер, Александр Владимирович Масковский подарил редакции оригинальный выпуск газеты "Правда" от 24 августа 1924 г. с рекламным объявлением о подписке на журнал "Радиолюбитель", прародителя журнала "Радио". Редакция благодарит Александра Владимировича за приятный и неожиданный подарок.

РАДИОЛЮБИТЕЛЬ. Ежедвухнедельник издаваемый бюро содействия радиолюбителям при культотделе МРСФСР. Орган Общества радиолюбителей РСФСР. Цена номера—40 коп., с пересылкой—45 коп. Условная подписка: на 1/2 года (10 номеров)—3 р. 50 к., на 3 месяца (6 номеров)—2 руб. с пересылкой.

ПОДПИСКА ПРИ

Журнал "Радио" теперь можно приобрести на маркетплейсе "ОЗОН". Вы можете купить журнал в любое время и вам доставят его в ближайший пункт выдачи. По QR-коду справа вы можете перейти на витрину журнала "Радио".

ОЗОН

Категория: Книжки

Журналы и газеты

Сроки доставки: Неважно, До 3 дней, До 7 дней

Все фильтры

544 Р 1050 Р -48% Журнал Радио № 9

492 Р 1050 Р -53% Журнал Радио № 4

Послеавтра

Журнал РАДИО

АУДИО • ВИДЕО • СВЯЗЬ • ЭЛЕКТРОНИКА • КОМПЬЮТЕРЫ

В ЭЛЕКТРОННОМ ВИДЕ

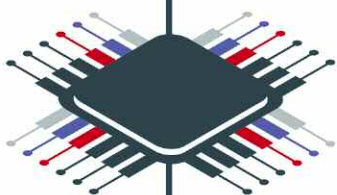
Подписка на электронный журнал "Радио" с доставкой по электронной почте на 2025 год, а также на 2012—2024 годы. Стоимость: 12 месяцев — 900 рублей. На сайте <https://el.radio.ru> Вы можете узнать, как подписаться и скачать бесплатный 7-й номер журнала за 2011 год в качестве примера. При оплате подписки через банк ПАО "Сбербанк России" (мобильное интернет-приложение "Сбербанк", через интернет-сайт "Сбербанк онлайн", терминалы самообслуживания банка "Сбербанк", оператора отделения банка "Сбербанк") комиссия за платёж не берётся. Если Вы оплачиваете подписку через сторонние банки, стоимость подписки может увеличиться на размер комиссии банка, которую он берёт за услугу перевода денег.

Журнал РАДИО

АУДИО • ВИДЕО • СВЯЗЬ • ЭЛЕКТРОНИКА • КОМПЬЮТЕРЫ

В ЭЛЕКТРОННОМ ВИДЕ

Подписка на электронный журнал "Радио" с доставкой по электронной почте на 2025 год, а также на 2012—2024 годы. Стоимость: 12 месяцев — 900 рублей. На сайте <https://el.radio.ru> Вы можете узнать, как подписаться и скачать бесплатный 7-й номер журнала за 2011 год в качестве примера. При оплате подписки через банк ПАО "Сбербанк России" (мобильное интернет-приложение "Сбербанк", через интернет-сайт "Сбербанк онлайн", терминалы самообслуживания банка "Сбербанк", оператора отделения банка "Сбербанк") комиссия за платёж не берётся. Если Вы оплачиваете подписку через сторонние банки, стоимость подписки может увеличиться на размер комиссии банка, которую он берёт за услугу перевода денег.



ЭЛЕКТРОНИКА РОССИИ

Международная
ВЫСТАВКА-ФОРУМ

26|27|28
НОЯБРЯ
2024 МОСКВА
Крокус Экспо



12+

Забронируйте стенд:

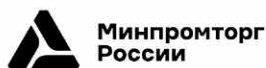
+7 (812) 401 69 55, electron@mvk.ru



Организатор:



Официальная поддержка:



Партнеры:



НАУКА И ТЕХНИКА 4

А. ГОЛЫШКО. О суверенном Интернете. 4

РАДИОПРИЁМ 7

В. ШЕПТУХИН. Новости вещания 7

ЗВУКОТЕХНИКА 9

А. ГУРСКИЙ. Perpetuum Ebner, или о доработке
проигрывателей на основе Unitra G-60X 9

ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ 14

А. КУЗЬМИНОВ. Усовершенствованный стабилизированный
источник питания на ОУ и мощном полевом транзисторе/IGBT
с токовой защитой и низким уровнем пульсаций 14
Г. БАСОВ. Доработка ЛАТРа 23
С. СЕМИХАТСКИЙ. Стабилизированный блок питания
лампового УМЗЧ с защитой от превышения выходных
напряжений 24

РАДИОЛЮБИТЕЛЮ-КОНСТРУКТОРУ 30

С. БИРЮКОВ. Температурная стабильность источников
образцового напряжения 30

МИКРОПРОЦЕССОРНАЯ ТЕХНИКА 33

В. КИБА. Подключение 7" TFT-дисплея с параллельным
интерфейсом к модулю ESP32 33

ЭЛЕКТРОНИКА ЗА РУЛЁМ 36

И. ПОДУШКИН. Индикатор степени заряженности
автомобильной аккумуляторной батареи 36

ИЗМЕРЕНИЯ 37

С. СИДОРЕНКО. Лабораторный генератор на модуле Si5351 37

ПРИКЛАДНАЯ ЭЛЕКТРОНИКА 39

И. НЕЧАЕВ. Автоматические аварийные светильники. 39
В. ХОХЛОВ, И. МАРФИН. Устройство контроля монтажа
жгутов и многожильных кабелей. 42
И. СИЛАЕВ, Т. РАДЧЕНКО, А. ХАМИКОЕВ. Магнитный
датчик (энкодер) AS5600 в цифровом
сервоприводе RDS322 46
А. ШУМИЛОВ. Вариант "многоголосного" имитатора звуков 48

"РАДИО" — НАЧИНАЮЩИМ 51

И. НЕЧАЕВ. Вторая жизнь электронного модуля
электронно-механических часов-будильников 51
Д. МАМИЧЕВ. Макет-модуль электронной записки 57
Р. СЕРГЕЕНКО. Ответы на викторину
"Микрокомпьютеры ODROID" 62

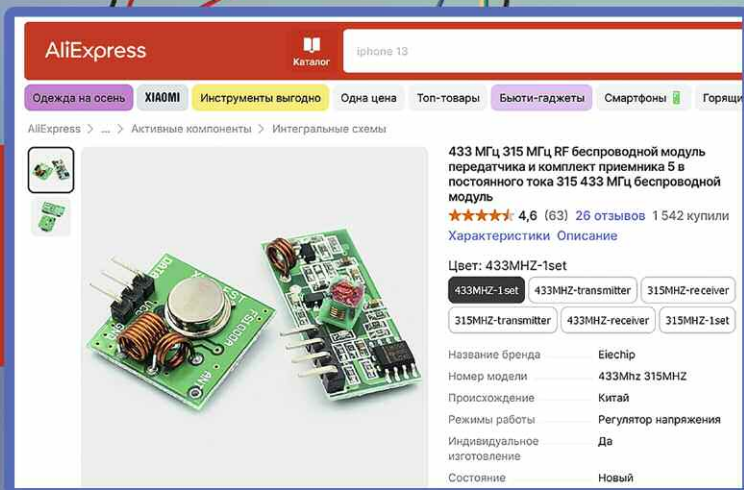
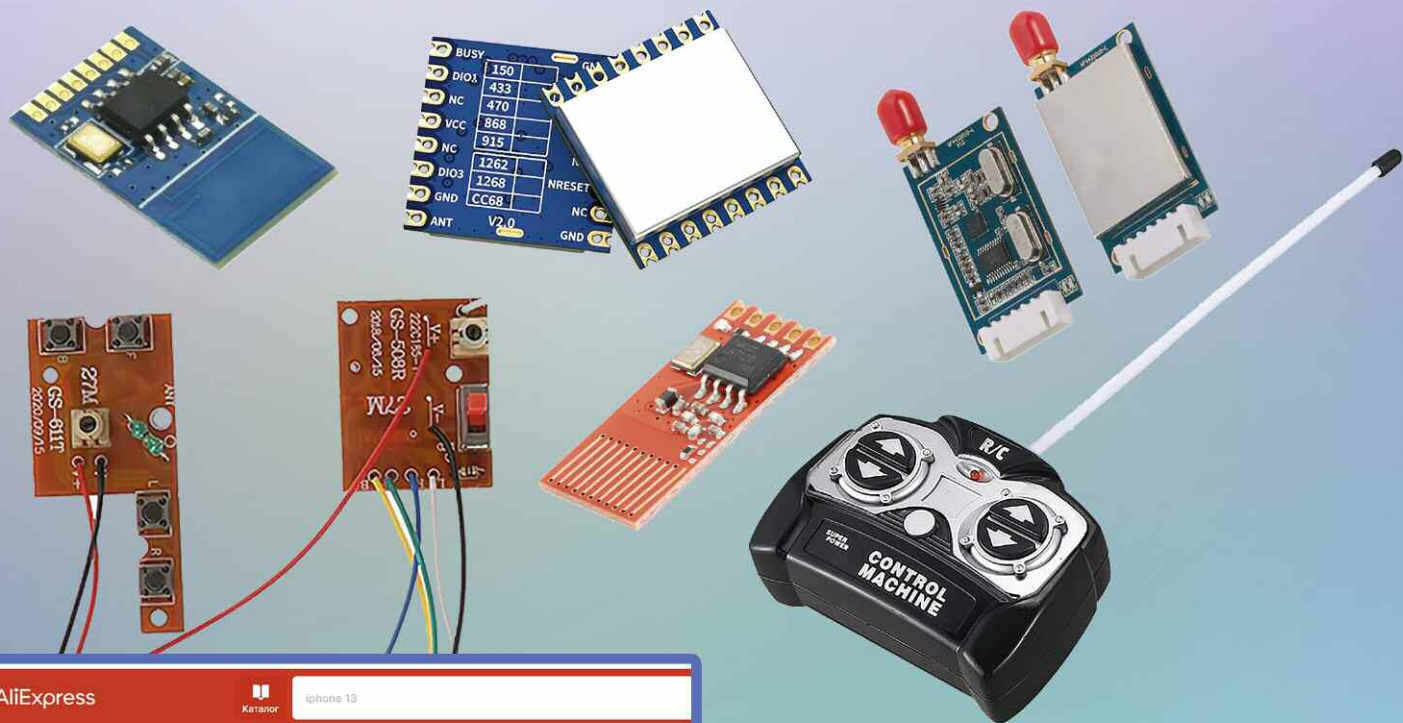
ОБРАТИТЕ ВНИМАНИЕ (с. 14). НА КНИЖНОЙ ПОЛКЕ (с. 45, 50).

ДОСКА РЕКЛАМНЫХ ОБЪЯВЛЕНИЙ (с. 1, 4, 29, 2—4 с. обложки).

На нашей обложке. Усовершенствованный стабилизированный источник питания на ОУ и мощном полевом транзисторе/IGBT с токовой защитой и низким уровнем пульсаций (см. статью на с. 14).

**ЧИТАЙТЕ
В СЛЕДУЮЩЕМ
НОМЕРЕ:**

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



Что надо знать прежде
чем покупать радиомодули
на маркетплейсах....



В настоящее время на зарубежных да и на отечественных маркетплейсах в широком ассортименте можно приобрести различные радиомодули с малой излучаемой мощностью, которые радиолюбители применяют в своих конструкциях. Очень часто схемотехника модулей одинаковая, но частота, на которой работает пара передатчик-приёмник или трансивер, разная. Например на **рисунке** у продавца с AliExpress в карточке товара представлена пара передатчик-приёмник с модуляцией ASK/OOK в двух вариантах рабочих частот: на 433 МГц и 315 МГц. Или же трансиверы с технологией LoRa (Long Range), применяемые, в том числе, для устройств IoT (Internet of Things), продаются с заранее настроенной рабочей частотой на 433 МГц, 510 МГц, 868 МГц, 915 МГц и, по-видимому, если поискать, то у китайских продавцов можно найти и более экзотические мегагерцы. Известные модули семейства ESP82* и ESP32* работают на частотах Wi-Fi. А ещё есть системы радиопередачи, системы охраны, радиомикрофоны, bluetooth модули, которые тоже используют свои частотные диапазоны.

В нашей стране осуществление деятельности в области обеспечения надлежащего использования радиочастот и радиочастотных каналов, радиоэлектронных средств и (или) высокочастотных устройств гражданского назначения занимается "Государственная комиссия по радиочастотам" (ГКРЧ). Если пройти по ссылке: <https://digital.gov.ru/uploaded/files/prilozhenie-k-resheniyu-gkrch-ot-16-iyunya-2021-g--21-58-05.pdf> (QR-код сверху) можно скачать документ с названием: "О выделении полос радиочастот устройствам малого радиуса действия", к которым можно отнести пару передатчик-приёмник с AliExpress на рисунке. Согласно этому документу, который действует до 01.05.2027, пара передатчик-приёмник на 433 МГц относится к "Неспециализированным (любого назначения) устройствам — устройствам малого радиуса общего применения, включая устройства дистанционного управления и передачи телеметрии, телеуправления, сигнализации, передачи данных и других подобных передач". А конкретно её можно использовать для устройств охранной радиосигнализации с максимальной мощностью передатчика 5 мВт и миниатюрной антенной. А вот устройства с рабочей частотой 315 МГц в нашей стране использовать запрещено. Чтобы не навредить окружающим, прежде чем приобрести, использовать в своих конструкциях тот или иной радиомодуль, посетите сайт ГКРЧ, чтобы быть в курсе последних решений комиссии по радиочастотам.

"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. КОРОТКОНОШКО, К. В. МУСАТОВ,
И. А. НЕЧАЕВ (зам. гл. редактора), Л. В. МИХАЛЕВСКИЙ,
С. Л. МИШЕНКОВ

Выпускающий редактор: С. Н. ГЛИБИН

Обложка: В. М. МУСЯКА

Вёрстка: Е. А. ГЕРАСИМОВА

Корректор: Т. А. ВАСИЛЬЕВА

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

Тел.: (495) 607-31-18.

E-mail: ref@radio.ru

Приём статей — e-mail: mail@radio.ru

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

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

Подписка и продажа — (495) 607-87-39

Бухгалтерия — (495) 607-87-39

Наши платёжные реквизиты:

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

Банк получателя — ПАО Сбербанк г. Москва

корр. счёт 30101810400000000225 БИК 044525225

Подписано к печати 24.09.2024 г. Формат 60×84 1/8. Печать офсетная.

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

В розницу — цена договорная.

Подписной индекс:

Официальный каталог ПОЧТА РОССИИ — П4014;

КАТАЛОГ РОССИЙСКОЙ ПРЕССЫ — 89032.

За содержание рекламного объявления ответственность несёт
рекламодатель.

За оригинальность и содержание статьи ответственность несёт автор.

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

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

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

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

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

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

Отпечатано в ОАО «Подольская фабрика офсетной печати»

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

Зак. 03572-24 .

NNUI 4ab2b79174c5e1911e70849ef37f7cef



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

О суверенном Интернете

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

*"Первый шаг — установить, что нечто
возможно, затем появится вероятность".*

Илон Маск

Казалось бы, Интернет и суверенный — это слишком раз-
ные и даже вполне себе взаимоисключающие понятия.
Тем более, что поверх него существует и работает практи-
чески всё, что основано на информационных технологиях
(ИТ) — от простых ИТ-сервисов на госуслугах до сетей
связи и всей мировой цифровой валюты. И всё было бы
хорошо, если бы современные войны не стали гибридными
и не превратили Интернет в ещё одно поле боя, причём
практически полностью в поле зарубежное. И это является
сегодня для нашей страны одним из серьёзнейших рисков
с точки зрения функционирования хотя бы экономики.

В рамках международного военно-технического форума
"Армия-2024" телерадиокомпания "Звезда" проводила
круглый стол на тему "Информационное противоборство в
условиях СВО: борьба за коллективное сознание общества
с использованием передовых технологий и цифровых
СМИ". На этом мероприятии президент ГК InfoWatch
Наталья Касперская, в частности, заявила: "К сожалению,
мы очень сильно зависим от западных технологий, и та
ситуация с импортозамещением, которая у нас началась в
2015 г., не доведена до конца. Поэтому во многих системах,
особенно в оборудовании, мы очень сильно зависим от
Запада. Если бы Запад хотел нам объявить кибервойну, то
нет ничего проще, эту инфраструктуру выключить, и у нас
бы почти всё перестало работать совсем. Например,
смартфоны и операторы связи. Это самый простой спо-
соб".

К сожалению, Интернет не является безопасной средой.
Это не парк с освещением, лавочками, мощёными дорож-
ками и охраной на входе. Интернет, по мнению Натальи
Касперской, не раз озвученному в ходе её выступлений,
скорее, напоминает дикий лес с кровожадными зверями,
где от любой опасности (деструктивные группы, наркотики,
вовлечение в противоправную деятельность) — всего один
шаг. По её словам, сейчас агрессия против России ограни-
чивается кибератаками и киберпреступлениями. Сейчас
доля страны в мировом объёме конфиденциальных данных
составляет 10 %. К 2023 г. были зарегистрированы
1024 крупные утечки данных, каждая из которых включает
не менее 1 млн записей.

Согласно прогнозам компании Positive Technologies, спе-
циализирующейся на разработке решений в сфере инфор-
мационной безопасности, в наступившем году многие оте-
чественные компании будут отдавать приоритет устране-
нию уязвимостей. Будет расти общее количество инциден-
тов за счёт роста эксплуатации этих уязвимостей. Уязви-
мости в ИТ-отрасли будут влиять на киберустойчивость
многих других отраслей, от государственных организаций
до сферы услуг, через которую можно атаковать и всю
цепочку поставок. Очевидно, что и национальная критиче-
ская информационная инфраструктура также ощутит на
себе рост угроз. В общем, прогноз во многом ожидаемый.

ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА — КОМПАНИЯ «РИНЕТ»

RINET
БЛИЖЕ К ЛЮДЯМ

Телефон:
+7(495)981-4571

E-mail:
info@rinet.ru

Сайт:
www.rinet.ru

Да и за мошенниками во время информационной войны ожидаемо могут скрываться сами знаете кто.

Впрочем, Интернет был небезопасен и просто по рождению. Новые компьютерные технологии, использующие стек протоколов TCP/IP, были разработаны для междокомпьютерных связей. Однако на рубеже тысячелетий именно ими всемирная телекоммуникационная индустрия окончательно заменила технологии телекоммуникационные, потому что думать о том, как всё это будет работать в условиях тяжёлого трафика, соблюдения норм качества (QoS), фрода и многомиллионной абонентской базы, было некогда и особо некому — хотелось денег, и побыстрее. Ранее весьма продолжительное время это развитие ограничивали "неуклюжие" в части передачи данных телефонные сети и системы на базе коммутации каналов. Это серьёзно тормозило процесс, потому что люди попросту не могли мыслить за пределами небогатого набора услуг, предоставляемых телефонными компаниями. Отчасти сетевая "революция" на базе интернет-технологий заключалась в смене "телефонного" мышления на цифровое мышление и коммутацию пакетов. Тут и выросли "крылья" у Интернета, WWW и социальных сетей.

Самая идея, что устройства могут быть связаны между собой, появилась в конце 50-х годов прошлого века, причём идеи создания огромной междокомпьютерной сети возникали отнюдь не только на родине Интернета. В 1959 г. кибернетик Анатолий Китов представил Хрущёву свой план по созданию в СССР общей вычислительной сети. Кибернетик разработал план "Красная книга" по созданию ЕГСВЦ — единой государственной сети вычислительных центров. Вычислительные машины в Советском Союзе должны были объединиться в единую компьютерную сеть с высокой (для того времени) производительностью. В военное время мощности ЕГСВЦ могли использоваться для военных нужд, а в мирное работали бы как система управления национальной экономикой и различными хозяйственными подразделениями.

В 1962 г. математик и кибернетик Виктор Глушков представил Хрущёву свой проект по созданию национальной сети, вдохновившись проектом Китова. Общегосударственная автоматизированная система учёта и обработки информации (ОГАС) должна была стать "мыслящей" сетью. С помощью воплощённого в жизнь проекта Глушкова можно было бы управлять в режиме реального времени экономикой СССР.

Оба проекта, к сожалению, завершились ничем и, тем не менее, заслуживают отдельной статьи. Ну, а в конце 60-х было создано первое соединение между узлами сети ARPANET, и приложившая к этому свою "руку" DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency или Управление перспективных исследовательских проектов Министерства обороны США) стала той организацией, в недрах которой была создана сеть Интернет. В начале 80-х в Интернете стала использоваться связка

TCP/IP, а в начале 90-х Тимоти Джон Бернерс-Ли предложил идею всемирной паутины — World Wide Web. Потом Элон Ганор сделал первый шлюз из телефонной сети в IP-сеть. И понеслось...

Однако с тех пор проблемы новых сетей лишь накапливались и усиливались, их латали и затыкали. К примеру, транспортный протокол TCP, который согласно своему алгоритму при потере какого-либо пакета из общего кадра во имя поддержки качества передачи осуществляет повторную передачу всех пакетов, отнюдь не идеален. Это как если с грузовика, гружённого коробками, упала одна коробка, потребителю везли бы новый грузовик. Прошли годы, объёмы и скорости передаваемого сегодня трафика вряд ли ожидал кто-нибудь 20 лет назад. И вот там, где эти огромные потоки сталкиваются, к примеру, в ЦОДах, закономерно возникают проблемы пропуска трафика, потому что тот самый алгоритм TCP банально тормозит работу этих центров управления "инфокоммуникационной вселенной". Впрочем, дадим слово профильным специалистам.

В финальном техническом отчёте "Архитектура Интернета будущего поколения", выпущенном Исследовательской лабораторией ВВС Рим, Нью-Йорк, за авторством Дэвида Кларка (один из отцов Интернета), Карен Соллинс, Джона Вроцлавски и др., включая специалистов Лаборатории компьютерных наук и ИИ Массачусетского технологического института и др. научных учреждений от конца 2003 г., сказано следующее: "Мы считаем, что наибольший прогресс сегодня обусловлен краткосрочным мышлением. Множество мелких изменений, которые предлагается внести в Интернет для исправления конкретных сиюминутных проблем, предлагаются без общего видения того, какой должна быть сеть в будущем. Первоначальный дизайн Интернета появился почти 30 лет назад во времена, которые предшествовали персональному компьютеру и локальным сетям. Волоконная оптика ещё не вышла из лаборатории, самая быстрая коммерчески доступная линия связи имела скорость около 50 кбит/с, а компьютеры не были массовыми. Индустрия связи была определена ролью оператора AT&T как регулируемого монопольного поставщика телефонных услуг. Очевидно, что с тех пор многое изменилось с точки зрения технологий, компьютерного контекста, в котором находится Интернет, и более широкого социального воздействия, которое оказывают компьютеры и сети".

"Первоначальный дизайн Интернета был описан как прозрачный: то, что входит, то и выходит. Сеть не отслеживает, не фильтрует и не преобразует передаваемые ею данные; она не обращает внимания на содержание пакетов. Эта прозрачность, возможно, была единственным наиболее важным фактором успеха Интернета, потому что прозрачность позволяет развёртывать новое приложение без необходимости изменять ядро сети. С другой стороны, прозрачность также облегчает доставку

атак безопасности, вирусов и других нежелательных данных. Когда сеть была небольшой, а между пользователями существовала высокая степень доверия, сила прозрачности перевешивала связанные с ней риски. Сегодня развёрнуты такие устройства, как брандмауэры (межсетевые экраны), чтобы разрушить прозрачность путём блокирования неизвестного трафика. И сегодня мы видим как пользу, так и опасность таких устройств, как брандмауэры, потому что становится намного сложнее развёртывать новые приложения в Интернете из-за того, что брандмауэры могут блокировать их. Мы пришли к выводу, что интернет-сервис должен быть более регулируемым, чем-то, что мы имеем сегодня: прозрачным среди пользователей, которые предпочитают доверять друг другу, но крайне ограниченным среди пользователей, которые этого не делают. Эта прозрачность, основанная на доверии, должна стать базовой службой доставки нового Интернета".

"Когда Интернет только зарождался, предполагалось, что интересы большинства пользователей совпадают. Различные группы пользователей хотели бы общаться и делали бы это на основе взаимного желания. Но сегодня мы видим, что заинтересованные стороны в интернет-пространстве часто имеют интересы, которые являются неблагоприятными или конфликтующими. Пользователи хотят вести приватный разговор, в то время как правоохранительные органы хотят иметь возможность осуществлять законный перерыв. Пользователи хотят защиты от спама, а спамеры пытаются обойти их средства защиты. Пользователи, вступившие в спор, делятся музыкой; правообладатели пытаются предотвратить это. Борьба между этими различными интересами происходит по-разному: в дискуссии по протоколу, в законодательстве и регулировании, в технических решениях различных групп пользователей и поставщиков и т. д. Эти конфликты могут помешать повышению безопасности сети".

"В оригинальном Интернете каждый пакет полностью самоопределяется. Он содержит полные адреса источника и получателя и может быть переадресован без какой-либо настройки или сигнализации. Этот режим работы не должен быть утрачен, иначе мы потеряем возможность обмениваться пакетами с небольшими накладными расходами. Однако цели прозрачности, регулируемой доверием, и другие аспекты безопасности, наряду с целью обеспечения качества обслуживания и другими аспектами обслуживания, предполагают, что при некоторых обстоятельствах в сети будет больше состояний, связанных с конкретными потоками пакетов. Интернет должен иметь возможность плавно переключаться между различными режимами доставки с различным уровнем контроля в сети".

"Первоначальный Интернет предполагал наличие единого глобального адресного пространства. Адреса служат двум целям — они предоставляют как указание на местоположение



конечной точки, так и указание на её идентичность. Мы пришли к выводу (как и многие другие), что эти предположения необходимо переосмыслить. Проект новой схемы местонахождения и личности является важнейшим архитектурным требованием вопросам безопасности, мобильности, маршрутизации и региональной автономии... Мы провели исследования... Мы утверждаем, что можно разделить идеи местоположения и идентификации, обе из которых представлены IP-адресом в современном Интернете и что результирующая архитектура облегчает мобильность, а также решает другие проблемы, связанные с современной сетью".

"По соображениям управления и безопасности Интернет отказался от единого глобального адресного пространства, хотя формального признания этого в архитектуре не было. Мы пришли к выводу, что на самом деле нет принципиальной необходимости в таком глобальном адресном пространстве, хотя следствием отказа от него является большая сложность в установлении сеанса приложения и меньшая однородность в управлении сетью и диагностике неисправностей. Однако сеть без единого глобального адресного пространства вполне осуществима, и она отвечает практическим потребностям. Будущий Интернет должен проектироваться без требования глобального адресного пространства".

В общем, многое было понятно уже сравнительно давно. В 2007 г. во время выступления перед национальным научным обществом США Дэвид Кларк сказал, что "архитектура сети, созданная 30 лет назад, имеет фундаментальные проблемы дизайна, и эти проблемы неизбежно будут накапливаться со временем. Поэтому нужно создавать новую архитектуру с нуля".

По словам Бернерса-Ли, список назревших проблем включает наметившийся отказ от защиты принципов "сетевого нейтралитета", поддельные новости, наметившиеся успехи пропаганды и растущая поляризация сетевого общества. Сетевой нейтралитет (Net Neutrality) — принцип, согласно которому провайдеры интернет-услуг не должны отдавать предпочтений какому-то одному классу интернет-приложений или задач — сообщению от бабушки, сериалу или банковскому переводу. В США в своё время её окрестили как "первая поправка Интернета", не дающая привилегий никому. Тимоти Бернерс-Ли никогда не скрывал своего мнения о том, что его детище — Мировая Сеть, всегда являлась прямым отражением человечества и в хорошем смысле, и в плохом, и даже в ужасном. Тем не менее, его восприятие Сети в качестве "открытой платформы, позволяющей всем и каждому открыто делиться информацией, обеспечивающей доступ и возможности сотрудничества без географических границ", в последнее время всё больше подвергается испытаниям ввиду возросшей мощи крупных провайдеров, всё чаще вооружённых разрушительными алгоритмами манипуляции.

Учитывая изложенное выше, специалисты разрабатывают свои решения Интернета будущего (FI — Future Internet). Такие проекты есть в ЕС, в США, в Японии, в Индии и других странах. В частности, КНР активно участвует в будущих исследованиях архитектуры Интернета, уделяя особое внимание тестовым стендам, связанным с IPv6. Китай построил крупнейшую инфраструктуру тестирования будущего Интернета (FI) для поддержки эволюции будущего Интернета с участием ИИ и сетей мобильной связи 5G. В целом США, Европа, Япония, Корея и КНР имеют программы, в рамках которых выполняются от 5 до 20 проектов FI. Индия, Бразилия, Пакистан, ЮАР и ещё порядка 70 стран объявили о наличии проектов в этом направлении.

Ну, хорошо, люди во многих странах работают над улучшением Интернета с самых разных сторон, защищают, развивают, дополняют. А что у нас? Что произошло в этой сфере с тех пор, как во времена Хрущёва стигнули упомянутые выше проекты, неоспоримые преимущества которых, будь они реализованы, явственно видны из дня сегодняшнего?

Прошло 60 лет. В результате всеобщей цифровизации и последующей цифровой трансформации на базе созданного у нас появились мультисервисные сети, информационное общество, цифровые двойники, всевозможные роботы, ИИ и пр. Информация стала основой всего, вплоть до экономики и обороны. А кто владеет информацией, тот... Ну, вы понимаете. Впрочем, сегодня он может её поток и прервать. И кто-то только думает, что чем-то владеет.

Исследование лаборатории Citizen Lab на базе университета Торонто говорит, что в Китае даже есть, чем ответить на информационные атаки с помощью так называемой "Великой пушки" для совершения DDoS-атак. И речь идёт не только о "китайском" Интернете, потому что она позволяет атаковать любые сайты, расположенные в любой точке мира. Таким образом, мы видим, что Китай прошёл огромный путь в попытках взять Интернет под свой контроль и определённо добился определённых успехов, используя ИТ-инфраструктуру, созданную когда-то DARPA.

К примеру, в КНР существует проект "Золотой щит" (The Golden Shield Project), имеющий неофициальное название "Великий Китайский файрвол" (Firewall — межсетевой экран/брандмауэр), который не позволяет спокойно посмотреть на территории КНР YouTube, а также использовать Telegram, Twitter и др. Это многоуровневая система защиты национальной информационной инфраструктуры.

На первом уровне осуществляются блокировка IP-адресов и перехват DNS (примерно с 2002 г.) с помощью "чёрных списков". Файрвол перехватывает ответ от DNS (Domain Name System — система доменных имён Интернета) и отправляет его далее пустым, в результате чего зайти на сайт не удаётся.

На втором уровне производятся проверка пакетов и фильтрация ключевых

слов (примерно с 2007 г.). Весь интернет-трафик в Китае дублируется и анализируется специальной системой IDS (Intrusion Detection System) или Системой обнаружения вторжений, которая в случае необходимости инициирует процесс сброса соединения. Если же автоматическая система не справляется, ей на помощь приходит специальное подразделение интернет-полиции, насчитывающее несколько десятков тысяч сотрудников.

На третьем уровне осуществляется блокировка способов обхода (примерно с 2008 г.), а именно прокси-серверов, VPN и Тора. При этом история Китайского файрвола и, к примеру, постоянно модифицирующегося Тора, это как Инь и Ян или история вечной борьбы снаряда и брони. Говорят, что уже к 2020 г. в Китае было заблокировано около 311 тысяч сайтов (при этом около 10 % ошибочно — "лес рубят, щепки летят").

А пока интенсифицируются информационные войны, в том числе и против нашей страны. Казалось бы, теперь уже у России есть шансы на собственные разработки в области FI, решающие вопросы сетевого ускорения, нагрузки, информационной безопасности, адресации и пр. Но кто-нибудь слышал о чём-либо подобном в части каких-нибудь госпрограмм? А в части столь активно развивающегося импортозамещения? Нелишне заметить, что импортозамещение касается не только оборудования и программного обеспечения, но и алгоритмов, по которым, к примеру, осуществляется соединение или передача информации.

А если в ИТ-инфраструктуре что-нибудь изменить в рамках движения к FI, чтобы попытки тех же DDoS-атак в рамках сетевых войн стали попросту бессмысленными, потому что в сети принципиально другая адресация, другой значительно более эффективный транспортный протокол, а выход в обычный Интернет осуществляется через межсетевые шлюзы? Чтобы туда — свободно, а оттуда — под контролем. Очевидно, тут многое можно придумать с дифференциацией по пакетам, по адресам, по принципам взаимодействия и пр., если серьёзно заняться этим вопросом. Интересно, а кто-нибудь у нас занимается FI? К сожалению, если что и есть, то оно всё равно играет на "чужом поле" и существует поверх чужой инфраструктуры.

Однако есть предположение, что главным препятствием для подобных разработок будет преодоление нежелания ими заниматься несмотря на очевидные в текущей ситуации вещи. Как рассказывали коллеги, посетившие в своё время калифорнийскую Кремниевую долину, местные ИТ-специалисты на вопрос о необходимости модернизации Интернета для "заделки" всех обнаруженных в нём "дыр" отвечали, что хорошо понимают это, что вопрос назрел, что над ним надо обязательно работать и менять IP-инфраструктуру. Напротив, разговаривая о том же с отечественными интернетчиками, они получали ответ, что всё замечательно, что ничего менять не

надо, всё же работает и пр. Вы что, хотите балканизации Интернета (термин придуман на фоне распада Югославии)? Создавалось впечатление, будто вот эта Сеть дарована нам богом (американским, разумеется), и наше дело лишь уметь с ней обращаться. Не зря же мы подготовили за много лет именно для этого выпускников различных вузов. Всё это очень созвучно недавним решениям из прошлого по необходимости наличия отечественных заводов, самолётов, продуктов, различного оборудования и пр. — мол, мы всё купим! Ну, а когда гром грянул и пришло осознание, что не всё можно решить за деньги, поняли, что это было банальным предательством, спохватились и занялись-таки импортозамещением. И безуспешно, между прочим.

Конечно, кое-какие опасения существуют, и не зря же в РФ проводились учения на случай отключения нашего сегмента сети от Интернета. С другой стороны, скорее всего, никто пока "из-за бугра" не собирается этого делать. А зачем? Когда вся наша ИТ-инфраструктура построена на базе разработок вероятного (впрочем, уже реального) противника, этому противнику должно всё нравиться. А не нападает он, возможно, просто потому, что время не пришло включать какую-нибудь очередную "пушку". Все агенты

влияния, шпионы, номерные колонны и пр. на связи. Да и американская система "Эшелон" (как и другие подобные системы), работающая уже более 70 лет по глобальному перехвату информации, сегодня наверняка использует интернет-ресурсы.

А вы развиваете Интернет Вещей? — Отлично! Значит, скоро будет доступ и ко всем этим вещам. Говорят, они будут исчисляться миллиардами...

Почему наши танкисты не используют танковую платформу "Леопард" или "Абрамс"? Почему наши лётчики не летают на базовых решениях корпорации "Локхид"? Почему вместо автомата Калашникова не используем "Узи"? Ответ очевиден даже не военным и даже не инженерам. Почему, к примеру, разработан целый комплекс отечественных операционных систем типа AstraLinux и пр., несмотря на столь замечательный Windows? Почему принопамятная проблема 2000 (кто помнит) была максимально эффективно решена в RVCHN? Потому, что там ничего управляющего не было подключено к Интернету, а самая эффективная защита — это рубильник или смена правил игры.

А почему тогда базовая инфраструктура связи, без которой сегодня уже практически ничего в стране не работает, остаётся полностью на импортных идеях и алгоритмах? Мы её уже купили в

таком виде навсегда? Ждём, когда нам свой FI предложит действующий противник? А ведь он предложит, будучи уверен — а куда мы денемся?

Пока же из каждого утюга мы слышим, что ИТ и цифровизация — это наше всё. Но достаточно отключить связь, как не будет ни ИТ, ни "цифры". А потому пора уже думать об отечественном суверенном Интернете, чтобы ни одна... Ну, вы понимаете.

Как выразился однажды Илон Маск, историю пишут победители, а проигравшие редактируют Википедию. И не выбрасывайте раньше времени бумажные справки.

По материалам

Валов С. Г., Голышко А. В. Информационные сети будущего: общие принципы. — Вестник связи, 2003, № 2, с. 52—61;

<https://dzen.ru/a/YN8xnbr0tDnTUY9f?ysclid=m00vac15wy97496326>;

<https://www.isi.edu/newarch/iDOCS/final.finalreport.pdf>;

https://www.cnews.ru/news/top/2017-11-20_otets_vsemirnoj_pautiny_o_ee_budushchem_sistema?ysclid=lxlecsfrk700498728;

<https://www.mdpi.com/1999-5903/15/5/166>

НОВОСТИ ВЕЩАНИЯ

Раздел ведёт **В. ШЕПУХИН (R5GF)**, г. Липецк

РОССИЯ

БАШКОРТОСТАН. В Туймазах началось вещание радиостанции "Бизнес ФМ" на частоте 107,3 МГц (источник — URL: https://vk.com/bashfmvtw=wall-23672167_1331%2Fall) (22.08.24)).

ДАГЕСТАН. С 25 июля 2024 г. радиостанция "Детское радио" начала вещание в Махачкале, одном из крупнейших городов на юге России, расположенном на берегу Каспийского моря. Частота вещания — 95,3 МГц, мощность передатчика — 1 кВт (источник — URL: <https://www.gpmradio.ru/news-page/uid/38022>) (22.08.24)).

ДНР/ЛНР. В Зориновке на частоте 103,3 МГц вместо радиостанции "Радио России" вещает радиостанция "Маяк" (источник — URL: <https://forum.vcfm.ru/viewtopic.php?f=2&t=1889&start=645#p181083>) (22.08.24)).

При поддержке ФГУП РТРС "Компания радиовещания, радиосвязи и телевидения" возобновилась вещание радиостанции "Вести FM" на частоте 98,6 МГц в Луганске. Также на частоте 97,9 МГц было запущено вещание радиостанции "Радио России" в посёлке Чернухино Перевальского муниципального округа.

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

В Горловке начали вещание две радиостанции. На частоте 94,8 МГц — "Маяк", а на частоте 96,2 МГц — "Вести ФМ". Мощность передатчиков — по 500 Вт (источник — URL: https://vk.com/wall-212065317_10646) (22.08.24)).

ЗАПОРОЖСКАЯ ОБЛ. В Мелитополе на частоте 99,4 МГц начала вещание информационная радиостанция "Вести FM". Мощность передатчика — 2 кВт.

Радиостанция "Ретро FM" начала вещание в Мелитополе на частоте 97,1 МГц. Мощность передатчика — 500 Вт (источник — URL: https://vk.com/wall-134632126_49849) (22.08.24)).

ИВАНОВСКАЯ ОБЛ. Кинешма — новый город вещания "Радио родных дорог". Частота вещания — 91,5 МГц (источник — URL: https://vk.com/wall-34244011_42042) (22.08.24)).

КАБАРДИНО-БАЛКАРИЯ. Филиал РТРС РТПЦ Кабардино-Балкарской Республики в сотрудничестве с ООО "Радио Сеть" с 16 августа 2024 г. начал трансляцию в Нальчике радиостанции "Радио Искатель". Трансляция ведётся на частоте 91,7 МГц (источник — URL: <https://nalchik.rtrs.ru/tv/radioveshchanie/rtrs-nachal-translyatsiyu-radioiskatel-v-g-nalchik/>) (22.08.24)).

КАЛУЖСКАЯ ОБЛ. В Людиново на частоте 102,8 МГц началось вещание радиостанции "Авторадио" (источник —

URL: <https://www.gpmradio.ru/news-page/uid/38117> (22.08.24)).

КРАСНОДАРСКИЙ КРАЙ. В Темрюке на частоте 93,1 МГц началось вещание радиостанции "Радио Русь".

В крупном городе-курорте на Черноморском побережье Геленджике с 21 июля 2024 г. началось вещание радиостанции Like FM. Частота вещания — 89,9 МГц (источник — URL: <https://www.gpmradio.ru/news-page/uid/37988>) (22.08.24)).

В Туапсе началось вещание радиостанции "Радио Шоколад" на частоте 99,6 МГц.

В Кореновске на частоте 107,5 МГц началось вещание радиостанции Love Radio (источник — URL: <http://www.krutoymedia.ru/news/12850.htm>) (22.08.24)).

КРЫМ. Радиостанция "Радио Монте-Карло" начала своё вещание в Ялте на частоте 98,1 МГц.

6 августа 2024 г. стартовало вещание радиостанции "Новое Радио" в Ялте. Вещание ведётся в круглосуточном режиме на частоте 91,8 МГц (источник — URL: https://onair.ru/main/enews/view_msg/NMID_89690/) (22.08.24)).

КУРГАНСКАЯ ОБЛ. Радиостанция "Наше радио" с 1 августа 2024 г. возобновила трансляцию в Кургане на частоте 107,5 МГц (источник — URL: <https://goo.su/GFDKwuX>) (22.08.24)).

КУРСКАЯ ОБЛ. Радиостанция "Наше радио" начала вещание в Михайловке (также можно принимать и в Железнодорожске) на частоте 88,2 МГц (источник — URL: https://vk.com/radio.tv_46?w=wall-110042272_3566) (22.08.24)).

МОСКВА и МОСКОВСКАЯ ОБЛ. У радиостанции Relax FM увеличилась мощность передатчика с 5 кВт до 8 кВт для вещания на частоте 90,8 МГц в Москве. Добавлены города Дмитров и Наро-Фоминск (лицензия Л033-00114-77/00648813). Пункт установки передатчика — Балашиха (источник — URL: https://vk.com/wall-194965312_11487 (22.08.24)).

Из лицензии радиостанции "Радио Радонеж" (Л033-00114-77/00063437) была исключена средневолновая частота 612 кГц по причине отсутствия вещания на ней с 1 мая 2019 г. Трансляция на частоте 72,92 МГц продолжается (источник — URL: https://vk.com/wall-194965312_11487 (22.08.24)).

С полуночи 1 августа 2024 г. прекращено вещание радиостанции "Радио России" на частоте 66,44 МГц (источник — URL: https://vk.com/tvradiomsk?w=wall-194965312_11620 (22.08.24)).

8 августа 2024 г. в Можайске была запущена радиостанция "Маруся ФМ". Частота вещания — 102,8 МГц. Мощность передатчика — 5 Вт (по лицензии Л033-00114-77/00753579), звук стерео, RDS присутствует (источник — URL: https://vk.com/wall-194965312_11782 (22.08.24)).

МОРДОВИЯ. Началось вещание радиостанции "Русское радио" в Ковылкино на частоте 101,6 МГц (источник — URL: https://vk.com/radioitvvmordovii?w=wall-174056299_1259%2Fall (22.08.24)).

ОМСКАЯ ОБЛ. В Омске запущено вещание новой радиостанции "Радио Гордость". В честь старта вещания в полночь башня Омского телецентра была окрашена в ярко-алый цвет. Частота вещания — 90,1 МГц (источник — URL: <https://tele-satinfo.ru/index.php?id=18565> (22.08.24)).

ПСКОВСКАЯ ОБЛ. Запущено вещание радиостанции "Радио Шоколад" в г. Великие Луки. Частота вещания — 93,5 МГц (источник — URL: https://vk.com/radiochocolate98fm?w=wall-34682799_38940 (22.08.24)).

РОСТОВСКАЯ ОБЛ. В полночь 1 августа 2024 г. в Белой Калитве на частоте 93,1 МГц началось вещание радиостанции "Радио ФМ-на-Дону" (источник — URL: <https://forum.vcfm.ru/viewtopic.php?f=2&t=93&start=1005&ysclid=m05gdv2rg5562140033> (22.08.24)).

СТАВРОПОЛЬСКИЙ КРАЙ. С 3 августа 2024 г. в г. Зеленокумске началось вещание православной радиостанции "Радио Вера" на частоте 100 МГц (источник — URL: https://vk.com/public204049665?w=wall-204049665_1600 (22.08.24)).

В Георгиевске на частоте 95,2 МГц началось вещание радиостанции "Маруся ФМ" (источник — URL: https://vk.com/wall-62613163_23909 (22.08.24)).

ТАТАРСТАН. 1 августа 2024 г. запущено вещание Comedy Radio в Казани. В столице Республики Татарстан и её окрестностях Comedy Radio можно услышать на частоте 104 МГц. Мощность передатчика — 1 кВт (источник — URL: <https://www.gpmradio.ru/news-page/uid/38113> (22.08.24)).

ТАМБОВСКАЯ ОБЛ. В Мичуринске началось вещание радиостанции "Радио Русский Хит". Частота вещания — 89,5 МГц (источник — URL: <http://www.krutoymedia.ru/news/12790.htm> (22.08.24)).

ТВЕРСКАЯ ОБЛ. Теперь радиостанция "Радио Рекорд" вещает в Конаково на частоте 91,4 МГц (источник — URL: https://vk.com/wall-1959_7974634 (22.08.24)).

ХЕРСОНСКАЯ ОБЛ. В населённом пункте Ивановка налажено вещание радиостанции "Таврия". Частота вещания — 106,1 МГц (источник — URL: https://vk.com/wall-186674927_44720 (22.08.24)).

ЧЕЛЯБИНСКАЯ ОБЛ. В Магнитогорске с 1 августа 2024 г. на частоте 107,4 МГц началось вещание радиостанции "Радио Гордость" (источник — URL: https://vk.com/wall-195639083_375 (22.08.24)).

ЯРОСЛАВСКАЯ ОБЛ. С 1 августа 2024 г. в Ярославле на частоте 98,7 МГц началось вещание радиостанции "Радио Гордость". Мощность передатчика — 1 кВт (источник — URL: <https://yaroslavl.rtrs.ru/tv/radioveshchanie/rtrs-nachal-translyatsiyu-radio-gordost-v-yaroslavle/> (22.08.24)).

ЗАРУБЕЖНОЕ ВЕЩАНИЕ

АЗЕРБАЙДЖАН. Объявлено о масштабной модернизации инфраструктуры УКВ-радиовещания в Азербайджане. В рамках этой модернизации внедряются новые технологии. Проект включает в себя разработку системы радиоданных (RDS), которая позволит автоматически регулировать частоту при перемещении транспортных средств из одного региона в другой, тем самым предотвращая изменение частоты и потерю сигнала (источник — URL: www.azernews.az/business/228949.html (22.08.24)).

В Азербайджане расширен список госорганов, осуществляющих аудиовизуальное наземное вещание. В связи с этим Президент Азербайджанской Республики Ильхам Алиев подписал соответствующий указ. Согласно указу в список были добавлены следующие учреждения: ЗАО "Телевидение и радиовещание Нахчыванской Автономной Республики"; телерадиовещатель "Нахчыван ТВ"; ЗАО "Телевидение и радиовещание Нахчыванской Автономной Республики — радиовещатель "Радио Нахчыван" (источник — URL: <https://tele-satinfo.ru/index.php?id=18562> (22.08.24)).

КАНАДА. Радиостанция 900 CHML, являвшаяся последней из ведущих средневолновых радиостанций Канады, закрылась, что положило конец почти столетней работе местного радио в Гамильтоне ("Торонто Стар"). Радиостанция указала на финансовые потери в качестве основной причины закрытия.

НОВАЯ ЗЕЛАНДИЯ. По словам заместителя премьер-министра Новой Зеландии, коротковолновое вещание на Тихоокеанский регион сейчас более важно, чем в 1990 г., когда радиостанция RNZ Pacific впервые начала веща-

ние на этот регион. 1 августа 2024 г. RNZ запустила новый коротковолновый передатчик для Тихого океана, заменив старый, датируемый 1989 г. Верховные комиссары стран Тихоокеанского региона и министр иностранных дел Уинстон Питерс собрались в Доме RNZ в Веллингтоне, чтобы отметить запуск, а ещё одна делегация RNZ побывала на месте установки передатчика в Рангитаики, близ Таупо. Новая Зеландия и Китай — единственные две страны, осуществляющие коротковолновое вещание на этот регион, после того как австралийская ABC прекратила вещание в 2017 г. RNZ вещает на Тихий океан уже 75 лет на коротких волнах, а служба RNZ Pacific была запущена в 1990 г. RNZ Pacific вещает на весь Тихоокеанский регион 24 часа в сутки на английском и тихоокеанских языках в сотрудничестве с 22 медиапартнёрами (источник — URL: <https://www.rnz.co.nz/international/pacific-news/523864/rnz-goes-live-with-new-pacific-short-wave-transmitter> (22.08.24)).

СЛОВАКИЯ. В этом году новые электронные QSL-карточки посвящены 80-летию Словацкого национального восстания (СНВ). В 2024 г. выпущено шесть QSL-карточек на основе фотографий времён Второй мировой войны. На них изображены участники антифашистского сопротивления, офицеры и солдаты словацкой армии, которые воевали против фашистской Германии, а также радиодвор, откуда велось вещание для населения и участников СНВ.

США. 26 августа 2024 г. радиостанция WCBS 880 AM — один из ведущих новостных радиоканалов Нью-Йорка на протяжении почти 60 лет, будет заменена на ESPN New York, поскольку 1010 WINS становится главной радиостанцией для освещения новостей в режиме реального времени в районе Нью-Йоркского метро. Audacy, материнская компания WCBS 880 и 1010 WINS, объявила о заключении соглашения со спортивной медиасетью Good Karma Brands. Станция 880 AM станет новым местом вещания ESPN в Нью-Йорке и будет использовать позывные WHSQ-AM, пока не будет получено одобрение регулирующего органа FCC (источник — URL: <https://www.lohud.com/story/news/local/new-york/2024/08/12/wCBS-880-to-end-nearly-60-year-legacy-in-ny-will-be-replaced-by-espn-august-26-2024/74769615007/> (22.08.24)).

Радиостанция KHRT в Северной Дакоте прекращает свою работу спустя 60 лет. Владелец всё ещё ищет покупателя. Радиостанция KHRT(AM), которая долгое время работала в Северной Дакоте, и её родственная радиостанция KHRT(FM) прекратили вещание 31 июля 2024 г. Две радиостанции христианского формата принадлежат местной компании Faith Broadcasting и управляются ею. 23 июля 2024 г. менеджер и владелец радиостанции Рой Ливитт объявил в социальных сетях, что радиостанции прекратят работу. В своём заявлении Ливитт сказал, что поддержка и реклама упали до такого уровня, что Faith Broadcasting больше не в состоянии

продолжать работу станций (источник — URL: https://www.radioworld.com/news-and-business/headlines/khrt-in-north-dakota-goes-silent-after-60-years?utm_term=CA316074-A1D7-49B8-AF83-B04729A190FA&utm_medium=email&utm_content=170EE61E-3654-4EEF-97C1-685B74221F29&utm_source=SmartBrief (22.08.24)).

"Голос Америки" (признан в РФ иностранной организацией, выполняющей функции иностранного агента) закрывает свой передающий центр Robert E. Kamosa (REKTS) на Северных Марианских островах. Об этом сообщили местные СМИ тихоокеанской территории США, основываясь на письме Агентства США по глобальным медиа (USAGM). REKTS состоит из передатчика и антенной системы на Agingan Point в юго-западной точке Сайпана и второго передатчика и антенной системы на западной стороне Тиниана. Отсюда передаются программы на нескольких языках от "Радио Свободная Азия" и

"Голоса Америки" на регион Восточной Азии. Строительство объекта на Тиниане началось в 1993 г., когда Министерство обороны США передало Информационному агентству США 834 акра земли на острове. Первые передачи с объекта начались в январе 1999 г. (источник — URL: https://vk.com/wall-35538617_1384 (22.08.24)).

ФИНЛЯДИЯ. Проект Arctic Radio был запущен весной 2024 г. По мере сокращения вещания на длинных волнах проект зародился в основном из-за ностальгии, но потребность в независимой арктической радиостанции была очевидна. Вещание ведётся на нескольких языках — английском, финском, инари-саами, северных саами и скотт-саами, предназначено для людей, живущих в арктической зоне. Планируется начать вещание в конце 2024 г. из Инари, Северная Финляндия, с передатчика мощностью 1 кВт. В планах радиостанции — увеличение мощности передатчика. Цель проекта и радио-

станции — специализированная длинноволновая радиостанция, которая в будущем охватит большую часть Арктического региона (источник — URL: <https://arcticradio.net/> (22.08.24)).

ЭСТОНИЯ. "Радио Нымме", называющее себя самым радикальным радио Эстонии, не подало заявку на продление лицензии на радиовещание в Департамент защиты прав потребителей и технического надзора (TTJA), сообщает ERR. Радио прекратит свою деятельность уже осенью. Главный редактор радиостанции Маргус Лепа пояснил, что радиостанция, которая существует уже 30 лет, вынуждена прекратить свою деятельность из-за проблем со здоровьем самого Лепа. После того как он получил тревожный диагноз, он решил не продлевать лицензию на радиовещание (источник — URL: https://onair.ru/main/enews/view_msg/NMID_89741/ (22.08.24)).

Хорошего приёма и 73!



А. ГУРСКИЙ, г. Минск, Беларусь

"Видите, Балаганов, что можно сделать из простой швейной машины Зингера? Небольшое приспособление — и получилась прелестная колхозная сноповязалка".

И. Ильф, Е. Петров. "Золотой телёнок"

Электропроигрывающие устройства (ЭПУ) на основе польских панелей Unitra G-600, G-602 смело можно назвать "народными". Благодаря массовому выпуску и демократичной цене в условиях дефицита качественной аудиоаппаратуры они заполнили квартиры граждан СССР. Такие ЭПУ выпускались Бердским радиозаводом под маркой "Вега". К сожалению, у них было довольно много недостатков, и в то же время они обладали некоторым потенциалом для усовершенствования.

Прототипом для первого поколения этих панелей был проигрыватель фирмы Perpetuum Ebner PE-3044. Название как бы отражает бесконечный процесс "допиливания" этих устройств до сколько-нибудь вменяемого состояния. В своё время усовершенствованию проигрывателей на основе панелей G-600, G-602 было посвящено, видимо, рекордное, по сравнению с другими проигрывателями, число публикаций в журнале "Радио", и не только [1—23], не говоря уже о более поздних сообщениях и дискуссиях на различных

интернет-сайтах. Это косвенно говорит о том, что конструкция не являлась самодостаточной. Иногда панели ЭПУ Unitra использовались любителями при создании собственных конструкций проигрывателей [24].

Можно ли как-то повысить класс этих устройств? Некоторый потенциал для улучшения у них, конечно, есть, но потенциал этот не безграничен. Сразу скажем — сделать из этих панелей "вертушку" класса High End не получится. Для этого есть довольно серьёзные ограничения. Их преодоление приведёт к материальным и временным затратам, лишаящим смысла подобного рода деятельность. Поэтому самое главное в возне с "Вегами", построенными на основе этих панелей, — это вовремя остановиться и купить качественное ЭПУ проверенного производителя.

Но бывают случаи, когда такого ЭПУ нет, а "Вега" — вот она, пылится на антресолях, задаром. Мотивы использования могут быть разными — стеснённый бюджет, желание "попробовать винил"

при нежелании сразу вкладывать в это значительные средства, просто удовольствие от "оживления" и "твика" старой техники, желание прослушать коллекцию родительских пластинок, дать детям послушать советские сказки прямо из домашней коллекции, которые ещё бабушка-бабушка-папа-мама слушали, — да мало ли что. Отсюда и не прекращающийся интерес к этим "народным проигрывателям".

Если очень хочется — то можно. Посмотрим, что можно улучшить в этих проигрывателях, если "без фанатизма", ну, или с ограниченным фанатизмом.

Для этого рассмотрим основные "родовые травмы" этих ЭПУ. Травм этих довольно много. Попробуем их перечислить.

1. Основной проблемой можно считать шпиндельный узел диска и систему стабилизации скорости вращения, особенно применяемую в моделях G-600C и G-602. Подшипники скольжения вала диска в виде пары трения силумин — сталь являются уж слишком бюджетным решением, а система стабилизации

построена принципиально неверно: стабилизируется скорость вращения вала двигателя, а не диска. В результате пассивный привод и подшипниковый узел диска выведены из петли обратной связи. Проблемы с пассивом или малейшее "затирание" в подшипниковом узле из-за разбаланса диска, неидеальности шахты его оси, отклонения плоскости диска от горизонтали и т. д. не отрабатываются системой стабилизации. Результат — нестабильность скорости и повышенный коэффициент детонации, знакомые множеству владельцев этих панелей по "плаванию" или колебанию стробоскопических меток на диске. Да и сама система стабилизации скорости в её первозданном виде архаична и далека от идеала, что отмечалось, например, в [18]. К сожалению, простых методов избавления от этих проблем пока не найдено, а усовершенствование системы стабилизации частоты вращения вала двигателя их не решает.

2. Тонарм. Основные претензии к нему таковы. В G-602 при установочной базе 200 мм эффективная длина тонарма должна быть примерно 220 мм, а по факту на ранних панелях G-602 она равна 210 мм; отсутствует (G-600) или неоптимально выполнен (G-602) компенсатор скатывающей силы (от этого легко избавиться доработкой [8]); большой момент инерции тонарма (в G-600 трудноизлечимо, для ранних панелей G-602 предложена доработка [23], но она представляется неоптимальной); несъёмный и нестандартный шёлл (держатель головки звукоснимателя, в ранних G-600 был хоть и нестандартный, но съёмный, затем упростили, добавив проблем пользователям); незадемпфированный противовес (о важности демпфирования можно прочесть, например, в [25]); незадемпфированная трубка тонарма; горизонтальное смещение тонарма при опускании на пластину микролифтом (с этим боролись в [3, 19]).

3. Незадемпфированная панель стола, в ряде случаев также недостаточная вибробазовка двигателя. С последним боролись в [13].

4. Неправильно сделанный пружинный подвес панели, из-за чего эксплуатация этих столов — адovsky муки. Если вкратце, то это "автомобиль на пружинной подвеске из разных пружин, вдобавок без амортизаторов". Ездить не рекомендуется. Из-за неправильного расположения пружин и их разной жёсткости колебания стола из возвратно-поступательных переходят во вращательные (повороты вокруг горизонтальной оси, лежащей вдоль длинной стороны стола, примерно посередине) [25]. Пружины стоят не там, не так и не те. Изначально там был ещё "демпфер" в виде вставленного в пружину куса поролонa. Как демпфер, он малоэффективен, да и в 100 % аппаратов он давно разложился от времени.

5. Низкокачественный по современным меркам встроенный предусилитель-корректор.

6. Однополупериодные выпрямители в цепях питания корректора и электроники ЭПУ создают постоянное

подмагничивание в магнитопроводе трансформатора, из-за чего он работает хуже, чем мог бы. Да и сам трансформатор внутри корпуса — источник электромагнитных (фона) и механических помех (вибрация).

7. Неоптимальная коммутация сигналов с применением низкокачественных переключателей с окисляющимися контактами.

8. Ненадёжные лампы накаливания в таходатчике, автостопе, индикаторе включения в сеть ("Вега-106"), неоновая лампа стробоскопа (источник помех и фона, особенно в G-600). Лечится заменой всего этого на светодиоды [15]).

На этом остановимся. Есть, конечно, ещё к чему придраться, но вышеизложенное, на мой взгляд, — основное.

В каком объёме и как пытаться лечить эти "родовые травмы" — решать владельцу. Ряд рецептов предложен в литературе, а кое-что мы рассмотрим здесь.

Первое, что нужно сделать, вытерев ЭПУ от пыли, — это проверить, нет ли радиального люфта подшипникового узла диска. Если есть люфт, пациент мёртв, на этом всё. Годится только как донор запчастей, ничего толкового с ним сделать уже нельзя. Переутюживание или замена такого узла на аналогичные от других устройств — слишком затратны, могут потребовать прецизионного станочного оборудования. Такая игра однозначно не стоит свеч. Если же ощутимого люфта нет — с ЭПУ можно поработать.

Подшипниковый узел, согласно инструкции по эксплуатации, требует периодической смазки примерно через каждые 500 ч работы. Для смазки подшипникового шарика рекомендуют консистентную смазку ЦИАТИМ-201, для втулок — турбинное масло Л22 или веретённое масло АУ. В настоящее время имеется довольно много качественных смазок, превосходящих по характеристикам рекомендуемые. В частности, можно порекомендовать консистентные смазки для автомобильных узлов — люков, ступичных подшипников (только не 1-13 и не Литол-24), механизмов стеклоочистителей и стеклоподъёмников и т. п. Из жидких смазок часто рекомендуют масла для двигателей — можно попробовать масло 0-W-30 и подобное. Перед смазыванием узлы очищают от остатков старой смазки и затем наносят небольшое (без фанатизма!) количество новой. Подшипниковый шарик, на который опирается ось диска, может быть утерян. Если это так, нужно найти новый. На этом с узлом шпинделя диска всё.

Дальнейшие манипуляции условно можно разделить на две части — доработка электрической и механической частей. Целесообразно начать с электрической.

Здесь можно порекомендовать: — замену однополупериодных выпрямителей на диодные мосты;

— установку в электронном блоке панели стабилизатора напряжения примерно на 9...10 В (на LM317, LM7810, LM7809 и им подобных) вместо параметрического стабилизатора на

стабилитроне. Микросхемы нужно снабдить небольшим теплоотводом или установить на панели ЭПУ через изолирующую прокладку. Иногда рекомендуют ещё замену диодов BAVP18 на 1N4148 или D18, что, по мнению рекомендуемых, улучшает стабильность работы;

— замену ламп накаливания на светодиоды. Например, по рекомендации [15]. В таходатчике и автостопе лучше применять яркие светодиоды красного, оранжевого или жёлтого свечения, спектр которых лучше соответствует максимуму спектральной чувствительности фоторезисторов (для RPP-131 около 600 нм);

— замену неоновой лампы стробоскопа на светодиоды. Здесь надо применять светодиоды с широкой диаграммой направленности (90°...120°) либо с диспергатором, чтобы получить равномерную засветку стробоскопических меток на диске. В минимальном варианте можно ограничиться рекомендациями [15]. В максимальном можно изготовить более качественный стробоскоп по схеме [26]. В нём, кстати, вместо полевого транзистора IRLML2803 прекрасно работает биполярный транзистор серии KT530. Положительные моменты этого стробоскопа — возможность настройки, например, на частоту вращения диска 78 об/мин по меткам для 33,33 или 45 об/мин заменой констант в исходной программе прошивки микроконтроллера, кварцевая стабилизация частоты импульсов, а также относительно большая скважность импульсов, позволяющая получить очень чёткую картину меток. Число светодиодов можно сократить до одного-двух, если их яркости хватает для засветки меток. Удобны светодиоды зелёного свечения, которые лучше соответствуют максимуму спектральной чувствительности человеческого глаза. В ЭПУ G-600С желательно поменять местами на панели регулятор оборотов двигателя и узел подсветки стробоскопа, удалив последний от тонарма;

— изменение схемы коммутации выходных сигналов. Переключатели П2К — не лучший выбор для этого, вдобавок длина соединительных кабелей при этом получается неприлично большой, а её лучше максимально уменьшать. Выходные провода сигнала с головки звукоснимателя (ГЗ) лучше отсоединить от транзисторов-шунтов (это лишнее). Коммутацию лучше сделать так, как это сделано в более поздних "Арктур-006". В этом случае на задней панели устанавливают разъём-розетку с числом штыревых контактов не менее 5 (например, розетка СГ-5, она же DIN-разъём). К её выводам 3, 5, 2 подсоединяют соответственно провода сигналов левого, правого каналов и общий провод от ГЗ (прямо с колодки под тонармом, отсоединив от всего остального). От контактов 1, 4 и 2 подсоединяем кабель на вход предусилителя-корректора: 1 — левый канал, 4 — правый канал, 2 — общий. Затем изготавливаем заглушку из вилки СШ-5, соединив в ней перемычками пары выводов 1—3 и 5—4. При наличии этой заглушки сигнал пойдёт на вход встроен-

ного корректора, при снятии к розетке можно подключить стандартный кабель с DIN-разъёмом и подать сигнал непосредственно с ГЗ на вход внешнего предусилителя-корректора, который в этом случае может быть любым, по вкусу владельца;

— замену встроенного предусилителя-корректора на более качественный. Рокот-фильтр, по моему мнению, совершенно не нужен. Достаточно сформировать АЧХ корректора по стандарту RIAA-78. Чтобы не сильно переделывать источник питания, лучше выбрать схему корректора с однополярным питанием (возможно, потребуется перемена полярности питания). Корректор можно выбрать по вкусу из числа описанных в литературе. Если "без претензий", годится схема [14]. Более "продвинутые" варианты — на полевых транзисторах, например в [27], и подобные ему. В устройстве [27] для получения приемлемой АЧХ следует увеличить ёмкость разделительных конденсаторов C1, C2, C5, C8 с 0,05 мкФ до 0,1 мкФ, C9 — как минимум до 2,2 мкФ, сопротивление резистора R16 увеличить до 51 кОм, зашунтировав его конденсатором ёмкостью 150 пФ, а также более точно подобрать ёмкость конденсатора C6. Разумеется, в цепи питания корректора также следует применить мостовой выпрямитель и стабилизатор. Надо учесть, что переменное напряжение 21 В, используемое в "Вегах-106" в узле питания корректора, позволяет получить после выпрямителя и стабилизатора постоянное напряжение около 21...23 В, что потребует пересчёта цепей питания корректора [27]. Это напряжение можно незначительно повысить (где-то до 24...25 В), применив диоды Шоттки в выпрямителе и стабилизатор с малым падением напряжения (low dropout). Применение электронных ламп во встроенном корректоре нецелесообразно из-за отсутствия нужных напряжений питания и проблем с тепловым режимом ЭПУ.

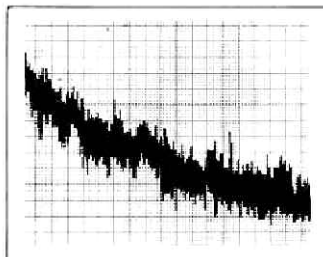
Делать ли что-либо с узлом стабилизации частоты оборотов двигателя — решать владельцу. Кардинального улучшения стабильности частоты вращения диска и уменьшения коэффициента детонации это всё равно не даст, поэтому пока можно оставить как есть. При желании можно поэкспериментировать с устройством по схеме, предложенной в [28]. Там один из пользователей предложил другой подход — стабилизацию по датчику тока двигателя, который растёт под нагрузкой, с использованием микросхемы, применяемой для стабилизации оборотов двигателя малогабаритных магнитофонов и плееров. Приём известный, применяется и для стабилизации оборотов под переменной нагрузкой в электродрелях. В этом случае в петлю обратной связи косвенно включается узел диска, чем и интересно такое решение. Но наиболее радикальным решением, на мой взгляд, является предложенное в [29], если в качестве датчика взять не таходатчик двигателя, а фотодатчик, снимающий сигнал со стробоскопических меток диска. Иногда говорят о неточности нанесения этих меток. Однако она относительно мала,

чтобы вызванный ею "джиттер" оказал заметное влияние на достаточно инерционный узел стабилизации скорости. Такое решение не проверялось на практике, поэтому здесь пока не рассматривается.

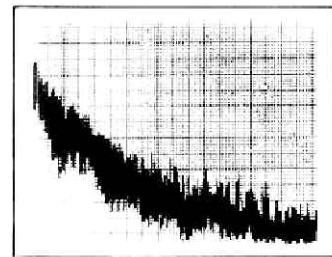
На этом пока можно закончить с электрической частью. Переходим к механической.

Вначале небольшое "лирическое отступление" об амплитудах колебаний, характерных для грамзаписи. Сделаем грубую оценку. Амплитуда отклонений в звуковой дорожке при уровне 0 дБ не превышает примерно 25 мкм (реально в большинстве записей это значение не достигается). Динамический диапазон грамзаписи колеблется в интервале от 40 дБ до 60 дБ (уровень шумов немой канавки имеет значение, достигающее -60 дБ). Значение -60 дБ соответствует амплитуде колебаний 0,025 мкм, или 25 нм, 40 дБ — 250 нм. 25 нм — значение, сопоставимое с межатомными расстояниями в некоторых материалах, оно примерно в десять раз их превышает — это характерный размер микроверностей канавок (источников поверхностного шума). И этот шум хорошо слышен. Из сказанного ясно, что демпфирование деталей ЭПУ для избавления от всякого рода паразитных колебаний — вопрос далеко не праздный, и ему следует уделить должное внимание, потому что даже колебания амплитудой порядка 25 нм для устройств грамзаписи весьма существенны. Вдобавок, элементы ЭПУ могут иметь собственные механические паразитные резонансы. Поэтому — демпфировать всё, что мож-

Теперь про диск. При постукивании он издаёт "колокольный звон". Имеем в виду следующее: 1) если есть резонанс — чтобы его возбудить, много не нужно, особенно, если он высокочастотный; 2) источников возбуждения как минимум четыре: (1) вибрации от привода двигателя. В сверхтихоходных приводах не актуально, в высоко- и среднеоборотных, особенно с роликом (G-600B), — существенны; (2) "шорох" от трения вала диска в шахте. Спектр близок к розовому шуму. Интенсивность очень мала, но резонансу много не надо; (3) "цыканье" от взаимодействия иглы с канавкой на ВЧ и щелчков (выключим усилитель, поставим тонарм, включим проигрывание пластинок, прислушаемся, услышим (акустически) звук без RIAA-коррекции, знаком многим, думаю, с детства). Эти колебания передаются не только подвижной системе-головке-тонарму. В материале пластинки распространяются звуковые волны, через точки контакта пластинки с диском передаются диску, особенно если мат "задубевший" и не демпфирует эти колебания. Некоторые любят звук, когда мата вообще нет и пластинка лежит на металлическом диске — своеобразный ревербератор, создающий призвуки, дающие "полноту" и "объём"; (4) акустическая обратная связь — от акустических систем, если слушать достаточно громко. Некоторые слышат разницу в звуке при проигрывании с открытой и закрытой крышкой — источник разницы в воздействии звуковых волн на элементы ЭПУ, в первую очередь на тонарм. Воздействуют они и на



Spectre de bruit d'une très bonne platine avec son couvre-plateau d'origine.



La même platine (même n° de fabrication) équipée du couvre-plateau DUMPA.

Рис. 1

но — панель ЭПУ, трубку тонарма, его противовес, подвеску двигателя, крепление трансформатора блока питания. Определённую помощь при этом окажет стетоскоп.

Необходимость вибропоглотителя по всей площади панели ЭПУ становится ясной при прослушке стетоскопом. Панель и диск можно демпфировать "дешёво и сердито" слоем пластилина толщиной примерно 2...3 мм. Сейчас есть самоклеющиеся автомобильные листовые противошумные материалы (правда, выходит дороже пластилина, зато эстетичнее и материал поприятнее). Так что панель ЭПУ и диск можно демпфировать такими листовыми материалами, вырезая их кусочками и наклеивая на панель.

диск. Далее резонанс... Это всё к тому, что "микро- и наноэффектами" пренебрегать, увы, нельзя, и довольно малые амплитуды "звона" или "подзванивания" диска могут внести окрас в звучание. Иногда это благозвучный окрас, и такие устройства весьма высоко ценятся. Именно отсюда "растут ноги" всех рассуждений про отличия звучания с различными матами, столами и т. д. [30]. В своё время проводились даже исследования по влиянию различного материала матов на призвуки. На рис. 1 показан эффект воздействия материала матов — исчезновение на правом рисунке спектральных полос, соответствующих призвукам (левый рисунок), при применении мата из материала DUMPA [30].

Чтобы мысли об этом не лезли в голову — проще задемпфировать диск и спать спокойно. Хотя, если кому нравятся призывки, можно и не демпфировать. Часто демпфируют диски с помощью резиновых колец, надеваемых на диск. Нам это, скорее всего, не подойдет, поскольку такое кольцо скроет стробоскопические метки (в G-600B, где метки снизу диска, предпочтительно именно кольцо). При демпфировании диска очень важно не нарушить его балансировку, так что лучше применить листовой противозумный материал, наклеив его на диск и аккуратно обрезать.

В результате виброизоляции панели и диска они становятся тяжелее, и панель "ложится" на корпус ЭПУ. И это хорошо. Потому что сделанную aby как пружинную подвеску панели лучше всего убрать. Сами пружины даже извлекать не надо. Для надёжности панель нужно прикрутить к корпусу ЭПУ имеющимися винтами (использовались для фиксации панели при транспортировке). При этом, правда, потребуются утяжелить и сам корпус. Чем тяжелее корпус, тем труднее заставить его вибрировать и тем меньше при прочих равных амплитуда вибраций. Образно говоря, это эволюция от авто амортизаторов к асфальтовому катку.

Очень хорошее решение — перенос пружин к ножкам самого корпуса, при жёсткой фиксации панели к корпусу (пленту). Так сделано, к примеру, в культовом проигрывателе Lenco L-75 и ему подобных, где пружины стоят между дном корпуса и самим корпусом. Подпружиненная масса сильно возрастает, частота колебаний уменьшается. Понятно, что для этого нужны другие пружины, да и демпфированием озадачиться надо. Если всего этого не делать, роль "демпфированной пружины" худо-бедно может исполнить даже дно штатного корпуса из ДВП, в которое вкручены штатные ножки с резиновыми колпачками. Это, если "на безрыбье".

Если это делать, то сказав "А", надо сказать и "Б", а именно, надо удалить из корпуса трансформатор, причём в обязательном порядке. Его наличие (и не только в "Вегах") существенно ухудшает отношение сигнал/помеха. Проверено неоднократно. Приговор — трансформаторы вон из корпуса, категорический императив. Выносим трансформатор (или весь блок питания) в отдельный корпус, например, от блока питания компьютеров формата ATX.

Чтобы развязаться от опорной поверхности, на которой стоит проигрыватель, после "ампутации" пружин стола можно порекомендовать: 1) увеличивать общую массу корпуса; 2) делать развязку корпуса от опоры. Например, взять кусок толстого поролона или полиуретана (обрезков этих материалов много у производителей матрацев и переделщиков мягкой мебели) и поставить на него весь проигрыватель через плоские вставки, например из фанеры. Можно "бутербродом" в не-

сколько слоёв с фанерными проставками. Такой сэндвич — неплохая развязка. Можно также попробовать поставить корпус на шипы.

Следующий шаг — доработка тонарма. Можно встретить рекомендации по приработке опорных конусов качели и подшипников вертикальной оси подвеса тонарма. На мой взгляд, если эти узлы не подвергались ударам, достаточно их просто отрегулировать, добившись лёгкого перемещения тонарма (буквально от слабого дуновения) при отсутствии люфтов. Узел компенсации скатывающей силы (G-602) надо дора-



Рис. 2

ботать по рекомендации [8]. Дальнейшее касается тонармов G-602. Можно предложить следующие доработки.

Демпфирование противовеса. Для этого тонарма надо разобрать, вынуть стержень, на который одевается противовес (в ранних G-602), и распилить его на расстоянии примерно 8 мм от места его стыка с шарниром. Распиленные части затем соединяются между собой через мягкую, но не сильно упругую прокладку толщиной примерно 1 мм (вспененный полиуретан, мягкий пенопласт или что-то похожее) соответ-

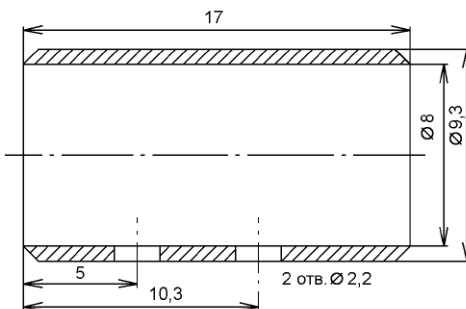


Рис. 3

ствующего диаметра. Для соединения частей используется отрезок резиновой трубки подходящего диаметра длиной около 16 мм. Результат показан на рис. 2. Соединение получается достаточно прочным, если надевать трубку в натяг. Небольшое провисание противо-

веса с течением времени не страшно, оно мало влияет на прижимную силу. Всё равно её желательно время от времени проверять и корректировать. Удобнее всего это делать с помощью электронных ювелирных весов, которые в настоящее время достаточно распространены.

На площадку, опирающуюся на шток микролифта, целесообразно наклеить кусок тонкой листовой резины — для борьбы с горизонтальным смещением тонарма при его опускании с помощью микролифта из-за действия компенсатора скатывающей силы.

Следующая доработка — уменьшение момента инерции тонарма, коррекция его эффективной длины и установка стандартного байонетного SME-совместимого разъёма шелла. Это наиболее сложная часть доработки, требующая изготовления втулки-переходника и изменения геометрии трубки тонарма для выставления эффективной длины L и угла коррекции β . При этом требуется также проводить довольно точные измерения в процессе изгибания трубки, чтобы получить нужные значения L и β . Крайне желательно перед этой процедурой провести отжиг материала трубки. Она сделана из закалённого дюралюминия. Достаточно твёрдая и сильно пружинит. Отжиг делает её мягкой и позволит гораздо проще изогнуть её нужным образом. Отжиг проводится при температуре около 500 °C в течение 4...5 ч с последующим медленным охлаждением на воздухе (скорость остывания — не более 100 °C в час). В старой литературе рекомендовалось для грубого определения температуры при кустарном отжиге (например, в золе костра) намазать поверхность хозяйственным мылом. Температура, при которой оно почернеет, и есть температура отжига. Разумеется, при наличии муфельной печи или термощафа процедура упрощается. Если с отжигом проблемы, можно согнуть трубку и без него, но это будет значительно тяжелее. Для гибки трубки потребуются тиски достаточно большого размера. Нужно также изготовить "матрицу" и "пуансон" из относительно мягкого материала (дерево, пластик) с полукруглыми поверхностями, имеющими радиусы закругления несколько меньше, чем новые радиусы изгиба трубки.

Разъёмы для тонарма и шелла можно приобрести на Aliexpress. Качество их не супер, но для ЭПУ этого класса оно достаточно. Более того, небольшие люфты в разъёме могут помочь при коррекции азимута и вертикального угла (VTA) ГЗ.

Для установки разъёма нужно укоротить трубку тонарма примерно на 12 мм (определить по месту) и изготовить муфту-переходник под разъём (рис. 3).

Материал муфты — алюминий или его сплав (наиболее эстетично), но можно использовать и другие материалы. Размеры фасок муфты на рисунке не указаны — они могут быть около 0,5 мм.

Муфту приклеивают к трубке крепёжными отверстиями вниз с помощью эпоксидного клея, при этом трубка должна заходить в муфту примерно на 5 мм.

"Родной" металлический шелл освобождают от тяжёлой латунной муфты, и на её место вклеивают эпоксидным клеем SME-совместимый разъём.

Ортофон FF15 (15 мм), многие ГЗ фирмы Audio Technica, ГЗМ-003 (17 мм) можно при этом поставить с применением прокладок нужной толщины. Понятно, что для обеспечения нужного VTA параллельно плоскости пластинки должен выставляться сам шелл, для трубки тонарма это совсем не обязательно.

В результате облегчения тонарма может потребоваться доработка противовеса — уменьшение его массы. Ориентировочно это соответствует

ских сайтах, например [32], поэтому здесь она не приводится. Установить грузик компенсатора скатывающей силы можно грубо по измерительной пластине, имеющей участок "зеркала" без канавок (добиваемся, чтобы при установленной прижимной силе не было радиального смещения иглы), а более точно — по рекомендациям в [31].

Результат (вид доработанного тонарма с шеллом на байонетном разъёме) показан на **рис. 4, рис. 5**.



Рис. 4



Рис. 5

Внимание! Если планируется использовать другие шеллы, имеющие несколько иную геометрию, чем "родной", то следует предварительно разметить, какая длина трубки потребуется для получения нужной эффективной длины. На многих шеллах головка звукоснимателя (ГЗ) вынесена вперёд, по сравнению с "родным" шеллом. Это потребует укорачивания трубки ещё примерно на 12...17 мм (измерять по месту).

Вклеивание муфты большего диаметра создаёт проблему с пластиковой стойкой-держателем тонарма в нерабочем положении. Если для "родного" шелла ещё как-то может получиться не сильно "наехать" муфтой на стойку, то для других шеллов это проблематично и может потребовать увеличения диаметра скобы-держателя (расточить круглым напильником, подогреть и слегка разогнуть скобу либо сочетание первого и второго).

После изгибания трубки, приклейки муфты, примерочной сборки с установкой шелла и при необходимости правки трубки для коррекции эффективной длины, угла коррекции, азимута и VTA трубку желательно затянуть в термоусадку — это уберёт "звон" трубки (демпфируем всё, что можно!) Здесь отметим, что лучше оптимизировать VTA тонарма под "высокие" ГЗ, такие как Ортофон OM-XX, Philips GP-400 и им подобные, с расстоянием от иглы до верхней плоскости ГЗ, достигающим 20...22 мм. К сожалению, унификации ГЗ по этому параметру нет. "Низкие" ГЗ, такие как

уменьшению длины цилиндра противовеса примерно на 5...7 мм (лучше начать с меньшего, чтобы не промахнуться). Если мешает конусная пластиковая часть со шкалой, можно и её укоротить (видно на рис. 2), можно также надеть противовес "задом наперёд", это поможет увеличить интервал регулировки прижимной силы в сторону увеличения. Из-за изменившихся параметров тонарма шкала прижимной силы становится бесполезной, прижимную силу надо устанавливать по весам (можно по ним сделать и новую градуировку шкалы).

Далее проводим окончательную сборку тонарма, ставим шелл с установленной в нём ГЗ, выставляем прижимную силу и производим выставление L , β по шаблону (его можно либо приобрести в специализированных магазинах, либо найти файл шаблона для распечатки довольно легко по ключевым словам alignment protractor). Их достаточно много в Интернете на тематических сайтах. Более точную настройку можно провести по рекомендациям в [31]. При распечатке шаблона следует иметь в виду, что как при сканировании шаблонов, так и при их распечатке имеют место искажения масштаба изображения (например, из-за небольшого пропальцовывания бумаги в принтере). Поэтому предпочтительны шаблоны, имеющие масштабную миллиметровую линейку. По ней можно скорректировать масштаб изображения. Описания методики настройки тонарма, в том числе выставления L , β , имеются в Интернете на тематиче-

Что касается прямых тонармов G-600x, то основная их доработка — введение компенсатора скатывающей силы. Проще всего для этого применить узел подвеса тонарма от G-602, крепления трубки там практически одинаковые. При отсутствии такого узла подвеса можно попробовать сделать что-то похожее на компенсатор с грузиком на нитке (тонкой леске), как в тонармах SME-3009 и в "Электронике B1-01". Другую доработку — демпфирование противовеса — можно провести только с помощью токарных работ, что под силу не каждому любителю.

Ну, короче, Perpetuum Ebner — этим всё сказано. "Как вы яхту назовёте, так она и поплывёт". Хотя удовольствие от процесса получить-таки можно!

ЛИТЕРАТУРА

1. **Соколов А.** Улучшение звучания проигрывателя "Вега-106". — Радио, 1978, № 10, с. 40, 41.
2. **Минасевич Б.** Уменьшение помех в ЭПУ G-600B. — Радио, 1979, № 7, с. 41.
3. **Юрченко Ю.** Доработка "Веги-106-стерео". — Радио, 1980, № 7, с. 47.
4. **Тарасун С.** Уменьшение фона в "Вега-106-стерео". — Радио, 1981, № 2, с. 25.
5. **Утолин А.** Об одной неисправности "Веги-106-стерео". — Радио, 1981, № 5/6, с. 68.
6. **Тамаровский В.** Усовершенствование ЭПУ G-602. — Радио, 1982, № 3, с. 37.
7. **Дроздецкий В.** Об опыте эксплуатации радиоконфлюсов "Вега". — Радио, 1982, № 4, с. 41.

8. **Козьявин А.** Усовершенствование компенсатора скатывающей силы. — Радио, 1983, № 1, с. 36.
9. **Шайков Е.** Об уменьшении фона в "Вега-106-стерео". — Радио, 1984, № 2, с. 46.
10. **Кузьмичёв С.** О замене ламп накаливания в ЭПУ G-602. — Радио, 1984, № 3, с. 45.
11. **Бударин В.** Об одной неисправности ЭПУ G-602. — Радио, 1984, № 6, с. 56.
12. **Долгов С.** Ещё раз о замене ламп в ЭПУ G-602. — Радио, 1984, № 7, с. 57.
13. **Шокшинский Г.** Уменьшение уровня рокота в "Вега-106-стерео". — Радио, 1985, № 1, с. 64.
14. **Хоменок В.** Предусилитель-корректор для "Вега-106-стерео". — Радио, 1985, № 2, с. 29.
15. **Гумеля Е.** Светодиоды в ЭПУ G-602. — Радио, 1985, № 7, с. 26.
16. **Степанец А.** Восстановление работы микрофилта. — Радио, 1986, № 5, с. 48.
17. **Сотов С.** Повышение удобства пользования ЭПУ. — Радио, 1986, № 5, с. 58.
18. **Псурцев В.** Модернизация ЭПУ G-602. Радиоежегодник-87/Сост. А. В. Горюховский. — М.: ДОСААФ, 1987, с. 132—140.
19. **Ерухимович В.** Усовершенствование микрофилта. — Радио, 1987, № 4, с. 57.
20. **Чекасин А.** Устранение щелчков в ЭПУ G-602. — Радио, 1988, № 1, с. 61.

21. **Клосс И.** Сенсорное устройство управления ЭПУ G-602. — Радио, 1990, № 6, с. 50—52.
22. **Горькунов О.** Снижение помех в ЭПУ "Вега-106". — Радио, 1993, № 7, с. 43.
23. **Боянов С.** Усовершенствование ЭПУ G-602. — Радио, 1995, № 3, с. 19, 20.
24. **Владимиров Ф.** Любительский электропроигрыватель. Радиоежегодник-86/Сост. А. В. Горюховский. — М.: ДОСААФ, 1986, с. 70—93.
25. **Черкунов В. К.** Конструирование любительских проигрывателей. Массовая радиобиблиотека. Вып. 1016. — М.: Энергия, 1980, 112 с.
26. **Ридико Л.** A006-Strobo. — URL: http://leoniv.diod.club/projects/audio/a-006/a-006_strobo/a-006_strobo.html (09.07.24).
27. **Орлов В.** Малошумящий предусилитель-корректор. — Радио, 1987, № 12, с. 45.
28. Ремонт ЭПУ Unitra G-602C. — URL: <https://forum.vegalab.ru/showthread.php?t=49993&p=2935122&viewfull=1#post2935122> (09.07.24).
29. Стабилизатор скорости для "Веги" и прочие доработки оной. — URL: <https://mysku.club/blog/diy/92517.html> (09.07.24).
30. **Bruil R. A.** The Turntable Mat /пер. с англ. А. Поминова: Мат для винилового про-

игрывателя. Audio & Music Bulletin. — URL: http://www.soundfountain.com/amb/ttmat_russian.html (09.07.24).

31. **Мусатов К.** Регулировка тонарма проигрывателя с помощью компьютера. — Радио, 2013, № 3, с. 11—13.

32. Настройка проигрывателя виниловых пластинок (LP-проигрывателя). — URL: <https://proektor54.ru/anonces/?id=894> (09.07.24).

ОБРАТИТЕ ВНИМАНИЕ

В статье **А. Чечнева** "Из истории радиоэлектроники. "Электро-ника видео-82" в журнале "Радио" № 9 за 2024 г. по вине редакции допущена ошибка. На с. 38 в правой колонке во втором абзаце сверху окончание первого предложения следует читать: "... необходимых для организации в СССР массового производства бытовых кассетных видеомагнитофонов".

Усовершенствованный стабилизированный источник питания на ОУ и мощном полевом транзисторе/IGBT с токовой защитой и низким уровнем пульсаций

А. КУЗЬМИНОВ, г. Москва

В статье описан стабилизированный источник питания с выходным напряжением 28 В и током 9 А. Приведены два варианта стабилизаторов выходного напряжения: на ОУ MC34072AMTTBG и полевом транзисторе IRFP4710, на ОУ MC33072DR2G и IGBT DG20X06T2.

Предлагаемый источник питания (ИП) — усовершенствованная версия источников, описанных автором в [1, 2]. В нём применены некоторые более современные компоненты и несколько упрощена схема, что повысило надёжность его работы, а также снизило размах пульсаций выходного напряжения.

Основные технические характеристики

Выходное напряжение, В28

Максимальный ток нагрузки, А9,1
Разность выходных напряжений при отсутствии нагрузки и максимальной нагрузке (при токе 9,1 А), В, не более0,1
Размах пульсаций выходного напряжения при токе 9,1 А на нагрузке 3 Ом, мВ, не более1,5
для IRFP47101,5
для DG20X06T22
Ток срабатывания защиты, А10,2

Прежде чем описывать схему устройства, сделаем некоторое отступление относительно способа включения мощного транзистора в стабилизаторах напряжения. В [1, 2] об этом, к сожалению, ничего не сказано, поэтому ниже восполнен этот пробел.

Наиболее распространённой для получения стабилизированного напряжения на мощном полевом транзисторе является схема, показанная на **рис. 1**. Здесь на сток транзистора подаётся входное плюсовое напряжение, а с истока снимается также плюсовое ста-

билизованное напряжение, потенциал которого, естественно, ниже потенциала входного напряжения. Такое включение транзистора — наиболее распространённое и используется не только в стабилизаторах, но и в подавляющем числе приложений. Основным недостатком такого включения является

то здесь возникает ещё одна проблема, к счастью решаемая, связанная с закрытием транзистора. Для того чтобы закрыть транзистор, например, с помощью ОУ, на его затвор потребуется подать напряжение, равное напряжению истока, т. е. входному напряжению. Не каждый ОУ на это способен. В пред-

что выходное минусовое напряжение, которое способен воспроизвести этот ОУ, отличается от напряжения питания всего на 0,1 В. Если, например, напряжение питания 41 В, то выходное напряжение ОУ может достигать 40,9 В.

Во-вторых, в стабилизаторе применён полевой транзистор IRFP4710 с

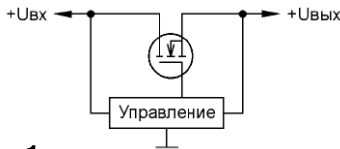


Рис. 1

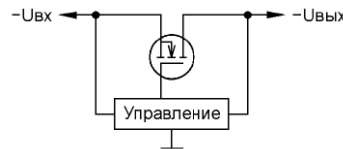


Рис. 2

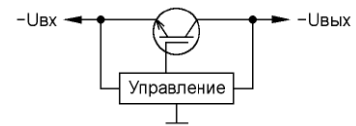


Рис. 3

тот факт, что для открытия транзистора на его затвор необходимо подать напряжение, которое обычно на 2...4 В выше напряжения истока. Это так называемое пороговое напряжение затвора — $U_{GS(th)}$ (Gate Threshold Voltage). При большом токе нагрузки напряжение между стоком и истоком существенно снижается и может быть 1...2 В, а то и меньше. Отсюда следует, что для открытия транзистора на его затвор необходимо подавать напряжение уже выше входного напряжения. Но где его взять, если, кроме входного, другого напряжения нет? Для выхода из создавшегося положения чаще всего используют два метода. Первый заключается в том, что с помощью специального удвоителя напряжения входное напряжение повышается до необходимого уровня, добавляется к входному и подаётся на затвор, и таким образом вопрос снимается. Второй метод — в трансформатор добавляется ещё одна обмотка, выходное напряжение которой выпрямляется, сглаживается конденсаторами, складывается со входным и также подаётся на затвор. Однако оба этих метода сопряжены с некоторыми сложностями и необходимостью применения дополнительных компонентов.

Во второй схеме включения полевого транзистора (рис. 2), как можно заметить, транзистор "перевернут", т. е. у него поменялись местами сток и исток, на который подаётся уже минусовое входное напряжение, а со стока снимается выходное стабилизированное напряжение, которое является более положительным по сравнению с входным. В этом случае для открытия транзистора на его затвор потребуется подать напряжение также более положительное, чем напряжение истока, т. е. по абсолютному значению на те же 2...4 В уже меньше входного, а не больше, как в первой схеме — рис. 1. Таким образом, если входное напряжение равно, например, -41 В, то на затвор потребуется подать напряжение -39...-37 В, с чем справится любой ОУ, если его питать входным напряжением, подаваемым на вывод питания ОУ минусовым напряжением (-U), а его вывод питания плюсовым напряжением (+U) соединить с общим проводом.

Аналогично полевому транзистору можно включить IGBT (рис. 3).

лагаемом стабилизаторе эта проблема решена с двух сторон.

Во-первых, применённый ОУ MC34072/MC33072 обладает так называемым свойством rail-to-rail output по минусовому напряжению, т. е. он способен воспроизвести выходное напряжение, почти равное минусовому напряжению питания. Здесь "почти" означает,

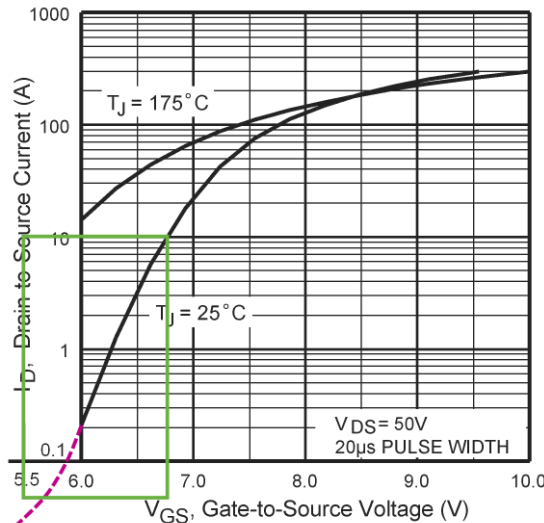


Рис. 4

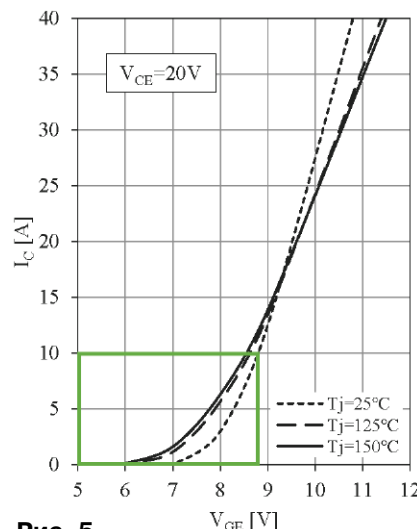


Рис. 5

очень высоким пороговым напряжением затвора, о котором говорили ранее — по справочному листку $U_{GS(th)} = 3,5...5,5$ В. Из рис. 4, отражающего передаточную характеристику этого транзистора, следует, что при напряжении на затворе 6 В транзистор только начинает открываться, обеспечивая выходной ток всего 0,2 А. Если мысленно продлить передаточную характеристику (к сожалению, она показана не от нуля, как во многих справочных материалах на похожие транзисторы) влево ещё на 0,5 В (см. штриховую красную линию), можно заметить, что выходной ток также существенно снизится. Из всех мощных полевых транзисторов, насколько это известно автору, такое высокое пороговое напряжение затвора имеет только IRFP4710. Как видно из рис. 4, при токе от минимального до 10 А этот транзистор работает в зоне напряжения затвора приблизительно от 5,5 В до 6,75 В (см. зелёный прямоугольник).

Ещё более высоким пороговым напряжением затвора обладает биполярный транзистор с изолированным затвором (в отечественной литературе — БТИЗ, который в зарубежной литературе имеет аббревиатуру IGBT — Insulated-Gate Bipolar Transistor). Такой прибор представляет собой мощный биполярный транзистор, между коллектором и базой которого подключён менее мощный полевой транзистор, задающий базовый ток, а на его затвор уже подаётся управляющее напряжение. Хотя такие транзисторы, как правило, используются совсем в другой области, например в инверторах для сварочных аппаратов, так как они рассчитаны на очень высокое напряжение между эмиттером и коллектором (600 В и даже 1200 В), их передаточная характеристика очень близка к передаточной характеристике мощного полевого транзистора, а пороговое напряжение затвора ещё больше. Например, у IGBT DG20X06T2 (максимальный ток коллектора $I_k = 42$ А при 25 °С и 29 А при 100 °С, максимальное напряжение коллектор-эмиттер $U_{CES} = 600$ В, см. рис. 5) пороговое напряжение затвора — 5,2...6,5 В с типовым значением 5,8 В. Если сравнить передаточную характеристику этого транзистора с передаточной характеристикой IRFP4710, то можно

обнаружить, что при напряжении между затвором и эмиттером 7 В он только начинает открываться, тогда как IRFP4710 при таком же напряжении почти открыт и может пропускать ток 70 А (!), и он на это способен. Что касается предлагаемого стабилизатора, то транзистор DG20X06T2 работает в зоне напряжения затвора приблизительно от 5 В до 8,8 В (см. зелёный прямоугольник на рис. 5).

Включение IGBT показано на рис. 3. Подобное включение такого транзистора довольно редкое. В Интернете автор нашёл единственную схему линейного стабилизатора с подобным включением IGBT. Эта схема приведена в дополнительных материалах к статье. Схема управления транзистором в приведённой схеме достаточно сложна и здесь не обсуждается, однако в ней показано включение транзистора именно так, как показано на рис. 3.

Здесь также необходимо добавить, что не каждый IGBT имеет такое высокое пороговое напряжение затвора. Автор перепробовал несколько транзисторов, пока не нашёл подходящий, а именно DG20X06T2.

Какие преимущества имеет IGBT перед полевым транзистором и, в частности, DG20X06T2 перед IRFP4710?

Во-первых, DG20X06T2 относительно недорогой.

Во-вторых, поскольку встроенный в DG20X06T2 полевой транзистор существенно менее мощный, чем IRFP4710, его ёмкость между эмиттером и затвором намного меньше — 2320 пФ против 6160 пФ у IRFP4710, а чем меньше эта ёмкость, тем легче управлять транзистором со стороны ОУ. Поэтому, хотя ОУ MC33072/MC34072 и способен управлять нагрузкой ёмкостью до 10 нФ, управление DG20X06T2 для этого ОУ более “удобное”, что существенно повышает надёжность работы стабилизатора.

В-третьих, автор обнаружил один неприятный эффект стабилизатора с IGBT — это самопроизвольная паразитная генерация частотой 200...300 Гц и амплитудой в несколько милливольт при отсутствии нагрузки, т. е. когда ОУ стремится закрыть транзистор. У всех тестируемых автором IGBT, кроме DG20X06T2, эта генерация имела место, поэтому они были отбракованы. У транзистора DG50X06T2 ($I_k = 100$ А при 25 °С и 50 А при 100 °С, $U_{CES} = 600$ В) при включении питания, когда он ещё холодный, генерация отсутствовала, но когда он нагревался при подключении низкоомной нагрузки (от тока 9 А), то при снятии нагрузки имела место подобная генерация. В DG20X06T2 же после достаточно хорошего прогрева и отключения нагрузки подобная генерация отсутствовала. Такой эффект у DG50X06T2 легко объяснить: при нагреве передаточная характеристика смещается влево (рис. 5), и ОУ не может до конца закрыть транзистор. Кстати, у стабилизатора с IRFP4710 подобного эффекта автор не наблюдал.

И, наконец, в-четвёртых, по сугубо субъективным ощущениям автора транзистор DG20X06T2, в отличие от IRFP4710, при большом токе (9 А) меньше нагревается.

Возвращаясь к теме закрывания транзистора, необходимо заметить, что полностью закрывать транзистор совсем не требуется, так как он должен обеспечивать выходное напряжение –28 В, нагрузки которого — делитель выходного напряжения (см. далее) с током около 3 мА и светодиод (см. далее), индицирующий выходное напряжение — ещё около 3 мА, что в сумме даёт около 6 мА. Так вот, непосредственные измерения показали, что для обеспечения такого тока на затвор транзистора требуется подать напряжение на 1,5...2 В меньше по абсолютному значению, чем входное напряжение. Другими словами, при входном напряжении –41 В на затвор транзистора следует подать напряжение –39,5...–39 В, с чем легко справляется используемый ОУ MC34072/MC33072, который, как было отмечено выше, способен обеспечить выходное напряжение до –40,9 В, т. е. имеющий запас по напряжению около 2 В, что существенно повышает надёжность работы подобного стабилизатора.

того, MC33072DR2G, в отличие от MC34072AMTTBG, легко доступен, особенно в единичных экземплярах, и более дешёвый. Тем не менее, вариант стабилизатора на основе MC34072AMTTBG + IRFP4710 нельзя сбрасывать со счетов, поскольку он показал хорошую работу в [1, 2]. Поэтому в статье приведены два варианта стабилизатора: на MC34072AMTTBG + IRFP4710 и MC33072DR2G + DG20X06T2. Схема у них одна и та же, если не считать разное расположение выводов ОУ MC34072AMTTBG и MC33072DR2G, а выводы транзисторов IRFP4710 и DG20X06T2 идентичны. В связи с этим оба варианта имеют разную разводку. Остальные усовершенствования нового стабилизатора, по сравнению с [1, 2], будут отмечены по ходу изложения.

В предлагаемом ИАП применён стабилизатор напряжения, схема которого (рис. 6) не отличается особой сложностью.

Хотя принцип работы уже описан в [1, 2], поскольку схема достаточно проста, для общности изложения при-

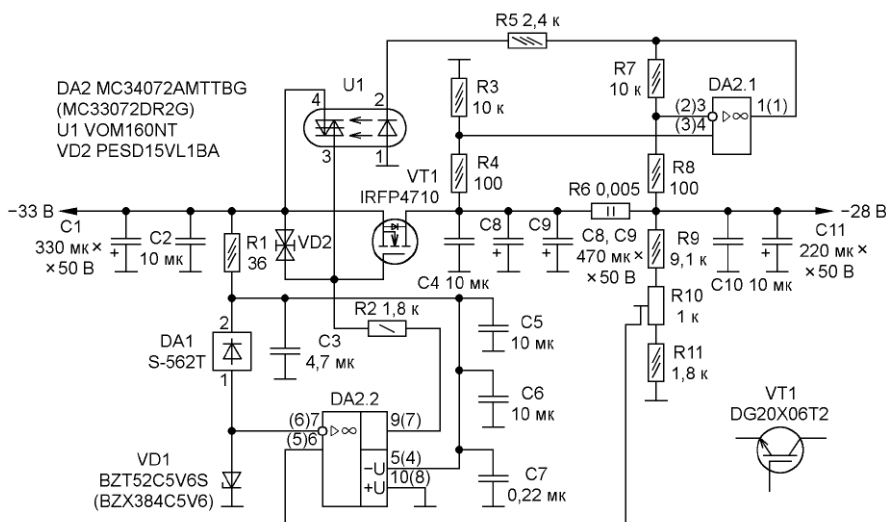


Рис. 6

Теперь по поводу применения ОУ MC33072DR2G. Этот ОУ в корпусе SOIC-8 по своим характеристикам отличается от ОУ MC34072AMTTBG, выпускаемого в корпусе WQFN10, только температурным интервалом работы (–40...+85 °С против 0...+70 °С у MC34072AMTTBG), а по остальным характеристикам эти два ОУ идентичны. Однако корпус WQFN10 имеет размеры 3×3 мм с расстоянием между выводами (контактными площадками) 0,5 мм и шириной контактной площадки примерно 0,25 мм, тогда как корпус SOIC-8 более крупный (5×6 мм) с расстоянием между выводами 1,27 мм. Для распайки корпуса WQFN10 потребуется специальный микропаяльник и достаточно точное позиционирование его корпуса на плате, другими словами, своими силами его распаять не так-то просто, хотя и вполне возможно. О распайке микросхем в QFN-корпусах подробно описано в статье автора [3]. Распаять же корпус SOIC-8 просто обычным мини-паяльником. Кроме

ведём полное описание, тем более что в схеме сделаны некоторые изменения, о которых будет рассказано по ходу изложения.

На рис. 6 указаны выводы для ОУ MC34072AMTTBG, а в скобках — для ОУ MC33072DR2G. Изложение будет вести для MC34072AMTTBG.

Устройство состоит из двух узлов.

Первый — непосредственно стабилизатор напряжения. Он собран на ОУ DA2.2, на инвертирующий вход которого (вывод 7) подаётся образцовое напряжение (–5,6 В), снятое со стабилизатора VD1, а на неинвертирующий вход (вывод 6) — напряжение с движка подстроечного многооборотного резистора R10 (3224Ω), входящего в состав делителя выходного напряжения на резисторах R9, R10 и R11, сопротивления которых подобраны так, что при выходном напряжении –28 В напряжение на движке R10 (при соответствующей настройке) также равно 5,6 В. Выходное напряжение ОУ (вывод 9) через

резистор R2 подаётся на затвор транзистора VT1, включённого по вышеописанной схеме рис. 2 и рис. 3. Из принципа работы ОУ следует, что, воздействуя на затвор транзистора своим выходным напряжением, он стремится сохранить равными напряжения на своих входах. Поэтому, если выходное напряжение уменьшается, например, при снижении сопротивления нагрузки, то уменьшается и напряжение на движке резистора R10, а поскольку это напряжение подаётся на неинвертирующий вход DA2.2, то уменьшается и выходное напряжение ОУ (т. е. оно становится более положительным), что приводит к приоткрытию транзистора, в результате чего выходное напряжение на его стоке восстанавливается до первоначального. Если сопротивление нагрузки увеличивается, то всё происходит с точностью до наоборот, и выходное напряжение опять устанавливается на прежний уровень. Резистор 3224W (R10) выпускают в полностью закрытом корпусе, исключая попадание пыли на резистивный слой, в отличие от однооборотного резистора PVZ3A, применённого в [1, 2], у которого резистивный слой полностью открыт. В связи с этим, при оседании на него пыли и соответствующей влажности, сопротивление резистора меняется, отчего меняется и выходное напряжение стабилизатора. Кроме того, многооборотность (11 оборотов) резистора 3224W позволяет более точно выставить выходное напряжение стабилизатора.

Здесь необходимо добавить, что в статье [2] между выходом ОУ DA2.2 и его инвертирующим входом (выводы 9 и 7 соответственно), т. е. в отрицательной обратной связи, установлен конденсатор ёмкостью 22 нФ, который снижает вероятность самовозбуждения ОУ, поскольку ОУ с таким конденсатором становится своеобразным интегратором (или ФНЧ). В [1] этот конденсатор отсутствует. Однако, как показала практика, предлагаемый стабилизатор прекрасно работает и без этого конденсатора, поэтому он исключён, хотя место для него на разводке предусмотрено. Наличие этого конденсатора приводит к недостаточно быстрой реакции стабилизатора на "ступеньку", т. е. на резкое изменение тока, например, при изменении сопротивления нагрузки в ту или иную сторону, а отсутствие конденсатора — восстанавливает скоростную реакцию. Хотя специальных экспериментов по исследованию переходной характеристики стабилизатора не проводилось (для этого потребовался бы специальный генератор нагрузки), косвенным подтверждением скоростной реакции стабилизатора на резкое изменение сопротивления нагрузки явилось отсутствие больших выбросов выходного напряжения и быстрое восстановление выходного напряжения при переключении сопротивления нагрузки от нулевого значения приблизительно до 30 % от максимального и обратно.

Источник образцового напряжения собран на основе стабилизатора тока DA1 (S-562T), формирующего постоянный ток (около 5,6 мА), вне зависимости от входного напряжения, начиная с

10 В. Этот диод представляет собой полевой транзистор, у которого затвор соединён с истоком внутри самого компонента. При входном напряжении выше 10 В транзистор входит в насыщение, и дальнейшее увеличение напряжения не приводит к существенному увеличению тока. Поскольку S-562T имеет два вывода, он называется диодным стабилизатором тока (Current Regulative Diode — CRD).

Последовательно со стабилизатором включён стабилизатор VD3 (BZT52C5V6S/BZX384C5V6) на напряжение 5,6 В. Оба эти стабилизатора имеют схожие характеристики. В отличие от стабилизатора 5V1 на напряжение 5,1 В, применённого в [1, 2], стабилизатор 5V6 имеет два преимущества. Во-первых, типовое значение дифференциального сопротивления стабилизатора 5V6 15 Ом против 40 Ом у 5V1, т. е. оно почти в три раза меньше. А это сопротивление, точнее его обратная величина, — дифференциальная проводимость, определяет крутизну ВАХ стабилизатора. А чем круче ВАХ, тем менее существенно изменяется напряжение стабилизатора в зависимости от изменения его тока. Во-вторых, стабилизатор 5V6 выходит на крутой участок ВАХ, начиная уже с тока в 5 мА, тогда как стабилизатор 5V1 при несколько большем токе. В связи с этим выбран диодный стабилизатор тока S-562T на 5,6 мА, типовое значение тока которого около 4 мА.

Здесь необходимо добавить, что значение тока в 5,6 мА стабилизатор тока S-562T обеспечивает при напряжении в 10 В. При увеличении напряжения выше 10 В (например, с 30 до 40 В) ток несколько спадает, в связи с чем производитель рекомендует включать резистор сопротивлением 39 кОм параллельно S-562T. Автор провёл эксперимент со стабилизатором 5V6, включённым последовательно с S-562T, с резистором и без него, изменяя напряжение от 30 В до 40 В, и вот какой получен результат. Напряжение на стабилизаторе, измеренное цифровым мультиметром с двумя знаками после запятой во всём этом интервале напряжений (с резистором и без него), оставалось равным 5,6 В, т. е. второй знак после запятой оставался стабильным — 0,01 В или 10 мВ. Далее автор измерил напряжение цифровым вольтметром с четырьмя знаками после запятой, описанным в [4]. Здесь результаты измерений уже различались. При изменении напряжения от 30 В до 40 В при использовании резистора сопротивлением 39 кОм изменялась четвёртая цифра после запятой на один-два десятичных разряда, т. е. на 0,1...0,2 мВ. Без резистора изменялась уже третья цифра после запятой на один десятичный разряд — на 1 мВ. Таким образом, без резистора коэффициент стабилизации равен $10 \text{ В} / 1 \text{ мВ} = 10000$, что согласуется с результатом, описанным в [5]. С резистором коэффициент стабилизации, как нетрудно подсчитать, в несколько раз выше.

Однако, как будет видно из дальнейшего изложения, падение напряжения на стабилизаторе, входящем в состав ИП, существенно больше: при измене-

нии тока от 0 до 9,1 А оно равно около 0,1 В, т. е. 100 мВ (скорее всего, это банальное падение напряжения на проводах); при этом входное напряжение изменялось в пределах от -41 В до -33 В, в связи с чем от установки резистора сопротивлением 39 кОм автор отказался, хотя место на плате для него предусмотрено. Кстати, некоторая, правда, микроскопическая компенсация напряжения без установки резистора имеет место, поскольку, чем ниже входное напряжение, тем больший ток даёт S-562T, что немного повышает напряжение на стабилизаторе.

Для индикации входного и выходного напряжений ИП предусмотрен трёхцветный RGB-светодиод HL1 (ARL5213RGBC/4A) с общим анодом, подключённым к общему проводу (рис. 7). Входное напряжение (-33/-41 В) через резистор R1 поступает на кристалл красного свечения светодиода, а выходное (-28 В) через резистор R2 — на кристалл синего свечения. Если стабилизатор работает в штатном режиме, то горят оба кристалла светодиода, и общий цвет всего HL1 — сиреневый. Если возникает перегрузка и срабатывает защита по току, выходное напряжение падает почти до нуля, в связи с чем кристалл синего свечения светодиода гаснет, а красного продолжает гореть, индицируя перегрузку.

Второй узел — токовая защита. Он собран на основе дифференциального усилителя (ДУ) на ОУ DA2.1, резисторов R3, R4, R7, R8, токоизмерительного двухваттного резистора R6 сопротивлением 5 мОм и симисторного оптро-

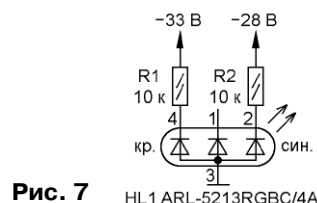


Рис. 7 HL1 ARL-5213RGBC/4A

на U1 (VOM160NT). Коэффициент усиления ДУ равен отношению $R7/R8$ (или $R3/R4$) = $10 \text{ кОм} / 0,1 \text{ кОм} = 100$. При токе в 10 А падение на резисторе R6 равно $10 \text{ А} \times 0,005 \text{ Ом} = 0,05 \text{ В}$. А усиленное в 100 раз напряжение с выхода ДУ — около 5 В. Это напряжение подаётся на излучающий диод оптосимистора U1 через резистор R5. Его сопротивление (2,4 кОм) подобрано так, что при токе чуть больше 10 А (около 10,2 А) излучение диода превышает порог открытия оптосимистора, который открывается и замыкает затвор транзистора с его истоком (эмиттером), в связи с чем транзистор закрывается. Поскольку к стоку (коллектору) подключена нагрузка, выходное напряжение падает практически до нуля. Излучающий диод оптосимистора также гаснет, однако симистор остаётся включённым по следящей причине. Поскольку выходное напряжение почти нулевое, на движке резистора R10 также возникает нулевой потенциал, и ОУ DA2.2 стремится

открыть транзистор, подавая на его затвор также почти нулевой потенциал через резистор R2, обеспечивая необходимый ток для открытого состояния оптосимистора. В этом состоянии стабилизатор может находиться сколь угодно долго. Единственный выход из этого состояния — это выключить питание ИП, разрядить сглаживающие оксидные конденсаторы, нажав на специальную кнопку, отключить нагрузку и вновь включить питание.

Здесь необходимо добавить, что в [1, 2] вместо резистора R5 сопротивлением 2,4 кОм установлены последовательно резистор сопротивлением 1,5 кОм и подстроечный резистор сопротивлением 1 кОм (PVZ3A). Практика показала, что почти в крайнем положении движка этого резистора (около 0,9 кОм) как раз и срабатывает защита, в связи с чем оба этих резистора были заменены одним, сопротивлением 2,4 кОм. Кроме того, оптронный симистор МОС3023 в DIP-корпусе, используемый в [1, 2], был заменён на более современный оптосимистор VOM160NT в корпусе для поверхностного монтажа, который был установлен на плату на освободившееся место — вместо подстроечного резистора PVZ3A.

Питание ОУ DA2 и источника образцового напряжения (DA1, VD1) осуществляется от входного напряжения через П-образный RC-фильтр C1C2R1C3C5—C7, дополнительно снижающий пульсации входного напряжения. Конденсатор C3 — выводной. Он предназначен для двоякой цели: первая (второстепенная) — как дополнительная ёмкость П-образного вышеуказанного фильтра, вторая (главная) — через свои выводы, которые пропаивают с двух сторон платы, он передаёт напряжение питания и общий провод с одной стороны платы на другую для питания ОУ и источника образцового напряжения, что позволяет отказаться от металлизации отверстий, которая в домашних условиях весьма проблематична, а потому неприемлема.

Двухнаправленный защитный диод VD2 (PESD15VL1BA) с номинальным напряжением 15 В защищает участок затвор—исток (затвор—эмиттер) транзистора от повышенного напряжения при включении питания (максимальное напряжение этого участка для транзисторов IRFP4710 и DG20X06T2 — ±20 В).

Конденсаторы C1, C2, C10, C11 — блокировочные, снижающие размах пульсаций входного и выходного напряжений. Конденсаторы C8, C9 предназначены для следующей цели. При включении питания при подключённой ёмкостной нагрузке (например, к УМЗЧ, в составе которого имеются конденсаторы в несколько сотен микрофарад) повышенный зарядный ток в первый момент может достичь больших значений, вплоть до 10 А, что приведёт к срабатыванию защиты. Для исключения такой возможности установлены эти конденсаторы перед резистором R6. В этом случае зарядный ток перераспределяется между C8, C9 и ёмкостной нагрузкой, в связи с чем через резистор R6 проходит меньший ток, который не приводит к срабатыванию защиты.

Конденсаторы C8 и C9, ёмкостью по 470 мкФ каждый, установлены взамен одного конденсатора ёмкостью 1000 мкФ в [2], служащего той же цели. Этот конденсатор установлен в середине платы и расположен как раз перед винтом, которым прикрупляют транзистор к теплоотводу, поэтому для доступа к винту конденсатор необходимо отогнуть, закрутить винт и установить конденсатор на место. Конденсаторы же C8 и C9 расположены по бокам платы на расстоянии около 5 мм друг от друга, обеспечивая лёгкий доступ к указанному винту.

Выходное напряжение стабилизатора подается на разъём XP1 (XS20JK4P (рис. 8) с максимальным током 25 А на контакт.

Для получения входного выпрямленного напряжения (рис. 9) в ИП использованы сетевой трансформатор T1 мощностью 300 Вт с выходным напряжением вторичной обмотки ~30 В и выпрямитель, который состоит из двух сдвоенных диодов Шоттки с общим анодом FRH20A10 (VD1) и общим катодом MBRF20100 (VD2) с максимальным обратным напряжением 100 В и максимальным током 20 А. Корпус диодов (TO220F) полностью изолирован, поэтому для них использован специальный

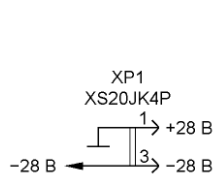


Рис. 8

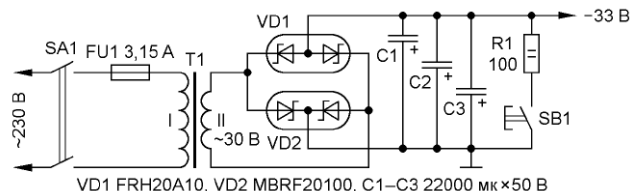


Рис. 9

ребристый теплоотвод ABM-444-50 (HS 211-50) размерами 50×41,8×24,8 мм, в котором просверлено отверстие, и эти два диода привинчены к нему с двух сторон винтом и гайкой с использованием теплопроводящей пасты КПТ-8. В качестве сглаживающих использованы три оксидных конденсатора (C1—C3) ёмкостью 22000 мкФ каждый с номинальным напряжением 50 В. Для подключения к сетевому напряжению ~230 В использован специальный блок IEC 320 C14, оборудованный встроенным выключателем, разъёмом для подключения кабеля питания, как в настольном компьютере, и специальной съёмной планкой, в которую установлена плавкая вставка на ток 3,15 А. Для относительно быстрой разрядки конденсаторов, что требуется для повторного включения ИП, если сработала защита, предусмотрены кнопка SB1 (DS-402) и резистор R1 сопротивлением 100 Ом мощностью 2 Вт.

Здесь необходимо отметить, что в статьях [1, 2] в выпрямителе применены четыре диода Шоттки (в то время диоды с общим анодом были недоступны). В [2] использованы четыре оксидных конденсатора ёмкостью по 10000 мкФ. Приме-

нение трёх конденсаторов общей ёмкостью 66000 мкФ в предлагаемом ИП позволило снизить размах пульсаций выпрямленного напряжения до 0,86 В против 1,6 В в [2], что сказалось на снижении размаха пульсаций стабилизированного напряжения при токе 9,1 А до 1,5 мВ для транзистора IRFP4710 и до 2 мВ для транзистора DG20X06T2.

Стабилизаторы собраны на платах из фольгированного с двух сторон стеклотекстолита толщиной 1,5 мм. Чертёж платы для ОУ MC34072AMTTBG показан на рис. 10, а расположение деталей в масштабе 1,5:1 — на рис. 11. Чертёж платы для ОУ MC33072DR2G показан на рис. 12, а расположение деталей в масштабе 1,5:1 — на рис. 13. Разводка плат сделана автором с помощью программы Sprint LayOut v.6.0. Файл разводки в формате *.lay6 приведён в дополнительных материалах к статье на сайте журнала. Фотографии обеих плат показаны с четырёх сторон на рис. 14—рис. 21.

Все резисторы (кроме R6) — для поверхностного монтажа типоразмера 0603. Конденсаторы C2, C4—C6 и C10 — керамические для поверхностного монтажа типоразмера 0805, C7 — керамический для поверхностного монтажа типоразмера 0603. Защитный ди-

од и стабилитрон — в корпусе SOD323, микросхема DA1 — в корпусе SOD123. ОУ DA2 — в корпусе WQFN10 разме-

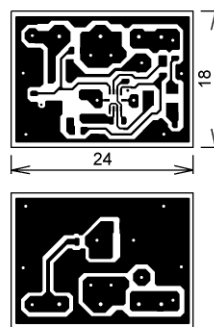


Рис. 10

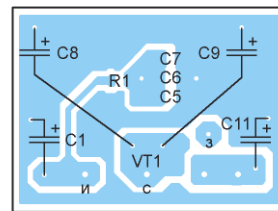
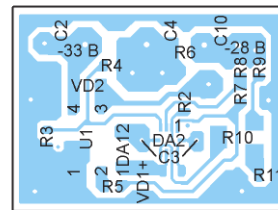


Рис. 11

рами 2,6×2,6×0,8 мм. Корпус ОУ MC33072DR2G — SOIC-8 размерами 5×6 мм (с учётом выводов). Оптопара U1 — в корпусе SOP-4 размерами 5×7 мм (с учётом выводов). Все оксидные конденсаторы — выводные с низким импедансом (Low Imp). Подстроечный резистор R10 — 3224W для

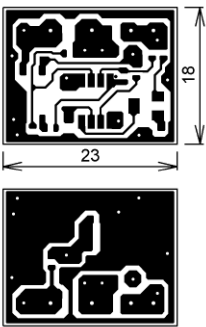


Рис. 12

поверхностного монтажа размерами 5,1×4,8×3,9 мм. Резистор R6 — для поверхностного монтажа типоразмера 2512. Транзистор — в корпусе TO-247.

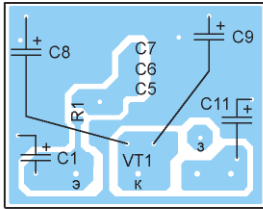
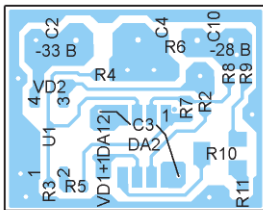


Рис. 13

Все выводные конденсаторы и выводы транзистора необходимо пропаять с двух сторон плат. Токоизмерительный резистор одной стороной припаивают к стоку (коллектору) транзистора, а другой — к одному из концов специальной П-образной скобы из медного лужёного провода диаметром 1,1...1,2 мм, впаянной в плату также с двух сторон. К второму концу скобы припаивают провод с выходным напряжением (он светло-коричневого цвета на рис. 22), который вто-

рым концом припаивают к выходному разъёму XS20JK4P. Провод с входным напряжением, идущий от одного из сглаживающих конденсаторов выпрямителя, припаивают к истоку (эмиттеру) транзистора (он красного цвета на рис. 22). Общий провод, идущий от одного из сглаживающих конденсаторов выпрямителя, припаивают к одному из выводов оксидного конденсатора платы (он красно-чёрного цвета на рис. 22). Сам общий провод (он жёлтого цвета на рис. 22) припаивают к выходному разъёму. Сильноточные провода (красный, светло-коричневый и жёлтый) желательно использовать сечением не менее 1,5 мм², а лучше, как у автора, 2,5 мм².

ИП расположен в пластиковом корпусе размерами 25,5×19,5×8 мм. Торо-



Рис. 14



Рис. 16

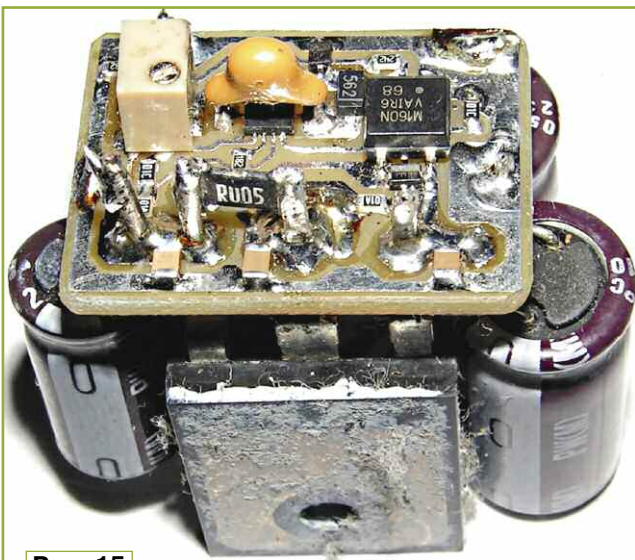


Рис. 15

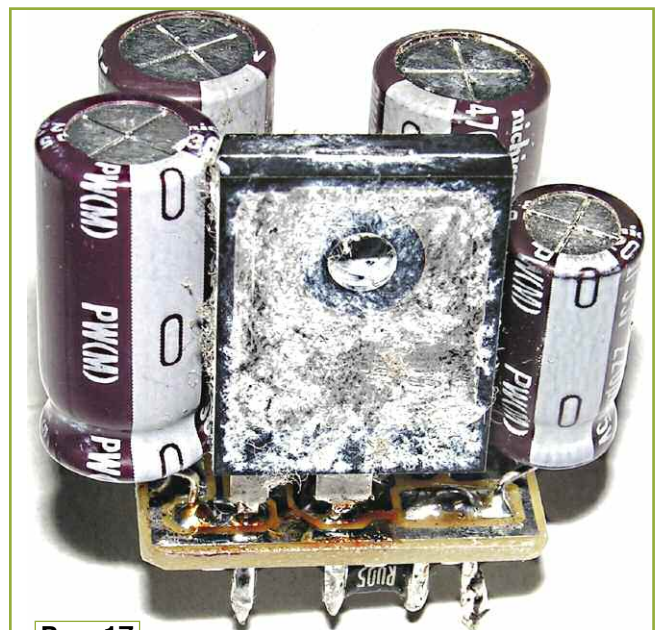


Рис. 17



Рис. 18

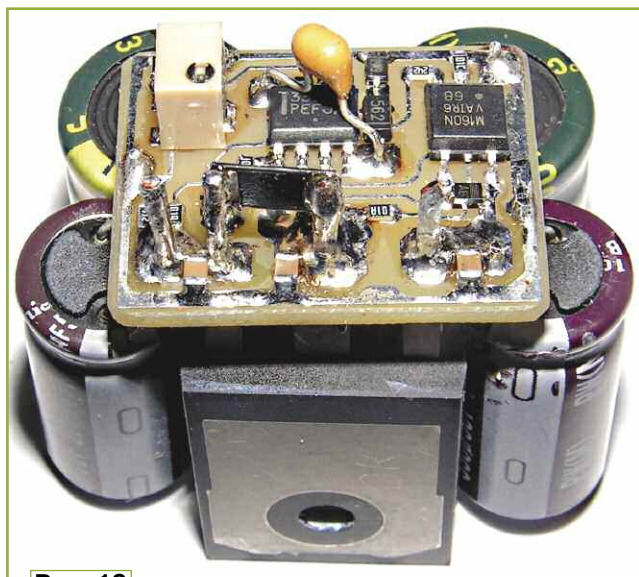


Рис. 19

идальный трансформатор привинчен винтом М8, специальной шайбой и гайкой с резиновыми прокладками к днищу корпуса. Теплоотвод АВМ-444-50 с выпрямительными диодами привинчен к днищу корпуса уголком и двумя винтами М3. Оксидные конденсаторы привинчены к днищу корпуса специальными стягивающими скобами и винтами М3. Корпус сетевого блока IEC 320 C14 защёлкнут в специальном вырезе на задней стенке корпуса ИП (он чёрного цвета на рис. 22 слева сверху). К задней стенке привинчен ребристый теплоотвод размерами 18,5×4,5 см с 14-ю рёбрами (рис. 22, **рис. 23**). К этому теплоотводу винтом М3 привинчен транзистор через керамическую изоляционную теплопроводящую прокладку, предназначенную для корпуса ТО-247 (а лучше для корпуса ТО-264 размерами

21×26×1 мм, так как она чуть больше), с использованием теплопроводной пасты, например КПТ-8. Плата стабилизатора держится на трёх прочных выводах транзистора. Выходной разъём XS20JK4P привинчен к задней стенке корпуса гайкой, специально предназначенной для этого. Кнопка также привинчена к задней стенке корпуса своей гайкой. Резистор для разрядки конденсаторов одним выводом припаян к одному из выводов оксидного конденсатора, вторым — к проводу, идущему от кнопки, а второй провод от кнопки припаян ко второму выводу этого конденсатора. Этот резистор можно заметить на рис. 22 рядом с верхним конденсатором. Светодиод с двумя припаянными резисторами, изолированными друг от друга трубкой из ПВХ и стянутыми сверху термоусаживаемой трубкой,



Рис. 20

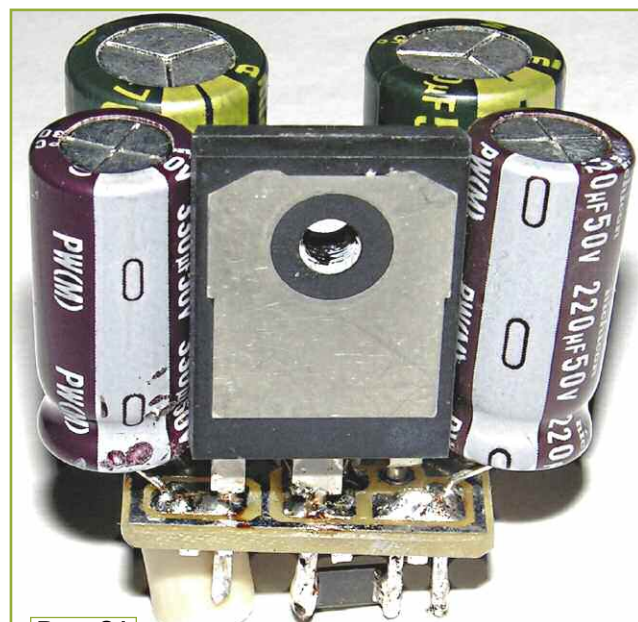


Рис. 21

вставлен в специальную оправку и выведен на лицевую поверхность корпуса (рис. 22, **рис. 24**). Снизу к днищу корпуса по углам приклеены войлочные круглые ножки толщиной около 1 см и диаметром 3 см. В этом случае гудения трансформатора на расстоянии уже 0,5 м от ИП практически не слышны.

Для испытания ИП автор использовал эквивалент нагрузки, схема которого показана на **рис. 25**. Ток измерялся стрелочным амперметром М42303 класса 2,5 с током полного отклонения 10 А. Входное выпрямленное напряжение измерялось стрелочным мультиметром ТЛ-4. Выходное стабилизированное напряжение измерялось цифровым мультиметром с двумя знаками после запятой. Входное и выходное напряжения одновременно подавались на два входа двухканального цифрового

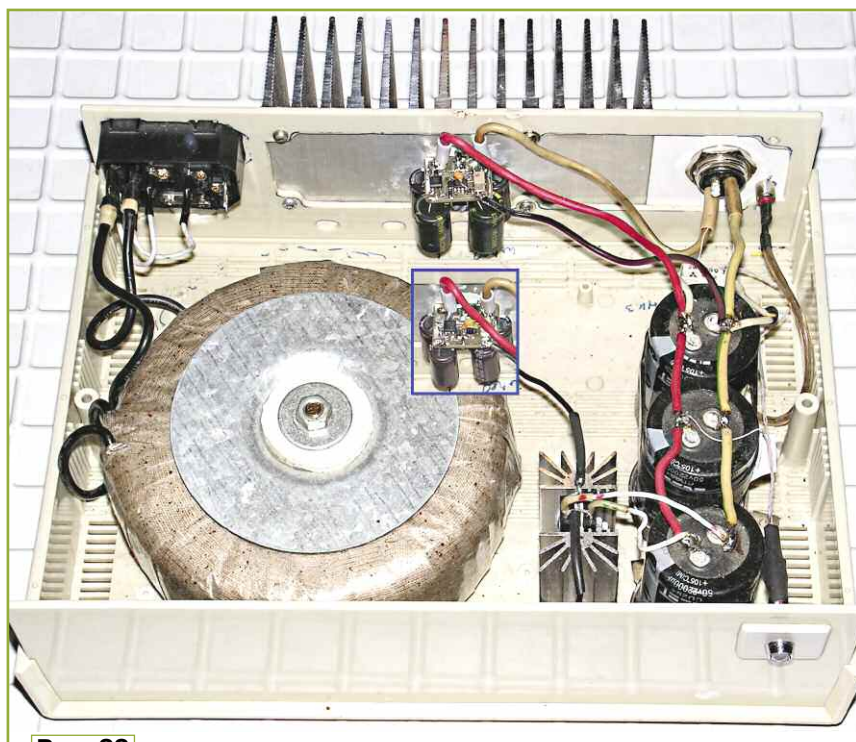


Рис. 22



Рис. 23

осциллографа с закрытыми входами. На рис. 25 в верхней части показаны токи соответствующих плеч, которые нетрудно подсчитать. Плечи включались последовательно: вначале выключателем SA1 подключались нагрузочные резисторы R1 и R2, затем выключателем SA2 — резисторы R3 и R4 и, наконец, выключателем SA3 — резисторы R5 и R6. При работе ИП с максимальной нагрузкой, когда включались резисторы R1—R6, ток через них был равен: $2,745 \text{ A} + 2,745 \text{ A} + 3,59 \text{ A} = 9,08 \text{ A} \approx 9,1 \text{ A}$. Стрелочный амперметр также показывал ток около 9,1 А. При этом входное напряжение падало до -33 В . ИП стабильно работал, естественно, теплоотвод нагревался, и защита не срабатывала. При дополнительном включении выключателем SA4 резисторов R7 и R8, т. е. когда ток возрастал до $9,1 \text{ A} + 1,4 \text{ A} = 10,5 \text{ A}$, чётко срабатывала защита. Без нагрузки, когда выключены все выключатели, автор специально настроил выходное напряжение на $-28,13 \text{ В}$. При максимальной



Рис. 24

нагрузке, когда ток достигал 9,1 А, выходное напряжение падало до $-28,02 \text{ В}$, т. е. на $28,13 - 28,02 = 0,11 \text{ В} \approx 0,1 \text{ В}$. Эквивалент нагрузки показан на рис. 26.

Автор снял осциллограммы входного и выходного напряжений двухканальным цифровым осциллографом с закрытыми входами. При этом для измерения пульсаций выходного напряжения щуп осциллографа и общий про-

вод были подключены непосредственно к нагрузке, т. е. в том месте, где к резисторам подключён кабель питания длиной около 0,5 м. Туда же параллельно подключался и цифровой мультиметр, и в этом же месте располагался амперметр. А щуп осциллографа для измерения пульсаций входного напряжения подключался к выводу конденсатора с входным напряжением, к нему и соседним с ним конденсаторам на рис. 22 припаян провод красного цвета.

Как видно из осциллограмм (рис. 27), для MC34072MTTBG + IRFP4710 размах пульсаций входного напряжения (от пика до пика) при максимальном токе 9,1 А равен 860 мВ (надпись жёлтого цвета "Vpp(1)= 860mV"), размах пульсаций выходного напряжения равен 1,52 мВ (надпись цвета морской волны "Vpp(2)=1.52 mV"). Для MC33072DR2G + DG20X06T2 (рис. 28) размах пульсаций входного напряжения при максимальном токе 9,1 А равен 840 мВ (надпись жёлтого цвета "Vpp(1)= 840mV"), размах пульсаций выходного напряжения равен 2,08 мВ (надпись цвета морской волны "Vpp(2)=2.08 mV").

По сравнению с размахом пульсаций входного и выходного напряжений, измеренных в [2], которые были соответственно 1,62 В и 1,04 мВ, пульсации входного напряжения предлагаемого ИП уменьшились почти в два раза

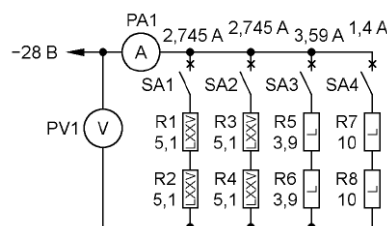


Рис. 25

(860 мВ и 840 мВ против 1,62 В в [2]), а вот размах пульсаций выходного напряжения увеличился почти в полтора и два раза (1,52 мВ и 2,08 мВ против 1,04 мВ), что автора несколько насторожило. Однако эта "загадка" быстро разрешилась. Дело в том, что как в [1], так и в [2] пульсация выходного напряжения снималась непосредственно на правом по схеме рис. 6 выводе токоизмерительного резистора, т. е. не на нагрузке, как в данном случае, а на самой плате стабилизатора. Об этом упомянуто в двух местах в [1], но, к сожалению, ничего не написано в [2]. Практическую ценность имеет измерение размаха пульсаций

непосредственно на нагрузке, так как это больше соответствует реальности. Автор не поленился и отключил ИП [2] от усилителя, открыл его крышку, подключил щупы, как описано выше, и снял осциллограммы входного и выходного напряжений. Пульсации входного напряжения остались теми же (около 1,6 В), а вот пульсации выходного напряжения возросли примерно до 3 мВ,

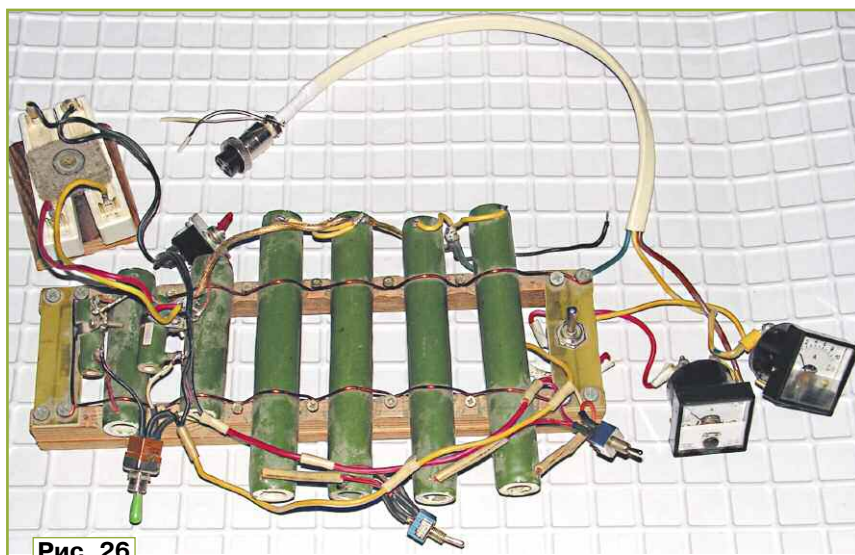


Рис. 26

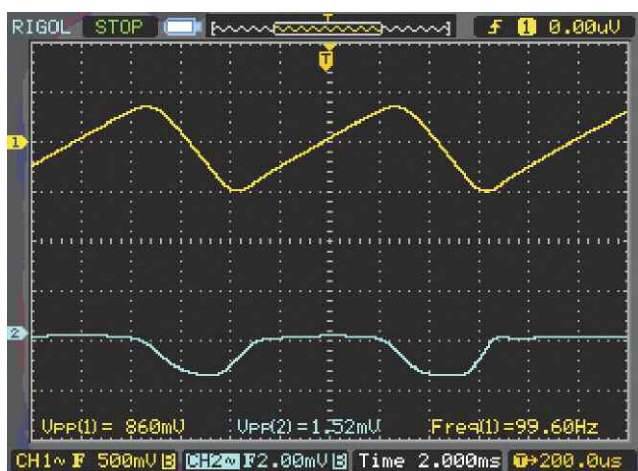


Рис. 27

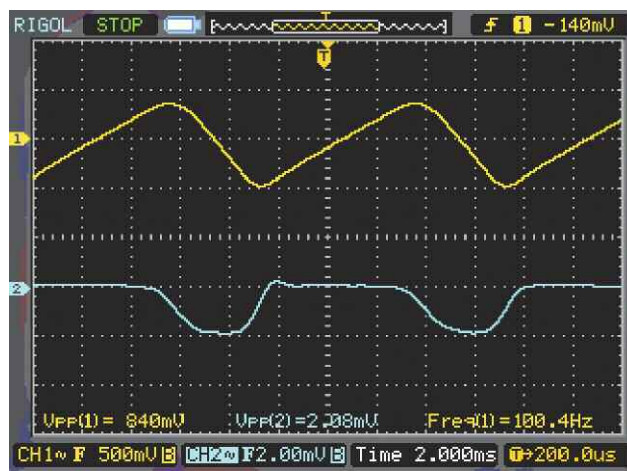


Рис. 28

т. е. всё встало на свои места. Другими словами, пульсации выходного напряжения предлагаемого ИП примерно в полтора-два раза меньше, чем в [2] (1,5 мВ и 2 мВ против 3 мВ), что, вероятно, объясняется уменьшенным почти в два раза размахом пульсаций входного напряжения. А это, в свою очередь, объясняется тем, что ёмкость сглаживающих конденсаторов в ИП равна 66000 мкФ против 40000 мкФ в [2].

Помимо вышеописанных испытаний ИП, автор провёл ещё один достаточно жёсткий тест. Он заключался в следующем. При выключенном питании к ИП вначале была подключена нагрузка в 20 Ом (R7 и R8, рис. 25). Затем ИП включался, и наблюдалась его работа, а заодно и ток. Затем ИП был выключен, и с помощью кнопки сглаживающие конденсаторы были разряжены. Аналогичный тест был проведён с нагрузкой 10,2 Ом (R1 и R2) и 5,1 Ом (R1—R4). Во всех трёх случаях ИП исправно работал, защита не срабатывала, и амперметр показывал соответствующий ток около 1,4 А, около 2,8 А и около 5,5 А соответственно. Таким образом, ИП показал устойчивую работу даже при таком жёстком испытании.

Конечно, никому и в голову не придёт подключить источник звука к усилителю, установить почти максимальную громкость и там, и там, запустить фонограмму, а затем включить питание — в данном случае ИП. Но, как говорят, ну а вдруг? В этом случае ничего криминального ни с ИП, ни с усилителем, конечно, не произойдёт, а вот такому незадачливому пользователю придётся быстро заткнуть уши, чтобы не оглохнуть.

Таким образом, применение более современных электронных компонентов — диодного стабилизатора тока S-562T, симисторного оптрона VOM160NT, подстроечного резистора 3224W, замена подстроечного резистора, регулирующего ток светодиода оптрона, на постоянный резистор, исключение конденсатора в обратной связи ОУ в стабилизаторе напряжения, а также применение IGBT позволили существенно усовершенствовать описанный в [2] стабилизатор напряжения и снизить размах пульсаций его выходного напряжения. Описанный в статье ИП на основе этого стабилизатора напряжения автор применил для питания современного аудиоусилителя [6], оснащённого но-

вым двухканальным индикатором уровня звука с цветным дисплеем [7], хотя область применения подобного ИП, на взгляд автора, гораздо шире. Кроме того, пониженная ёмкость затвор—эмиттер, более высокое пороговое напряжение затвора современных IGBT составляют существенную конкуренцию полевым транзисторам при конструировании относительно мощных линейных стабилизаторов напряжения на их основе совместно с ОУ. Вообще, линейный режим, а не, как правило, переключательный, использующийся, например, в импульсных ИП или инверторах сварочных аппаратов, работы IGBT, их более лёгкая управляемость по сравнению с полевыми и тем более биполярными транзисторами позволяет подключать затвор IGBT непосредственно либо через резистор к выходу практически любого ОУ, что даёт возможность построения на их основе совместно с ОУ не только линейных стабилизаторов, как описано в этой статье,

но и использовать такие транзисторы в более широких областях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кузьминов А. Двухканальный сетевой источник питания с низким уровнем пульсаций и токовой защитой. — Радио, 2018, № 4, с. 21—25.
2. Кузьминов А. Необычное использование аудиоусилителя LM1875T. — Радио, 2021, № 10, с. 34—42.
3. Кузьминов А. Современный способ изготовления двусторонних печатных плат с высоким разрешением своими силами. — Современная электроника, 2024, № 1, с. 64—72.
4. Кузьминов А. Цифровой вольтметр с шестью значащими цифрами. — Радио, 2020, № 9, с. 18—24.
5. Титце У., Шенк К. Полупроводниковая схемотехника: Справочное руководство. — М.: Мир, 1982.
6. Кузьминов А. Усовершенствованный УМЗЧ на базе двух ОУ LM4780TA в мостовом включении. — Радио, 2024, № 3, с. 25—32; 2024, № 4, с. 14—22.
7. Кузьминов А. Двухканальный индикатор уровня звукового сигнала. — Радио, 2024, № 7, с. 15—23.

Доработка ЛАТРа

Г. БАСОВ, г. Ставрополь

В арсенале инструментов радиолюбителя-конструктора часто имеется лабораторный автотрансформатор (ЛАТР) — замечательный инструмент для налаживания и ремонта радиотех-

ставлять опасность для человека и аппаратуры при наладке. Предлагается несложная доработка ЛАТРа для повышения безопасности пользования и удобства эксплуатации.

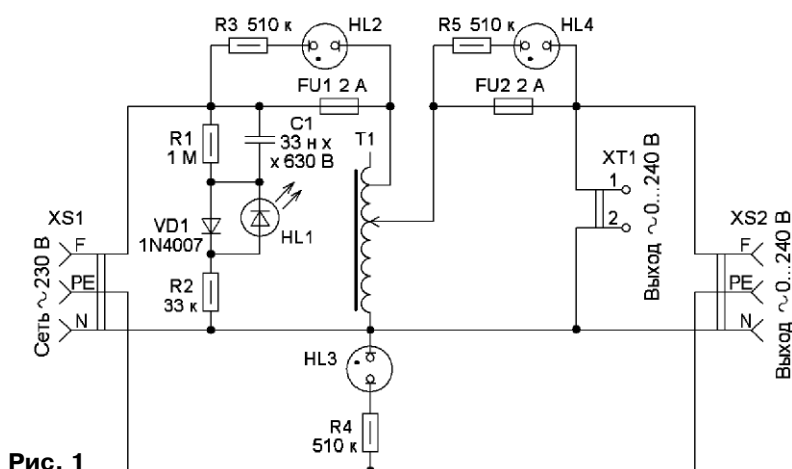


Рис. 1

Неоновая лампа HL3 загорается, если при этом контакт N розетки XS1 оказывается подключён к фазе. Чтобы обеспечить правильное включение, нужно всего лишь повернуть вилку кабеля на 180 градусов. Важно, что всё это работает, если в квартире выполнена трёхпроводная разводка и розетки смонтированы с заземляющим контактом. Для индикации применена неоновая лампа, потому что при токе через неё менее 1 мА она светит достаточно ярко и нет риска срабатывания УЗО.

Неоновые лампы HL2 и HL4 служат для сигнализации перегорания предохранителей FU1 и FU2 соответственно. Светодиод HL1 служит для индикации наличия сетевого напряжения.

Применены детали. Резисторы — МЛТ, С2-23, конденсатор — плёночный серии К73 или импортный с номинальным переменным напряжением не менее 400 В или постоянным не менее 630 В. Диод VD1 — любой маломощный выпрямительный или импульсный, светодиод может быть маломощный любого свечения. Неоновые лампы — любые малогабаритные индикаторные. Розетка XS1 — компьютерная AC-1 (HF-301), XS2 — накладная еврозетка. Разъём XT1 — винтовой клеммник, рассчитанный для работы в сети 230 В. К нему можно подключить нагрузку без кабеля с вилкой.

Большинство деталей размещены в пластмассовом самодельном корпусе, который крепится на корпусе ЛАТРа вместо штатной панели. В качестве материала можно использовать винипласт, применён проводной монтаж. Для светодиодов и неоновых ламп в



Рис. 2



Рис. 3

нических устройств. Но у него имеется один недостаток — он гальванически не развязан от сети 230 В, что может пред-

Схема доработки ЛАТРа показана на рис. 1. К розетке XS1 подключают сетевой компьютерный кабель.

корпусе сделаны отверстия. Варианты доработанных ЛАТРов показаны на рис. 2 и рис. 3.

Стабилизированный блок питания лампового УМЗЧ с защитой от превышения выходных напряжений

С. СЕМИХАТСКИЙ, г. Ейск Краснодарского края

Ламповые усилители мощности, прежде всего, однотактные, обладают высокой чувствительностью к колебаниям сетевого напряжения. Особенно сильно это проявляется в выходном каскаде, в котором возможно значительное отклонение выбранной рабочей точки лампы от оптимального положения из-за изменений напряжения смещения и, в меньшей степени, из-за напряжения накала. Устранением этой проблемы является использование

вольт без особого риска использовать лампы практически на предельных режимах (но в разумных пределах), соблюдая требования технических условий (прежде всего, максимально допустимую мощность рассеиваемую на аноде). Больших проблем в стабилизации анодных напряжений и больших токов накала, по большому счёту, не существует. Вопрос в другом — как сделать так, чтобы стабилизированный блок питания (БП) был не намного слож-

И, прежде всего, это касается больших перенапряжений, возникающих в случае выхода из строя микросхемы и силовых элементов стабилизатора напряжения. Электронные лампы, хотя и более инерционные и более стойкие к перегрузкам, чем полупроводниковые приборы, но довольно дорогие. Поэтому необходимо иметь устройство защиты при возникновении аварийных ситуаций. К сожалению, в технической литературе мало описаний простых кон-

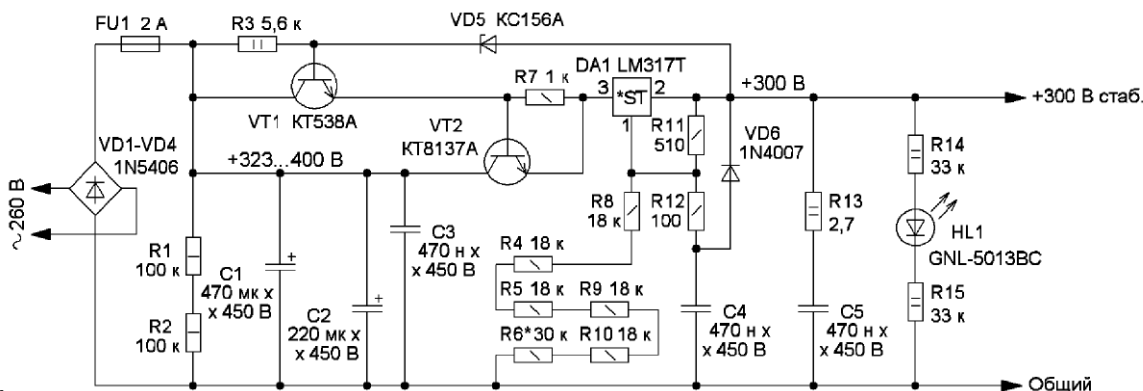


Рис. 1

стабилизаторов как для стабилизации напряжения на аноде, так и напряжения накала. При этом, кроме исключения влияния напряжения сети, уменьшается влияние каналов друг на друга, становится меньше внутреннее сопротивление лампы, происходит увеличение перегрузочной способности по входу каскада [1]. Кроме того, использование стабилизаторов обеспечивает постоянство анодного напряжения, что поз-

нее самого лампового усилителя, ну и экономические вопросы играют далеко не последнюю роль. К сожалению, промышленность не выпускает микросхем, предназначенных для использования в высоковольтных стабилизаторах напряжения, а применение стандартных интегральных стабилизаторов, имеющих очень хорошие параметры, но с допустимым входным напряжением не более 37...40 В, имеет свои сложности.

струкций высоковольтных стабилизированных блоков питания, доступных для повторения. Возможно, что эта разработка в какой-то мере восполнит существующий пробел.

За основу предлагаемого стабилизированного БП взяты схемы, которые приведены в [2] и доработаны под запросы автора. Там же находятся очень подробные расчёты и описание работы стабилизаторов анодного

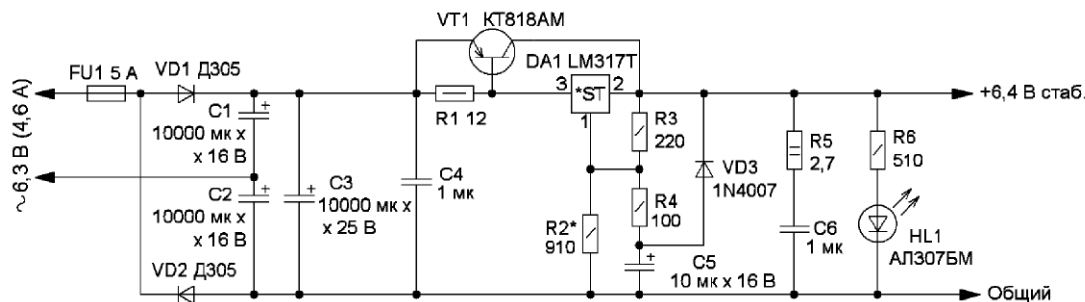


Рис. 2



напряжения и напряжения накала ламп с использованием распространённой и весьма доступной микросхемы LM317T.

БП при напряжении сети $230 \pm 10\%$ имеет следующие **основные технические характеристики**:

Выходное напряжение стабилизатора анодного напряжения, В	300
Максимальный выходной ток стабилизатора анодного напряжения, А	0,4
Порог срабатывания защиты от превышения анодного напряжения, В	315
Выходное напряжение стабилизатора напряжения накала, В	6,4
Максимальный выходной ток стабилизатора напряжения накала, А	3
Порог срабатывания защиты от превышения напряжения накала, В	6,6
Подавление пульсаций входного напряжения на частоте 100 Гц для обоих стабилизаторов, не менее, дБ	80
Выходное полное сопротивление стабилизаторов на частотах 10 Гц и 10 кГц [3], Ом	0,01 и 0,03

Температурная и долговременная нестабильность выходных напряжений стабилизаторов определяется в основном параметрами микросхемы [4]. Главным достоинством предлагаемого устройства является возможность использования его отдельных составляющих в других разработках, так как каждая из них вполне самостоятельная и законченная конструкция, и всё несложно скорректировать под необходимые потребности.

Схема стабилизатора анодного напряжения приведена на **рис. 1**. Выпрямитель переменного напряжения выполнен на диодах VD1—VD4 и конденсаторах фильтра C1—C3. Резисторы R1 и R2 обеспечивают быструю разрядку конденсаторов при выключении БП. Плавкая вставка FU1 2 А выполняет две функции: защиту сетевого трансформатора и мостового выпрямителя при коротком замыкании на выходе стабилизатора и защиту электронных ламп от превышения напряжения на выходе стабилизатора при выходе из строя силовых элементов. Параметрический стабилизатор напряжения R3VD5 обеспечивает стабильное напряжение на базе составного транзистора VT1VT2. При этом ток через стабилитрон VD5 (он также поступает и в нагрузку, немного разгружая микросхему DA1), в зависимости от колебаний сетевого напряжения, изменяется от 3,1 мА до 17 мА. Резистор R7 предназначен для устранения влияния обратных токов переходов транзисторов VT1, VT2. Так как микросхема DA1 (LM317T) представляет собой плавающий (относительно общего провода) стабилизатор, то нет причин, по которым его нельзя использовать в стабилизаторе анодного напряжения +300 В. Однако в связи с тем что допус-

тимое напряжение между входом и выходом для неё не должно превышать 40 В, необходимо использовать дополнительный узел защиты.

Перед микросхемой DA1 установлен высоковольтный составной транзистор VT1VT2, основная и единственная задача которого заключается в поддержании практически неизменного напряжения не менее 3,5 В между входом и выходом этой микросхемы (минимальный перепад напряжения между выходом и входом по данным, приведённым в [3], составляет 2,5 В), гарантируя этим её безопасную и долговременную работу. К сожалению, это узел не обеспечивает защиту от короткого замыкания в нагрузке, при этом, как правило, выходят из строя силовой транзистор VT2 и микросхема DA1. Стабилитрон VD5 фиксирует на базе составного транзистора VT1 постоянное напряжение, на 5,6 В большее, чем выходное напряжение стабилизатора. При практически постоянном токе нагрузки переходы база—эмиттер транзисторов VT1, VT2 ведут себя фактически как стабилитроны, и на входе микросхемы DA1 устанавливает-

сацию индуктивной составляющей выходного сопротивления микросхемы DA1 [2].

Схема стабилизатора напряжения накала показана на **рис. 2**. Он также выполнен с использованием микросхемы LM317T. Выпрямитель переменного напряжения выполнен на диодах VD1, VD2 и конденсаторах фильтра C1—C4 по схеме удвоения напряжения. Плавкая вставка FU1, так же, как и в анодном стабилизаторе напряжения, предназначена для защиты сетевого трансформатора и диодов VD1, VD2 при коротком замыкании на выходе стабилизатора и защиты подогревателей катодов электронных ламп от превышения напряжения на выходе стабилизатора при аварийном пробое переходов силовых элементов. Максимальный выходной ток микросхемы LM317T — 1,5 А, но при этом возникают проблемы с отводом тепла от её корпуса (ТО-220). Поэтому для увеличения выходного тока целесообразно использовать дополнительный транзистор VT1. При токах нагрузки более 50 мА падение напряжения на резисторе R1

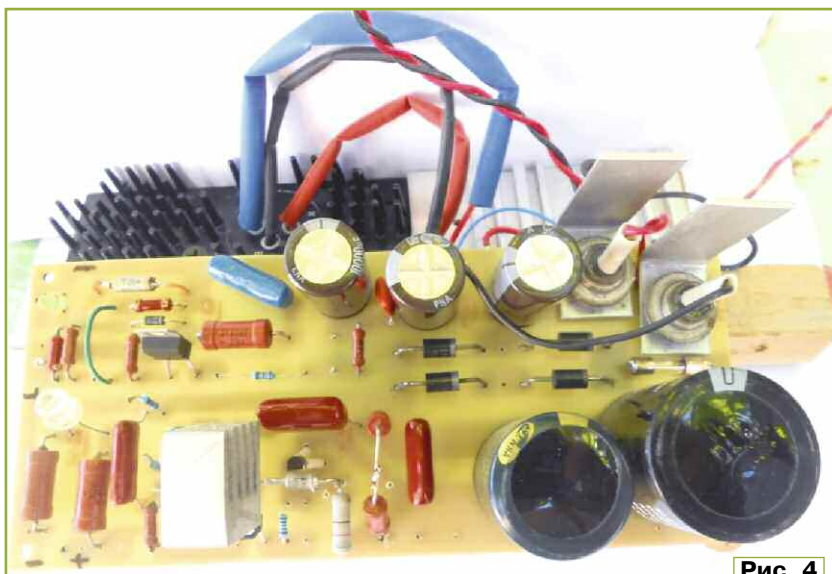


Рис. 4

ся напряжение на 4,2 В больше, чем на выходе. Этим обеспечивается её работа в линейном режиме. Ток через резисторы нижнего плеча делителя напряжения, R4—R6, R8—R10, с учётом вытекающего тока управления по выводу 1 микросхемы DA1 (50 мкА), составляет около 2,5 мА, что меньше необходимого минимального выходного тока 5 мА без подключения нагрузки, требуемого для входа микросхемы в режим стабилизации напряжения. Поэтому в качестве дополнительной нагрузки применена цепь, состоящая из резисторов R14, R15 и светодиода повышенной яркости HL1, которая потребляет ток 4,5 мА, обеспечивая надёжный запуск стабилизатора напряжения, а также показывая наличие анодного напряжения. Цепь R12C4 необходима для увеличения подавления частоты пульсаций 100 Гц до уровня -80 дБ [3]. Резистор R13 и конденсатор C5 обеспечивают компен-

сацию напряжения, в результате основной ток нагрузки протекает через него [3]. Назначение и принцип работы остальных радиоэлементов такие же, как и для стабилизатора анодного напряжения.

Практически все элементы обоих стабилизаторов напряжения установлены на общей печатной плате из одностороннего фольгированного стеклотекстолита толщиной 2 мм, чертёж которой приведён на **рис. 3**. Из всей цепочки резисторов делителя напряжения анодного стабилизатора только два резистора R8 и R6 установлены параллельно плате, остальные резисторы R4, R5, R9, R10 установлены перпендикулярно. Резистор R2 стабилизатора напряжения накала подбирают при наладке и при необходимости составляют из двух, соединённых последовательно, место для этого на печатной плате предусмотрено.

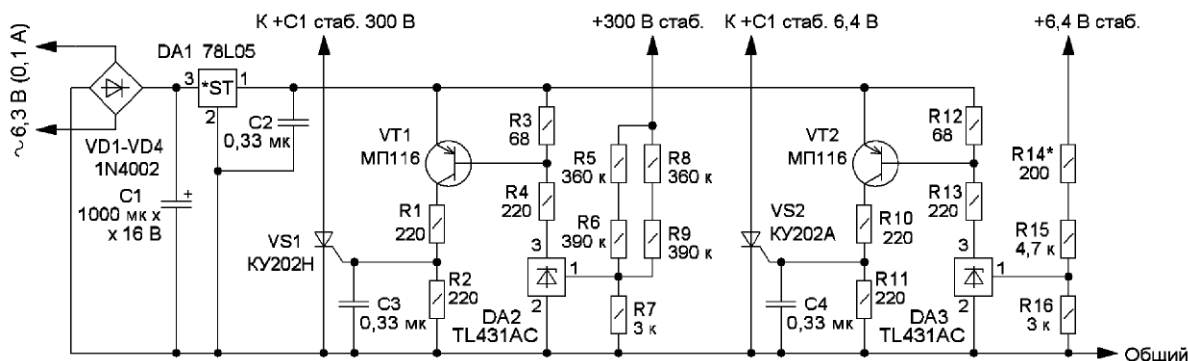


Рис. 5

В конструкции применены постоянные резисторы МЛТ, С2-23 с допуском $\pm 5\%$, оксидные конденсаторы (кроме конденсатора С5 в стабилизаторе накала, который должен быть танталовым с малым током утечки — К52-1, К53-1) — К50-35 или аналогичные импортные, остальные конденсаторы — К73-17, КМ-6, К10-17 либо аналогичные импортные. Вместо транзистора КТ538А можно применить транзистор МJE13001, вместо транзистора КТ8137А — транзистор МJE13003, вместо транзистора КТ818АМ — транзистор из этой же серии с любым буквенным индексом или импортный MJ2955 в металлоглазном корпусе КТ-9 (ТО-3). Возможно применение и германиевых транзисторов ГТ701А, ГТ806А, П210 с любым буквенным индексом, уменьшив сопротивление резистора R1 до 6 Ом. Микросхема LM317Т заменяема отечественной КР142ЕН12А, она установлена на отдельный теплоотвод, способный рассеивать не менее 1,7 Вт мощности. Внешний вид платы стабилизаторов напряжения показан на рис. 4.

Электронные лампы критичны к напряжению питания накала ламп, причём как к повышенному его значению, так и к пониженному. Увеличенное напряжение накала особенно пагубно влияет на стабильность параметров и надёжность ламп. Для их повышения рекомендуется, чтобы колебания напряжения накала от номинального не превышали 2 %, так как надёжность ламп зависит не только от среднего значения напряжения накала, но и от частоты и изменений напряжения. Кроме того, предельное напряжение накала подогревателей для большинства ламп не должно превышать 6,6...6,9 В [5]. Поэтому в схему введена защита от превышения выходного напряжения, которое может возникнуть при выходе из строя транзистора VT1 и (или) микросхемы DA1.

Схема устройства защиты стабилизаторов анодного напряжения и напряжения накала от превышения пороговых напряжений показана на рис. 5. Для стабилизатора напряжения накала она выполнена на элементах DA3, VT2, VS2. Работает защитное устройство следующим образом. Пока выходное напряжение стабилизатора накала ламп

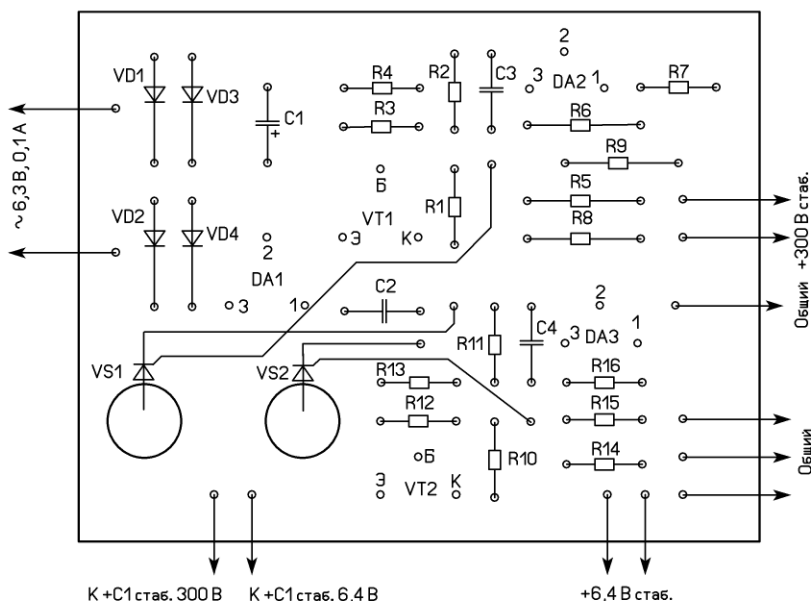
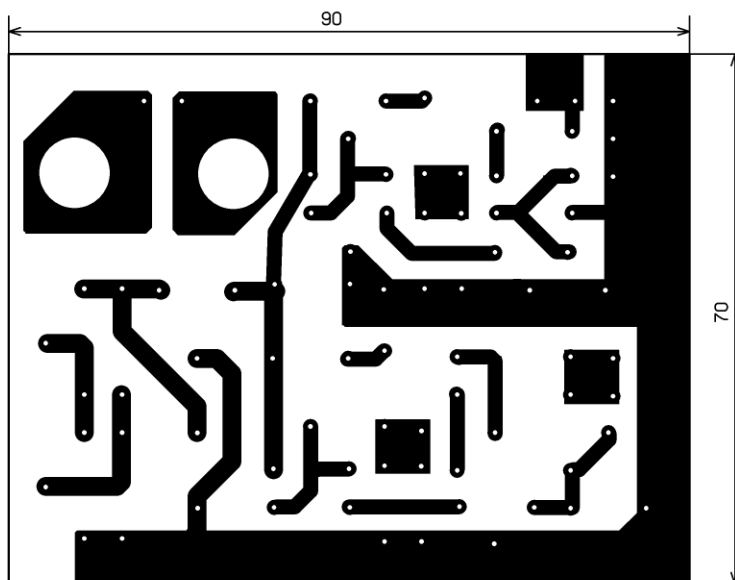


Рис. 6

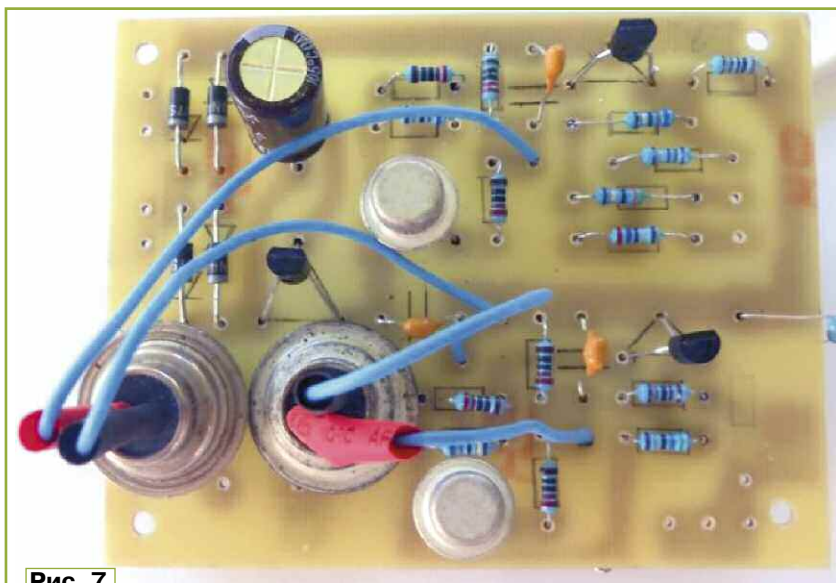


Рис. 7

равно 6,4 В, компаратор на микросхеме DA3 закрыт, напряжение на его выводе 1 примерно 2,4 В, что меньше поро-

всплесков напряжения и при включении питания. Точно так работает и схема защиты от превышения анодного

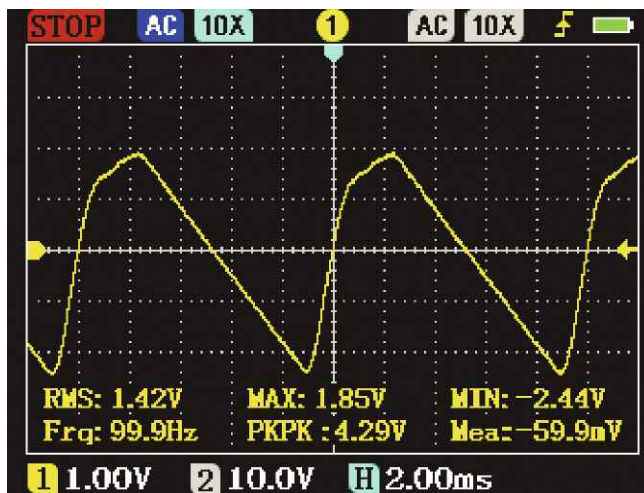


Рис. 8

гового значения 2,5 В. Следовательно, закрыты транзистор VT2 и тиристор VS2. Если выходное напряжение стабилизатора превысит 6,4 В и достигнет установленного порога срабатывания защиты 6,6 В, компаратор на микросхеме DA3 переключится, откроются транзистор VT2 и тиристор VS2, который закоротит вход стабилизатора напряжения накала. В результате перегорит плавкая вставка FU1 на ток 5 А, установленная перед входом стабилизатора напряжения. Время включения тиристора не превышает 10 мкс. Резистор R11 предназначен для отвода токов утечек транзистора VT2 и управляющего электрода тиристора VS2, конденсатор C4 установлен для того, чтобы защита не сработала от безвредных коротких

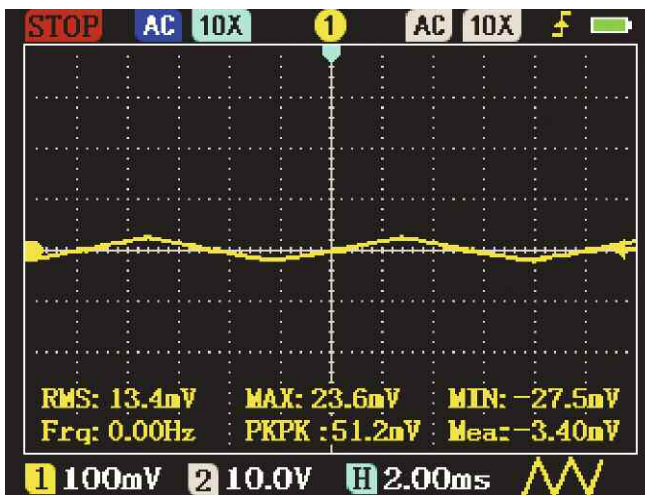


Рис. 10

напряжения, собранная на элементах DA2, VT1, VS1, только в ней устанавливается порог срабатывания 315 В.

Транзисторы серии МП116 можно заменить транзисторами серии КТ361 с любым буквенным индексом. Микросхему TL431AC можно заменить микросхемой КР142ЕН19А, а 78L05 — микросхемой КР1181ЕН5А.

Питается устройство защиты от собственного маломощного блока питания, который выполнен на диодах VD1—VD4, конденсаторе C1, стабилизаторе напряжения 5 В на микросхеме DA1 и конденсаторе C2. Все детали устройства установлены на печатной плате из одностороннего фольгированного стеклотекстолита толщиной 2 мм, чертёж которой показан на рис. 6. Особых требований к радиодеталям не предъявляется. Тиристоры VS1 и VS2 установлены на разной высоте, чтобы уменьшить размеры печатной платы (дополнительная гайка со стороны деталей). Следует обеспечить надёжный контакт анодов с платой и наличие шайбы-гровера при креплении. Внешний вид платы устройства защиты показан на рис. 7.

В устройстве применены трансформаторы ТА236-127/220-50, ТН8-127/220-50,

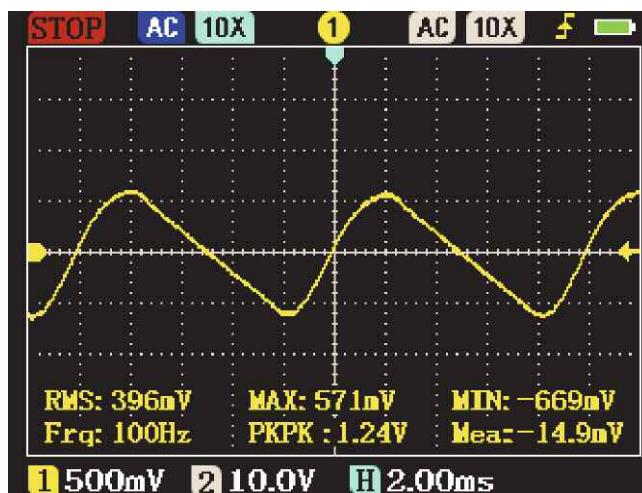


Рис. 9

их вторичные обмотки включены в соответствии с [6]. Можно изготовить сетевые трансформаторы самостоятельно, учитывая напряжения и токи, указанные на схеме. В крайнем случае можно использовать довольно распространённые трансформаторы ТСШ-170 и ТС180-2, включив вторичные обмотки соответствующим образом [6] (у них есть дополнительная маломощная обмотка на напряжение 6,3 В для питания устройства защиты), но тогда придётся сделать выпрямитель по схеме удвоения напряжения и вдвое увеличить ёмкость сглаживающих конденсаторов фильтра стабилизатора анодного напряжения для

сохранения той же двойной амплитуды пульсаций, что не составляет больших трудностей.

На **рис. 8** и на **рис. 9** показаны осциллограммы пульсаций входного напряжения анодного стабилизатора и стабилизатора накала при максимальных токах нагрузки. Это хорошо согласуется с теоретическими расчётами — 5,8 В и 2 В соответственно [7]. А вот на выходе обоих стабилизаторов напряжений измерить пульсации напряжения с помощью осциллографа не удалось, поскольку для его синхронизации требуется сигнал не менее 51,2 мВ на частоте 100 Гц при максимальной чувствительности 100 мВ (**рис. 10**). Но даже если исключить влияние конденсаторов C4 и C5 на подавление пульсаций частотой 100 Гц до -80 дБ, то даже при подавлении в -60 дБ двойная амплитуда пульсаций на выходах стабилизаторов будет равна 4,3 мВ для анодного стабилизатора и 1,24 мВ для стабилизатора накала ламп при заявленных токах нагрузки.

О температурных режимах силовых элементов. Транзистор КТ8137А при максимальном напряжении сети рассеивает мощность 38 Вт, площадь его теплоотвода — около 950 см². Микросхема LM317Т в стабилизаторе анодного напряжения рассеивает мощность 1,7 Вт, площадь её теплоотвода — 42 см². Транзистор КТ818АМ рассеивает мощность 21 Вт при площади теплоотвода 525 см². Диоды Д305 установлены на небольшие Г-образные теплоотводы из алюминия толщиной 3,5 мм размерами 80×20×3,5 мм и общей площадью 32 см², они чуть тёплые. Микросхема LM317Т в стабилизаторе напряжения накала используется без теплоотвода, она чуть тёплая. Не следует проверять температуру теплоотводов в стабилизаторе анодного напряжения рукой во избежание поражения электрическим током.

И хотя БП достаточно простой, перед практическим применением его необходимо наладить. Для этого временно соединяют между собой общий провод всех узлов. Сначала налаживают стабилизатор напряжения накала и его устройство защиты. Вместо плавкой вставки FU1 5А подключают резистор ПЭВР-50 сопротивлением 22 Ом (либо автомобильную лампу накаливания на напряжение 12 В и ток 0,5...1 А). Вместо резистора R2 устанавливают переменный резистор сопротивлением 1,5...2,2 кОм, включённый реостатом и установленный на минимальное сопротивление. С его помощью устанавливают на выходе стабилизатора пороговое напряжение 6,6 В. Подборкой резистора R14 устройства защиты добиваются открывания тиристора VS2, контролируя напряжение на аноде тиристора. Отключают питание, отключают анод тиристора от мощного резистора, подают питание и переменным резистором устанавливают напряжение на выходе стабилизатора 6,4 В. Отключают напряжение питания, измеряют сопротивление переменного резистора, устанавливают на плату постоянный с таким же сопротивлением, включают питание, проверяют выходное напря-

жение 6,4 В, напряжение на выходе 1 микросхемы DA3, оно должно быть 2,4 В (при пороговом 2,5 В). Выключают питание, подключают анод тиристора к резистору и несколько раз включают/выключают питание, проверяя, нет ли срабатывания тиристора от импульсных помех. На этом настройка этой части БП закончена.

На первом этапе проверку работы защиты анодного напряжения проводят при пониженном пороговом напряжении следующим образом. Мощный резистор ПЭВР-50 22 Ом (или лампу накаливания) подключают между анодом тиристора VS1 и выходом выпрямителя стабилизатора напряжения накала. Резисторы R5, R8 и R6, R9 на плату не устанавливают. Подают питание на стабилизатор напряжения накала и устройство защиты. Затем через резистор сопротивлением 3 кОм на вывод 1 микросхемы DA2 подают напряжение 6,4 В (там будет напряжение 3,2 В, что больше порогового напряжения 2,5 В) и проверяют открывание тиристора VS1. Если всё нормально, удаляют резистор сопротивлением 3 кОм, при этом анод тиристора VS1 остаётся подключённым к мощному резистору.

С помощью мультиметра попарно подбирают резисторы R5, R8 и R6, R9 и устанавливают на плату. Их общее параллельно-последовательное соединение должно быть равно 375 кОм, что обеспечивает срабатывание защиты при анодном напряжении 315 В (при пороговом напряжении микросхемы DA2, равно 2,5 В). Вход узла защиты 300 В подключают к выходу стабилизатора анодного напряжения и приступают к его налаживанию. Для этого вместо резистора R6 подключают переменный сопротивлением 47 кОм, включённый реостатом с предварительно выставленным минимальным сопротивлением. Подают питание на все три блока и проверяют напряжение на выходе анодного стабилизатора напряжения. Оно должно быть около 222 В. Затем переменным резистором плавно увеличивают выходное напряжение стабилизатора, контролируя его и напряжение на аноде тиристора до момента срабатывания последнего. Если оно находится в интервале 315±5 В, то переменным резистором окончательно устанавливают на выходе напряжение 300 В, выключают питание, измеряют сопротивление переменного резистора, устанавливают постоянный такого же сопротивления, включают питание и проверяют все напряжения как для стабилизатора, так и для узла защиты накала ламп. На этом налаживание закончено, аноды тириستоров подключают в соответствии со схемами, общие провода разъединяют, потом они пойдут к общей точке лампового усилителя. При налаживании и эксплуатации блока питания необходимо соблюдать правила электробезопасности при работе с высокими напряжениями.

И в заключение, стабилизатор анодного напряжения обеспечивает довольно большую выходной ток 0,4 А, что нужно далеко не каждому усилителю мощности. Поэтому, с точки зрения

автора, целесообразно сделать двойное моно и в схеме питания, т. е. раздельные стабилизаторы анодного напряжения и напряжения накала для каждого канала лампового усилителя. Ну и защита тоже для каждого канала. Качество звучания явно улучшится, облегчатся тепловые режимы силовых элементов, станут меньше размеры теплоотводов, повысится общая надёжность БП.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Торопкин М. В.** Ламповый Hi-Fi усилитель своими руками. — Санкт-Петербург: Наука и Техника, 2005.
2. **Морган Джонс.** Ламповые усилители. — М.: Издательский дом "ДМК-пресс", 2007.
3. **Хоровиц П., Хилл У.** Искусство схемотехники. — М.: Мир, 1986.
4. LM217, LM317 — URL: <https://www.st.com/resource/en/datasheet/lm217.pdf> (20.08.24).
5. **Кацнельсон Б. В., Ларионов А. С.** Отечественные приёмно-усилительные лампы и их зарубежные аналоги. Справочник. — М.: Энергоиздат, 1981.
6. **Сидоров И. Н., Скорняков С. В.** Трансформаторы бытовой радиоэлектронной аппаратуры. Справочник. МРБ. — М.: Радио и связь, 1994.
7. **Титце У., Шенк К.** Полупроводниковая схемотехника. Справочное руководство. — М.: Мир, 1982.

От редакции. Чертежи печатных плат находятся по адресу <http://ftp.radio.ru/pub/2024/10/bp.zip> на нашем FTP-сервере.

МОДУЛЬНАЯ РЕКЛАМА

Широкий выбор радиодеталей.
Демократичные цены.
Оплата и доставка выбранным вами способом.

www.radiodetali.perm.ru

Тел: 8-800-201-75-54

* * *

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

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

E-mail: micro51@mail.ru

т. +7-912-619-5167

* * *

Для Вас, радиолюбители!

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

426072, г. Ижевск, а/я 1333,

ИП Зиннатова Р. К.

rtc-prometej@yandex.ru

WhatsApp / тел. 8-912-443-11-24

Температурная стабильность источников образцового напряжения

Во время разработки настольного вольтметра 4½ разряда ("Радио", 2024, № 8, с. 29–33) у автора скопились различные микросхемы для использования в качестве источников образцового напряжения, и было решено сравнить их температурную стабильность.

С. БИРЮКОВ, г. Москва

На рис. 1 приведены типовые температурные зависимости выходного напряжения четырёх типов микросхем для источников образцового напряжения (ИОН), взятые из их технических спецификаций (Data Sheet). Сравнение по ним в интересующем радиолюбителей "лабораторном" интервале 10...30 °С затруднено из-за различия масштабов приводимых данных разных ИОН и очень малых изменений стабилизируемых микросхемами напряжений в этом интервале, считываемых с графиков с большой погрешностью.

Можно отметить общее в этих графиках — все они имеют максимум в интересующем нас интервале или недалеко от его границы. Если этот максимум близок к 20 °С, можно ожидать высокой стабильности ИОН в нужном интервале. Для TL432 — максимум как раз при 20 °С, для ICL8069 — при 25 °С, для AD584 — примерно при 8 °С. Что касается LM285, она едва ли подойдёт в качестве ИОН для вольтметра 4½ разряда, поскольку максимум у неё примерно при –8 °С.

Для AD584 справа на графике для сопоставимости результатов добавле-

ны уровни напряжений, близкие к напряжениям других ИОН, получаемые делением полного стабилизируемого напряжения 10 В на 8.

Автор решил провести собственные измерения температурного дрейфа имеющихся микросхем для такого "радиолобительского" температурного интервала.

Для исследования работы микросхем при изменении температуры необходим термостат, который должен поддерживать необходимую температуру в небольшом объёме. Наиболее просто такой термостат можно собрать, используя элемент Пельтье, позволяющий производить как нагрев, так и охлаждение изучаемого объекта за счёт изменения полярности прикладываемого напряжения [1].

В быту элементы Пельтье применяют в автомобильных холодильниках, один из таких элементов оказался у автора в связи с поломкой вентилятора такого устройства. Элементы Пельтье для холодильников почти стандартизованы, это две квадратные керамические пластины размерами 40×40 мм, между которыми находятся последовательно

соединённые полупроводниковые термопары, толщина элемента — 3,5 мм.

При подаче на имеющийся у автора элемент Пельтье напряжения 12 В он потребляет ток около 4 А, одна из его плоских поверхностей нагревается, другая охлаждается, при смене полярности поверхности меняются своей температурой. При уменьшении прикладываемого напряжения ток уменьшается, уменьшается также мощность нагрева и, если так можно сказать, мощность охлаждения.

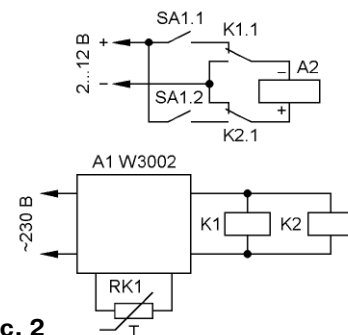


Рис. 2

Интересно отметить, что элементы Пельтье обратимы, при различии температур своих сторон они генерируют постоянное напряжение около одного вольта при разности температур пластин около 10 °С. Много лет назад это свойство использовалось в генераторах постоянного тока для питания радиоприёмников, источником тепла в них являлась керосиновая лампа.

Схема разработанного термостата приведена на рис. 2. Основной управляющий узел A1 устройства — это термостабилизатор W3002, приобретённый в Алиэкспрессе. Этот термостабилизатор имеет встроенный источник питания, работающий от напряжения сети в интервале 110...230 В. Его выходной ключ — электромагнитное реле с одним замыкающим контактом; оно выпаяно с помощью шприца для отсоса припоя, и вместо него подключены два реле K1 и K2 с переключающими группами контактов.

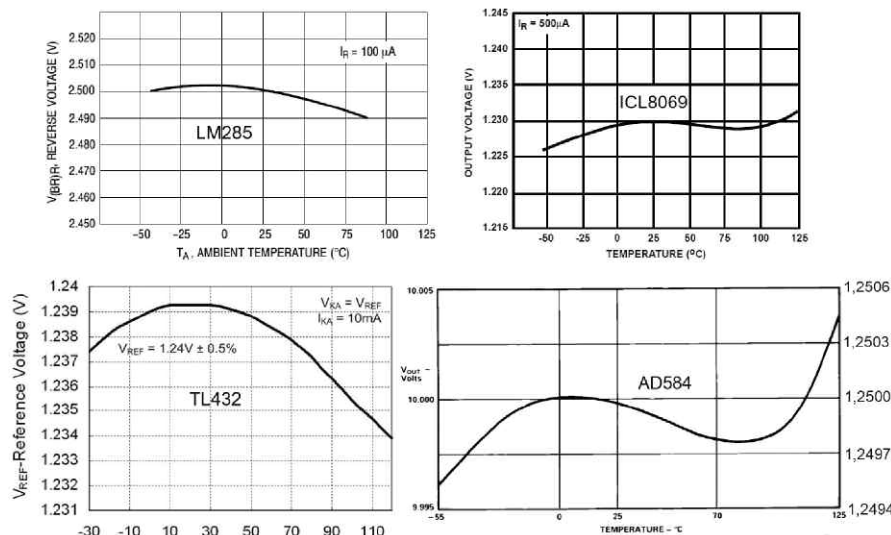


Рис. 1

Элемент Пельтье А2 получает питание от внешнего регулируемого лабораторного источника питания с напряжением 2...12 В и максимальным током 5 А через контакты реле К1.1 и К2.1 и секции сдвоенного выключателя SA1.

Термостабилизатор настроен на работу в режиме нагрева, при температуре ниже установленного порога включения реле К1 и К2 включаются, при температуре выше порога выключения — выключаются. Ширина петли гистерезиса установлена равной 0,2 °С. Отметим, что термостабилизатор W3002 оказался неудобным, для перехода к другой температуре надо перестраивать две температуры — включения и выключения. Для данного использования лучше бы подошли другие термостабилизаторы, в которых при перестройке сохраняется значение гистерезиса, например W3230 или W1209.

Рассмотрим работу устройства в режиме нагрева, для него секция SA1.2 выключателя (красная клавиша) должна быть включена, SA1.1 (зелёная клавиша) — выключена. При подаче питания на термостабилизатор реле К1 и К2 включатся, контакты К1.1 и К1.2 подадут на элемент Пельтье А2 напряжение в полярности, указанной на схеме рис. 2 и обеспечивающей нагрев. Температура полезного объёма начнёт повышаться. При повышении температуры до требуемой оба реле выключатся, ток через элемент Пельтье А2 прекратится, температура начнёт понижаться. Этот процесс будет повторяться, т. е. устройство будет работать как обычный нагреватель с двухпозиционным терморегулятором.

Для охлаждения полезного объёма следует включить секцию SA1.1, SA1.2 должна быть выключена, пороги должны быть установлены ниже комнатной температуры. При подаче напряжения питания реле не включатся, контакты К1.1 и К1.2 подадут на элемент Пельтье А2 напряжение в полярности, обеспечивающей охлаждение. Когда температура полезного объёма понизится до требуемой, реле включатся, ток через элемент Пельтье А2 прекратится, поскольку SA1.2 включен, температура начнёт повышаться, далее процесс повторяется.

Для стабилизации температуры, близкой к номинальной, следует замкнуть контакты обеих секций SA1.1, SA1.2 выключателя и понизить напряжение питания элемента Пельтье. При температуре полезного объёма, близкой к требуемой, оба реле будут включаться на нагрев и охлаждение попеременно и поддерживать требуемую температуру.

Для снижения напряжения питания нельзя использовать широтно-импульсное регулирование, поскольку такое питание резко снижает ресурс элемента Пельтье.

Конструкция термостата в разрезе схематично показана на рис. 3.

Полезный объём, в котором поддерживается необходимая температура, образован упаковочной коробкой из

пенопласта (1 и 2), в которой был прислан один из заказов из Алиэкспресса. Габариты коробки — 174×115×69 мм, внутренний объём — 151×92×33 мм. Внутри коробки находится дюралюминиевая пластина 3, её размеры — 145×85 мм, толщина — 6 мм. На пластине закреплена монтажная колодка с двенадцатью контактами (не показана), на которую распаивают испытываемые радиоэлементы. Необходимая температура пластины обеспечивается элементом Пельтье 4, на второй стороне которого поддерживается температура, близкая к комнатной, с помощью теплообменника 6 (размеры — 120×100×33 мм).

Передачу тепла от элемента Пельтье к теплообменнику и в обратном направлении осуществляет алюминиевая деталь 5, близкая по форме к кубу. Эта деталь и стягивающие пластину 3 и теп-

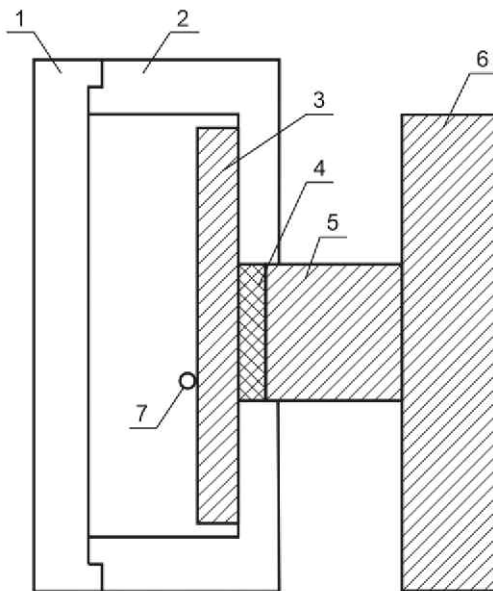


Рис. 3

лообменник 6 винты с теплоизолирующими втулками (на рис. 3 не показаны) использованы от автомобильного холодильника.

Кроме того, из пенопластового утеплителя крышки холодильника с квадратным отверстием для детали 5 вырезана деталь, охватывающая деталь 5 и распирающая дно коробки 2 и теплообменник 6, на рис. 3 она также не показана.

Датчик температуры из комплекта термостабилизатора W3002 (терморезистор RK1 — на рис. 2, 7 — на рис. 3) закреплён на пластине 3 небольшим хомутом напротив элемента Пельтье. При сборке конструкции необходимо с двух сторон смазать теплопроводящей пастой элемент Пельтье, место стыка детали 5 и теплообменника 6, датчик температуры 7.

При сборке можно не заботиться о полярности подключения элемента Пельтье, если он будет работать "не в ту сторону", достаточно поменять подключение его выводов, например, на контактах реле.

В конструкции использованы два реле SRD-12VDC-SL-C на рабочее напряжение 12 В с одной группой контактов на переключение, сопротивление обмоток — 400 Ом.

Термостабилизатор А1, сдвоенный клавишный (коромысловый) выключатель SA1 с красной и зелёной клавишами и реле К1 и К2 были установлены в пластмассовую коробку с габаритными размерами 135×100×57 мм.

Проверка работоспособности термостата показала, что для нагрева полезного объёма до 30 °С удобно использовать напряжение около 5 В, для поддержания температуры, близкой к комнатной, — 2 В, а для охлаждения до 0 °С нужно 10...12 В. Минимальная температура достигнута при напряжении питания 12 В и была равна -10 °С.

В режиме охлаждения полезного объёма сильно нагревается теплообменник устройства, поэтому его целесообразно обдувать, для чего использовался вентилятор от блока питания стационарного компьютера. В режиме нагрева теплообменник хорошо охлаждается, обдув в этом случае не обязателен.

У автора были в наличии микросхемы LM285Z-1,2 двух производителей — в удлинённом корпусе TO-92 (длина 7,5 мм) фирмы ON Semiconductor и в стандартном TO-92 без опознавательных знаков производителя, а также ICL8069DCZR, TL432CSF (последняя испытывалась в диодном включении, все в корпусе TO-92). Для измерения температурного дрейфа микросхемы были распаяны на монтажную колодку термостата последовательно. Отдельной парой проводов, подпаянных к крайним микросхемам в цепочке, пропусклся ток от 100 мкА до 1 мА, падение напряжения измерялось мультиметром RM303 (4½ разряда). Этот мультиметр в режиме измерения напряжения в районе 1,25 В имеет разрешающую способность 100 мкВ, т. е. около $0,8 \times 10^{-4}$, или 0,008 %, что приемлемо для этих испытаний. Отметим специально, что 100 мкВ — не погрешность измерения, а разрешающая способность.

Также проверялся дрейф ИОН на основе микросхемы AD584JN в корпусе DIP-8 без опознавательных знаков производителя, приобретённой в Алиэкспрессе. Для получения выходного напряжения 1,25 В микросхема была нагружена на делитель из двух проволоочных резисторов сопротивлением 10 кОм, и их дрейфом можно было пренебречь. Схема включения AD584JN приведена на рис. 4, резисторы были установлены в термостат вместе с мик-

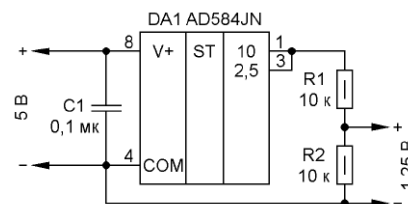


Рис. 4

ИОН	Отклонение напряжения стабилизации от номинала при 20 °С, мВ, при температуре °С							Макс. расхождение в инт. от 0 до 30 °С		Макс. расхождение в инт. от 10 до 30 °С	
	0	5	10	15	20	25	30	мВ	%	мВ	%
LM285 ON Semi	1,05	0,95	0,75	0,42	0	-0,65	-1,45	2,5	0,2	2,2	0,176
LM285Z-1,2	0,9	0,8	0,6	0,3	0	-0,35	-0,75	1,65	0,132	1,35	0,108
ICL8069DCZR	0,6	0,5	0,35	0,2	0	-0,32	-0,7	1,3	0,104	1,05	0,084
TL432CSF	-0,05	0	0,05	0,05	0	-0,08	-0,15	0,2	0,016	0,2	0,016
AD584JN	-0,22	-0,16	-0,1	-0,05	0	0	-0,02	0,22	0,018	0,1	0,008
AD584LH	-0,15	-0,1	-0,05	-0,03	0	-0,02	-0,04	0,15	0,012	0,05	0,004

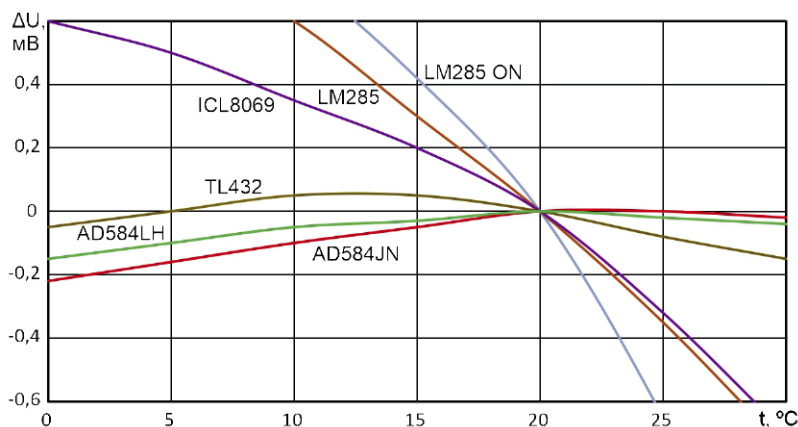


Рис. 5

Наименьшее отклонение, как и следовало ожидать, зафиксировано у микросхемы AD584LH, примерно вдвое больше у AD584JN (для 10...30 °С), ещё вдвое больше у TL432CSF, очень уступают им микросхемы ICL8069DCZR и LM285Z-1,2.

На графиках рис. 5 приведены отклонения ΔU напряжения ИОН в милливольтах от их выходного напряжения при 20 °С при изменении температуры.

Характер зависимостей не противоречит приведённым на рис. 1, кроме микросхемы ICL8069DCZR. Для неё экспериментально был определён максимум зависимости при температуре ниже 0 °С, а по Data Sheet (рис. 1) он примерно при 25 °С. Здесь нужно иметь в виду, что все микросхемы, кроме LM285Z-1,2 фирмы ON Semiconductor и AD584LH, скорее всего, не были оригинальными.

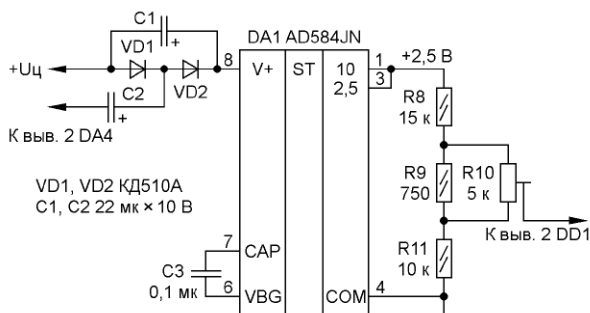


Рис. 6

росхемой, а источник питания и мультиметр были подключены отдельными парами проводов.

Кроме того, проверялся дрейф прецизионного источника напряжения на основе микросхемы AD584LH [2] в режиме выходного напряжения 2,5 В, также нагруженного на аналогичный делитель.

При изменении тока от 100 до 500 мкА для микросхем изменение напряжения стабилизации не было замечено, аналогично изменение напряжения питания от 3,8 до 10 В не влияло на выходное напряжение ИОН по схеме рис. 4 и [2]. При испытаниях для микросхем устанавливался ток 200 мкА, а напряжение питания ИОН — 7 В. Дрейф проверялся после выдержки в термостате 15 мин при стабилизированной требуемой температуре в интервале от 0 до 30 °С с шагом 5 °С. В приведённой таблице приведены отклонения напряжения стабилизации от номинала при 20 °С в милливольты при изменении температуры.

Измеренные значения напряжений были откорректированы в таблице в пределах ± 50 мкВ для получения плавных кривых зависимостей напряжения

от температуры. В четырёх последних колонках таблицы приведено максимальное расхождение напряжения стабилизации для двух температурных интервалов — от 0 до 30 °С и от 10 до 30 °С, абсолютные значения и относительные в процентах от напряжения стабилизации 1,25 В.

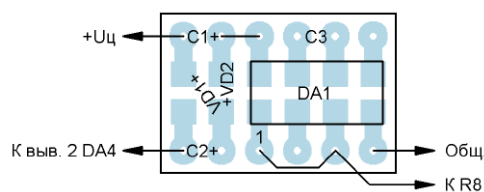


Рис. 7

В результате проведённых испытаний было решено заменить в настольном вольтметре [3] ИОН на основе микросхем TL432СТА и LM334 на ИОН на микросхеме AD584JN. Схема такого ИОН приведена на рис. 6.

Было проверено, что для микросхемы AD584JN при стабилизации напряжения 2,5 В (при соединении выходов 10 и 2,5) требуется напряжение питания не менее 3,8 В, поэтому



Рис. 8

Подключение 7" TFT-дисплея с параллельным интерфейсом к модулю ESP32

В. КИБА, г. Волжский Волгоградской обл.

для повышения напряжения аккумулятора использован удвоитель напряжения на диодах VD1, VD2 и конденсаторах C1 и C2. Импульсы на вход удвоителя подаются с выхода 2 микросхемы DA4 (ICL7660CPA) [4]. Конденсатор C3 уменьшает уровень шумов на выходе микросхемы. Резисторы R8—R11 — это делитель напряжения дорабатываемого вольтметра, но с частично изменёнными номиналами.

Детали ИОН установлены на печатной плате размерами 10,5×14 мм, изготовленной из платы размерами 10,5×20,5 мм. На исходной плате на расстоянии 7,62 мм друг от друга выполнены два ряда по восемь металлизированных отверстий с шагом 2,54 мм, и на обеих сторонах платы — пары контактов для элементов, предназначенных для поверхностного монтажа. На рис. 7 в масштабе 2:1 приведён чертёж платы с установкой элементов, на рис. 8 — фото ИОН. Установка конденсаторов на рис. 7 показана условно, они подпаяны к прямоугольным площадкам на противоположной стороне платы.

Применены керамические конденсаторы типоразмера 0805, полярность конденсаторов (в том числе и на рис. 6) указана на случай применения оксидных конденсаторов, например K50-16. Микросхема DA1 установлена в соответствующую панель.

В делителе напряжения резисторы R8 и R11 необходимо установить стабильные и с допуском не хуже 0,5 % (C2-29B — оптимально, ОМЛТ 0,5 %, C2-13, C2-14). Для резистора R9 высокая стабильность не требуется. Конденсатор C3 в модифицируемом вольтметре, включённый параллельно делителю R8—R11, следует исключить.

При доработке вольтметра автор также заменил полиэтилентерефталатный конденсатор C2 K73-17 ёмкостью 0,47 мкФ на полипропиленовый той же ёмкости на напряжение 100 В. Полипропиленовые конденсаторы имеют меньший коэффициент абсорбции и рекомендуются производителями микросхем ICL7135 для установки в цепь интегратора. Для исключения случайной подачи полного напряжения аккумулятора на цепь, в которой измеряется напряжение, последовательно с кнопкой SB1 автор установил резистор 10 кОм, аналогичную доработку целесообразно сделать и в конструкции [5].

ЛИТЕРАТУРА

1. Что такое элемент Пельтье, его характеристики и принцип работы. — URL: https://dzen.ru/a/W_g5pEFPgWcPOkKwz (31.08.24).
2. Бирюков С. Прецизионный источник напряжения. — Радио, 2024, № 7, с. 28, 29.
3. Бирюков С. Настольный вольтметр 4S разряда. — Радио, 2024, № 8, с. 29—33.
4. Бирюков С. Преобразователи напряжения на переключаемых конденсаторах. — Радио, 2001, № 12, с. 44, 45.
5. Бирюков С. Вольтметр из миллиомметра. — Радио, 2024, № 5, с. 37—39.

В своё время для проведения экспериментов был приобретён 7" TFT-дисплей на микросхеме драйвера SSD1963 с Touch Screen на микросхеме XPT2046. Он имеет 16-разрядный интерфейс данных и пятиразрядный служебный. Touch Screen подключается с

слишком большим, с модулем Arduino Due это происходило быстрее, но всё равно медленно. Модуль ESP-Wroom-32 работает с тактовой частотой в три раза больше, чем Arduino Due, и смена изображения на экране происходит быстро.

Для подключения модуля ESP-Wroom-32 к указанному TFT-дисплею можно приобрести переходную плату, но цена за отрезок текстолита с разъёмами явно неадекватная, и к тому же получается всё тот же "трёхэтажный сэндвич", что было неприемлемо. Поэтому на макетной плате была собрана самодельная переходная плата. Пришлось повозиться с библиотеками для работы этого дисплея TFT-дисплея с ESP-Wroom-32, поскольку библиотеки, работавшие с Arduino Mega 2560, категорически отказывались "дружить" с ESP-Wroom-32, и все библиотеки работали только с SPI, с параллельным интерфейсом нашлась только одна библиотека TFT_eSPI, и то для её адаптации для работы с параллельным интерфейсом пришлось повозиться. С Touch Screen была аналогичная история, пока нашёл нужную библиотеку, прошло немало времени.

Схема соединения модуля ESP-Wroom-32 с 7" TFT-дисплеем показана на рис. 1. Макетная плата с установленным и распаянным модулем ESP32-WROOM-32 показана на рис. 2 и рис. 3.

Номера контактов подключения портов ESP-Wroom-32 к разъёму дисплея взяты из библиотеки TFT_eSPI, которые находятся в файле User_Setup.h. Для работы библиотеки с указанным дисплеем в файле User_Setup.h надо раскомментировать строки, указанные ниже, при этом номера строк могут отличаться от моих (приведены в таблице).

Не следует корректировать фонты и частоты SPI, остальное надо комментировать. В комплекте будет находиться библиотека, сконфигурированная под указанный дисплей на микросхеме драйвера SSD1963. Обновления, возможно, надо будет отключить, чтобы потом не восстанавливать всё заново.

Не на каждом модуле серии ESP32 есть порты с указанными номерами, при попытке переназначить порты получил чёрный экран. Не каждый модуль серии ESP32 может обеспечить питание TFT-дисплея от своего стабилизатора

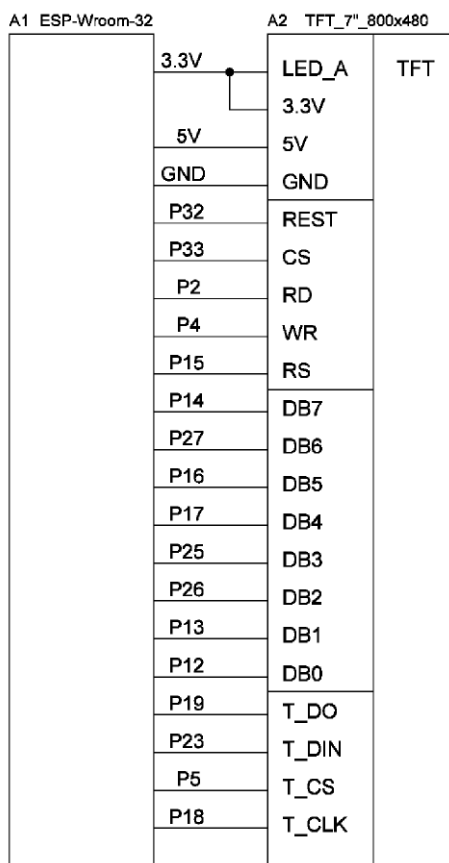


Рис. 1

помощью SPI данных. Поскольку этот TFT-дисплей работает от напряжения 3,3 В, его подключение к модулю Arduino Mega 2560 или Arduino Due требовало применения специальной переходной платы с преобразователями уровней. Естественно, что разъём TFT-дисплея не подходил для подключения к этим модулям напрямую. Кроме того, все эти узлы имели высоту около 5 см, что было не очень удобно. Время обновления информации на экране, особенно с модулем Arduino Mega 2560, было

```

63 #define SSD1963_800ALT_DRIVER
76 #define TFT_RGB_ORDER TFT_RGB
212 #define TFT_MISO 19
213 #define TFT_MOSI 23
214 #define TFT_SCLK 18
215 #define TFT_CS 5 // Chip select control pin
217 #define TFT_DC 15 // Data Command control pin ( RS
219 #define TFT_RST -1 // Set TFT_RST to -1 if display RESET is connected to ESP32 board RST
255 #define TFT_PARALLEL_8_BIT
258 #define TFT_CS 33 // Chip select control pin (library pulls permanently low
259 #define TFT_DC 15 // Data Command control pin - must use a pin in the range 0-31 ( RS
260 #define TFT_RST 32 // Reset pin, toggles on startup
262 #define TFT_WR 4 // Write strobe control pin - must use a pin in the range 0-31
263 #define TFT_RD 2 // Read strobe control pin
265 #define TFT_D0 12 // Must use pins in the range 0-31 for the data bus
266 #define TFT_D1 13 // so a single register write sets/clears all bits.
267 #define TFT_D2 26 // Pins can be randomly assigned, this does not affect
268 #define TFT_D3 25 // TFT screen update performance.
269 #define TFT_D4 17
270 #define TFT_D5 16
271 #define TFT_D6 27
272 #define TFT_D7 14

```

напряжения, дело в том, что диод в линии питания 5 В, установленный на плате модуля, греется так, что можно обжечься, и, возможно, придётся заменить его диодом с большим допустимым током, штатный сгорел через несколько минут работы. Можно подать напряжение 5 В от отдельного источни-

ка питания. В ESP32-S3 питание рассчитано только на питание себя любимой и небольшой нагрузки в виде датчиков, и при подключении TFT-дисплея к линии питания 3,3 В всё гаснет, даже индикаторный светодиод, также на ней отсутствует напряжение на выводе контакта 5 В на плате.

Для проверки работоспособности можно загрузить любой файл из примеров библиотеки, например `TFT_graphicstest_one_lib.in`, но в нём только графика, сенсорный экран не поддерживается. Для проверки и демонстрации работы сенсорного экрана и графики была разработана тестовая программа. На TFT-дисплей выводятся четыре кнопки и рамка, в которой отображается нажатая кнопка и координаты осей X и Y. К сожалению, в библиотеке `XPT2046_Touchscreen-master` отсутствует калибровка экрана, как в `URTouch`, и координаты осей выдаются значениями 0—4095, поэтому пришлось их вручную привести к экрану с разрешением 800×480 соответственно делением на пять и восемь. Это сделано только для демонстрации, а так надо более точно подобрать коэффициенты деления. На **рис. 4—рис. 6** показаны различные изображения экранов с показаниями действий нажатия на кнопки. Обратная сторона дисплея с установленной макетной платой показана на **рис. 7**. Если бы это был не экспериментальный вариант, для уменьшения толщины комплекта я бы прикле-

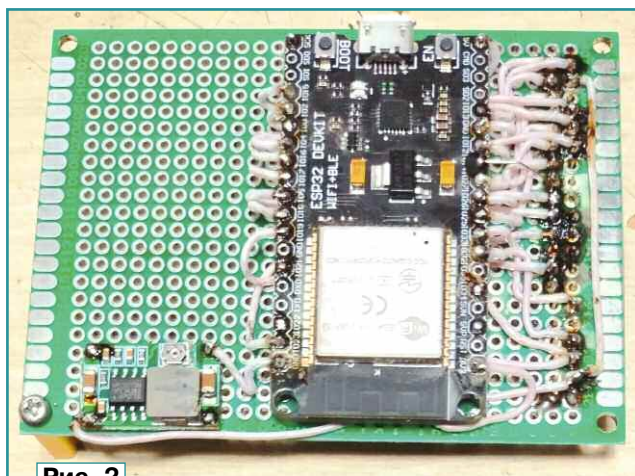


Рис. 2

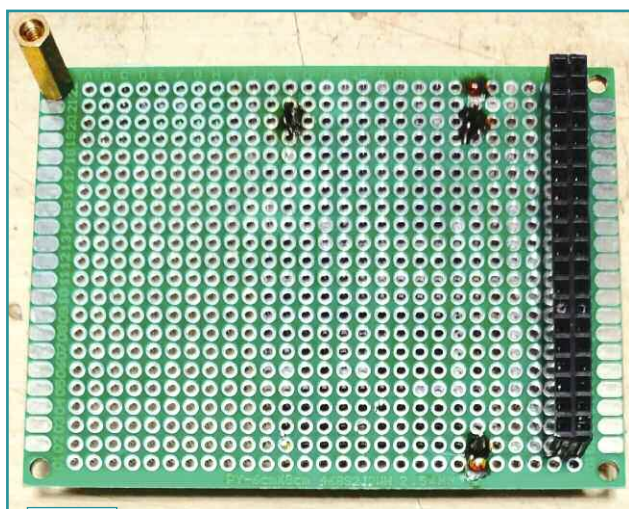


Рис. 3



Рис. 4



Рис. 5



Рис. 6

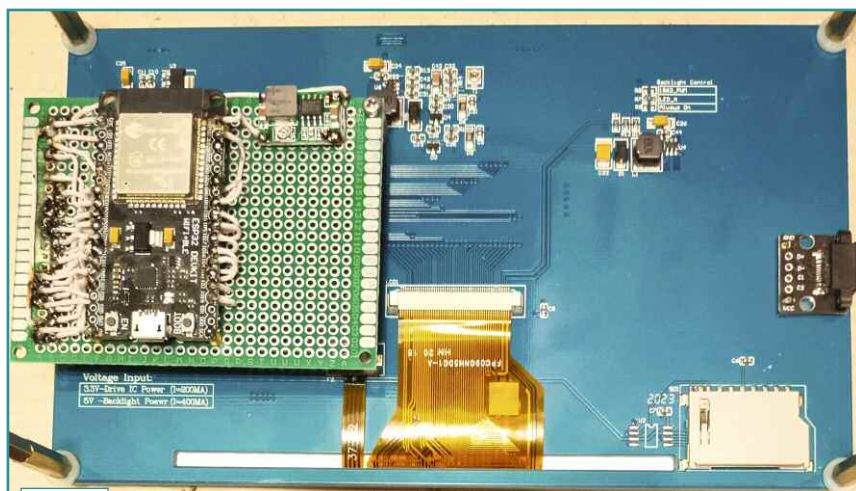


Рис. 7

ил плату модуля ESP32 к TFT-дисплею двухсторонней липкой лентой (место на плате дисплея позволяет это сделать) и распаял бы монтажным проводом на прямую к разъёму TFT-дисплея.

Устройство налаживания не требует, если всё собрано правильно, после загрузки программы и включения на экран выводятся рамка с номером версии и четыре кнопки. При нажатии на кнопку в рамку выводятся её название и координаты по горизонтали X и вертикали Y.

Все библиотеки, которые применены в программах, можно загрузить с сайта <https://github.com/ru-doc>.

От редакции. Скетч для модуля ESP-Wroom-32 и видеоролик, иллюстрирующий работу устройства, находятся по адресу <http://ftp.radio.ru/pub/2024/10/tft.zip> на нашем FTP-сервере.

Индикатор степени заряженности автомобильной аккумуляторной батареи

И. ПОДУШКИН, г. Москва

Основные элементы электрооборудования автомобиля — аккумуляторная батарея и генератор. От состояния аккумуляторной батареи зависит работа всех потребителей, в первую очередь, — запуск двигателя. Поэтому её заряженность — важный параметр. В предлагаемой вниманию читателей статье приведено описание простого индикатора, который позволяет оценить степень заряженности аккумуляторной батареи.

Автомобильная кислотная аккумуляторная батарея (АКБ) работает в буферном режиме. Во время запуска двигателя она отдаёт запасённую энергию, а при работающем двигателе она

выше нормы отключает её от бортовой сети. От степени зарядки и внутреннего сопротивления АКБ зависит, в первую очередь, пусковой ток во время запуска двигателя. Кроме того, в автомобиле

Количество заряда, накопленного в АКБ, или степень её заряженности сейчас, в основном, определяют по напряжению холостого хода, т. е. по напряжению на её клеммах при отключённой нагрузке. В различных источниках [1—4] разное напряжение АКБ соответствует разной степени её заряженности. В табл. 1—табл. 3 из [1—4] приведены зависимости степени заряженности от напряжения АКБ, в табл. 4 — те же зависимости из инструкции по эксплуатации АКБ. Из приведённых значений видно, что единого однозначного соответствия нет.

Конечно, можно измерить напряжение АКБ цифровым вольтметром или мультиметром. Но, исходя из приведённых табличных данных, можно отметить некоторые пороговые значения. Так, если напряжение холостого хода

находится в интервале 12,8...12,6 В, можно считать, что АКБ полностью заряжена, если напряжение — 12,5...12,4 В, она разряжена на 25 %, а если напряжение менее 12,2 В, в АКБ запасена лишь половина необходимого заряда. Поэтому для оценки степени заряженности АКБ можно воспользоваться простым индикатором, позволяющим приблизительно измерить напряжение.

Таблица 1

Напряжение, В	12,7	12,6	12,5	12,4	12,3	12,2	12,1	12	11,9	11,7
Степень заряженности, %	100	90	80	70	60	50	40	30	20	до 10

Таблица 2

Напряжение, В	12,6	12,5	12,42	12,32	12,2	12,06	11,9	11,75	11,58	11,31	10,5
Степень заряженности, %	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0

Таблица 3

Напряжение, В	12,7	12,64	12,58	12,52	12,46	12,4	12,36	12,32	12,28	12,24	12,2	12,12	12,04	11,98	11,94
Степень заряженности, %	100	95	90	85	80	75	70	65	60	55	50	40	30	20	10

Таблица 4

Напряжение, В	12,8	12,5	12,2	12	11,7
Степень заряженности, %	100	75	50	25	0

подзаряжается от генератора. Напряжение в бортовой сети автомобиля определяется регулятором, который измеряет это напряжение и в случае его уменьшения подключает обмотку возбуждения генератора, а при увеличении

присутствует множество потребителей, штатная работа которых зависит от качества напряжения в бортовой сети. Таким образом, от степени заряженности АКБ во многом зависит штатное функционирование всего электрооборудования автомобиля. Производители АКБ рекомендуют её заряжать, если она разряжена более, чем на 25 % зимой и более 50 % летом. В противном случае возможны проблемы с запуском двигателя.

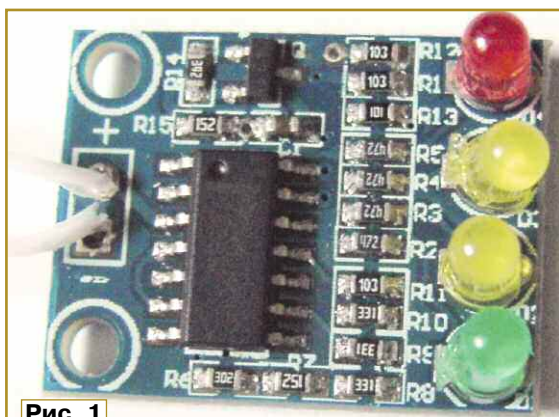


Рис. 1

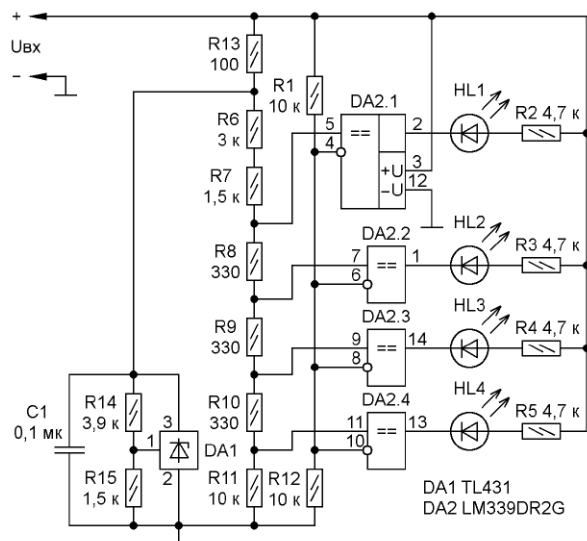


Рис. 2

Для этой цели подходит устройство [5], индицирующее уровень заряда аккумуляторной батареи с номинальным напряжением 12 В (рис. 1). Оно собрано на плате размерами всего 22,2×17,2 мм. В индикаторе, кроме светодиодов, применены детали для поверхностного монтажа: резисторы и конденсатор типоразмера 0603, микросхемы в корпусах SOT23-3 и SOIC-14. Четыре светодиода различного свечения индицируют степень заряженности батареи: когда светит только красный светодиод, заряд батареи от 0 до 20 % от номинала, когда включается один светодиод жёлтого свечения — от 20 до 50 %, включённый второй светодиод жёлтого свечения сигнализирует, что заряд находится в пределах от 50 до 80 %, если светит светодиод зелёного свечения — от 80 до 100 %. Измеренные пороги оказались равны (округлённые значения): светодиод красного свечения — 11,7 В, жёлтого свечения — 12,1 В, второй светодиод жёлтого свечения — 12,5 В, зелёного свечения — 12,9 В, т. е. разность напряжения в порогах включения — приблизительно 0,4 В.

По плате была нарисована схема индикатора, которая показана на рис. 2. Позиционные обозначения резисторов приведены в соответствии с обозначениями на плате. Разность между напря-

жениями включения светодиодов в исходном устройстве для корректной индикации степени заряженности АКБ не годится. Чтобы уменьшить её вдвое, необходимо уменьшить сопротивление резисторов R8—R10 в два раза. Можно, конечно, выпаять эти резисторы и на их места запаять резисторы сопротивлением 160 Ом. Но это — весьма трудоёмкая операция, поскольку, во-первых, резисторы имеют малые размеры, во-вторых, очень плотный монтаж, и при нагревании паяльником легко можно задеть соседние детали. Поэтому было принято решение установить дополнительные резисторы сопротивлением по 330 Ом, припаяв их сверху (параллельно им) на уже установленных резисторы R8—R10 (рис. 3). В итоге суммарное сопротивление каждого из параллельно включённых резисторов уменьшится вдвое. В результате такой доработки напряжения включения светодиодов оказались равны: красного свечения — 12,1 В, жёлтого свечения — 12,3 В, второй светодиод жёлтого свечения — 12,5 В, зелёного свечения — 12,7 В. Если светят все светодиоды, АКБ полностью или почти полностью заряжена, если светят три светодиода — два жёлтого и один красного свечения, АКБ разряжена приблизительно на 15...25 %, если светят два светодиода — жёлтого и красного свечения,

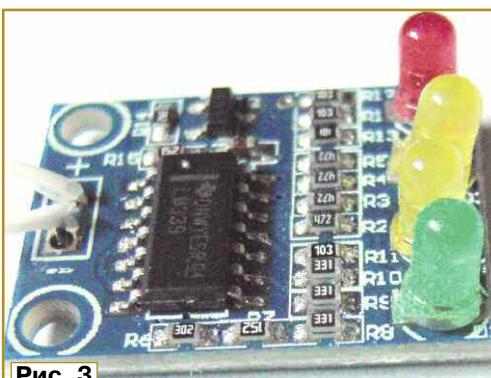


Рис. 3

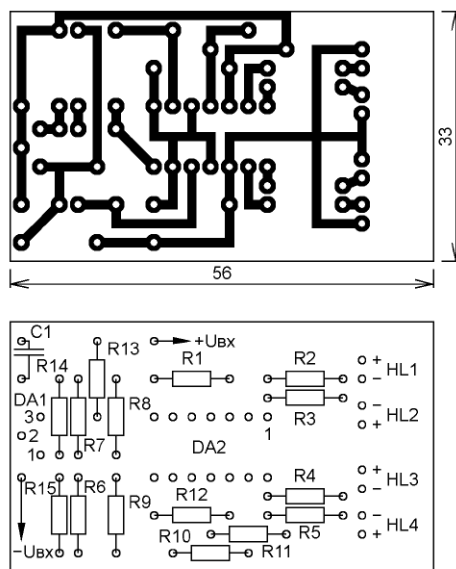


Рис. 4

АКБ разряжена на 25...40 %, если светит только светодиод красного свечения, АКБ разряжена на 50 % и более, и срочно требуется её зарядка.

Для самостоятельного изготовления этого индикатора с использованием выводов деталей была разработана плата, которую изготавливают из фольгированного с одной стороны стеклотекстолита толщиной 1...1,5 мм. Её чертёж показан на рис. 4. Размеры платы оптимизированы для её размещения в футляре от драже Tic tac. Для удобства разводки платы изменён порядок подключения цепей светодиод—резистор (HL1R2—HL4R5) к выходам компараторов. Сначала к выходам подключены резисторы R2—R5, затем светодиоды HL1—HL4. Светодиоды можно применить с диаметром корпуса 3 или 5 мм. Их располагают параллельно плате. Также параллельно плате над резисторами располагают микросхему стабилизатора в корпусе TO-92 и конденсатор.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пономарев А. Нормальное напряжение АКБ автомобиля: сколько вольт в заряженном аккумуляторе. — URL: https://auto.ru/mag/article/normalnoe-napryazhenie-akb-avtomobilya/?ysclid=lyaiotfyaff359161338&utm_referrer=https%3A%2F%2Fya.ru%2F (11.09.24).
2. Сколько вольт в заряженном аккумуляторе автомобиля. — URL: <https://dzen.ru/a/ZYRQF41VN0aKHdQC?ysclid=lyair07m3m770571347> (11.09.24).
3. Прохорычев Е. Напряжение заряженного автомобильного аккумулятора. — URL: <https://www.drive2.ru/b/2514398/?ysclid=lyaipgudr807701028> (11.09.24).
4. Каким должно быть нормальное напряжение аккумулятора? — URL: <https://akkamulik.by/company/news/kakim-dolzhen-byt-napryazhenie-akkumulyatora/?ysclid=lyaiscvppj272348643> (11.09.24).
5. Индикатор питания батареи LED 12V. — URL: https://amperkot.ru/msk/catalog/indikator_pitaniya_batarei_led_12v-24310909.html (11.09.24).

От редакции. Чертёж печатной платы находится по адресу http://ftp.radio.ru/pub/2024/10/ind_zar_akb.zip на нашем FTP-сервере.

Лабораторный генератор на модуле Si5351

С. СИДОРЕНКО, г. Раменское Московской обл.

В Интернете можно приобрести модуль, использующий чип Silicon Labs Si5351 (универсальный программируемый генератор тактовых импульсов I²C) [1]. Чип имеет два встроенных генератора с PLL (фазовая автоподстройка частоты), которые синхронизируются внешним генератором частотой 25 МГц. На своих трёх выходах модуль генерирует три отдельные тактовые частоты: CLK0, CLK1 и CLK2. На основе этого модуля можно изготовить лабораторный генератор тактовых частот, описание которого приведено далее.

Поскольку напряжение питания микросхемы Si5351 — 3,3 В, для управления этой микросхемой использован модуль Arduino pro mini 3,3 В 8 МГц, а для отображения информации — графический дисплей 1,8" TFT SPI ST7735. Он также питается напряжением 3,3 В. Та-

ким образом, в устройстве не требуется преобразователь уровней 5В/3,3В.

Технические характеристики генератора

Диапазон частот	2,5 кГц.....
	210 МГц
Шаг перестройки частоты (выбираемый)	1 Гц, 10 Гц, 100 Гц, 1 кГц, 10 кГц, 100 кГц, 1 МГц, 10 МГц
Число фиксированных частот (с записью в EEPROM) на выходах CLK0 и CLK1	11
Форма выходного сигнала	меандр
Напряжение питания, В	3,7...7
Потребляемый ток, не более, мА	60

В модуле возможно синхронное переключение фиксированных частот, выключение выходов CLK1 и CLK2.

Схема генератора показана на рис. 1. Модуль Arduino pro mini соединён с модулем Si5351 по протоколу I²C, а с дисплеем ST7735 — по протоколу SPI. Стабилизатор напряжения 3,3 В выполнен на модуле AMS1117. Питается генератор от источника напряжением 5 В. Управление генератором осуществляется с помощью механического энкодера S1 со встроенной кнопкой и одной дополнительной кнопкой SB1 выбора меню. Разъём XS2 предназначен для подключения адаптера USB-TTL CH341 либо аналогичного по функционалу. Сам адаптер подключают к Arduino pro mini в соответствии с таблицей.

В среде Arduino IDE в меню "Инструменты" выбирают плату —

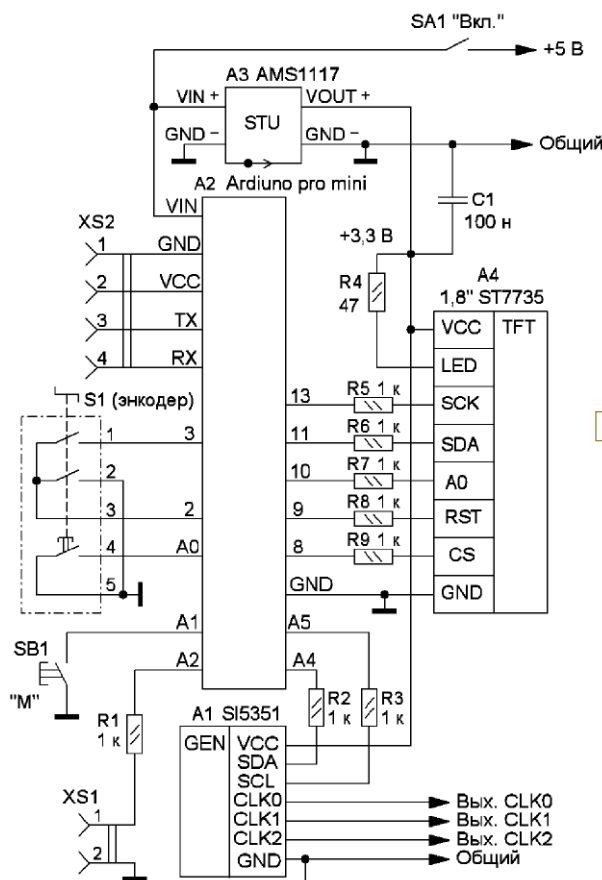


Рис. 1

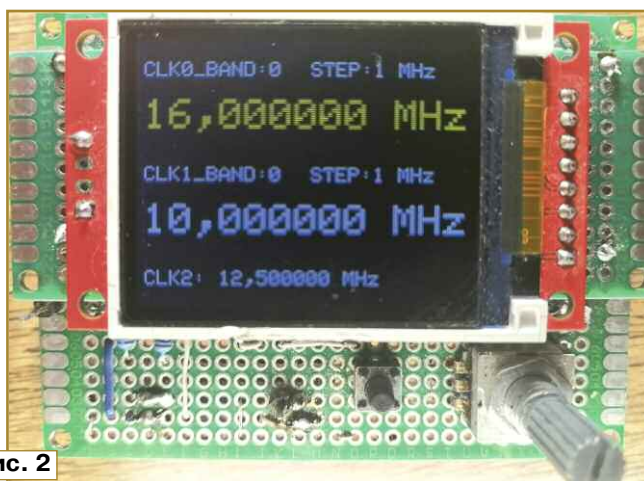


Рис. 2

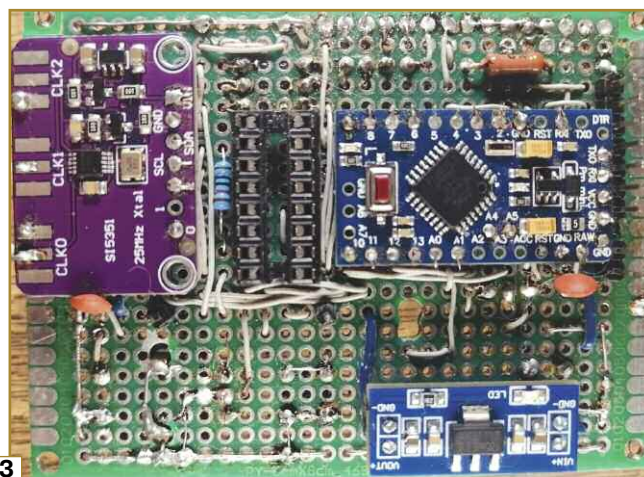


Рис. 3

Arduino pro or Pro mini, процессор — ATmega328P (3,3V, 8MHz), порт — Com 3 (в моём случае). Порт должен отображаться в IDE, в противном случае надо проверить установку драйвера в "Диспетчере устройств". Компилируют скетч в Arduino IDE.

В скетче используются стандартные библиотеки Arduino: Wire.h, TFT.h, EEPROM.h. Только будет нужно в Arduino IDE подключить библиотеку Si5351Arduino.h: Скетч → Подключить библиотеку → Добавить .ZIP библиотеку... ". Библиотека находится на FTP-сервере журнала "Радио".

Далее подключаем модуль Arduino pro mini через адаптер USB-TTL к компьютеру, компилируем и загружаем скетч в микроконтроллер (МК) модуля. На адаптере может отсутствовать программное управление сбросом МК. В таком случае после нажатия на кнопку "Загрузка" в IDE необходимо вручную нажать на кнопку "Reset" модуля Arduino pro mini и удерживать её, пока идёт компиляция скетча. Сразу по окончании компиляции отпустить кнопку. Начнётся загрузка скетча в МК. По окончании загрузки отсоединяют устройство от компьютера. Генератор готов к работе.

Arduino pro mini	Tx	Rx	GND	VCC
CH341A	Ex	Rx	ND	+5V

При подаче питания на МК происходит проверка ключа загрузки фиксированных частот в EEPROM, и при его отсутствии происходит запись фиксированных частот в EEPROM. Частоты прописаны в подпрограмме fill_EE. Их можно изменить перед прошивкой МК либо в процессе эксплуатации скорректировать их в EEPROM.

После загрузки устройства на экране появятся строки (рис. 2):

```
CLK0_BAND: 0      STEP: 1 MHz
16,000000 MHz
CLK1_BAND: 0      STEP: 1 MHz
10,000000 MHz
CLK2: 12,500000 MHz
```

Первая и вторая строки относятся к выходу CLK0, третья и четвёртая — к CLK1, пятая строка — информационная. Строки показывают текущие параметры генератора. Жёлтым цветом выделена строка, значения которой можно изменять.

Нажимая на кнопку "M" (SB1), можно переключаться между выходами CLK0 и CLK1.

При нажатии на кнопку энкодера S1 происходит переключение между значением частоты, шагом настройки (STEP) и фиксированными частотами (BAND). При вращении ручки энкодера происходят изменения значений частоты, шага настройки или фиксированной частоты в зависимости от выбранного параметра. Шаг настройки и фиксированная частота принимают выбранные значения после повторного нажатия на кнопку энкодера, а частота — сразу после изменения.

При удержании кнопки "M" происходит переход в меню настройки со следующими пунктами:

— save BAND0 & BAND1?: — запись значений текущих частот CLK0 и CLK1 в ячейки, соответствующие значениям BAND;

— BAND0 & BAND1 synchro: — синхронизация переключения фиксированных частот CLK0 и CLK1;

— correction = численное значение коррекции — коррекция тактовой частоты модуля Si5351;

— CLK2_enable: — включение/отключение выхода CLK2;

— CLK2 = и численное значение частоты — изменение частоты CLK2 с шагом 250 кГц (на частоте менее 250 кГц с шагом 25 кГц);

— CLK1: PLL_manual? — установка частоты PLL вручную для частот более 75 МГц;

— CLK1_enable: — включение/отключение выхода CLK1;

— Gen-K4_enable: — включение генератора, управляемого напряжением (ГУН), он же генератор качающейся частоты (ГКЧ) при подаче пилообразного напряжения амплитудой не более 1,1 В и частотой не более 100 Гц на вход X1 (вывод A2 модуля Arduino pro mini);

— GK4_delta -/+ 30 kHz — возможность изменения полосы качания ГКЧ.

Перемещаясь по пунктам, временно нажимая на кнопку "M". Вращая энкодер, выбирают либо YES, либо NO или в режимах коррекции, установки частоты CLK2 и полосы качания ГКЧ нужное значение. При нажатии на кнопку энкодера происходит установка выбранного значения.

Например, для записи частот CLK0 и CLK1 в память нужно выбрать BAND, выставить необходимое значение частоты для CLK0 и CLK1, зайти в режим настройки и в пункте меню save BAND0 & BAND1?: поворотом энкодера вправо выбрать YES, нажимая на кнопку энкодера для выполнения команды. Остальные пункты меню работают аналогичным образом.

Для коррекции тактовой частоты модуля Si5351 нужно:

— установить частоту 25 МГц на выходе CLK0 или CLK1 (можно 10 МГц и др.);

— измерить частоту на выходе внешним частотомером, например откорректированным частотомером, описанным в [2, 3];

— зайти в режим настройки и в пункте меню "correction =" выставить необходимое значение. При этом при увеличении значения коррекции частота уменьшается, а при уменьшении — увеличивается;

— нажать на кнопку энкодера для выполнения команды.

Значение коррекции придётся подобрать эмпирическим путём до совпадения показаний частотомера и генератора. Так, у меня разница показаний составила +246 Гц, а коррекция получилась +82, т. е. разница в три раза.

Модуль Si5351 генерирует сигналы, частота которых имеет ошибку,

особенно на частотах выше 100 МГц. Для более точной установки частоты выше 75 МГц используется режим ручной настройки PLL CLK1. Для установки частоты PLL вручную нужно выставить значение частоты CLK1, выбрать в меню настройки пункт CLK1: PLL_manual? и поворотом энкодера вправо выбрать YES, а для отключения — поворотом энкодера влево (NO) и нажать на кнопку энкодера для исполнения. При изменении частоты в обычном режиме ручная установка сбрасывается.

Поскольку чип имеет два PLL, то совершенно не зависит друг от друга могут только два канала CLK0 и CLK1. Два сигнала с частотами более 100 МГц для CLK1 и CLK2 не допускается. Выход CLK2 носит вспомогательную функцию и может быть отключён, CLK1 — тоже.

ГКЧ включается на CLK0 установкой пункта меню Gen-K4_enable: YES. Перед этим нужно установить в обычном режиме среднюю частоту качания. При изменении частоты энкодером ГКЧ отключается. Ширину полосы качания можно изменить в следующем пункте меню.

Конструктивно генератор состоит из отдельных модулей, размещённых на макетной печатной плате размера 60×80 мм с фольгированными отверстиями (рис. 3). Модули припаяны к плате в четырёх точках на отдельных штырях. Желательно для этого использовать контакты GND используемых модулей. Все соединения между деталями и узлами произведены с помощью изолированного монтажного провода толщиной около 1 мм (с учётом изоляции). Для этих целей могут подойти провода от шлейфа IDE компьютера. Прокладывают их через незадействованные отверстия на плате. Резисторы припаяны непосредственно к контактам модулей и к плате, конденсатор — к плате. На плате модуля Si5351 есть место для установки разъёмов SMA, но я предпочитаю использовать BNC. Выходы генератора — открытые. Усилитель и аттенуатор не устанавливались. Они должны быть широкополосные. При настройке аппаратуры с помощью этого генератора проще подобрать необходимые узлы на конкретную частоту. Для получения синусоидального сигнала необходимо установить LC-фильтр нижних частот для выбранного диапазона частот.

ЛИТЕРАТУРА

1. Si5351A/B/C-B. — URL: <https://goo.su/ryJU> (17.07.24).
2. Сидоренко С. Частотомер на Arduino pro mini (ATmega168). — Радио, 2024, № 1, с. 35, 36.
3. Сидоренко С. Повышение устойчивости работы частотомера на Arduino pro mini. — Радио, 2024, № 4, с. 44.

От редакции. На нашем FTP-сервере по адресу <http://ftp.radio.ru/pub/2024/10/gener.zip> находятся файлы проекта.

Автоматические аварийные светильники

И. НЕЧАЕВ, г. Москва

В некоторых случаях бывает необходим аварийный светильник, который автоматически включался бы и дуб-

ольшими затратами сделать автоматический аварийный светильник. Для поддержания аккумулятора Power bank

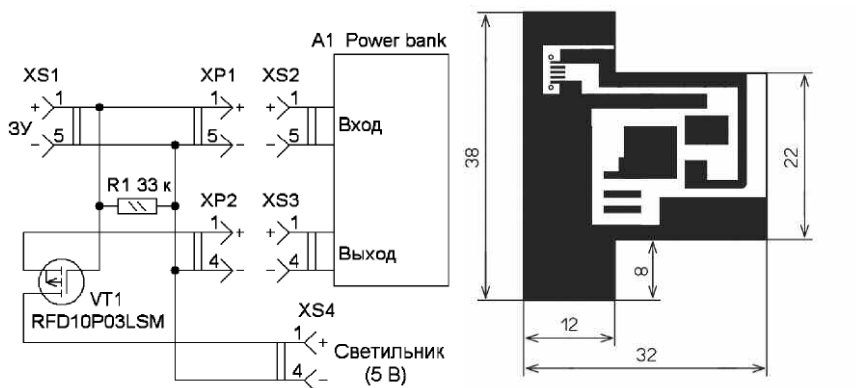


Рис. 1

лировал штатный светильник при пропадании сетевого напряжения или, например, подсвечивал указатели аварийного выхода, или сетевого щита. Такому аварийному светильнику обязательно нужен автономный источник питания. Если использовать USB-светильники с напряжением питания 5 В, выбор которых в интернет-магазинах большой, и Power bank, можно с не-

в заряженном состоянии ещё потребуются 3У. Такой вариант хорош тем, что можно подобрать светильник требуемой мощности и Power bank с соответствующей ёмкостью аккумулятора. В случае необходимости эти элементы можно использовать по отдельности. В таком варианте потребуется модуль-переходник, который соединял бы эти элементы и управлял светильником.

Схема такого переходника и вариант подключения к нему 3У, Power bank и USB-светильника показана на рис. 1. Вместе они образуют автоматический аварийный светильник, который работает следующим образом. 3У сотового телефона подключают к гнезду XS1, и напряжение 5 В транзитом проходит на вилку XP1, которую подключают к входу Power bank (штатное гнездо XS2). При этом происходит зарядка его аккумулятора (аккумуляторной батареи). Выходное напряжение Power bank со штатного гнезда XS3 поступает на транзистор VT1, который в определённой ситуации подаёт питающее напряжение на USB-светильник, подключённый к гнезду XS4.

3У сотового телефона постоянно подключено к сети, и аккумулятор Power bank заряжается по мере необходимости. При этом напряжение на затворе транзистора VT1 примерно равно напряжению на истоке, поэтому он закрыт и питающее напряжение на USB-светильник не поступает. Если сетевое напряжение пропадёт, затвор транзистора через резистор R1 будет соединён с минусовой линией питания, поэтому напряжение затвор—исток будет открывающим, и на гнездо XS4 поступит напряжение с выхода Power bank, в результате USB-светильник включится. После появления сетевого напряжения устройство вернётся в исходное состояние.

В переходнике использован полевой транзистор RFD10P03LSM [1] с р-каналом и управлением логическим уровнем. Сопротивление открытого канала

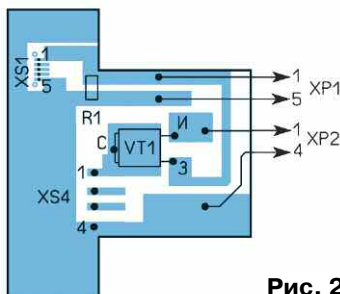


Рис. 2

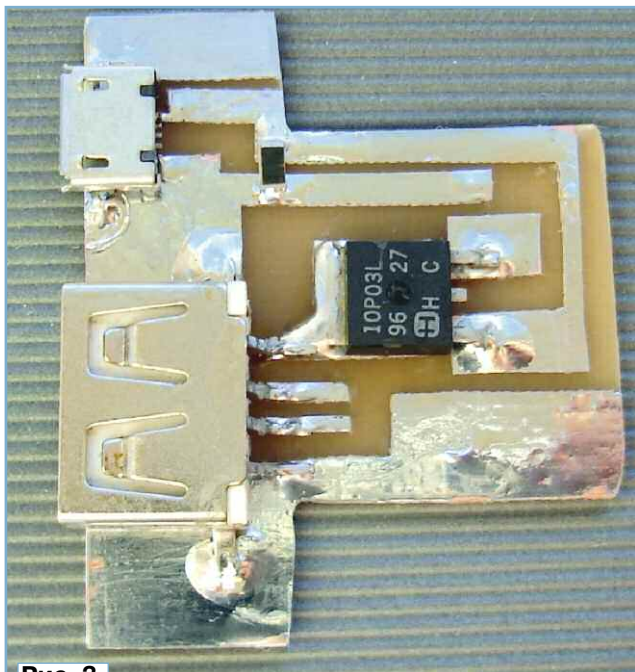


Рис. 3

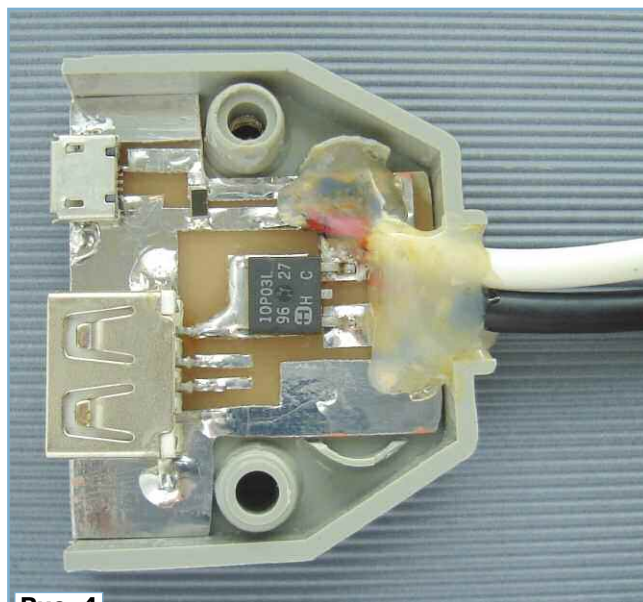


Рис. 4



Рис. 5



Рис. 6

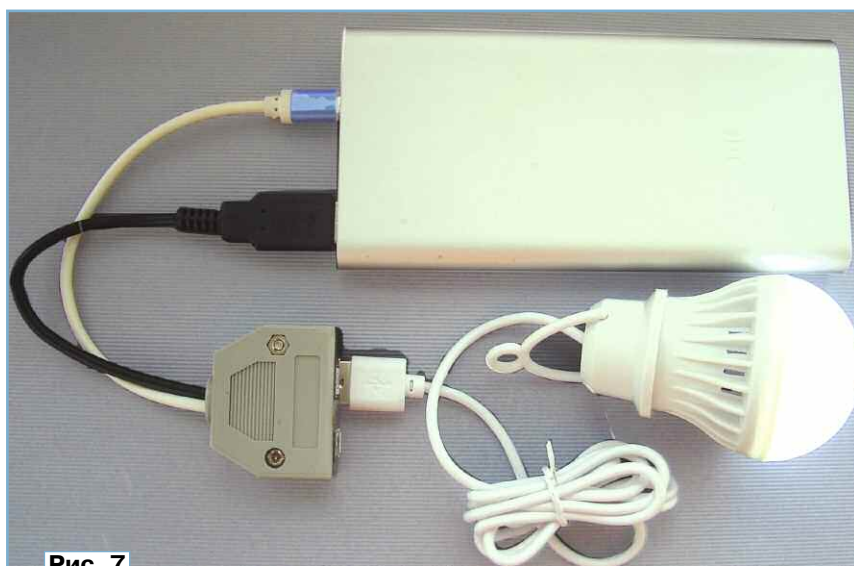


Рис. 7

этого транзистора — 0,2 Ом, а напряжение открывания — 1...2 В. Можно применить аналогичные транзисторы с r-каналом, они часто используются в материнских платах ПК.

Конструкция модуля-переходника может быть различной, при этом использование печатной платы не обязательно, если применить проводной монтаж. Всё зависит от конструкции применённых разъёмов, и если они предназначены для монтажа на печатную плату, тогда потребуется её изготовить. Чертёж печатной платы и схема размещения на ней элементов показаны на **рис. 2**. Изготовлена плата из одностороннего фольгированного стеклотекстолита толщиной 1 мм, она рассчитана на установку разъёмов для поверхностного монтажа USB-A и microUSB. При использовании разъёмов других типов топологию придётся скорректировать. Применён постоянный резистор для поверхностного монтажа типоразмера 1206. Конфигурация и размеры печатной платы обусловлены тем, что для переходника использован пластмассовый корпус от разъёма серии DB. Вилки XP1 и XP2 подключены

к плате с помощью штатных укороченных кабелей этих вилок.

Внешний вид смонтированной платы показан на **рис. 3**. В корпусе плата и соединительные кабели закреплены с помощью термоклея (**рис. 4**). Взамен штатного разъёма серии DB в корпус вставляют переднюю панель, изготовленную из тонкой пластмассы, в которой сделаны отверстия для подключения вилок 3V и USB-светильника к гнездам XS1 и XS4 соответственно. Внешний вид переходника показан на **рис. 5**.

В качестве собственно светильника удобно использовать светодиодную USB-лампу с напряжением питания 5 В (**рис. 6**). Внешний вид комплекта светильника (без 3V) показан на **рис. 7**.

В продаже есть светодиодные USB-светильники (лампы) со встроенным аккумулятором, который по мере необходимости можно заряжать от 3V сотового телефона. На основе такого светильника также можно сделать автоматический аварийный светильник. Рассмотрим это на примере USB-лампы, показанной на **рис. 8**. В неё встроена одна печатная плата зарядки и управления. На одной её стороне размещены



Рис. 8

все элементы (**рис. 9**), в том числе микросхема драйвера зарядки аккумулятора и микросхема управления, а на другой — только печатные проводники (**рис. 10**). Микросхема управления обеспечивает четыре режима работы лампы: выключено, максимальная яркость, уменьшенная яркость и вспышки с частотой несколько герц.

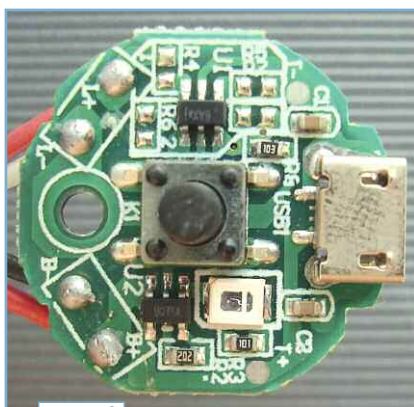


Рис. 9

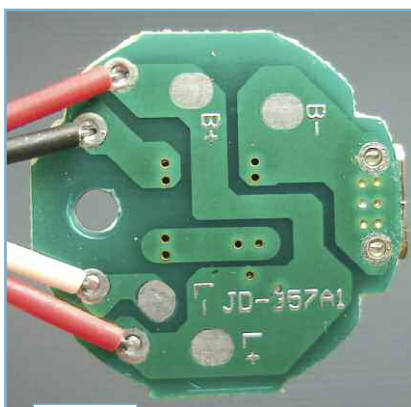


Рис. 10

толщиной 1 мм. Чертеж платы показан на рис. 12, а размещение элементов — на рис. 13. Здесь применены резисторы для поверхностного монтажа типоразмера 1206, биполярный транзистор может быть малоомный общего назначения структуры п-р-п в корпусе SOT23. Применённый полевой транзистор IPD12N03LB [2] имеет сопротивление открытого канала 11 мОм, и напряжение открывания — не более 2 В. Его можно заменить аналогичным транзистором в корпусе TO252-3.

Вид смонтированной платы показан на рис. 14. Она приклеена к плате лампы со стороны, свободной от деталей. Электрические соединения сделаны с помощью отрезков лужёного про-

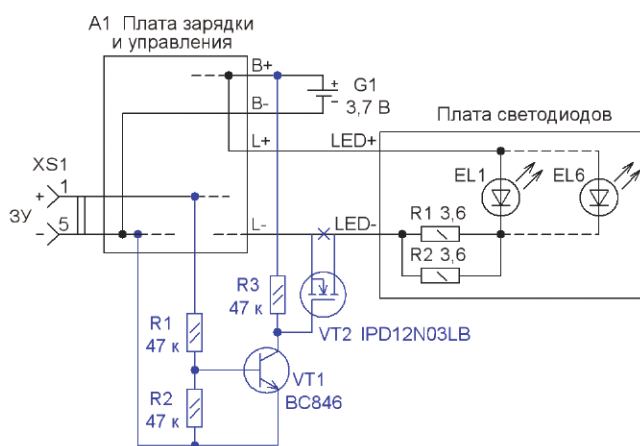


Рис. 11

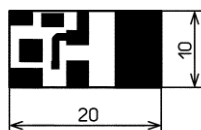


Рис. 12

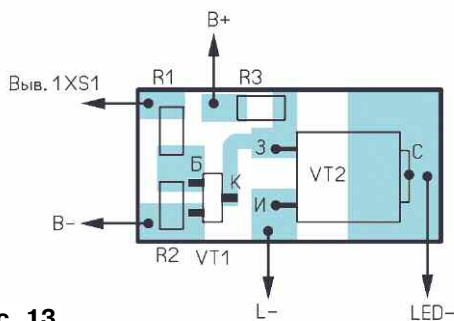


Рис. 13

Переключение режимов осуществляется с помощью одной тактовой кнопки.

Схема лампы с доработкой показана на рис. 11, и вновь вводимые элементы и доработка выделены цветом. Полевой транзистор VT2 включают в разрыв минусовой линии питания платы светодиодов. Полевым транзисто-

ром управляет транзистор VT1, при этом открывающее напряжение на его базу поступает через резистивный делитель R1R2 с гнезда XS1 для подключения ЗУ. При подключённом ЗУ и наличии сетевого напряжения происходит зарядка аккумулятора, в этом режиме будет светить индикаторный светодиод на плате зарядки и управления, а по окончании зарядки он гаснет.

Транзистор VT1 открыт, поэтому на затворе транзистора VT2 напряжение близко к нулю, и он закрыт. В результате, независимо от того, какой режим лампы включён, на плату светодиодов напряжение не поступает.

Когда сетевое напряжение пропадёт, на выходе ЗУ его также не будет, и транзистор VT1 закроется. Напряжение аккумулятора через резистор R3 поступит на затвор полевого транзистора, он откроется, и лампа будет работать в установленном кнопкой режиме. Кстати, режим миганий можно использовать для сигнализации пропадания сетевого напряжения.

Все дополнительные элементы размещены на печатной плате из одностороннего фольгированного стеклотекст-

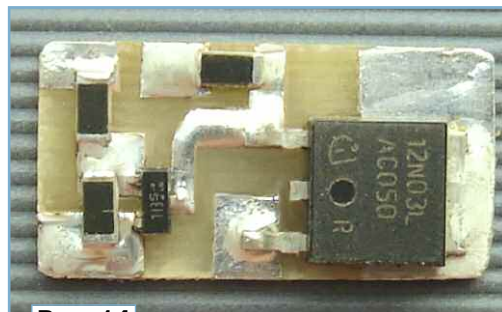


Рис. 14

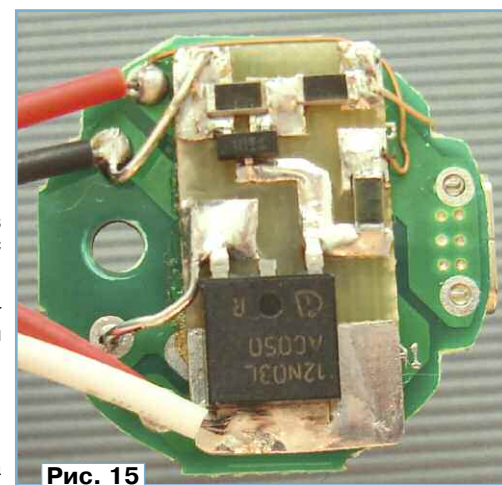


Рис. 15

вода, монтажного и тонкого обмоточного проводов (рис. 15). Налаживания не требуется. После доработки внешний вид лампы не изменится, и без подключённого ЗУ она будет работать в штатном режиме.

ЛИТЕРАТУРА

1. RFD10P03L, RFD10P03LSM, RFP10P03L. — URL: <https://goo.su/WoUUYn> (23.07.24).
2. IPD12N03LB. — URL: <https://goo.su/A6rfsSL> (23.07.24).

От редакции. Чертежи печатных плат находятся по адресу <http://ftp.radio.ru/pub/2024/10/avar.zip> на нашем FTP-сервере.

Устройство контроля монтажа жгутов и многожильных кабелей

В. ХОХЛОВ, И. МАРФИН, г. Северодвинск

Устройство контроля монтажа (УКМ) разработано на основе различных модулей, которые можно приобрести в Интернете, и предназначено для проверки кабелей и коммутационных устройств. К его созданию подвигло то, что

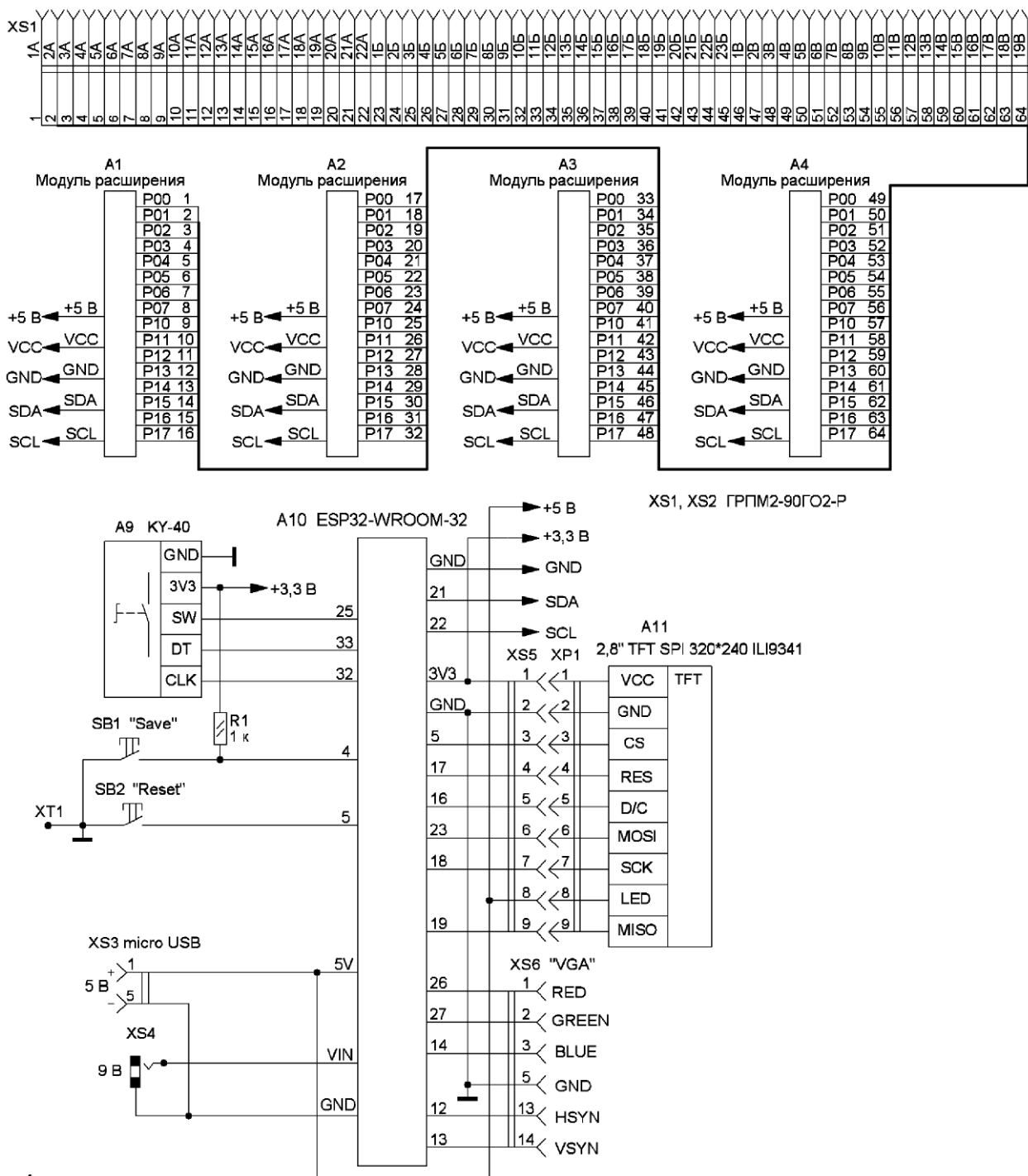


Рис. 1

предприятие, производящее огромное число коммутационных устройств и кабельной продукции, нуждается в автоматизации монотонного труда ручной проверки качества монтажа. В основе работы устройства лежит принцип "Все против всех", позволяющий со 100 % вероятностью выявлять ошибки, лишние связи и замыкания на корпус (землю). Некоторые обозначения элементов и узлов весьма условны, так как заграничные производители модулей часто меняют надписи и названия про-

расширения **Platformio**. Привязка к типу разъёмов произведена в файле **Sockets.h**.

Схема устройства показана на **рис. 1**. Модуль MK ESP32-WROOM-32 (A10) установлен на монтажную печатную плату с контактами для подключения абонентов и устройств. Основные коммутирующие устройства — модули расширения A1—A8 собраны на базе модуля ввода-вывода PCF8575 [1] (**рис. 2**), они работают как сдвиговый регистр записи и чтения логического

адресные переключки в соответствии с **таблицей**. Вся информация выводится на экран TFT-модуля A11. Подключение этого модуля — стандартное по шине SPI, описание которого есть в Интернете. То же самое относится к другим устройствам, входящим в УМК.

Схема встроенного блока питания (БП) показана на **рис. 5**. Прибор может работать как от сети 230 В с помощью внешнего БП, так и от аккумулятора. Зарядка аккумулятора производится от внешнего БП через стабилизатор A1 и

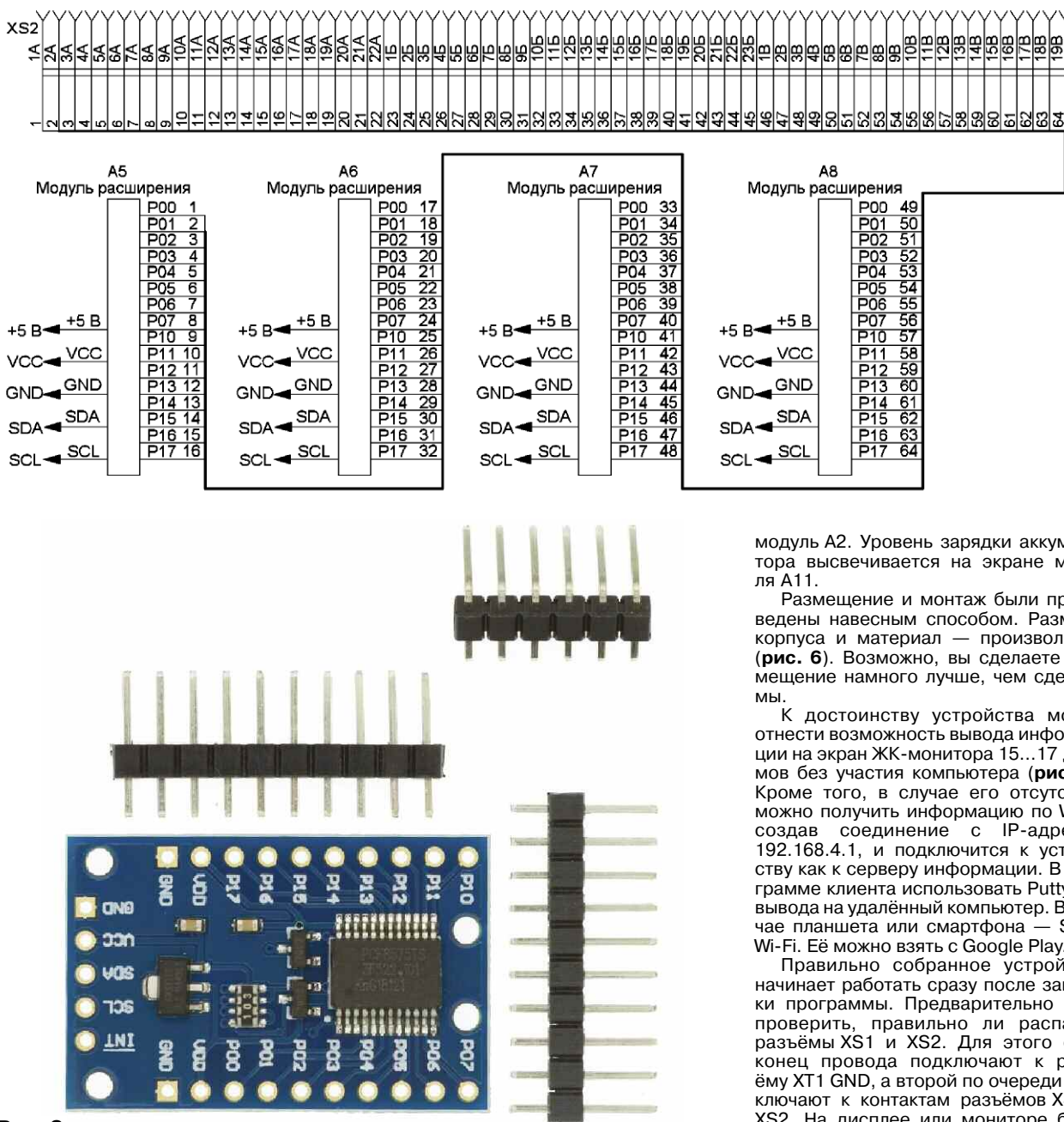


Рис. 2

изводимых модулей. Для повторения устройства контроля требуются знания по экосистеме Arduino. Программа для микроконтроллера (МК) написана в редакторе **Visual Studio Code** на базе

нуля и управляются по шине I²C модулем MK A10. Схема модулей расширения A1—A8 показана на **рис. 3**. На каждом из них на стороне, свободной от элементов (**рис. 4**), надо установить

модуль A2. Уровень зарядки аккумулятора высвечивается на экране модуля A11.

Размещение и монтаж были произведены навесным способом. Размеры корпуса и материал — произвольные (**рис. 6**). Возможно, вы сделаете размещение намного лучше, чем сделали мы.

К достоинству устройства можно отнести возможность вывода информации на экран ЖК-монитора 15...17 дюймов без участия компьютера (**рис. 7**). Кроме того, в случае его отсутствия можно получить информацию по Wi-Fi, создав соединение с IP-адресом 192.168.4.1, и подключится к устройству как к серверу информации. В программе клиента использовать Putty для вывода на удаленный компьютер. В случае планшета или смартфона — Serial Wi-Fi. Её можно взять с Google Play.

Правильно собранное устройство начинает работать сразу после загрузки программы. Предварительно надо проверить, правильно ли распаяны разъёмы XS1 и XS2. Для этого один конец провода подключают к разъёму XT1 GND, а второй по очереди подключают к контактам разъёмов XS1 и XS2. На дисплее или мониторе будет высвечиваться номер замыкаемого контакта на GND, взятый из файла **Sockets.h**. Аналогично можно проверить правильность установки перемычек. На экране будет отображаться связь в виде ошибки монтажа.

Модуль	A1			A2			A3			A4		
Контакты	A2	A1	A0	A2	A1	A0	A2	A1	A0	A2	A1	A0
Перемычка	GND	GND	GND	GND	GND	VDD	GND	VDD	GND	GND	VDD	GND
Адрес	0x20			0x21			0x22			0x23		
Модуль	A5			A6			A7			A8		
Контакты	A2	A1	A0	A2	A1	A0	A2	A1	A0	A2	A1	A0
Перемычка	VDD	GND	GND	VDD	GND	VDD	VDD	VDD	GND	VDD	VDD	VDD
Адрес	0x24			0x25			0x26			0x27		

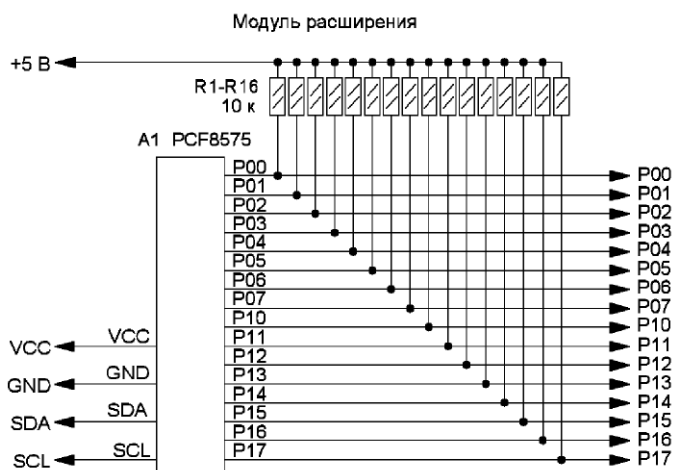


Рис. 3

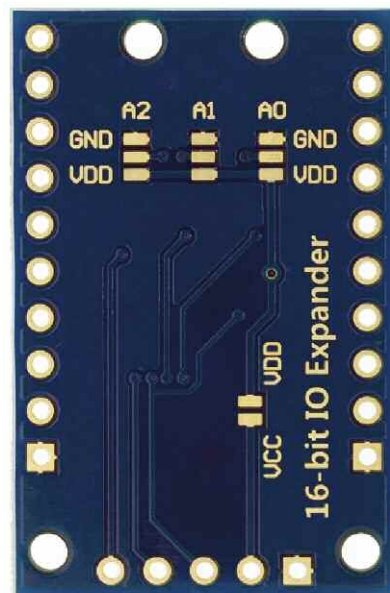


Рис. 4

Expanders. Тогда надо воспользоваться сканером шины I²C из Arduino IDE и найти ошибку.

Работают с УКМ в следующем порядке. Включают питание, и после окончания загрузки на экране появится отображение ошибок связей, начинающееся с надписи **Error cable**. Подключают испытуемый кабель или коммута-

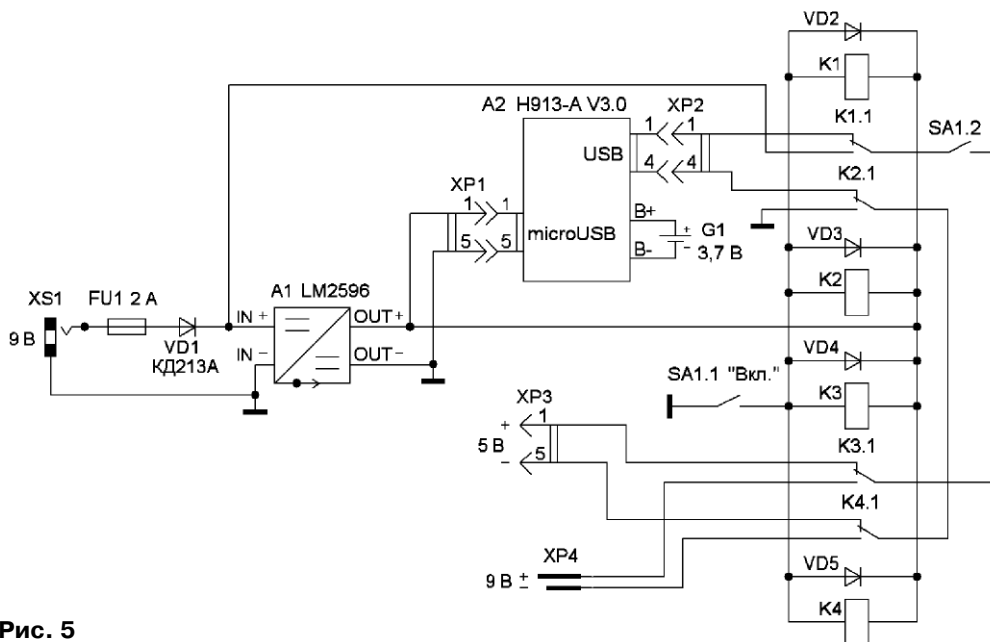


Рис. 5

Для дальнейшего налаживания подключают устройство к терминалу. Чтобы это сделать, надо открыть в проекте и прописать COM-порты в файле **platformio.ini**, к которому устройство подключилось. Замыкают два произвольных контакта и ждут, пока на дисплее появится информация об ошибке.

Затем нажимают на кнопку **Save** для записи файла. После его записи появится сообщение **Cable OK**. Если в терминале будет ошибка **SPIFFS**, следует воспользоваться инструкцией [2]. Кроме этой ошибки, в случае неправильной адресации модулей PCF8575 может высветиться **Error connect**

ционное устройство, ждут появления через 20...30 с надписи на экране или мониторе (в случае подключения кабеля монитора к разъёму XS6). **Cable OK** — эта информация говорит о правильной раскладке кабеля.

В случае неправильной раскладки кабеля высвечиваются строки ошибок.

Вышла в свет новая книга



Чикунов И. Е.

Монетизация знаний: как стать научным писателем. — М.: Горячая линия — Телеком, 2023. — 176 с.: ил. ISBN 978-5-9912-1048-5

Книга посвящена основам профессии научного писателя —

фрилансера, возможным направлениям его деятельности и особенностям работы. В России спрос на услуги научных писателей растёт, что тесно связано с необходимостью импортозамещения во многих отраслях. Даны общие рекомендации и конкретные советы по созданию наукоёмких текстов, обзоров, статей, проведению теоретической научно-исследовательской работы и т. д. Рассмотрены вопросы литературного поиска, обращения с базами данных и научной литературой, применения менеджеров цитирования, принципы и проблемы использования научного стиля письма. Обсуждаются распространённые ошибки при написании научных текстов, их причины и способы предотвращения. Предложены чек-листы для сверки при создании текстов начинающими писателями, облегчающие работу и снижающие вероятность ошибок. Приведены ссылки на литературные и электронные источники, полезные для повышения писательских навыков. Для удобства читателя ключевые материалы, упомянутые в книге, снабжены QR-кодами с гиперссылками. В приложениях также содержатся ссылки на интернет-ресурсы и важнейшие системы поиска научной информации с их краткими описаниями, чек-листы и другие нужные в работе материалы.

Научным писателем может стать каждый — от студента до пенсионера. Для этого требуются только желание и свободное время. Здесь вы узнаете, как зарабатывать с помощью имеющихся знаний и опыта, не будучи "настоящим писателем".

Для широкого круга читателей, которые желают монетизировать имеющиеся профессиональные знания и опыт, может быть полезна студентам, аспирантам, младшему научному персоналу и всем, кто сталкивается с написанием наукоёмких и технических текстов. Кроме того, будет представлять интерес для потенциальных заказчиков услуг научных писателей, поскольку в ней открываются "секреты" работы над текстом, зная которые, заказчик сможет подобрать наиболее подходящего исполнителя своих замыслов, использующего самые эффективные приёмы и инструменты.

Адрес издательства в Интернет
WWW.TECHBOOK.RU



Рис. 6



Рис. 7

Пример выдачи ошибок:
(21,22,) LENTA — контрольная таблица не нашла этой связи;
(21,23,) Cab_Err — связь отсутствует в контрольной таблице.

Если текст ошибок полностью не помещается на дисплее, надо выполнить вход в режим просмотра, который производится нажатием на ручку энкодера. При этом на дисплее отобразится надпись **Correction mode** и **Start beginning of the line**. Вращая ручку энкодера по часовой стрелке, убирают ту часть текста, которая вам не нужна, до достижения необходимого места. После нажатия на ручку энкодера появится надпись **Start end of the line**. Поворачивая ручку энкодера, "обрезают" конец строки до нужного уровня. Производят просмотр выделенного фрагмента текста. Для выхода в основной режим нажимают на ручку энкодера. В результате появится сообщение **End of the correction**, и устройство перейдёт в основной режим.

Особенности применения устройства. Если кабель тестируется в первый раз, надо вручную произвести его проверку с помощью тестера на целостность связей и на соединение с землёй.

Стирают старую таблицу нажатием на кнопку **Save** при отключённом кабеле. Затем подключают кабель к разъёмам XS1 и XS2 и с помощью режима просмотра, как описано выше, проверяют связи кабеля, сравнивая их с документацией на кабель, или коммутационное устройство. При совпадении нажимают на кнопку **Save**. Появится надпись **Cable OK**.

ЛИТЕРАТУРА

1. Плата расширения модуля ввода-вывода PCF8575. — URL: https://aliexpress.ru/item/1005002920575656.html?sku_id=12000022803538213 (04.08.24).

2. Upload Files to ESP32 SPIFFS File System with VS Code and PlatformIO IDE. — URL: <https://microcontrollerslab.com/upload-files-esp32-spiiffs-vs-code-platformio-ide/> (04.08.24).

От редакции. На нашем FTP-сервере по адресу <http://ftp.radio.ru/pub/2024/10/kontrol.zip> находятся файлы проекта и дополнительная авторская техническая документация (применённые детали и узлы, инструкции по эксплуатации).

Магнитный датчик (энкодер) AS5600 в цифровом сервоприводе RDS3225

И. СИЛАЕВ, Т. РАДЧЕНКО, А. ХАМИКОЕВ, г. Владикавказ

Возможная область применения описываемого устройства: творческие объединения системы дополнительного образования, сфера интересов любителей технического творчества, современная конструкторская деятельность для решения различных задач.

что приводит к сбоям в работе всего сервопривода. В связи с этим для повышения надёжности недорогого цифрового сервопривода RDS3225 [1] (рис. 1) была сделана замена переменного резистора магнитным бесконтактным датчиком. Сервоприводы с

скового датчика, а также не требовать переделки электронной "начинки" сервопривода. Кроме того, после такой доработки сервопривода должен сохраниться весь его штатный функционал. Самым простым решением оказалась установка модуля магнитно-



Рис. 1

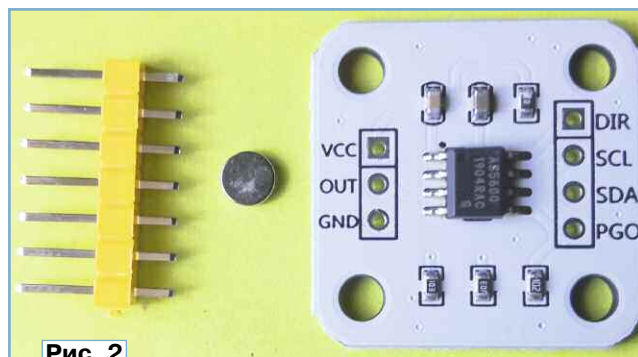


Рис. 2

такими датчиками можно приобрести, но стоят они значительно дороже своих аналогов с традиционными механическими датчиками [2, 3].

го датчика угла наклона AS5600, который вместе с дисковым магнитом и разъёмом входит в комплект для изготовления бесконтактного энкодера (рис. 2). Используемая в нём микросхема имеет аналоговый выход и может работать при напряжении питания 3,3 или 5 В. А в сервоприводе на крайние выводы переменного резистора от внутреннего стабилизатора напряжения поступает как раз 3,3 В, что позволяет все элементы успешно совместить между собой. Работа датчика AS5600 в составе энкодера хорошо описана в [4].

Доработку проводят в несколько этапов. Сначала сервопривод полностью разбирают (рис. 3). Затем из корпуса извлекают переменный резистор и аккуратно разбирают его на составные части (рис. 4). Дополнительно был подобран небольшой винт, который необходимо закрутить в торец вала переменного резистора в имеющееся в нём отверстие (рис. 5). Предварительно торец вала нужно аккуратно укоротить примерно на 1 мм, чтобы после сборки магнит не выступал за плоскость корпуса резистора. От пружинного контакта отрезана внешняя контактная часть. При этом нужно следить, чтобы не повредить два внутренних пружинных усика на этой пластине.

Сборку производят следующим образом. В корпусе резистора со стороны резистивного элемента сверлом диаметром 4,1 мм рассверливают отверстие. В вал резистора заворачивают винт. Половинки корпуса соединяют вместе. В просверленное отверстие укладывают магнит, который примагничивается к шляпке винта. Убеждаются, что при повороте вала резистора магнит вращается в отверстии без



Рис. 3

Как правило, в большинстве сервоприводов, используемых в различных радиолюбительских проектах, самым ненадёжным узлом оказывается переменный резистор в цепи обратной связи. Он постепенно изнашивается,

По возможности, такая замена должна быть дешёвой, достаточно простой и технологичной. В идеале новый датчик должен вписываться в габариты и соответствовать электрической схеме соединений штатного механиче-

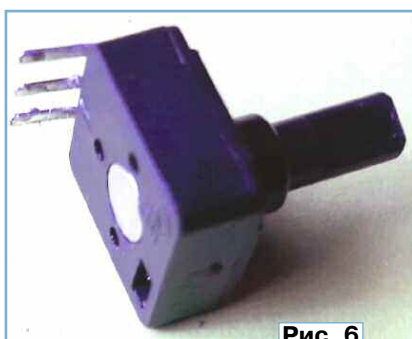
Рис. 4



Рис. 5

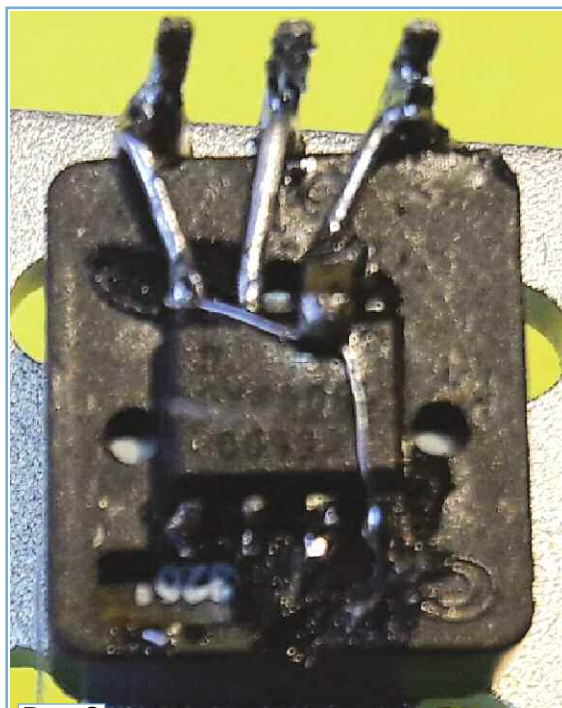


Рис. 6



Так как плата модуля AS5600 имеет большие габариты, не позволяющие установить её целиком в корпус сервопривода, с неё аккуратно отпаивают микросхему и один из конденсаторов. Её аккуратно кладут на заднюю стенку корпуса резистора и паяльником поочерёдно её выводы немного утапливают в пластмассу. При этом нужно следить, чтобы микросхема была точно

Рис. 8



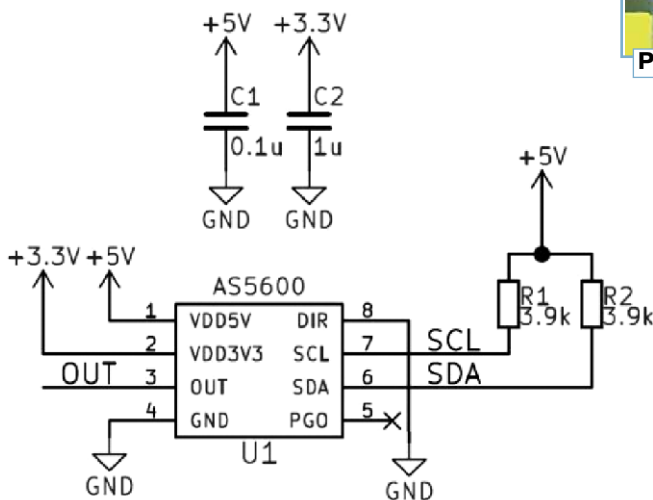
платы модуля AS5600 и припаивают поверх между проводами питания. Вывод микросхемы 8 (DIR) припаиваем к минусу. Для справки на рис. 7 показана схема модуля AS5600 из [4]. Доработанный энкодер показан на рис. 8.

Далее сервопривод собирают. При этом в процессе припаивания проводов к энкодеру нужно внимательно проверить полярность подключения проводов питания. Если всё сделано аккуратно и без ошибок, то при первом включении сервопривод сам находит своё правильное положение вала и готов к работе в штатном режиме.

ЛИТЕРАТУРА

1. Электронный сервопривод RDS3225, 25 кг. — URL: <https://goo.su/NQt68HJ> (17.07.24).
2. Сервопривод с металлической шестерней и бесконтактным датчиком положения. — URL: <https://goo.su/TWd97f> (17.07.24).
3. Цифровой магнитный датчик CLS255TD. — URL: <https://goo.su/d5Dsw> (17.07.24).
4. Подключение магнитного датчика угла наклона AS5600 к Arduino. — URL: <https://goo.su/ys2J> (17.07.24).

Рис. 7



заеданий и параллельно плоскости корпуса. Если всё сделано верно, магнит извлекают, на шляпку винта наносят каплю клея, и всё собирается окончательно вместе с магнитом. При этом половинки корпуса нужно соединить нагретым паяльником, приложив его жало к тем местам, где были четыре заклёпки, соединявшие корпус до этого. После сборки узел выглядит, как показано на рис. 6.

над магнитом, и между ними оставался небольшой зазор, чтобы магнит при вращении не тёрся о корпус микросхемы. Далее отрезками тонкого монтажного провода выводы 2 и 4 микросхемы припаивают к крайним контактам корпуса резистора (с соблюдением полярности!), а вывод 3 (OUT) микросхемы припаивают к центральному контакту корпуса резистора. Один из конденсаторов (любой) снимают с

Вариант "многоголосного" имитатора звуков

А. ШУМИЛОВ, г. Архангельск

На улице лето, школьные каникулы, и детям хочется "выпустить пар"... И очень неплохим подспорьем в этом являются всякие звуковые игрушки, в частности, имитаторы звуковых эффектов. А подаренная ребёнку звучащая самоделька позволит запомнить такое лето надолго...

К сожалению, на взгляд автора, в журнале "Радио" с 1974 г. по 2024 г. опубликовано не слишком много схем устройств звуковых эффектов, например [1—16].

В устройстве [11, рис. 10] для перенастройки звуковых эффектов рекомендовалась перестановка радиоэлементов в разъёмных соединителях (изменение номиналов конденсаторов и перестановка соединительных проводов), что весьма затруднительно после помещения готового устройства в закрытый корпус и при попытке изменить звуковой эффект в процессе переноски устройства. В большинстве этих устройств [1, 3, 5, 6, 8—11 (рис. 8, 9), 12—15] был реализован какой-либо один звуковой эффект, который мог быстро надоесть пользователю.

В идеале, конечно, хотелось бы изменять звуковые эффекты с помо-

тей имитатора звуковых эффектов (далее — устройство) схема была немного дополнена и доработана. Схема доработанного устройства представлена на рис. 1. Принцип работы такого имитатора звуковых эффектов и его особенности описаны в [4]. В верхнем по схеме положении движка переменного резистора R1 звучит двухтональная сирена, при нажатии на соответствующие кнопки звуки напоминают трели соловья, щебетание воробья, крикание утки, кваканье лягушки и т. д.

Устройство, собранное по прилагаемой схеме, работает так. При нажатии на кнопку SB11 "Вкл." её нормально разомкнутые контакты замыкаются, и напряжение питания положительной полярности через резистор R16 поступает на затвор полевого транзистора VT3, а также на верхний вывод резистора R17, плюсовой вывод конденсатора C3 и катод стабилитрона VD1. Транзистор VT3 открывается, и на левую по схеме часть устройства подаётся напряжение от минусовой линии питания. Загорается индикаторный светодиод HL2. Устройство включается, и динамическая головка BA1 издаёт звук, тональность и звуковой эффект которого

ровый мультиметр на пределе измерения 200 мкА ничего выше значения 0,0 мкА не показал.

Стабилитрон VD1 защищает затвор транзистора VT3 от возможной случайной подачи запредельного напряжения. При необходимости продлить работу устройства следует повторно нажать на кнопку SB11 "Вкл.". При срочной необходимости выключить устройство следует нажать на кнопку SB12 "Выкл.". Конденсатор C3 сразу разряжается через замкнутые контакты кнопки SB12, транзистор VT3 закрывается, устройство отключается от минусовой линии питания и переходит в дежурный режим с потребляемым током, близким к нулю.

Обратите внимание, что вывод питания микросхемы DD1 (вывод 14) никуда не подключён. Питание поступает через резистор R1, а при нажатии на кнопки SB1—SB10 — через соответствующий нажатой кнопке резистор R3, R4, R6, R7, R9—R11, R13—R15 и внутренний защитный диод микросхемы.

Диод VD2 предотвращает повреждение электронных элементов устройства в случае ошибочного изменения полярности напряжения питания.

Как уже указано выше, тональность и звуковой эффект зависят от положения движка переменного резистора R1. Следует также учесть, что тональность и громкость звукового эффекта также в значительной мере зависят от напряжения питания устройства и при разрядке батареи GB1 будут изменяться.

Сверхяркий светодиод HL1 реализует дополнительный режим работы "Фонарик", не зависящий от включения таймера устройства.

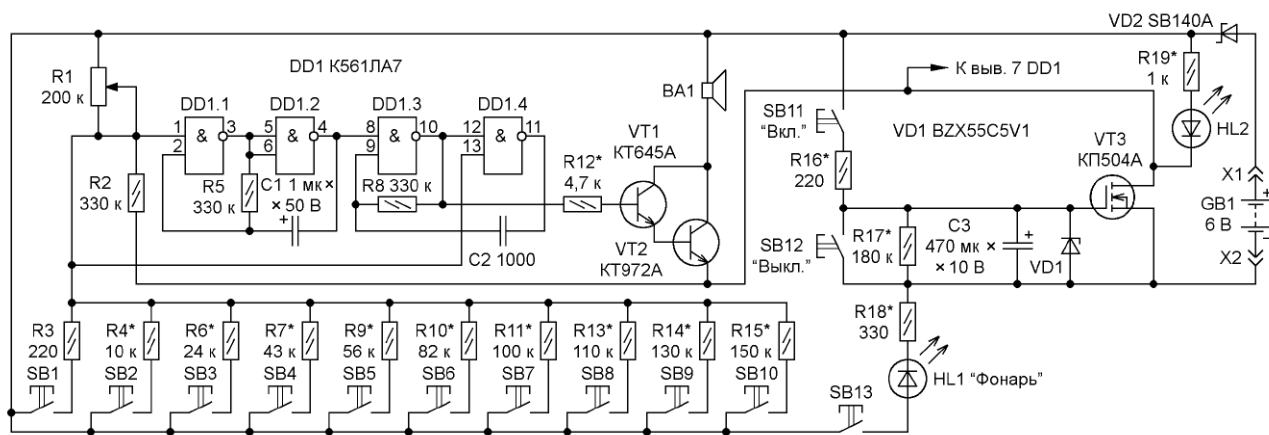


Рис. 1

щью одного переменного резистора при минимальном числе переключателей и прочих элементов. Требовался многофункциональный и многоголосный легко повторяемый имитатор звуковых эффектов на одной—двух недорогих и недефицитных микросхемах и двух—четырёх кремниевых транзисторах с питанием от напряжения 4,5...9 В. Такому условию вполне удовлетворяло простое устройство из [4].

Для удобства пользования и для расширения функциональных возможнос-

зависят от положения движка переменного резистора R1. При отпускании кнопки SB11 её контакты возвращаются в исходное положение (размыкаются), но транзистор VT3 остаётся открытым за счёт напряжения на конденсаторе C3. Когда конденсатор C3 ориентировочно через три минуты разрядится через резистор R17, то транзистор VT3 закроется и устройство перейдёт в дежурный режим с потребляемым током, близким к нулю. По крайней мере, используемый при измерении тока циф-

В устройстве можно также реализовать игру "Угадай номер кнопки". Для этого следует перевести движок переменного резистора R1 в нижнее по схеме положение и нажать на кнопку SB11 "Вкл.". В динамической головке BA1 возникнет звук. Затем следует нажать на одну из десяти кнопок SB1—SB10, прослушать звуковой эффект и попросить другого участника игры угадать номер нажатой кнопки. После десяти попыток угадывания можно поменяться местами. Также для небольшого услож-

нения игры можно немного перевести движок переменного резистора R1 чуть выше по схеме (но не более чем на 30 %), а также нажимать на две кнопки одновременно.

В устройстве на месте транзисторов VT1 и VT2 можно использовать кремниевые транзисторы структуры p-n-p с коэффициентом передачи тока $h_{21э}$ не менее 100, с максимально допустимым напряжением коллектор-эмиттер не менее 10 В. Указанные на схеме транзисторы КТ645А и КТ972А (VT1 и VT2) дали максимально возможное усиление звукового сигнала при указанном на схеме напряжении питания (6 В).

Вместо транзистора КП504А (VT3) можно использовать любой малогабаритный n-канальный полевой транзистор с максимальным допустимым напряжением затвор-исток не менее 7 В, минимальным напряжением открывания 2,5...3 В, максимальным током стока не менее 250 мА, желательно с минимальным сопротивлением канала в открытом состоянии. На месте транзистора VT3 можно использовать любой из серий КП504—КП505 или аналогичный импортный.

Стабилизатор VD1 — на напряжении 5,1 В. В качестве диода VD2 можно использовать аналогичный диод с барьером Шоттки с максимальным током не менее 1 А и падением напряжения 150...200 мВ, например 1N5817—1N5819.

Применена малогабаритная импортная динамическая головка BA1 мощностью 0,25 Вт с сопротивлением катушки 50 Ом.

Сопротивление резисторов R4, R6, R7, R9—R11, R13—R15 подбирают с учётом необходимой тональности звукового эффекта (движок переменного резистора R1 в нижнем по схеме положении). Изменением сопротивления резистора R17 можно регулировать длительность работы таймера. Сопротивление резисторов R18 и R19 выбирают исходя из оптимальной яркости свечения используемых светодиодов и с таким расчётом, чтобы ток через такой светодиод не превысил 10 мА.

Постоянные резисторы — МЛТ или аналогичные импортные, в том числе для поверхностного монтажа. При монтаже устройства следует учесть, что вывод 14 микросхемы DD1 к плюсовой линии источника питания не подключается.

В случае излишней громкости звучания устройства можно или увеличить сопротивление резистора R12, или вместо транзисторов VT1 и VT2 установить один транзистор [4].

В случае недостаточной громкости звучания устройства можно применить низковольтный усилитель НЧ или увеличить напряжение питания.

В качестве низковольтного УНЧ можно, например, применить микросхему КА2209 в мостовом включении [17]. Схема такого усилителя показана на рис. 2. Нумерация элементов продолжает начатую на рис. 1. Переменный резистор R20 — регулятор громкости.

Следует отметить, что при использовании микросхемы КА2209 в мостовом включении значительно повысится потребляемый устройством ток. В таком случае, скорее всего, потребуется заменить транзистор VT3 и диод VD2 более мощными. Если на 100 % уверены, что пользователь не перепутает полярность подключения питания, то диод VD2 можно заменить перемычкой. Это позволит более полноценно использовать ресурс автономного источника питания.

Увеличить напряжение питания (а также значительно увеличить ёмкость источника питания) можно, например, применив два литий-ионных аккумулятора типоразмера 18650 ёмкостью 1800...2200 мА·ч каждый в последовательном включении. Схема согласу-

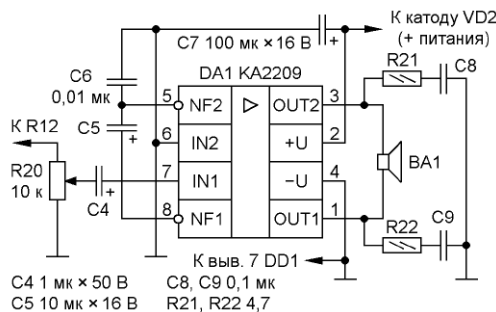


Рис. 2

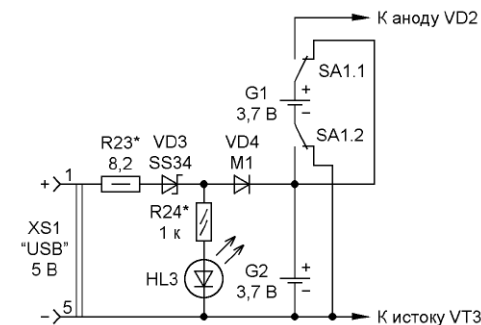


Рис. 3

щей понижающей приставки к зарядному устройству и схема подключения таких аккумуляторов показаны на рис. 3. Нумерация элементов продолжает начатую на рис. 1 и рис. 2.

При подключении к разъёму XS1 сетевого зарядного устройства с выходным напряжением 5 В и током не менее 1 А и установке переключателя SA1 в положение, указанное на схеме, производится зарядка параллельно подключённых аккумуляторов G1 и G2. Загорается индикаторный светодиод HL3, показывающий подключение сетевого зарядного устройства. Случайное нажатие на кнопку SB11 "Вкл." (см. рис. 1) в процессе зарядки аккумуляторов G1 и G2 не приводит к включению устройства, поскольку эти аккумуляторы отключены от анода диода VD2 переключателем SA1. Для ограничения максимального зарядного тока в случае глубокой разрядки аккумуляторов установлен токоограничивающий резистор R23.

При установке переключателя SA1 в положение, противоположное указанному на схеме, аккумуляторы G1 и G2 соединяются последовательно, что приводит к суммированию их напряжений.

Вместо диода M1 (VD4) можно применить любой из серий M2—M7 (для поверхностного монтажа), любой из серии 1N400x или подобный с максимальным током не менее 1 А и падением напряжения 450...550 мВ. В случае нагревания диода VD4 его следует заменить более мощным. В качестве диода с барьером Шоттки вместо SS34 (VD3) можно применить любой из серий SS12...SS19, SS22...SS29 и им подобные для поверхностного монтажа, а если есть достаточно свободное место на плате и в используемом корпусе, то применить 1N5817, 1N5818, 1N5819, SB140A или подобный с максимальным током не менее 1 А и падением напряжения 150...200 мВ. В случае нагревания используемого диода VD3 его следует заменить более мощным. Способ подбора таких ограничивающих диодов VD3 и VD4 указан в [18]. Так, например, для зарядки аккумулятора BL4011 (с номинальным напряжением 3,7 В и паспортной ёмкостью 1,28 А·ч) ток 200 мА были подобраны диоды для поверхностного монтажа: SS12 (VD3) и диод с маркировкой F4 6J (VD4) с суммарным падением напряжения 576 мВ.

В качестве переключателя SA1 можно использовать тумблер на два положения с двумя парами переключающих контактов, рассчитанный на ток не менее 2 А.

Гнездо для подключения зарядного устройства можно использовать как USB 2.0 (Type-A, mini, micro), так и любое другое гнездо под имеющийся штекер используемого сетевого зарядного устройства. На рис. 3 приведена цоколёвка гнезда USB 2.0 Type-B micro, как наиболее распространённого в настоящее время и подходящего для подключения большинства сетевых зарядных устройств от сотовых телефонов, смартфонов и планшетов с выходным напряжением 5 В. Информацию по цоколёвке различных гнезд и штекеров USB 2.0 можно посмотреть в Интернете [19, 20].

Устройство собрано в корпусе (с печатной платой) от пульта дистанционного управления (ПДУ) RC10 отечественного производства. Этот корпус с печатной платой был выбран из множества имеющихся неисправных ПДУ по причине наличия двухсторонней печатной платы с готовыми посадочными местами под транзисторы, резисторы, конденсаторы и микросхему (со стандартным шагом 2,5 мм между выводами для микросхем отечественного производства). В качестве кнопки SB1—SB13 (см. рис. 1) использованы кнопки бывшего ПДУ. Ввиду некоторого сопротивления токопроводящего материала используемых кнопок ПДУ (ориентировочно 200...500 Ом) резисторы R3 и R16 (см. рис. 1) заменены перемычками.

Детали устройства монтировались навесным монтажом, их расположение адаптировалось к имеющимся печатным проводникам используемой платы, в случае необходимости печатные про-

устройства некоторые его элементы можно закрепить на плате с помощью термоклея.

Если это устройство будет собрано в корпусе и на плате от ПДУ, то для

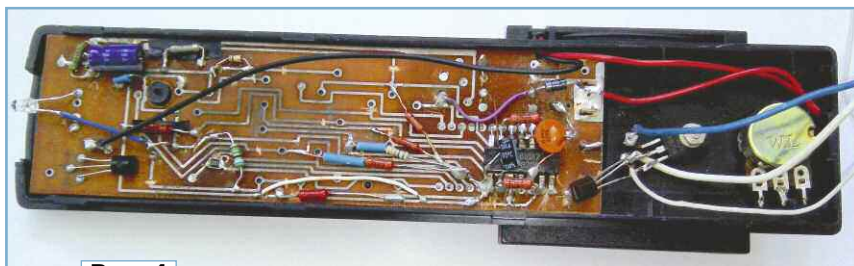


Рис. 4



Рис. 5

водники перерезались, также сверлились дополнительные отверстия, ставились перемычки и стойки, при возможности устанавливались резисторы для поверхностного монтажа. Транзисторы VT1 и VT2 смонтированы навесным монтажом и расположены в бывшем батарейном отсеке ПДУ. Транзистор VT2 зафиксирован винтом M2 с гайкой вместе с новым внешним батарейным отсеком на четыре элемента питания типоразмера AA. Другая часть нового внешнего батарейного отсека также зафиксирована коротким винтом M2 с гайкой. Переменный резистор R1 установлен в бывшем батарейном отсеке ПДУ, закреплён гайкой, его движок выведен на переднюю панель ПДУ. Динамическая головка BA1 зафиксирована термоклеем внутри нижней части корпуса ПДУ, в котором предварительно были просверлены несколько отверстий диаметром 2 мм. Сверхяркий светодиод HL1 фонарика установлен на плату на место бывшего ИК-диода. Вид на монтаж показан на рис. 4.

При длительных перерывах в работе устройства следует вынуть из батарейного отсека элементы питания. Устройство в сборе показано на рис. 5.

В случае использования корпусов ПДУ с односторонними печатными платами можно приклеить корпус микросхемы DD1 к плате (например, клеем на резиновой основе), а уже к выводам этой микросхемы припаивать другие электронные компоненты устройства. Также для лучшей фиксации электронных компонентов устройства можно на плате установить несколько проволоочных стоек. Для гарантии качественного паяного соединения выводов деталей следует загнуть концы этих выводов колечком, предварительно залудив их. После проверки работоспособности

большого разнообразия звуковых эффектов можно использовать свободные кнопки ПДУ, подключая с их помощью дополнительные резисторы параллельно R2, R5 и R8, а также дополнительные конденсаторы параллельно C1 и C2. Номиналы дополнительных элементов следует подобрать экспериментально.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Негрий Ю.** Двухтональный звонок на микросхемах. — Радио, 1979, № 9, с. 53.
2. Электронный музыкальный автомат. — Радио, 1984, № 3, с. 54.
3. Имитатор звука подскакивающего шарика. — Радио, 1986, № 5, с. 55.
4. **Холодов М.** "Многоголосный" имитатор звуков. — Радио, 1987, № 7, с. 34.
5. **Корецкий В.** Электронная сирена. — Радио, 1987, № 10, с. 51, 52.
6. **Козьяин А.** Имитатор шума морского прибой и крика чаек. — Радио, 1993, № 1, с. 8, 9.
7. **Прокопцев Ю.** Имитатор звуков боя. — Радио, 1995, № 5, с. 35, 36.
8. **Прокопцев Ю.** Имитатор звуков паровоза. — Радио, 1995, № 7, с. 30.
9. **Панкратьев Д.** Имитатор звуков стрельбы. — Радио, 1999, № 6, с. 54.
10. Конструкции И. Бакомчева. Генератор звуковой частоты. Имитатор звука подскакивающего шарика. — Радио, 2000, № 7, с. 57, 58.
11. Конструкции М. Ерофеева. Имитатор трелей канарейки. Имитатор звуков "мяу". Универсальный имитатор. — Радио, 2000, № 12, с. 47—50.
12. **Озолин М.** Электронная сирена. — Радио, 2006, № 3, с. 55.
13. **Лечкин А.** Электронный "соловей". — Радио, 2007, № 2, с. 55.
14. **Нечаев И.** Электронная сирена. — Радио, 2007, № 7, с. 51.

15. **Стряпкин Л.** Имитатор звука сирены. — Радио, 2011, № 12, с. 47.

16. **Будков В., Шишкин Е.** Автомат звуковых эффектов на мигающих светодиодах. — Радио, 2012, № 10, с. 47.

17. KA2209 Datasheet (PDF). — URL: <https://pdf1.alldatasheetru.com/datasheet-pdf/view/37146/SAMSUNG/KA2209.html> (26.07.24).

18. **Шумилов А.** Вариант устройства для проверки ПДУ. — Радио, 2023, № 4, с. 13—15.

19. Распиновка разъёмов USB 2.0. — URL: <http://rones.ru/techno/usb.html> (26.07.24).

20. Распиновка USB-разъёмов для зарядки телефонов. — URL: <http://2shemi.ru/raspinovka-usb-razemov-dlya-zaryadki-telefonov> (26.07.24).

Вышла в свет новая книга



Горбунов Ю. Н., Тимошенко П. И.
Стохастическая радиолокация. Основы теории и расчётов. / Под ред. профессора Ю. Н. Горбунова. М.: Горячая линия — Телеком, 2023. — 464 с.: ил. ISBN 978-5-9912-1020-1

Изложены основы теории стохастической радиолокации, в которой решение задач обнаружения, оценивания, фильтрации сигналов базируется на концепции внедрения в процесс обработки и формирования радиолокационных сигналов искусственной стохастичности. Рассмотрены вопросы применения процедур рандомизации в радиолокации. Проведён анализ характеристик и инструментальных возможностей псевдощумовой радиолокации высокого разрешения с хаотизацией неформативных параметров и рандомизацией обработки сигналов. Приведены расчёты моментов случайных величин (СВ), применимых не только для шумов и помех, но и рандомизирующих СВ, расчёты случайных процессов (СП), применимых не только для расчётов традиционных СП, но и рандомизирующих процессов.

Книга содержит значительный объём справочных и учебных материалов по случайным величинам и случайным процессам в радиолокации (обнаружение и разрешение сигналов), измерениям параметров сигналов, помехозащищённости РЛС от пассивных и активных помех, что позволяет использовать её в качестве универсального справочного и учебного пособия в данной области.

Для специалистов, будет полезна преподавателям, аспирантам, адъюнктам и студентам старших курсов радиотехнических и инфокоммуникационных специальностей.

Адрес издательства в Интернет
WWW.TECHBOOK.RU

РАДИО

начинающим

Вторая жизнь электронного модуля электронно-механических часов-будильников

И. НЕЧАЕВ, г. Москва

Бытовые электронно-механические часы-будильники выпускаются уже сравнительно давно и до сих пор пользуются спросом. Они состоят из электронного модуля часов и механического узла, поэтому и называются электронно-механическими. Электронный модуль содержит специализированную микросхему, конструктивно представляющую кристалл, размещённый на печатной плате и залитый компаундом. Эта микросхема подаёт импульсы напряжения на электромагнит, приводящий в движение часовой механизм, вращающий стрелки часов. Частота импульсов стабилизирована кварцевым резонатором. Для подачи звукового сигнала служит акустический излучатель, прерывистый сигнал на который формирует та же микросхема. Для включения сигнала на соответствующий вход микросхемы надо подать определённый сигнал. Питается электронный модуль от гальванического элемента напряжением 1,5 В.

Как и вся бытовая техника, электронно-механические часы выходят из строя. Если неработоспособным оказался только механический узел, электронный модуль можно использовать для построения различных устройств. Об этом рассказано в этой статье.

Электронный модуль и часовой механизм в большинстве случаев разме-

щены в пластмассовом корпусе (рис. 1), примерные размеры которого 16×52×56 мм стали определённым ориентировочным стандартом. Конструкции и размеры корпуса, электронного

модуля и часовой стрелки (если она, конечно, присутствует). У первого типа часов секундная стрелка совершает полный оборот за 60 импульсов (один импульс в секунду), поступающих на электромагнит, поэтому дискретность поворота — шесть градусов, что отчётливо видно. У второго типа часов полный оборот секундная стрелка совершает за 360 импульсов (шесть импульсов в секунду), и поэтому движение кажется плавным. Эти часы шумят меньше, поэтому их иногда называют бесшумными.

Электронно-механические часы с дискретным ходом, вероятно, были первыми, поэтому и рассмотрим их. Но тут следует вспомнить, что были ещё и бытовые часы ("Янтарь" и др.) с крутильным маятником, снабжённым магнитами, в которых вращение маятника поддерживалось с помощью электромагнита, импульсы тока в который поступали с помощью транзистора или специализированной микросхемы. Но такие часы, наверное, следует называть электромеханическими, поскольку ход часов задавал именно маятник.

На рис. 2 и рис. 3 показаны часы с прерывистым ходом. Несмотря на разную конструкцию механического узла, электронный узел у них практически одинаков или немного отличается по конструкции. Элементы электронного

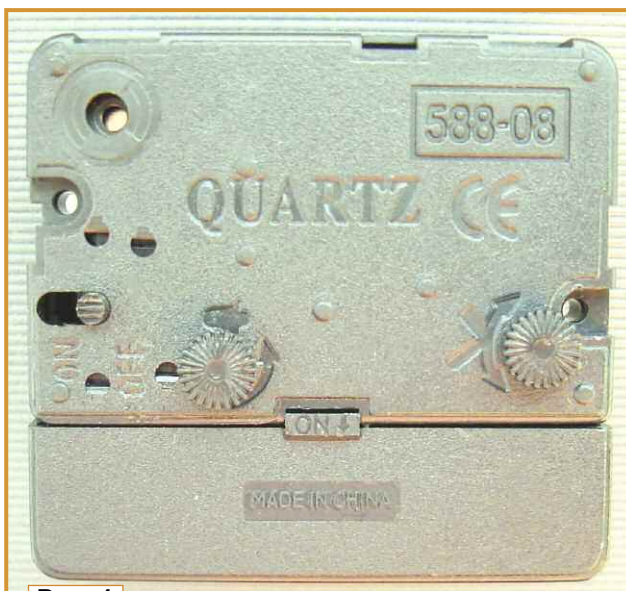


Рис. 1

узла и часового механизма могут быть различными, два разных варианта часов показаны на рис. 2 и рис. 3.

Следует отметить, что в настоящее время распространены два типа электронно-механических часов, одни из которых условно называют с дискретным (прерывистым) ходом, другие — с плавным. Отличаются они, в первую очередь, дискретностью поворота се-

узла часов, показанных на рис. 2, и его схема приведены на **рис. 4** и **рис. 5** соответственно. Наименование выводов и нумерация элементов — произвольные. Полярность подключения акустического излучателя именно такая, как показано на рис. 5, это хорошо видно на рис. 4. Именно такая полярность была в нескольких экземплярах электронно-механических часов-будильника, поэтому она и использована в устройствах, описание которых приводится далее.

Следует обратить внимание на то, что в большинстве случаев плата модуля изготовлена из фольгированного текстолита и печатные проводники даже при непродолжительной пайке могут

отслаиваться. Поэтому следует соблюдать осторожность. При проведении экспериментов рекомендуется к контактам модуля припаять отрезки монтажных проводов, а места пайки закрепить с помощью термоклея.

Сначала рассмотрим этот вариант часов, он относительно новый. Электромагнит YA1 (с магнитопроводом $L = 85 \text{ мГн}$, $R = 140 \text{ Ом}$), приводящий в движение механизм часов, подключён к выходам OUT1 и OUT2 модуля A1 (эти выходы равнозначны). На каждом из них формируются импульсы напряжения длительностью около 15 мс с периодом следования 2 с. Эти импульсы сдвинуты по времени, и когда на одном из выходов появляется импульс, второй

поступают разнополярные импульсы напряжения с периодом следования 1 с.

Для включения сигнала будильника вход SIG модуля A1 надо соединить с минусовой линией питания. В часах эту функцию выполняет специальный механический замыкающий пружинный контакт SA1, который соединён с минусовой линией питания и замыкается с контактной площадкой на плате модуля и приводится в действие механизмом часов. Время замыкания этого контакта устанавливают стрелкой будильника. Для выключения сигнала будильника в часах имеется движок, который блокирует замыкание контакта с площадкой на плате.

Рис. 4

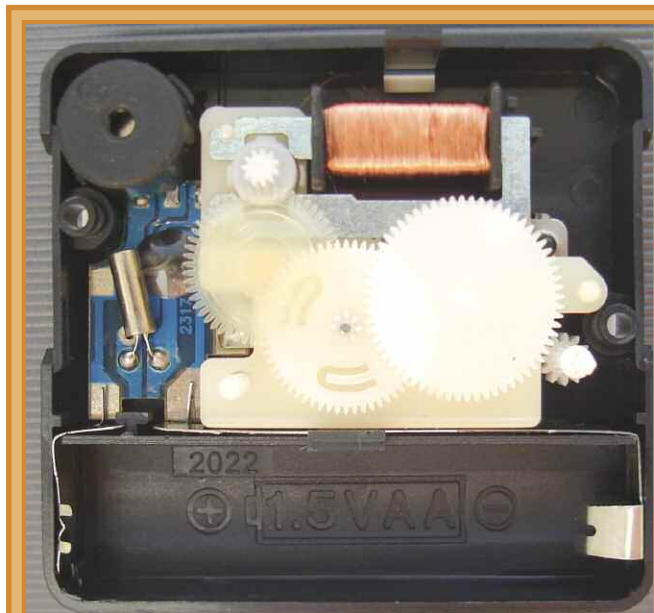
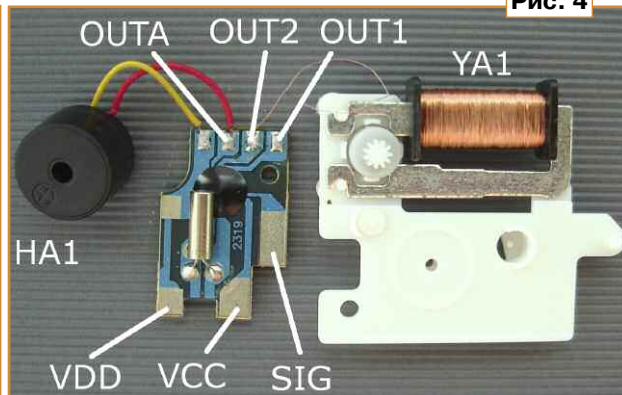


Рис. 2

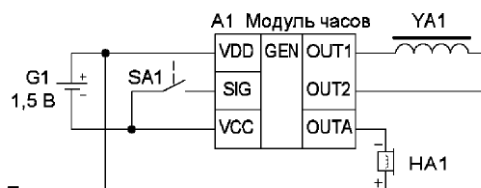


Рис. 5

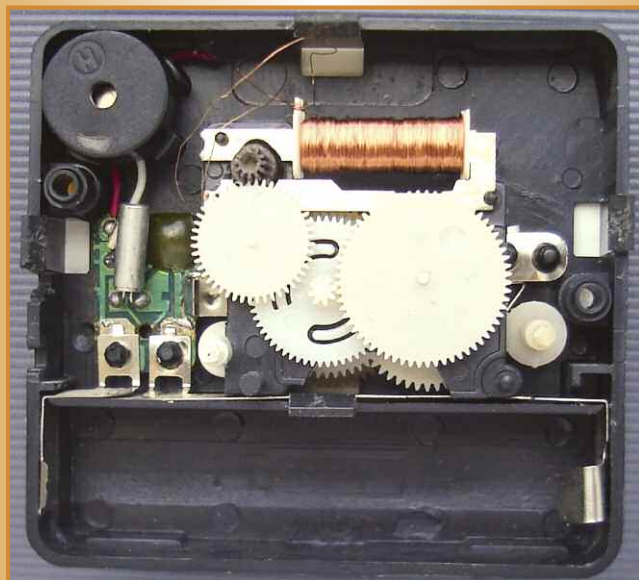


Рис. 3

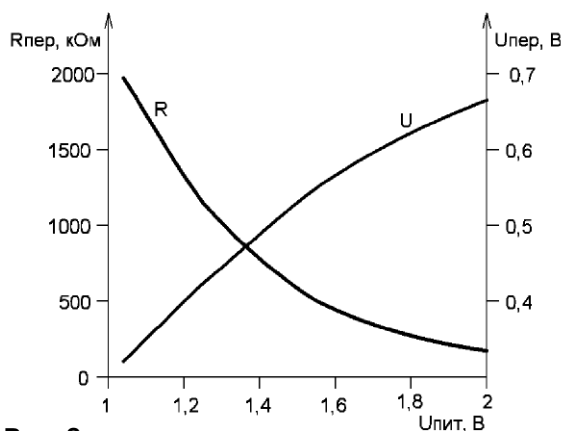


Рис. 6

выход соединяется с минусовой линией питания. В результате на электромагнит YA1

Если у вышедших из строя электронно-механических часов электронный модуль исправен, на его основе можно сделать очень простые, но полезные в некоторых случаях устройства, кстати, корпус также может пригодиться.

Особенностью электронного модуля является то, что включение и выключение звукового сигнала происходят скачком при определённых напряжениях на входе SIG. Эти напряжения различны и зависят от напряжения питания. Другой особенностью входа SIG модуля является то, что внутри микросхемы он соединён с плюсовой линией питания через резистор или другой элемент. Поэтому, если этот вывод свободен, на нём присутствует напряжение высокого логического уровня. На практике это означает, если между входом SIG включить переменный резистор и изменять его сопротивление, это приведёт к изменению напряжения на этом входе. Таким образом, с помощью подачи постоянного напряжения на вход SIG или переменного резистора, подключённого к нему, можно включать и выключать звуковой сигнал. Если взамен резистора установить датчик, сопротивление или ток через который изменяется под воздей-

ствием внешних факторов, которыми могут быть температура, освещённость, влажность и др., можно реализовать различные сигнализаторы. Зависимость сопротивления резистора $R_{\text{ПЕР}}$ и напряжения $U_{\text{ПЕР}}$ при которых происходит переключение, от напряжения питания показаны на **рис. 6**.

Хотя $R_{\text{вкл}} < R_{\text{выкл}}$ и $U_{\text{вкл}} < U_{\text{выкл}}$, разница между ними невелика, т. е. гистерезис при переключении мал. На практике это означает, что при подключении к входу SIG модуля какого-либо датчика его надо обязательно шунтировать конденсатором для уменьшения чувствительности к помехам. Такая ситуация позволяет использовать модуль для подачи звукового сигнала при снижении контролируемого напряжения ниже определённого уровня. При этом контролируемое напряжение подают на вход SIG модуля A1 напрямую или через резистивный делитель. При этом $U_{\text{вкл}} \approx U_{\text{выкл}} = 0,33U_{\text{пит}}$, где $U_{\text{пит}}$ — напряжение питания модуля.

ключении присутствует гистерезис. При этом $U_{\text{вкл}} \approx 0,43U_{\text{пит}}$, а $U_{\text{выкл}} \approx 0,5U_{\text{пит}}$. Зависимости этих параметров от напряжения питания показаны на **рис. 7** и **рис. 8**. Наличие гистерезиса повышает помехоустойчивость входа SIG при переключении.

Поэтому, если планируется изготовить устройство с использованием переключаемых свойств входа SIG, желательно измерить указанные выше параметры.

Поскольку сигнал будильника сравнительно громкий, это можно использовать для построения **звонка**, например в служебном или подсобном помещении. Конечно, такой сигнал не совсем мелодичный, но свою функцию он выполнит. Схема звонка показана на **рис. 9**. Кнопка SB1 подаёт питающее напряжение на модуль A1, и звучит прерывистый сигнал. Его громкость можно уменьшить, подбирая резистор R1. Максимальная громкость будет при замене этого резистора проволоочной пе-

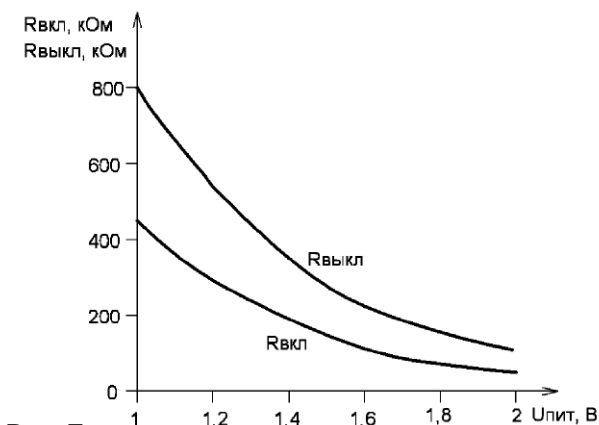


Рис. 7

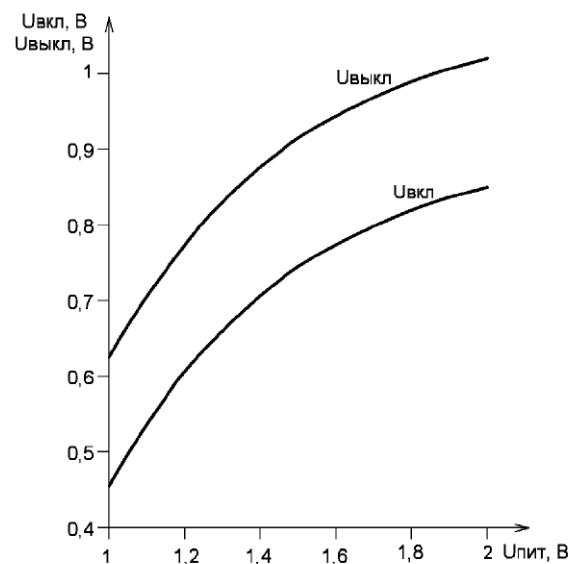


Рис. 8

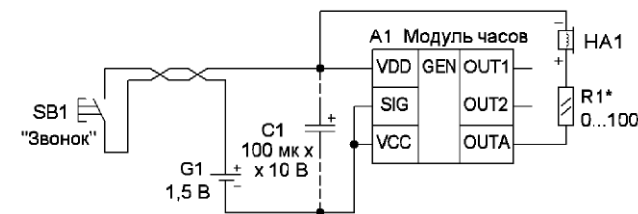


Рис. 9

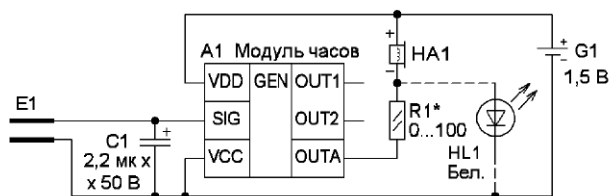


Рис. 10

Следует ожидать, что у электронного модуля часов другого производителя и более раннего производства свойства входа SIG будут другими. Для примера были проведены аналогичные измерения для электронного модуля, показанного на **рис. 3**. Разобраться с назначением контактных площадок будет нетрудно. Оказалось, что у него свойства входа SIG существенно отличаются. Здесь также $R_{\text{вкл}} < R_{\text{выкл}}$ и $U_{\text{вкл}} < U_{\text{выкл}}$, но разница между ними существенна, т. е. при пере-

ремычкой. Кнопку любой подходящей конструкции соединяют со звонком двухпроводным кабелем. Рекомендуется установить конденсатор C1, он обеспечит более устойчивую работу звонка при длине кабеля более 1 м и уменьшении напряжения элемента питания. Для звонка можно применить корпус часов, разместив там модуль A1, акустический излучатель HA1 и элемент питания на своих штатных местах. Звонок работает при снижении напряжения питания до 0,8 В, при этом громкость заметно снижается.

На основе электронного модуля с минимальными затратами можно сделать **сигнализатор протечки**, который подаст звуковой сигнал, если на полу в ванной или кухне появится вода. Применение такого сигнализатора в некоторых случаях поможет избежать серьезных последствий. Схема устройства

показана на **рис. 10**, для его изготовления потребуется добавить конденсатор С1 и сделать датчик Е1. Конденсатор нужен для того, чтобы датчик не срабатывал от помех. Номинальное напряжение этого конденсатора выбрано большим, чтобы уменьшить ток утечки. При желании уменьшить громкость сигнала можно подобрать резистор R1. Выключатель питания устанавливать необязательно, поскольку включать (выключать) сигнализатор можно установкой (удалением) элемента питания. Ток, потребляемый устройством в дежурном режиме, не превышает 1 мкА, поэтому элемента питания хватит надолго.

дующим образом. Применённый в часах акустический излучатель — электромагнитный, его индуктивность $L = 1...2$ мГн, а активное сопротивление $R = 10...15$ Ом. При подаче звукового сигнала через него протекают импульсы тока, в течение которых в магнитном поле излучателя накапливается энергия. В момент прекращения тока на излучателе возникает ЭДС самоиндукции, которая складывается с напряжением питания, и светодиод вспыхивает. Получается, что модуль А1 совместно с акустическим излучателем НА1 работают как повышающий импульсный преобразователь с накопительным дросселем. Поскольку резистор R1 влияет на ток через акусти-

(**рис. 11**). "Лишние" отверстия можно залить термоклеем, им же закрепляют элементы датчика и детали внутри корпуса (**рис. 12**). Проверить работоспособность сигнализатора можно, установив его на поверхность с тонким слоем воды.

Если у предыдущего устройства применить датчик другой конструкции, получится **сигнализатор заполнения ёмкости**, с помощью которого можно контролировать процесс наполнения водой большой ёмкости. Такой сигнализатор подаст звуковой сигнал, когда уровень воды приблизится к краю ёмкости. Схема и конструкция сигнализатора заполнения такие же, как у сигнализато-



Рис. 11

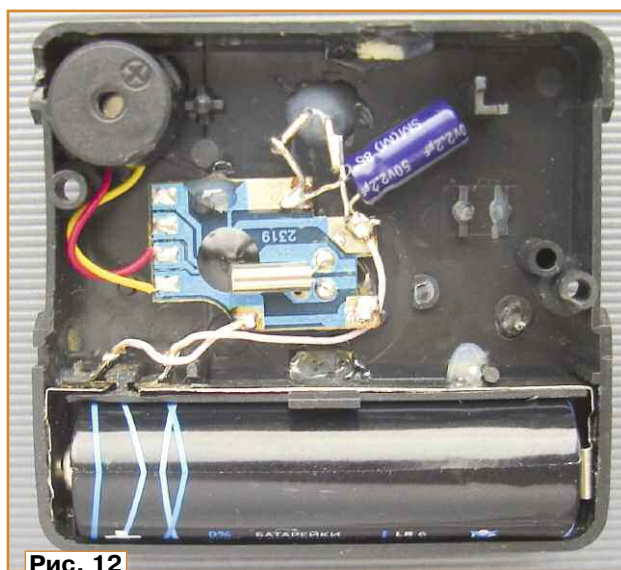
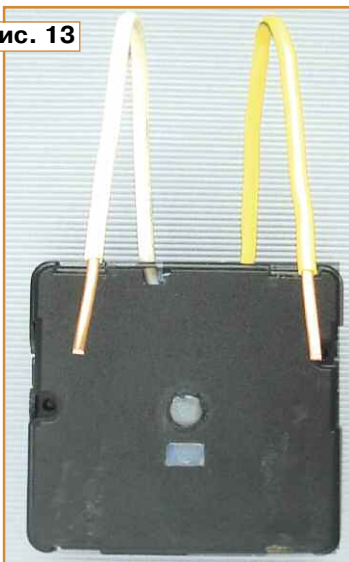


Рис. 12

Работает сигнализатор следующим образом. После установки элемента питания прозвучит короткий звуковой сигнал, пока конденсатор С1 не зарядится до напряжения $U_{\text{выкл}}$. Затем сигнализатор устанавливают на сухой пол в контролируемом месте (датчиком вниз). Когда на датчик попадёт вода, сигнализатор подаст звуковой сигнал. Если в помещении влажность низкая, сигнализатор можно установить на материал, поглощающий воду, например ватный тампон, это повысит чувствительность сигнализатора. При высокой влажности этого делать не следует, поскольку это может привести к ложным срабатываниям.

Этот сигнализатор несложно дополнить и световым сигналом, для этого достаточно установить светодиод HL1. Чтобы в дежурном режиме через него не протекал ток, он должен быть с номинальным напряжением более 1,5 В, т. е. зелёного, жёлтого, синего и белого свечения, а для повышения яркости он должен быть сверхъярким. Поскольку параметры модулей различны, светодиод придётся подобрать экспериментально. Световой сигнал работает сле-

Рис. 13



ческий излучатель, он влияет и на яркость свечения светодиода HL1.

Для сигнализатора можно использовать корпус часов, а датчик Е1 изготовить из никелированных скрепок, которые устанавливают на "дно" корпуса

ра протечки. Датчик можно изготовить из толстого медного провода, например отрезка от одножильного сетевого кабеля. Провода изгибают так, чтобы получился "крючок", с помощью которого сигнализатор размещают на краю ёмкости. При этом оголённая часть датчика должна попадать в воду, когда она приблизится к краю ёмкости. Один из вариантов исполнения датчика показан на **рис. 13**. Для повышения надёжности изоляции на изолированные части проводов датчика можно дополнительно установить термоусаживаемую трубку.

Заменяв датчик терморезистором, можно сделать **сигнализатор повышения температуры**, его схема показана на **рис. 14**. Чтобы уменьшить влияние напряжения питания на пороговую температуру сигнализатора, сопротивление делителя RK1R1 выбрано относительно небольшим. В этом случае вход SIG реагирует на изменение напряжения, а не вытекающего из него тока. Пороговую температуру устанавливают подстроечным резистором R1. Потребляемый этим сигнализатором в дежурном режиме ток определяется делителем RK1R1.

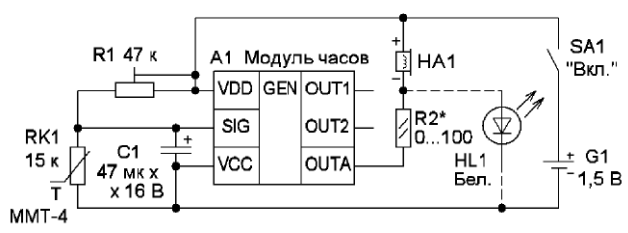


Рис. 14

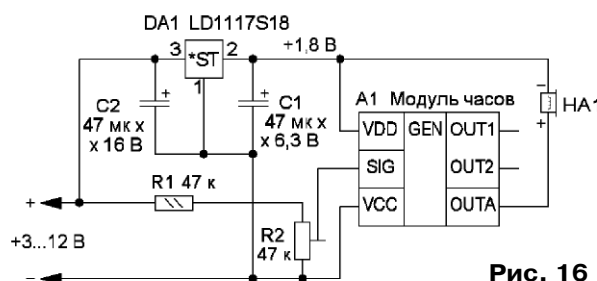


Рис. 16



Рис. 15



Рис. 18

Внешний вид сигнализатора превышения температуры показан на рис. 15. Терморезистор соединяют с

Для контроля за напряжением питания какого-либо устройства пригодится **сигнализатор понижения напря-**

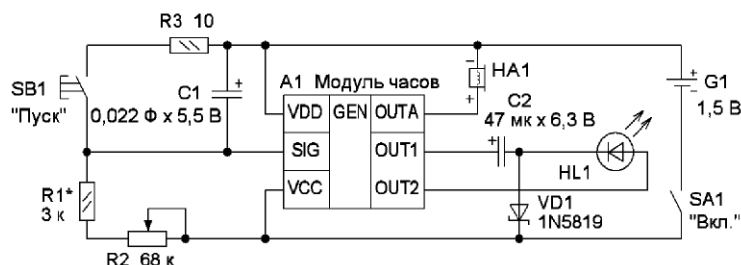


Рис. 17

сигнализатором двухпроводным кабелем. Поскольку терморезистор серии MMT-4 имеет металлический корпус, его надо соединить с минусовой линией питания. Этот терморезистор имеет относительно большую массу, поэтому обладает тепловой инерционностью.

Если поменять местами терморезистор RK1 и резистор R1, получится **сигнализатор понижения температуры**. Порог также устанавливают подстроечным резистором. Заменяв терморезистор фоторезистором, можно получить **сигнализатор превышения освещённости** или **сигнализатор понижения освещённости**.

жения, схема которого показана на рис. 16. Напряжение питания модуля A1 стабилизировано интегральным стабилизатором напряжения DA1. Контролируемое напряжение поступает на вход SIG модуля A1 через резистивный делитель R1R2. Напряжение, при котором включаются звуковая и световая сигнализации, устанавливают подстроечным резистором R2.

При установке на входе SIG модуля RC-цепи можно сделать **таймер**. Чтобы установка времени была плавной, следует применить переменный резистор, а для получения большой выдержки использовать конденсатор большой ёмкости — ионистор. Схема таймера

показана на рис. 17. Работает он следующим образом. После подачи питающего напряжения ионистор C1 разряжен, поэтому через резисторы R1 и R2 он начнёт заряжаться. В это время на входе SIG присутствует напряжение высокого логического уровня, поэтому звукового сигнала нет. Скорость зарядки ионистора зависит от сопротивления резисторов R1 и R2. Когда напряжение на входе SIG уменьшится до напряжения переключения, появится звуковой сигнал, сигнализирующий об окончании выдержки.

Индикатор работы таймера собран на элементах C2, VD1, HL1, работает он следующим образом. Описание работы выходов OUT1 и OUT2 приведено в начале статьи. Когда на выходе OUT1 появляется импульс напряжения, через диод VD1 происходит зарядка конденсатора C2. Когда такой импульс появляется на выходе OUT2, его напряжение складывается с напряжением на конденсаторе C2, который разряжается через светодиод HL1, и он вспыхивает. Частота вспышек — 2 Гц.

В таймере применены постоянные резисторы МЛТ, переменный — СПЗ-4аМ или другой малогабаритный с линейной зависимостью сопротивления от угла поворота движка, конденсатор C2 — К50-35, диод VD1 — любой маломощный диод Шоттки, светодиод — маломощный сверхъяркий с диаметром кор-

пуса 3 мм красного, зелёного или жёлтого свечения. Кнопка SB1 — любая малогабаритная тактовая, выключатель SA1 — любой малогабаритный двивковый.

Все элементы таймера можно разместить в корпусе от часов. Переменный резистор установлен в отверстие, в котором был закреплён выход часового механизма. Остальные элементы крепят с помощью термоклея внутри корпуса с использованием проводного монтажа (рис. 18). Время выдержки устанавливают переменным резистором, и для указанных элементов его можно изменять от 1 мин до 22 мин. Этот резистор снабжён ручкой с указателем, а на корпусе размещена шкала

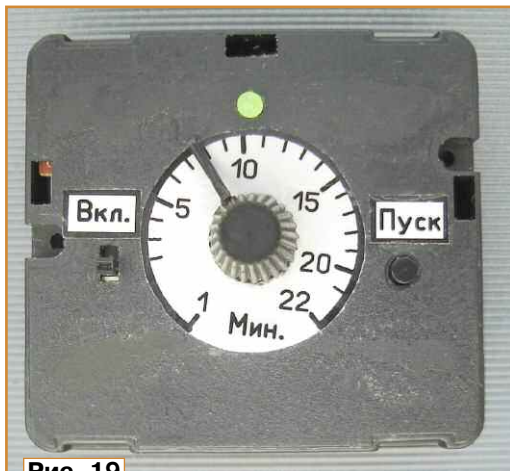


Рис. 19

(рис. 19). Для запуска таймера надо установить время выдержки и нажать на кнопку SB1, удерживая её затем несколько секунд, чтобы конденсатор C1 успел разрядиться, а затем отпустить.

Шкалу резистора можно отградуировать следующим образом. Сначала в крайнем левом положении движка переменного резистора R2 подбирают резистор R1 так, чтобы выдержка была 1 мин (или любая другая "круглая"), и измеряют его сопротивление $R_{изм}$. Затем при выключенном питании подключают омметр между общим проводом и входом SIG (плюсом к этому входу) и, плавно перемещая движок переменного резистора, устанавливают указатель в положение, при котором общее сопротивление $R_{общ} = 2R_{изм}$, и делают на шкале отметку "2". Потом устанавливают движок переменного резистора в положение $R_{общ} = 3R_{изм}$ и делают на шкале отметку "3". Так продолжают до момента, когда движок переменного резистора остановится. Для контроля градуировки надо проконтролировать время выдержки на отметке "10 мин" и при необходимости скорректировать шкалу.

При желании световой индикатор работы таймера можно заменить звуко-

вым, который каждую секунду будет подавать короткий сигнал — щелчок. Схема такого варианта таймера показана на рис. 20. Для него потребуются ещё один электромагнитный акустический излучатель HA2, аналогичный излучателю в часах, или другой малогабаритный с сопротивлением несколько десятков ом.

Но можно обойтись и без дополнительного акустического излучателя, используя для подачи уже имеющийся. Схема этого варианта таймера показана на рис. 21. В режиме отсчёта времени нижний по схеме вывод акустического излучателя на короткое время будет соединяться с минусовой линией питания. В это время будет раздаваться

светодиоды HL1 и HL2 разного цвета свечения, включённые встречно-параллельно. Они будут вспыхивать поочередно с частотой 1 Гц. Два светодиода можно заменить одним двухвыводным двухцветным HL3, в котором разноцветные кристаллы соединены аналогично. Подойдут, например, красный/зелёный светодиод BL-BEG274, красный/жёлтый ZARY9SW-2, красный/синий ZARB9SW-2. Для повышения яркости индикатора следует применить сверхяркие светодиоды.

Эти два сигнализатора включаются сразу после подачи питающего напряжения, если вход SIG соединён с минусовой линией питания. Если питающее напряжение поступает постоянно, све-

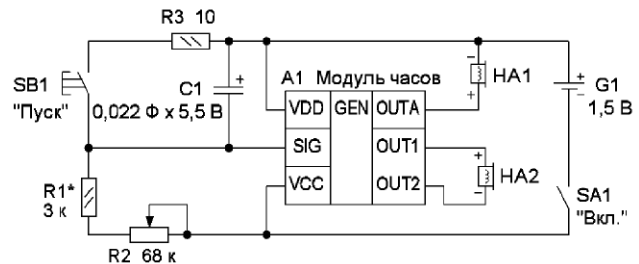


Рис. 20

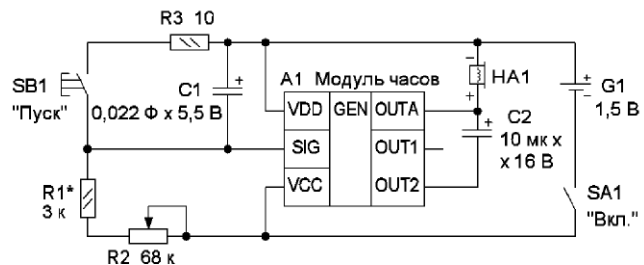


Рис. 21

щелчок, период их следования — 2 с. По окончании выдержки будет звучать прерывистый звуковой сигнал.

Если в штатной схеме часов взамен акустического излучателя установить дроссель индуктивностью несколько миллигенри и установить светодиод, как показано на рис. 22, получится **световой сигнализатор**. О типах применённых светодиодов подробнее рассказано в описании сигнализатора протечки. Поскольку на выходе OUTA модуля формируется прерывистый сигнал, светодиод также будет светить прерывисто.

Световой сигнализатор с питанием от напряжения 1,5 В можно сделать и без дросселя, как в таймере (см. рис. 17). Период следования импульсов — 2 с.

При увеличении напряжения питания до 3 В можно сделать **двухцветный световой сигнализатор**, схема которого показана на рис. 23. Здесь взамен электромагнита установлены

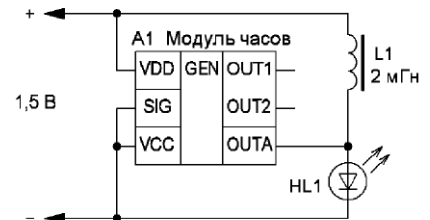


Рис. 22

товой сигнализатор начинает работать после соединения этого входа с минусовой линией питания.

Некоторым людям нравится ритмичный звук часов-ходиков, который действует на них успокаивающе. Электронные часы и электронные таймеры работают бесшумно, чтобы озвучить их работу, можно сделать **звуковой генератор тик-так**. Самый простой вариант показан на рис. 24, он аналогичен показанному на рис. 20. Щелчок будет

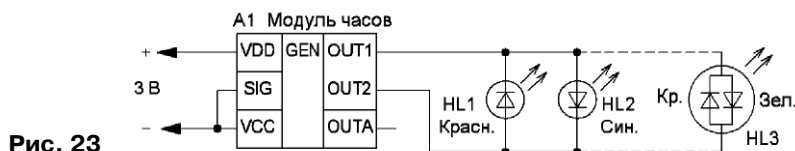


Рис. 23

зелёный. При напряжении питания 5 В и более подойдёт светодиод синего и белого свечения. Для включения/выключения устройства в цепь его питания надо установить любой малогабаритный выключатель. Чтобы этот генератор обеспечивал только световой

сигнал, взамен акустического сигнализатора надо установить резистор сопротивлением 10...20 Ом.

Для построения таймера на микросхемах малой

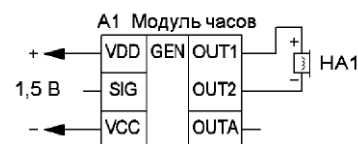


Рис. 24

раздаваться каждую секунду. Звук получается негромкий, но он, как правило, и не нужен. Для уменьшения громкости последовательно с акустическим излучателем надо установить резистор.

Чтобы дополнительно визуализировать работу электронных часов или таймера, можно применить **светозвуковой генератор тик-так** (рис. 25), который экономичен и может работать в большом интервале питающих напряжений. Работает он следующим образом. После подачи питающего напряжения через резистор R1 начинается зарядка конденсатора C1. Когда напряжение на нём достигнет номинального напряжения светодиода HL1, он начнёт светить, а зарядка конденсатора прекратится. Модуль A1 начнёт работать, и когда он подаст напряжение на акустический излучатель HA1, потребляемый ток резко возрастёт, конденсатор C1 частично разрядится и в результате светодиод погаснет. Потом конденсатор зарядится, и светодиод станет

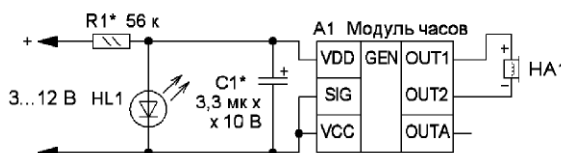


Рис. 25

снова светить. Таким образом, светодиод кратковременно гаснет в такт со щелчком (период следования — 1 с).

Громкость звукового сигнала зависит от ёмкости конденсатора и номинального напряжения светодиода, чем они больше, тем звуковой сигнал громче. Однако при чрезмерном увеличении ёмкости конденсатора он не успеет зарядиться до номинального напряжения светодиода, он перестанет светить, а громкость уменьшится. Поэтому следует подобрать конденсатор с оптимальной ёмкостью, которая может быть от сотен пикофарад до единиц микрофарад. На скорость зарядки конденсатора также влияют напряжение питания и сопротивление резистора R1. Резистор подбирают исходя из повышения экономичности и яркости свечения светодиода. Он должен быть сверхъяркий, цвет свечения — красный, жёлтый,

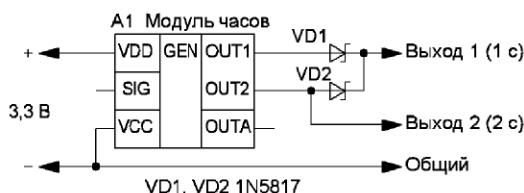


Рис. 26

степени интеграции (счётчиках, регистрах и т. д.) требуется генератор с тактовой частотой 1 Гц, который можно сделать на основе модуля часов. Схема такого генератора показана на рис. 26. На выходе 1 присутствуют импульсы с периодом следования 1 Гц, на выходе 2 — с периодом следования 2 с. Следует учесть, что амплитуда импульсов — около 3 В.

Конечно, возможности применения электронного модуля от электронномеханических часов не ограничены приведёнными выше устройствами, и читатели смогут найти им новое применение.

Макет-модуль электронной записки

Д. МАМИЧЕВ, п. Шаталово Смоленской обл.

Записка как форма личного общения не теряет своей актуальности даже в век смартфона. И в отличие от последнего, гарантирует адресату не только определённое время получения, но и место, что часто существенно влияет на восприятие содержимого сообщения. Автор решил заменить привычную ручку и бумагу на столе стилусом и TFT-дисплеем с сенсорным экраном. Для опытов был собран макет (рис. 1). По замыслу дисплей находится в постоянном включённом состоянии, и время от времени пользователи обновляют информацию на нём.

В основе конструкции устройства использован модуль-дисплей 1 на базе чипа ILI9488 с разрешением 320×480 пикселей, диагональю 3,95 дюйма и встроенным сенсорным резистивным экраном. Такие характеристики позволяют применить модуль для набора-записи и удобного чтения текста записки длиной в десяток или в два слова. В качестве управляющего устройства 2 использован модуль ESP32 Wemos D1 R32. Питание макет получает от ЗУ 4 сотового телефона с выходным напряжением 5 В и током 2 А. Модули соединены с помощью восьмипроводного шлейфа 3. Схе-

ма соединений всех узлов устройства и цоколёвка модуля приведены на рис. 2. Два вывода модуля в конструкции не задействованы.

Тематические стили и способы записи на экран можно разделить на три группы. Первая (рис. 3) — это рукописная версия, когда пользователь пишет слова от руки с помощью стилуса. Внешний вид записки на экране напоминает при этом записки на школьной доске. В первом варианте всего три сенсорных цветных кнопки — белая 1 позволяет выбрать мел, серая кнопка 2 задаёт режим стирательной резинки для редактирования помарок при письме. Оранжевая кнопка 3 очищает весь экран. Для переключения опций достаточно кратковременно прикоснуться к полю соответствующего цвета. Процесс письма стилусом ничем не отличается от письма с помощью шариковой ручки. Вторая группа (рис. 4) имитирует машинописные записки. Поле экрана

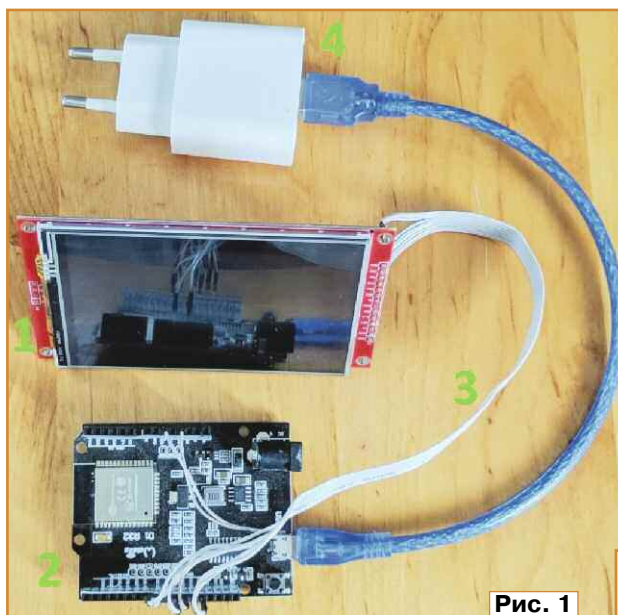


Рис. 1

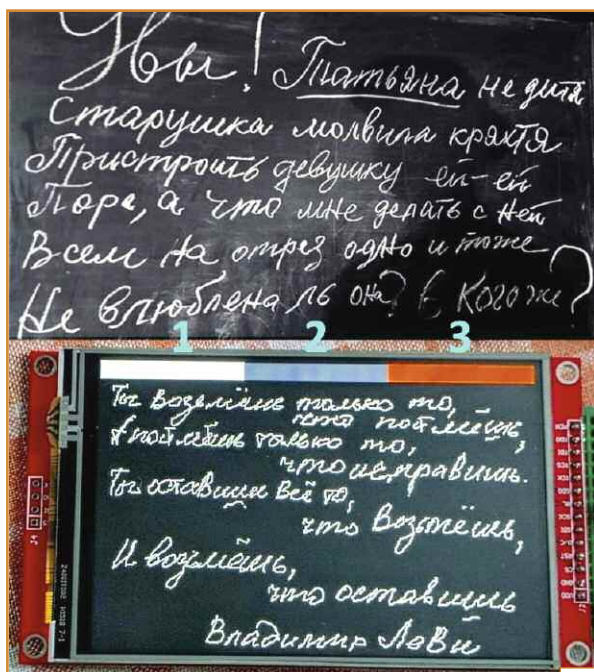


Рис. 3

поделено на две части — клавиатуру и полосы бумаги с подвижным курсором красного цвета. Клавиатура содержит четыре ряда по 13 кнопок в каждом. Большинство обозначены вводимыми с их помощью символами, четыре — безымянные. Кнопка 1 стирает символ, двигая курсор влево по строке, кнопка 2 очищает весь экран от записей, кнопка 3 переключает печать с заглавных букв на строчные. Кнопка 4 выполняет функцию пробела, смещая курсор вправо по текущей строке на следующую позицию буквы. Третья группа (рис. 5) более современная и позволяет производить голосовой набор текста записки, используя самописное приложение для смартфона (рис. 6)

и встроенный в модуль ESP32 Wemos D1 R32 Bluetooth-модуль. Для его использования сначала нужно включить функцию Bluetooth на смартфоне и открыть приложение. В появившемся рабочем поле 1 нажать на кнопку "Выбор устройства" (красная стрелка). В выпавшем списке 2 надо нажать на позицию названия Bluetooth-модуля в модуле ESP32 Wemos D1 R32 с MAC адресом (красная стрелка

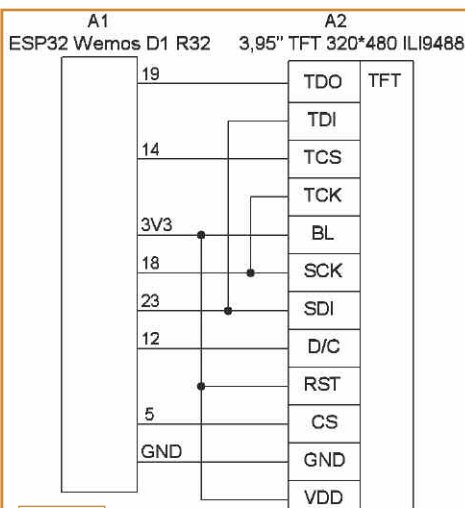


Рис. 2

не беспокоиться, так как я обязан Вам очень многим.

Письмо пишу несколько позднее по особым соображениям. В свою очередь прошу, если Вас не затруднит, справьтесь почему можно у Вас купить хороших сушеных блинх грибов — если цена подойдет я переведу Вам денег на покупку и отпущу, здесь на них есть спрос, в ответе потрудитесь сообщить до какого количества можно получить.

Меня несколько раз подвергали освидетельствованию в



Рис. 4

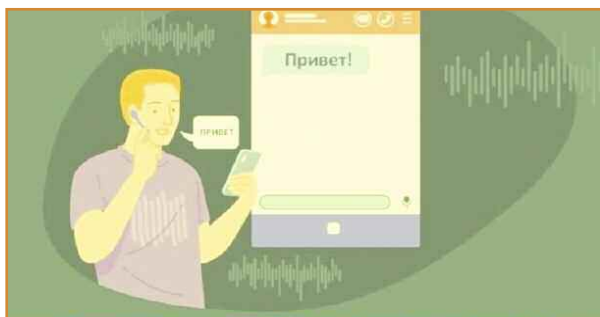


Рис. 5

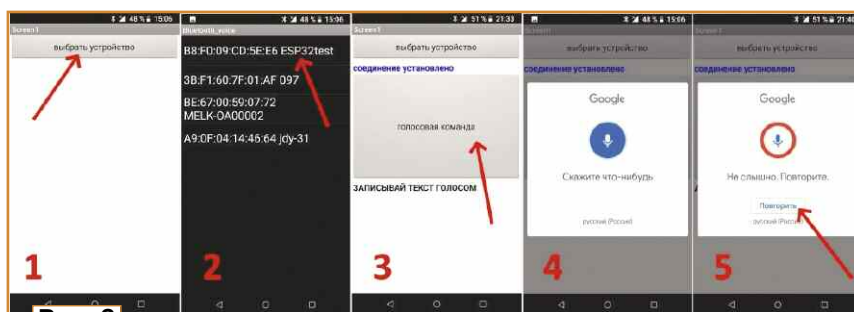


Рис. 6



Рис. 7

ка). В появившемся поле 3 нажимаем на кнопку "Голосовая команда" (красная стрелка). Далее чётко и раздельно произносим желаемую фразу. На экране записки и экране смартфона появляется текст сказанного. В случае молчания или слишком тихого произнесения появляется окно 5. В этом случае нажимают на кнопку "Повторить" (красная стрелка). Для очистки поля от текста после набора достаточно коснуться пальцем сенсора в любой части экрана. Ещё один вариант — использование ПК для набора и отправки текста в запись с помощью внешнего Bluetooth-модуля. В его ПО также применено самописное приложение (рис. 7), реализованное в графическом программируемой среде HiAsm. Подробнее о среде можно прочитать в [1]. После открытия приложения выбирается порт-номер для связи 2, а в поле 1 производят набор и отправку (кнопка "Ввод" на клавиатуре ПК) строки текста. После каждой отправки поле-строка очищается для набора следующей.

Каждый из описанных способов имеет свои достоинства и недостатки. Первый способ позволяет по почерку определить автора, но требует аккуратности при письме. Кроме текста, можно делать простые контурные рисунки. Второй способ упрощает набор текста, но требует при этом внимания. Третий вариант существенно экономит время и делает набор лёгким, вмещает больше слов в поле, но допускает ошибки при преобразовании сказанного в текст и обременяет необходимостью вместо стилуса иметь смартфон под руками.

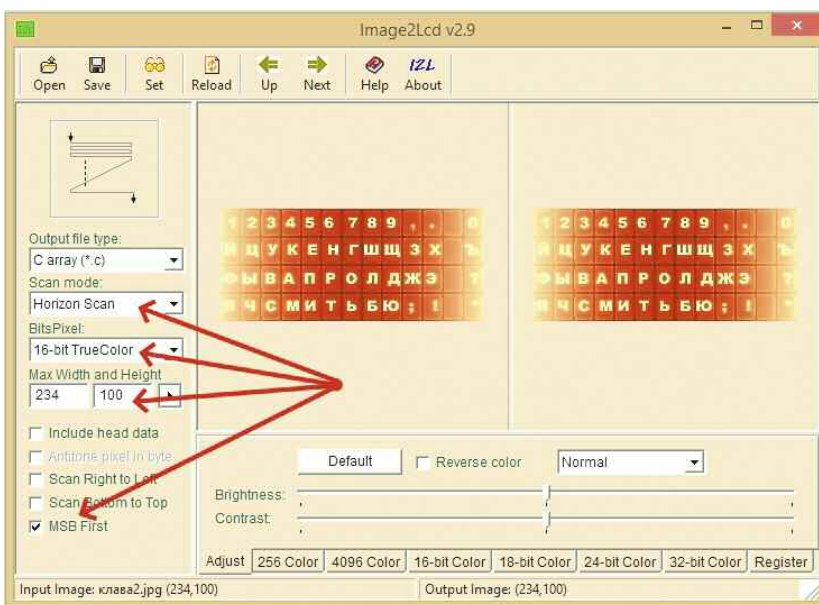


Рис. 8

Далее о программировании конструкции для различных вариантов записки. Для управления модулем экрана автор использовал библиотеку **TFT_eSPI**, доступную по ссылке [2]. Она весьма объёмная и позволяет одновременно управлять не только обычным экраном, но и сенсорным. Её особенность — необходимость вносить данные по настройке непосредственно в один из файлов библиотеки, т. е. редактировать его согласно используемому модулю управления и выводам для подключения, а также скорости обмена данными. Это файл **User_Setup.h**. В нём нужно раскомментировать строку **#define ILI9488_DRIVER** и закомментировать **#define ILI9341_DRIVER**. Также в части вариантов подключения следует указать соответствие выводов схеме (см. рис. 2) и раскомментировать строки, закомментировав исходные:

```
// For ESP32 Dev board (only tested with ILI9341 display)
```

```
// The hardware SPI can be mapped to any pins
```

```
//#define TFT_MISO 19
//#define TFT_MOSI 23
//#define TFT_SCLK 18
//#define TFT_CS 15 // Chip select control pin
```

```
//#define TFT_DC 2 // Data Command control pin
//#define TFT_RST 4 // Reset pin (could connect to RST pin)
//#define TFT_RST -1 // Set TFT_RST to -1 if display RESET is connected to ESP32 board RST
//#define TOUCH_CS 21 // Chip select pin (T_CS) of touch screen
```

На этом предварительную настройку ПО можно было считать законченной. Однако ещё один неожиданный сюр-

приз ждал автора при проведении опытов именно с модулем ESP32 Wemos D1 R32. При компиляции неизменно появлялось сообщение: **Невозможно скомпилировать, так как не найден файл ha/gpio_ii.h**

Подробно о способе её решения изложено в [3]. Необходимо закомментировать строку **#include "hal/gpio_ii.h"** в файле по пути:

```
.../TFT_eSPI/Processors/TFT_eSPI_ESP32.h.
```

Ещё одна настройка связана с возможностью выводить кириллические буквы на экран. Автор воспользовался рекомендациями из [4]. Она сводится к замене коллекции символов GLCD, хранящихся в файле **glcdfont.c**, и небольшому редактированию файла **TFT_eSPI.cpp** (поиск и закомментирование строки **if (c > 255) return**).

При программировании записки по первому варианту особое внимание следует уделить калибровке сенсорного экрана. Основная цель — добиться идеального совпадения места касания стилуса и места включения пикселя подсветки касания по всей площади активной части экрана. Первичную калибровку можно сделать с помощью имеющегося в примерах скетча **Touch_Controller_Demo.ino**. Дополнительную ка-

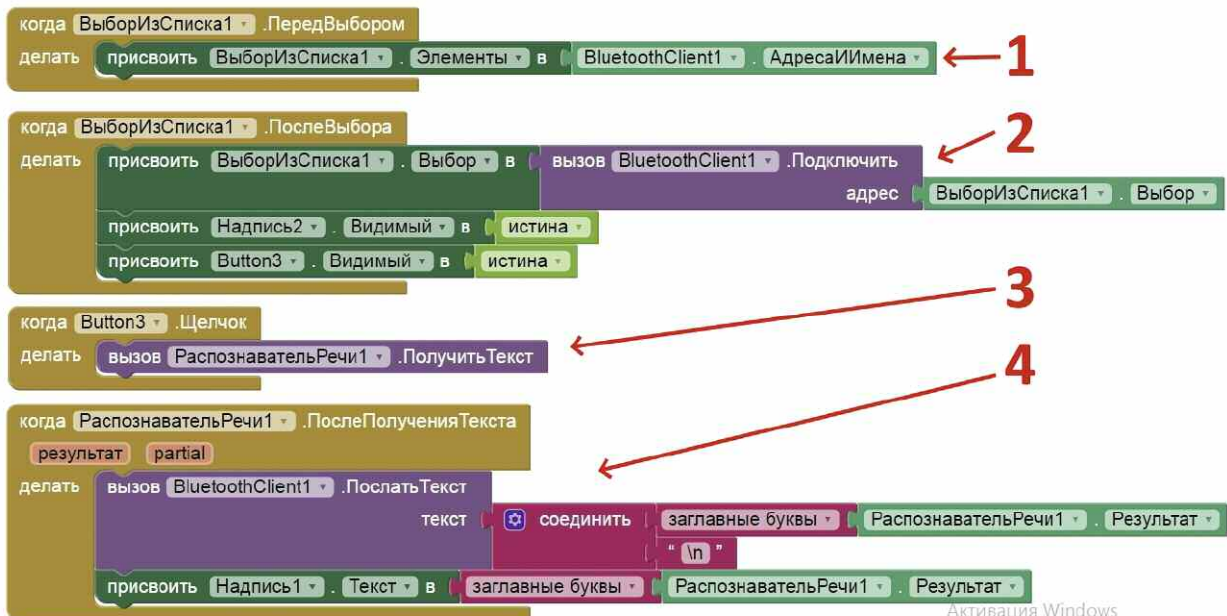


Рис. 9

лировку желательно провести уже при редактировании скетча **zapiska_3.ino**. В нём в строках $x += 0$; $y += 5$; $x=480-x*0.97$; $y=y*1.00$; следует точнее подобрать множители в интервале 0.9—1.1 и поправки 0—10 для координат x , y под имеющийся экземпляр модуля-экрана. Алгоритм работы скетча производит рисование прерывных плавных кривых (прописных или строчных букв) как последовательность отрезков между точками касания, считываемых каждые 20 мс. Обрыв непрерывной линии происходит, если касание прерывается более чем на 150 мс. Такая реализация более всего подходит к естественному движению руки при письме, а интервалы можно подобрать индивидуально, меняя числа в строках: **if(millis()-Y>150&&flag!=3)** или **delay(20);**.

При самостоятельном подборе или создании изображения клавиатуры второго варианта следует учитывать настройки конвертера (рис. 8) сообразно функциям рисования картинок используемой в скетче (**zapiska_4A.ino**) библиотеки. Расположение букв на кнопках удобнее выбирать, как на клавиатуре ПК.

При написании приложений для набора текста с внешних устройств использованы две среды программирования: MIT App Inventor 2 и HiAsm. Подробнее о работе в них можно узнать в [5, 6]. Программа телефонного приложения (рис. 9) имеет четыре небольших блока пазл-команд. Блок 1 разворачивает на экране список адресов-имён Bluetooth-модулей, имеющихся в сопряжении. Блок 2 производит соединение с выбранным модулем. Блок 3 включает распознавание речи и перевод в текст после нажатия на кнопку.

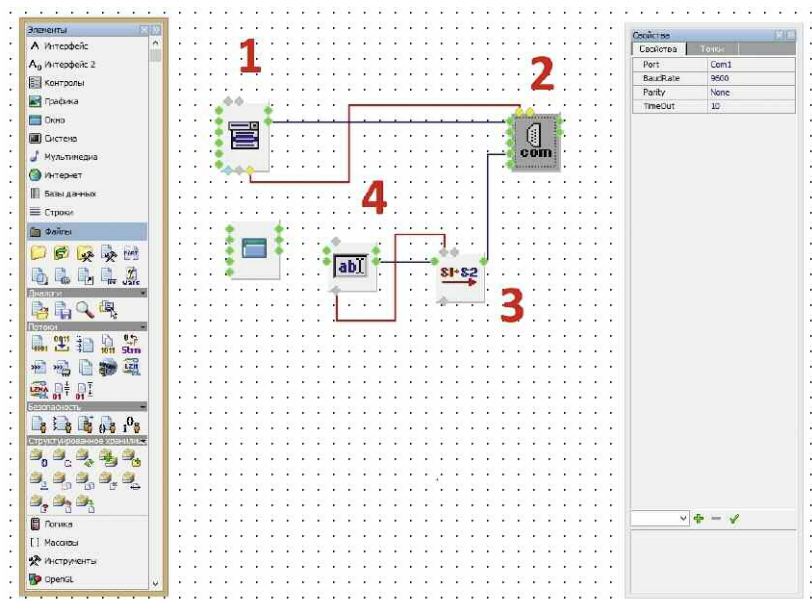


Рис. 10

Блок 4 производит передачу текста на записку и его вывод на экран смартфона. Аналогично реализовано и приложение для работы с ПК (рис. 10). Элемент 1 — выпадающий список портов для внешнего подключения связи, элемент 2 — виртуальный сом-порт, элемент 3 — строка данных (набранный последовательно текст), соединённая с символом окончания строки. Элемент 4 — текстовое поле, в котором происходит набор строк для записки. Линии связи синего цвета символизируют потоковые данные, красные обозначают разовую передачу исходных данных между элементами. Скетчи-

примеры работы с приложениями — **zapiska_5.ino** и **zapiska_6.ino**. В них для связи с внешними устройствами применена библиотека **BluetoothSerial**. Дополнительно в последнем скетче применена функция перекодировки символов кириллицы из Win-1251 в UTF-8, что связано с особенностями русификации библиотеки TFT_eSPI и кодировки данных при передаче с компьютера. Внешний Bluetooth-модуль DEXP AT-BT401 для связи для ПК показан на рис. 11.

Конечно, внимательный читатель заметит, что записка по своей природе всё-таки рукописный вариант передачи информации, а не машинописный, и



Рис. 11

хотелось бы иметь выведенные на экран надписи рукописными шрифтами. Однако найти такие реализации для плат микроконтроллеров автору не удалось. Причина — в сложности имитации строчных и заглавных букв, их соединении между собой, создании характерных видов почерка. Да и стандартный растровый способ хранения изображения в массиве для его точек не упрощает решения задачи. Дополнительной сложностью является адаптация библиотек к кириллице, ибо зарубежные, да и отечественные авторы не рассматривают этот вопрос как значимый. Было решено разработать собственный способ создания и использования настоящих рукописных шрифтов для МК. Основой для экспериментов послужил всё тот же модуль-дисплей (рис. 12). Создание шрифта сводится к получению последовательности координат точек-концов отрезков, из которых состоит изображение контура каждого символа-буквы алфавита. Сами символы рисуются пользователем от руки с помощью стилуса в специальной форме-окне 1. Данные координат одновременно с рисованием поступают в монитор порта IDE, откуда

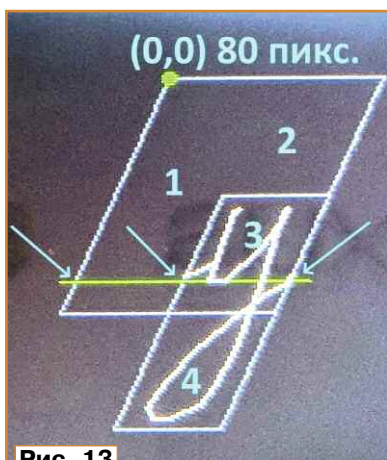


Рис. 13

копируются в случае удовлетворительных результатов прорисовки буквы в массив символа. Кнопка 3 служит для

очистки экрана для продолжения работы над следующим символом или перемещением текущего. Строка 2, демонстрационная, появляется при запуске скетча-сканера (schrift_ino или schrift_A.ino) и исчезает после первого нажатия на кнопку 2 вместе с буквой А из формы 1. Форма (рис. 13) позволяет пользователю рисовать символы в контексте единого шрифта, ограничивая размеры, наклон, форму букв, точки входа и

4 — для рисования строчных. Самые используемые зоны для размещения линий — 1 и 3. Пересечение зелёной линией серых линий границ (обозначены стрелками) определяет точки входа и выхода соединений букв в словах. Набор переменных в скетчах

```
int xr=200,yr=150;int a=80;float
k1=0.5;float k2=1.1; float k3=0.15;
задаёт внешний вид шаблона, его размеры и местоположение на экране. Каж-
```

дая строка координат в мониторе начинается с сигнальной пары чисел 666. При копировании брать первую пару в строку данных не нужно, другие пары обозначают подъём стилуса при рисовании символов. Каждая новая попытка рисования сопровождается переходом на следующую строку печати в мониторе. Данные вносятся в файл ris_fun.h в символьные массивы. Например, для буквы Б это const int buk_1[] = {}; В этом же файле, сопутствующем основному в каждом примере (schrift_2.ino, schrift_3.ino, schrift_4.ino,) находятся функции отрисовки отдельного символа и целой строки ris_bukvu();ris_str();. В качестве основных аргументов они имеют координаты размещения на экране и масштабное число, регулирующее размер символов при отрисовке. Пример скетча schrift_3.ino реализует записку в третьем тематическом варианте.

Получившийся векторный шрифт, благодаря нескольким переменным, регулирующим значения координат отрезков символов, легко трансформируется в варианты разных

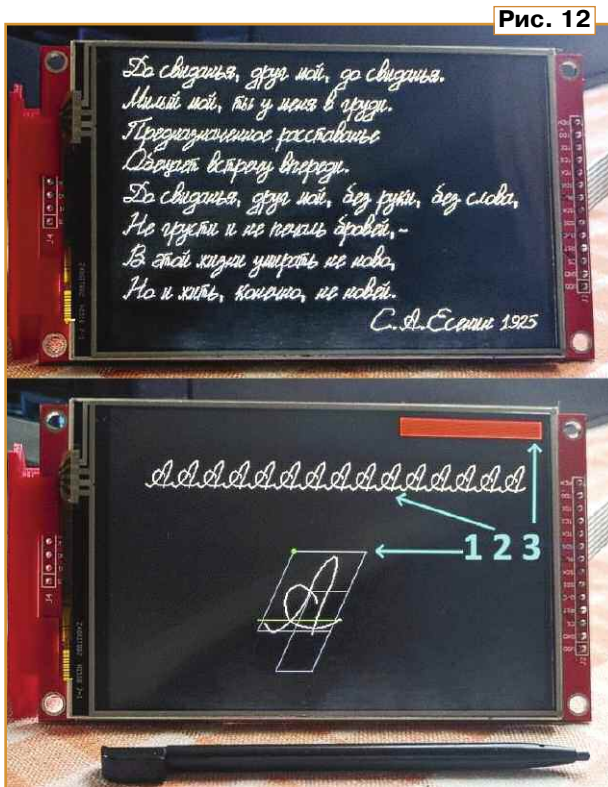


Рис. 12

выхода соединений. Окно условно поделено на четыре зоны. Зоны 1—3 — для рисования заглавных букв, зоны 2—

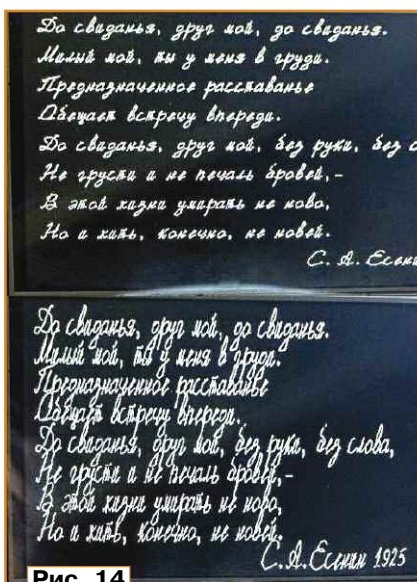


Рис. 14

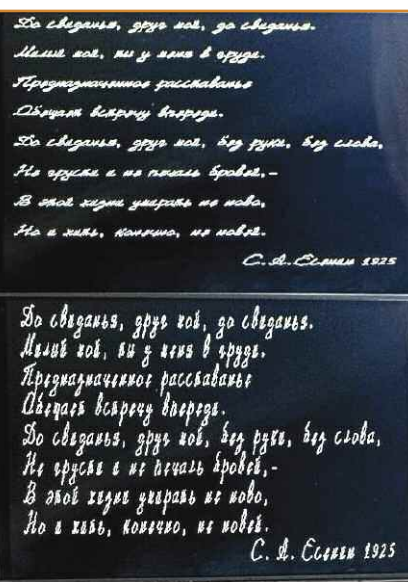




Рис. 15

почерков (см. рис. 13). Пример скетча — **schrift_4.ino**. Так, для почерка, похожего на бисер (правый верхний на рис. 14), набор переменных имеет следующие значения:

```
//почерк бисером
```

```
//m=0.10;
```

```
//b=2.3;
```

```
//c=1.3;
```

```
//a=200;
```

Переменные определяют размер буквы, сжатие-растяжение по горизонтальной и вертикальной осям, межбуквенное расстояние.

Следующим этапом доработки может служить добавление возможности выбора цвета текста как аргумента функции, толщины линии символов, создание элементов художественного оформления текста (рис. 15). Интересную визуальную имитацию процесса написания текста на экране можно добиться, введя в скетчи задержки между отрисовкой соседних отрезков каждого символа (5...10 мс), после каждого пробела (50...100 мс) для отделения отдельных слов и после каждой строки (около 1000 мс).

Автор надеется, что тема статьи будет интересна читателям. При успешном повторении конструкции её ПО можно модернизировать, объединив варианты записки в один, улучшить и оптимизировать управление в процессе записи, добавить возможность переключения почерков в собственном шрифте.

ЛИТЕРАТУРА

1. HiAsm. — URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/HiAsm> (12.07.24).
2. TFT_eSPI. — URL: https://www.arduino.cc/reference/en/libraries/tft_espi/ (12.07.24).
3. Arduino\libraries\TFT_eSPI\Processors\TFT_eSPI_ESP32.h:14:25: фатальная ошибка: hal/gpio_ll.h: такого файла или каталога нет. — URL: https://github.com/Bodmer/TFT_eSPI/discussions/3048 (12.07.24).
4. TFT_eSPI: работа с русским текстом. — URL: https://robotclass.ru/tutorials/russkij-tekst-tft_espi/ (12.07.24).
5. MIT App Inventor. — URL: <https://appinventor.mit.edu/> (12.07.24).
6. HiAsm. — URL: <https://hiasm.com/index.html> (12.07.24).

От редакции. Скетч, файлы проекта и видеоролик, иллюстрирующий работу устройства, находятся по адресу <http://ftp.radio.ru/pub/2024/10/zap.zip> на нашем FTP-сервере.

Ответы на викторину "Микрокомпьютеры ODROID"

("Радио", 2024, № 9, с. 63, 64)

Р. СЕРГЕЕНКО, г. Гомель, Беларусь

1. Ответ — 0. Резистор R2M1 ограничивает импульсный ток, возникающий при работе узла вольтдобавки Bootstrap, состоящего из конденсатора C2N1 и внутреннего диода микросхемы U14. В справочной документации на микросхему RT6220 фирмы Richtek рекомендуемое сопротивление резистора — не более 10 Ом, в типовом применении — 2,2 Ом. Чем

больше сопротивление, тем меньше электромагнитные помехи EMI. Но окончательное слово остаётся за разработчиком одноплатного компьютера (SBC), который вправе поставить "нулевой" резистор R2M1, опираясь на практику эксплуатации.

Другое дело, что резистор R2M1 сопротивлением 0 Ом на схеме обозначен с допуском 5 %. Это нонсенс,

ошибка в параметрах, ведь для "нулевых" резисторов оговариваются максимальное сопротивление и ток, например, не более 20 МОм при токе до 2,5 А. Допуск не имеет смысла, поскольку он будет указан в процентах от 0 Ом.

Если "копнуть" ещё глубже, то некоторые "нулевые" SMD-резисторы на мировых интернет-площадках действительно продаются с допусками $\pm 0,5...5\%$! Причины? К этой категории ошибочно относят миллиомные резисторы из серии WSL фирмы Vishay, которые изготавливаются в интервале 2...500 МОм с допусками $\pm 0,5\%$ и $\pm 1\%$. Кроме того, в спецификации заказа нулевых и обычных SMD-резисторов фирмы Jageo присутствует буква J, формально отвечающая за допуск $\pm 5\%$, например RC1206JR-070RP. И, наконец, правки на сайтах в интернет-магазинах часто делают не технические специалисты, а обычные менеджеры по продажам...

2. Ответ — 1. Интерфейс eSPI (enhanced SPI) — это расширенный последовательный периферий-

ный интерфейс, разработанный фирмой Intel для замены интерфейсов LPC, SPI, SMBus [1]. Он обладает экономичностью, регулируемым быстродействием, разделением памяти, низкими логическими уровнями 1,8 В.

Интерфейс eSPI в ODRDROID-H3 связывает AP с периферийным контроллером IT8613E фирмы ITE (рис. 1).

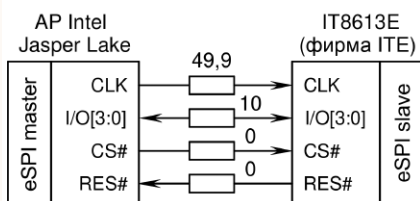


Рис. 1

Последовательные резисторы устраняют звон на фронтах импульсов (CLK, I/O[3:0]). По их сопротивлениям нельзя однозначно определить направление передачи сигналов.

3. Ответ — 0. Узел на транзисторах Q9, PQ4 служит для отключения питания в случае аварийной подачи большого входного напряжения. Порог выключения зависит от напря-

зисторов 3904 выбрана не случайно. Именно для них в памяти программ контроллера U17 предусмотрены поправочные коэффициенты, обеспечивающие точность измерения температуры $\pm 1^\circ\text{C}$ с дискретностью 0,125 $^\circ\text{C}$. Этого вполне достаточно для практических целей.

Транзистор Q5 физически располагается вблизи от AP (поясняющая надпись на схеме Close to CPU), а транзистор Q6 — подальше от тепловыделяющих объектов. Разница температур служит информацией контроллеру U17 о необходимости подстройки частоты вращения лопастей вентилятора, который обдувает AP.

5. Ответ — 1. Надпись на стикере Q.C PASS расшифровывается как Quality Control Passed — контроль качества пройден. Таким способом маркируется продукция, параметры которой соответствуют предписанным стандартам контроля качества. Это аналог клейма ОТК для SBC.

Единого стиля в дизайне стикеров не существует. Встречаются названия: QC Passed, Q.C. Passed, QC Pass, Q.C. Pass. Размеры, форма, цвет наклейки и место её расположения на

комбинации двоичных уровней XOM[3:1] = 100 коды загружаются из микросхемы eMMC, а при комбинации XOM[3:1] = 010 — из карты памяти microSD.

Внутри AP линии XOM подключаются к статическому регистру хранения, информация с которого считывается в параллельном коде после подачи питания. Делается это на микропрограммном уровне, поэтому заставить AP анализировать состояние переключателя SW1, подобно входу GPIO, не представляется возможным.

Получается, что инвертор на транзисторе Q4 участвует как в формировании парафазного сигнала, так и в предоставлении AP возможности синхронного чтения разрядов регистра хранения.

7. Ответ — 0. К разъёму CON11 подключается вентилятор с номинальным напряжением 5 В. Частота вращения его лопастей зависит от скважности импульсов ШИМ, поступающих на базу транзистора Q4 PBRN123YT фирмы Nexperia.

Максимальный ток коллектора транзистора составляет 600 мА, а источник питания SYS выдерживает нагрузку до 4 А. Как следствие, при

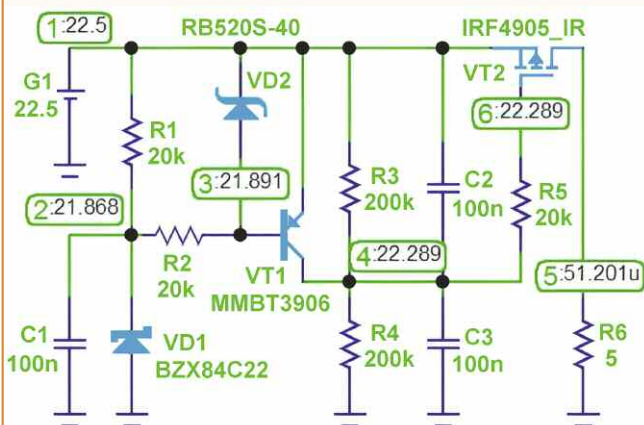


Рис. 2

жения стабилизации стабилитрона PD2 (22 В) и падения напряжения на переходе база—эмиттер транзистора Q9. Моделирование работы узла в среде Micro-Cap 12 на близких по параметрам радиоэлементах (рис. 2) показывает, что при токе нагрузки 4 А отключение происходит скачком при превышении напряжения источника питания G1 зоны 22,4...22,5 В.

4. Ответ — 0. Микросхема U17 EMC2103-2 фирмы SMSC — это интеллектуальный контроллер вентилятора, имеющий несколько каналов измерения температуры. К двум из них подключаются биполярные транзисторы Q5, Q6 структуры n-p-n в качестве термодатчиков. Серия тран-

зисторов 3904 выбрана не случайно. Известны ещё разновидности (рис. 3): Approval или Approved (одобрен), Repair или Rework (отремонтирован), Hold (контроль качества приостановлен), Rejected (забракован).

6. Ответ — 0 или 1. Движковый переключатель SW1 формирует на входе XOM_2 AP Samsung Exynos 5422 уровни лог. 1 или лог. 0 при замыкании контактов, соответственно 1 и 2 или 2 и 3. Транзистор Q4 включён как инвертор, при этом сигналы на линиях XOM_2, XOM_3 переключаются противофазно. На линии XOM_1 — постоянный лог. 0.

Через линии порта XOM выбирается источник загрузки Boot. При



Рис. 3

случайном замыкании проводов в разъёме CON11 транзистор может выйти из строя (такие случаи бывают на практике).

Но не следует думать, что транзистор Q4 "сгорит" при длительном присутствии на входе напряжения 1,8 В (лог. 1 от AP). Тонкость в том, что разработчик SBC неверно нарисовал УГО элемента Q4. Это не биполярный, а "цифровой" транзистор, внутри которого имеется резистивный делитель в цепи базы (рис. 4). Вывести его из строя ошибками в программе нельзя.

8. Ответ — 1. Иногда для восстановления работоспособности SBC необходимо перепрошить BIOS в микросхеме Flash-памяти. В плате

ODROID-H2 для этих целей применяется 8-выводная микросхема GD25LB64CVIGT фирмы GigaDevice, поддерживающая интерфейс SPI. Для её прошивки без выпаивания из

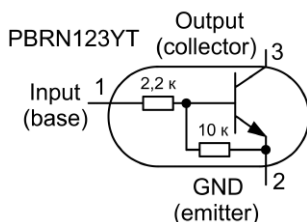


Рис. 4

платы нужны внешний USB-программатор и механическая клипса, как показано на фотографии в вопросе викторины. Такую технологию успешно используют при ремонте ноутбуков. По такой же схеме советуют действовать и на официальном форуме ODROID [2].

Но есть важное отличие. Микросхемы Flash-памяти в ноутбуках обычно работают при напряжении 3,3 В, что хорошо согласуется с логическими уровнями USB-программатора, подобного CH341a MiniProgrammer.

Однако микросхема GD25LB64CVIGT функционирует при напряжении питания 1,65...2 В. Следовательно, подключение к ней "трёхвольтового" программатора грозит вероятностью электрического повреждения или ошибок при записи BIOS.

Чтобы действовать наверняка, надо приобрести более низковольтный программатор или добавить к "трёхвольтовому" преобразователь уровней 3,3/1,8 В.

9. Ответ — 1. Связь линий GPIO с внешней периферией в SBC осуществляется через разъёмы. В плате ODROID-XU4 удобно использовать разъём CON11, на который выводится напряжение 5 В, общий провод, а также сигналы интерфейсов I²C, I²S. Последние физически совмещаются с линиями GPIO AP, и их можно задействовать для ввода и вывода двухуровневых логических сигналов.

Так, например, сигнал I2S_0.CDCLK (вывод 9 разъёма CON11) совмещается с линией GPZ_1 AP (первый разряд порта Z области GPIO). Через неё можно программно выставлять лог. 0 и лог. 1 с уровнями 1,8 В.

В рассматриваемой схеме линия GPZ_1 соединяется с базой транзистора VT1, в коллекторную цепь которого включён излучающий диод оптопары VU1. Изюминкой данного узла являются резисторы R3, R4. В оригинале схемы [3] они обозначены Adj с текстовой припиской о трёх возможных режимах работы:

— изолированный выход (R3, R4 отсутствуют, сигналы снимаются с контактов XP1:2, XP1:3 и подаются на внешний гальванически изолированный блок);

— логический повторитель (R3 = 0, R4 = 2 кОм, контакты XP1:1 и XP1:2 замкнуты);

— логический инвертор (R3 = 2 кОм, R4 = 0, контакты XP1:3 и XP1:4 замкнуты).

Но можно добавить ещё несколько вариантов:

— формирователь разнополярных импульсов (R3 = 2 кОм, R4 отсутствует, контакт XP1:3 соединяется с источником минусового напряжения);

— согласователь логических уровней (R3 отсутствует, R4 = 2 кОм, контакт XP1:2 соединяется с источником положительного напряжения, отличным от 5 В);

— генератор противофазных сигналов уменьшенной амплитуды (R3, R4 присутствуют, сигналы снимаются с контактов XP1:2, XP1:3).

10. Ответ — 0. Транзистор Q1 служит силовым ключом, который подаёт напряжение 3,3 В в цепь VCC3V3 для пяти микросхем и двух разъёмов. Коммутация проводится транзистором Q2, который открывается и закрывается сигналом VDD_EN.

Ответ на вопрос викторины зашифрован в словах к разъёмам J2, J5. Имеется в виду, что к разъёмам могут подключаться внешние устройства, поэтому не исключается K3 цепи 3,3 В (VCC3V3) на общий провод. Как следствие, через открытый транзистор Q1 будет протекать большой аварийный ток.

Для транзистора Q1 FTK3407 фирмы First Silicon в справочных данных оговаривается максимальная рассеиваемая мощность не более 1,4 Вт, которая будет превышена даже при токе в нагрузке 1 А. Можно предположить, что разработчики SBC стали получать негативные отзывы от ремонтников, после чего приняли кардинальное решение — в схеме версии ODROID-N2 rev0.6 заменить транзисторы отдельной микросхемой FC9516 фирмы First Silicon. Она надёжна в эксплуатации, имеет встроенный ограничитель тока 1 А и занимает меньше места на плате (корпус SOT-25).

Интересный нюанс. В конце названия резисторов R44 и R47 имеется буква F (100k F), но она отсутствует у резистора R45 (10k). Это вольность разработчика SBC, который, ради экономии места, разграничил резисторы с допусками ±1 % (F) и ±5 % (без F). Буква F выбрана не случайно, она соответствует стандарту IEC 60062 [4].

11. Ответ — 0. Последовательное Flash-ПЗУ U18 MX25U12832F фирмы Macronix подключается к линиям интерфейса FSPI в AP RK3568. Сигнал FSPI_CLK высокочастотный тактовый с частотой до 133 МГц. Для демпфирования колебаний на фронтах импульсов на таких высоких частотах в линию связи вводят стандартный последовательный резистор R4 сопротивлением 22 Ом.

Но к линии FSPI_CLK параллельно подключается тактовая кнопка SW1. Если на неё нажать и удерживать до включения питания SBC, то система после старта перейдёт в режим Maskrom. Это необходимо в экстренных случаях, когда возникают сбои начальной загрузки ОС с разных носителей.

Если на кнопку SW1 нажать во время штатной работы SBC, то выход AP будет закорочен на общий провод через резистор R4. Ток перегрузки при напряжении 1,8 В составит $I_{\text{MAX}} = 1,8/22 = 0,081$ А. Надолго ли хватит запаса прочности выходной линии AP — неизвестно. В подобных случаях последовательно с кнопкой SW1 рекомендуется ставить резистор сопротивлением несколько килоом, при этом и начальный уровень лог. 0 будет сформирован правильно, и опасность перегрузки по току для AP исчезнет.

12. Ответ — 1. К "трансформаторному" разъёму CON2 (RJ45) подключается внешний кабель сети Ethernet. Исправность внутренних элементов разъёма проверяют омметром. Рациональная последовательность прозвонки — между контактами 1 и 3, 2 и 4, 5 и 7, 6 и 8. Все измеренные сопротивления должны быть 150 Ом ± 2 %, что свидетельствует об исправности четырёх резисторов и отсутствии обрывов в обмотках дросселей и трансформаторов. Если прозвонку проводить между контактами 1 и 2, 3 и 4, 5 и 6, 7 и 8, то непроверенными останутся два резистора и средний вывод обмотки верхнего трансформатора.

ЛИТЕРАТУРА

- Enhanced Serial Peripheral Interface (eSPI). — URL: https://downloadmirror.intel.com/27055/eng/espi_ecn_flash_erase_length.pdf (12.07.24).
- H2 Bios Update Failed — Need Help. — URL: <https://forum.odroid.com/viewtopic.php?f=173&t=41875> (12.07.24).
- Tiny XU4 isolated I/O board for CON11. — URL: <https://forum.odroid.com/viewtopic.php?p=338552> (12.07.24).
- ГОСТ IEC 60062—2014. — URL: <https://meganorm.ru/Data2/1/4293767/4293767333.pdf> (12.07.24).

**Цена одного номера журнала в 2025 году (с 1-го по 6-й номер) при покупке в редакции
по БЕЗНАЛИЧНОЙ оплате — 520 руб.**

Стоимость полугодовой подписки с рассылкой из редакции (адресная рассылка) для индивидуальных подписчиков из России — 3840 руб., для индивидуальных подписчиков из стран зарубежья — 6000 руб.

Стоимость полугодовой подписки с рассылкой из редакции (адресная рассылка) для юридических лиц из России — 4080 руб.

Год выпуска	Номер журнала	Стоимость одного номера в редакции	Стоимость одного номера с пересылкой	
			В Россию	В остальные страны
2021	11—12	250 руб.	350 руб.	800 руб.
2022	1—12	300 руб.	400 руб.	800 руб.
2023	2—12	470 руб.	570 руб.	800 руб.
2024	1—12	490 руб.	600 руб.	900 руб.
2025	1—6	520 руб.	640 руб.	1000 руб.



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

При оплате подписки через интернет-сайт "Сбербанк онлайн" (online.sberbank.ru) Вам необходимо выбрать раздел "платежи и переводы", найти нашу организацию в поисковой строке по ИНН 7708187140 и далее заполнить (обязательно!) Ф.И.О., домашний адрес, за какие журналы или период подписки Вы переводите деньги, сумму и совершить платёж.

Журналы высылаются после поступления денег на расчётный счёт. Узнать о зачислении оплаты Вы можете, позвонив по телефону +7 (495) 607-87-39 или написав письмо на fin@radio.ru. При возникновении проблемы с доставкой журнала "Радио" из редакции пишите на sale@radio.ru. НАЛОЖЕННЫМ ПЛАТЕЖОМ РЕДАКЦИЯ ЖУРНАЛЫ НЕ ВЫСЫЛАЕТ!

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



Поддерживаемые
ОС



Dr.Web Security Space

защитит ваш цифровой МИР



Защита от хищений средств

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



Защита от мошенников

От фишинговых и мошеннических сайтов, сайтов с вредоносным ПО



Защита от уязвимостей программ

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



Защита данных и информации

От удаления, порчи, шифрования и похищения



Защита от захвата устройства и слежки

Блокировка камеры, микрофона, съемных устройств



Защита детей

Родительский контроль

Техподдержка
компании
«Доктор Веб»:
<https://support.drweb.ru>

Сайты компании
«Доктор Веб»
в социальных сетях:
[https://www.drweb.ru/
user/social](https://www.drweb.ru/user/social)



Сайты компании
«Доктор Веб»:
<https://антивирус.рф>
<https://drweb.ru>



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

