

7•2021

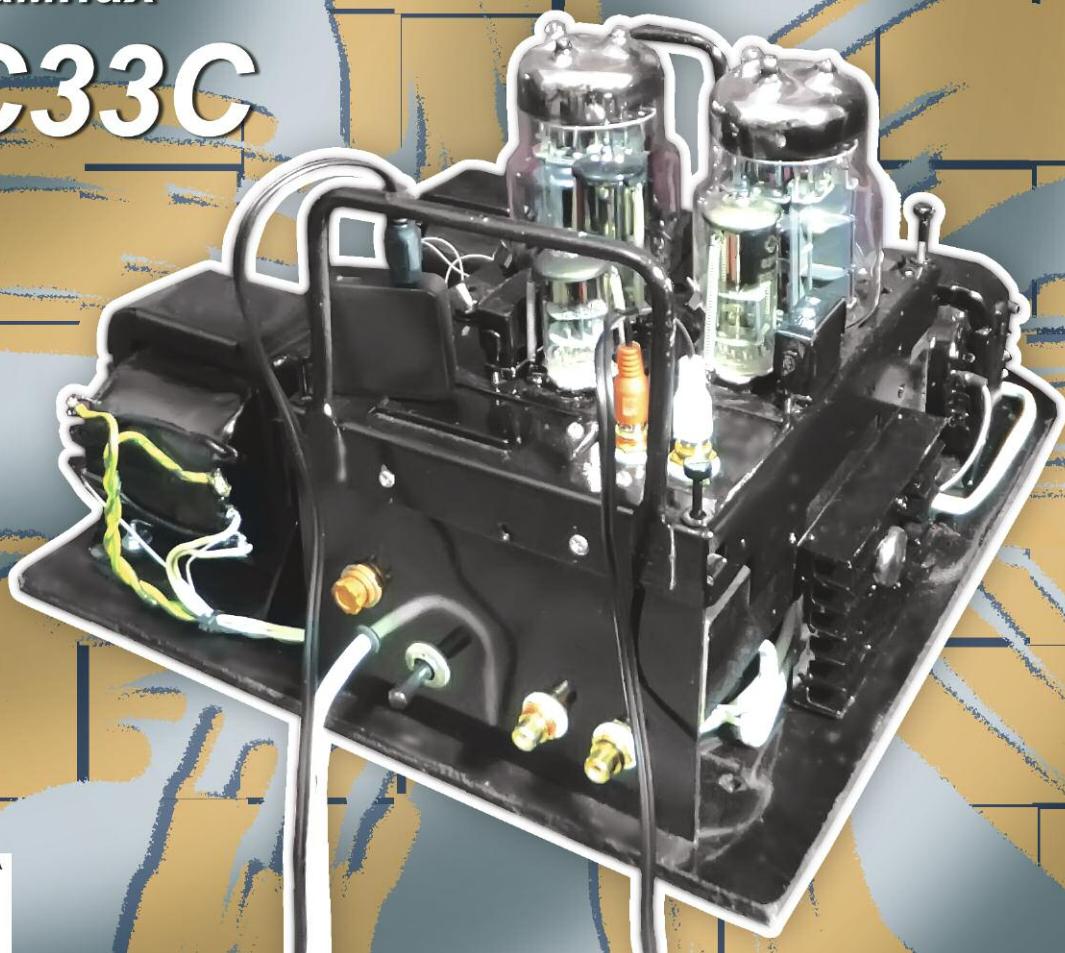
# РАДИО

АУДИО•ВИДЕО•СВЯЗЬ•ЭЛЕКТРОНИКА•КОМПЬЮТЕРЫ

Стереофонический УМЗЧ

на лампах

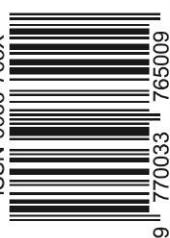
6С33С



21007



ISSN-0033-765X



- Пинцет — приставка к приборам
- Проверяем сервоприводы
- Электронно-механическое табло
- Ускорение вывода информации

...и ещё 9 конструкций

7  
2021

24.05.2021 года в ЗАТО  
Светлый КОСМИЧЕСКАЯ ОДИССЕЯ  
состоялось событие  
планетарного масштаба...

Александр МАКЕВКИН (RA4CEO), пос. Светлый Саратовской обл.

(см. статью на с. 54)



Участники радиосеанса с МКС. Слева—направо, первый ряд: Арсений Чоладзе, Алексей Ломакин, Яна Шашлова, Андрей Демченко, Виктория Синютина, второй ряд: Тимофей Нестерчук, Александр Иванович Макевкин, Артём Платонов.



Виктория Синютина задаёт свои вопросы экипажу МКС. Остальные участники ждут своей очереди.



Яна Шашлова задаёт вопрос: "Как общаются космонавты с родными?". Тимофей Нестерчук и Виктория Синютина перечитывают свои вопросы.



Олег Нуйкин (UI4F) с антенной обеспечивает связь с МКС, Арсений Чоладзе спрашивает: "Кто лечит космонавтов во время полёта?".

# Лучший звук с изображением

К. МИЛЛЕР, г. Москва

В Москве 21—23 мая 2021 г. прошла 25-я Международная выставка **Hi-Fi & High End SHOW 2021**. Это выставка эксклюзивной аудио- и видеотехники, на которой представлены акустические системы классов Hi-Fi и High End, виниловые и цифровые проигрыватели, усилители, в том числе ламповые, ресиверы, видеопроигрыватели, видеопроекторы и 4K/8K умные телевизоры для домашних кинотеатров. С 1996 г. выставка проводилась в отеле "Аквариум", а в этом году переехала в отель "Бородино".



Основная экспозиция располагается в номерах отеля "Бородино" на этажах с пятого по десятый.

Почему выставку проводят в отелях? Да потому, что гостиничный номер как нельзя лучше имитирует домашнюю обстановку и позволяет оценить качество восприятия как бы в домашних условиях.

Тематически выставка состоит из трёх проектов:

- Hi-Fi стриминг;
- Hi-Fi Portable Audio;
- Hi-Fi VINYL.

Hi-Fi стриминг — проект, демонстрирующий оборудование и сервисы для стриминга звука и

изображения в высоком качестве. Ему посвящена основная экспозиция в номерах на этажах с пятого по десятый.

Hi-Fi Portable Audio — это портативная акустика и головные телефоны высочайшего качества звучания с соответствующими по уровню аксессуарами. Главные герои экспозиции — персональные и портативные аудиогаджеты, головные телефоны Hi-Fi и High End классов для домашнего использования, активного спорта или диджеев, усилители для головных телефонов, плееры, портативная акустика и различные аксессуары.

Hi-Fi VINYL говорит сам за себя. Расположившись в атриуме пятого этажа, проект представляет не только грампластинки и компакт-диски (CD), но и средства их проигрывания и даже ленточные магнитофоны.

Описывать звук на подобных выставках очень трудно — его надо слушать. Отмету лишь, что ламповые усилители, особенно в сочетании с открытыми акустическими системами, дают, что ли, более тёплый, домашний звук.

Из видеоновинок отмечу 98-дюймовый телевизор/умный монитор EliteBoard на основе ЖК-матрицы с прямой подсветкой и четырёхядер-



Акустическая система компании Yamaha



В атриуме господствует VINYL.



Ламповый стереоусилитель Cayin CS-55A

ного процессора с полным программным обеспечением ОС Android 9, что позволяет использовать все сервисы от Yandex и YouTube, и устанавливать любые программы и игры из популярных магазинов приложений. Получился огромный планшет, правда, без тачскрина.

Владельцы телевизора получают доступ к онлайн-кинотеатрам Netflix, Spotify, ivi.ru, Okko, MEGOGO и др., где можно смотреть фильмы и сериалы в формате 4K HDR10.

**ВЫСТАВКИ 1**

К. МИЛЛЕР. Лучший звук с изображением ..... 1  
 Связь 2021 ..... 3-я с. обл.

**НАУКА И ТЕХНИКА 4**

А. ГОЛЫШКО. Интеллектуально управляя Поднебесной ..... 4

**ЗВУКОТЕХНИКА 7**

С. ЯКИМОВ. "Усилитель ЗЧ с полевыми транзисторами" ..... 7  
 Д. ПАНКРАТЬЕВ. Стереофонический УМЗЧ на лампах 6С3ЗС ..... 9

**ИЗМЕРЕНИЯ 19**

Д. ЗАХАРОВ. Пинцет-приставка к измерительному прибору ..... 19  
 В. ПОПОВ. Осциллографическая приставка к VGA-монитору ..... 22  
 А. ДЫМОВ. Многофункциональный измеритель RLC ..... 24

**МИКРОПРОЦЕССОРНАЯ ТЕХНИКА 34**

С. СВЕЧИХИН. Ускорение вывода информации на TFT-дисплей  
у контроллеров ATmega ..... 34

**ПРИКЛАДНАЯ ЭЛЕКТРОНИКА 35**

А. ПАНЬШИН. Термопот Scarlett SC-ET10D02 и его ремонт ..... 35  
 А. МЕЛЬНИКОВ. Светосигнальное устройство ..... 40  
 О. ИЛЬИН. Прибор для проверки сервоприводов  
дистанционно управляемых моделей ..... 44

**РАДИОЛЮБИТЕЛЮ-КОНСТРУКТОРУ 47**

И. БОГАТЫРЁВ, В. ДОЦЕНКО. Индуктивный датчик  
перемещения на таймере 555 ..... 47

**ЭЛЕКТРОНИКА ЗА РУЛЁМ 49**

Ю. БУЛЫЧЕВ. Защита автосигнализации от провалов  
напряжения в бортсети ..... 49

**"РАДИО" – О СВЯЗИ 51**

YL-ОМ CONTEST 2021 — итоги ..... 51  
 Г. ЧЛИЯНЦ. Александр Кожевников (R1AK) — коротковолновик  
1926—1933 гг. ..... 52  
 А. МАКЕВКИН. Космическая Одиссея ..... 54

**"РАДИО" – НАЧИНАЮЩИМ 55**

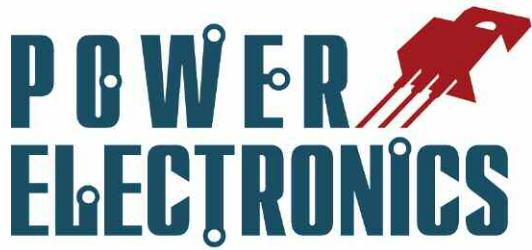
И. НЕЧАЕВ. Модуль таймера C005 и конструкции  
на его основе ..... 55  
 Д. МАМИЧЕВ. Электронно-механическое цифровое табло ..... 58  
 А. ЛАПАТСКИЙ. Управление вентилятором охладителя  
процессора ПК ..... 61  
 П. ЮДИН. Регулятор скорости вращения USB-вентилятора ..... 62  
 С. РЮМИК. Викторина "Arduino: программная часть-5" ..... 63

ДОСКА РЕКЛАМНЫХ ОБЪЯВЛЕНИЙ (с. 3, 4, 47, 53, 4-я с. обложки).

На нашей обложке. Стереофонический УМЗЧ на лампах 6С3ЗС (см. статью на с. 9).

**ЧИТАЙТЕ  
В СЛЕДУЮЩЕМ  
НОМЕРЕ:**

**ТЕМБРОБЛОК С WI-FI ДУ  
ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ МИКРОФОН  
СВЕРЛИЛЬНЫЙ СТАНОК  
ИНДИКАТОР ПОЛЯ 2,4 ГГЦ**



18-я Международная выставка  
компонентов и модулей  
силовой электроники

**26-28 октября 2021**

Москва, Крокус Экспо

# Силовая Электроника

Специализированная выставка  
компонентов и модулей  
силовой электроники  
для различных отраслей  
промышленности



Организатор — компания MVK  
Офис в Санкт-Петербурге



Международная  
Выставочная  
Компания

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

Получите бесплатный  
электронный билет на сайте  
**powerelectronics.ru**,

используя  
промокод **radio**

12+



Издаётся с 1924 года

**РАДИО®**

7•2021  
МАССОВЫЙ  
ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ  
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ  
ЖУРНАЛ

"Радиолюбитель" - "Радиофронт" - "Радио"

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

12+

УЧРЕДИТЕЛЬ И ИЗДАТЕЛЬ: ЗАО «ЖУРНАЛ «РАДИО»

Зарегистрирован Министерством печати и информации РФ 01 июля 1992 г.

Регистрационный ПИ № ФС77-50754

Главный редактор В. К. ЧУДНОВ

Редакционная коллегия:

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

Выпускающий редактор: С. Н. ГЛИБИН

Обложка: В. М. МУСИЯКА

Вёрстка: Е. А. ГЕРАСИМОВА

Корректор: Т. А. ВАСИЛЬЕВА

Адрес редакции: 107045, Москва, Селивёрстов пер., 10, стр. 1

Тел.: (495) 607-31-18.

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

Группа работы с письмами — (495) 607-08-48

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

Распространение — (495) 607-77-28; e-mail: [sale@radio.ru](mailto:sale@radio.ru)

Подписка и продажа — (495) 607-77-28

Бухгалтерия — (495) 607-87-39

Наши платёжные реквизиты:  
получатель — ЗАО "Журнал "Радио", ИНН 7708023424,  
р/сч. 40702810438090103159

Банк получателя — ПАО Сбербанк г. Москва  
корр. счёт 3010181040000000225 БИК 044525225

Подписано к печати 26.06.2021 г. Формат 60×84 1/8. Печать офсетная.

Объём 8 физ. 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 последствия использования опубликованных материалов, но принимает меры по исключению ошибок и опечаток.

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

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

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

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

© Радио®, 1924—2021. 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. 02010-21.

NNUI b84723165198308d458d6692cf9f82d



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

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

Бесплатный номер  
службы поддержки  
в России:

8-800-333-79-32

# Интеллектуально управляя Поднебесной

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

...Часто то, что сегодня кажется претенциозным, завтра становится эталоном вкуса.

Главное — быть замеченным".

**Оскар Уайлд**

В ряд ли следует объяснять, что сегодня КНР стала лидером не только производства инфокоммуникационных продуктов, но и лидером в мировой экономике. Успехи китайцев заметны, и их, как говорится, можно потрогать. В чём причина такого успеха? В комплексном системном подходе, в наличии долгосрочной стратегии с конкретными мероприятиями и их подготовкой, в строгом контроле за инвестициями, о чём уже шла речь на страницах журнала. Ставка делается на знания и информацию, на интеллект, на учёных и инженеров, а также на обслуживающий их менеджмент (да-да, именно так, а не наоборот).

Перед ведущими китайскими научно-производственными компаниями стоят очереди из желающих устроиться туда на работу, и это отнюдь не уборщицы или грузчики, а люди с хорошим образованием. Вообще, генерация любых знаний стоит денег, и китайцы давно это поняли. Учёным и инженерам нужны достойные зарплаты, крайне необходимо технологическое и измерительное оборудование, специализированные помещения и пр. Позже эти знания и вооружённые ими специалисты многократно отрабатывают затраты. Ну, а менеджерам нужна своевременная ротация, дабы они не «бронзовели» и могли с пользой применить достигнутые успехи в других областях управления. Как говорил создатель авиационной пушки ГШ-23 и массы комплексов ПВО, включая и знаменитый «Панцирь-1С», Аркадий Шипунов: «Управлению можно научить, а талант — он от Бога». Таких людей тоже нужно поддерживать и стимулировать несмотря на то, что эти люди часто бывают удовлетворены самим процессом творчества и готовы трудиться за относительно небольшие деньги. Зато подчас потеря одного такого ключевого специалиста наносит ущерб, сравнимый с серьёзной аварией.

Впрочем, на достигнутом китайцы не останавливаются, и мы уже сейчас можем увидеть, как разворачивается следующий этап развития страны на основе разработок в области искусственного интеллекта (ИИ или AI — Artificial Intelligent). В любом случае это будет полезной иллюстрацией того, как люди стараются добиться того, чего действительно хотят, и по каким причинам. Как известно, развитию ИИ сегодня уделяется огромное внимание во многих развитых странах, в том числе и в РФ. С точки зрения Пекина, технологии ИИ в ближайшее десятилетие будут главным драйвером развития национальной экономики и создадут для Китая уникальные преимущества при покорении новых рынков в глобальном разделении труда. Интеллект — это способность к восприятию, обработке и сохранению информации. Он помогает оптимизировать, экономить, совершенствовать и открывать новое. Он может быть разных видов и уровней у людей, животных и машин. При этом стоит пони-

ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА — КОМПАНИЯ «РИНЕТ»



**Internet Service Provider**

Телефон: (495) 981-4571

Факс: (495) 783-9181

E-mail: [info@rinet.ru](mailto:info@rinet.ru)

Сайт: <http://www.rinet.net>

мать, что наличие интеллекта не предполагает наличия сознания. Это значит, что сравнивать машину с полноценным человеком ещё очень рано, однако для решения целого ряда задач сознания и не нужно. В целом ИИ — это не самостоятельная технология, а совокупность различных технологий, которые вместе должны наделить интеллектуальными способностями некую систему, процесс или устройство. В общем всё, от кофеварки до космических кораблей, от процесса производства до процесса управления и от небольших компаний до правительства.

Собственно, у китайского руководства существует достаточно стимулов, чтобы инвестировать в развитие ИИ. Население страны стареет, природных ресурсов мало, есть проблемы с экологией. Новое поколение ИИ-решений должно помочь создать умное производство, умную медицину, умные города, умное сельское хозяйство и оборону. Оценка стоимости реализации данных проектов — 5 трлн юаней (700 млрд долл.).

Согласно отчёту Стэнфордского университета (США), Китай недавно обогнал США по количеству цитирований в журналах об ИИ. В прошлом году Китай потратил около 23 млрд долл. на исследования в области передовых технологий. Для сравнения, в 2018 г. США потратили 97 млрд долл. на фундаментальные исследования, что составляет около 17 % от общих расходов США на НИОКР (согласно отчёту Национального научного фонда США). Пятилетний план Китая предполагает, что расходы на фундаментальные исследования составят 8 % всех расходов на НИОКР в период до 2025 г.

Итак, по уровню развития технологий ИИ Китай стоит сегодня на втором месте после США, а через десять лет намерен стать безусловным мировым лидером в этой области. Соответственно в КНР принята стратегическая государственная программа развития сферы ИИ до 2030 г. Выполнение её обеспечено масштабным государственным финансированием, а также средствами частных технологических компаний, тесно связанных с китайским государством. Очередной, 14-й пятилетний план КНР под названием "пятилетка технологического прорыва" посвящён развитию передовых технологий и инноваций до конца 2025 г. Согласно ему, расходы на развитие таких технологий, как искусственный ИИ, будут расти как минимум на 7 % ежегодно, что, кстати, выше, чем в предыдущую пятилетку.

Премьер-министр КНР Ли Кэцян заявил, что правительство поддержит венчурное финансирование стартапов и расширит налоговые льготы для предприятий, которые будут заниматься исследованиями и разработками. Ли Кэцян пообещал также увеличить расходы правительства на фундаментальные исследования на 10,6 % в 2021 г. В плане перечислены семь стратегических направлений, которые считаются важными для национальной безопасности и общего развития: ИИ, квантовые вычисления, разработка интег-

ральных микросхем, генетические и биотехнологические исследования, нейробиология и аэрокосмическая промышленность.

В докладе говорится, что Китай планирует создать национальные лаборатории и укрепить академические программы для поддержки этих технологий. Разработка вакцин (не без участия ИИ), глубоководные исследования и развитие технологий распознавания голоса также находятся в приоритете властей.

В документ также включено видение Китая на 2035 г. К этой дате страна ожидает значительного прорыва в основных технологиях и стремится войти в число самых инновационных стран мира. При этом КНР испытывает известные трудности из-за санкций со стороны США, ограничивающих не только потенциальный рынок сбыта, но и закупки современной элементной базы, технологического оборудования и пр. В частности, администрация президента США Джо Байдена недавно запретила поставку ряда чипов Китаю, что в зарубежных СМИ было названо "войной микросхем". В Вашингтоне заявили, что Пекин якобы использует американскую электронику против интересов США, включая и военные цели. Такое решение Белого дома способно замедлить рост китайской экономики и, в частности, нанести очередной удар по распространению мобильных сетей 5G, в которых немало преуспела китайская компания Huawei. Тем временем США утратили свой статус главного торгового партнёра ЕС, как только Пекин и Брюссель заключили соглашение о взаимных инвестициях, которое долго обсуждалось сторонами. После этого объём товарооборота между ЕС и Китаем достиг 711 млрд долл., причём во многом благодаря поставкам различной электроники. С США Европа наторговала лишь на 673 млрд.

Однако, несмотря на возросшее давление США (ничего личного — только бизнес), на сегодня у Китая уже есть ряд технологических преимуществ, включая доступность технологий сетей 5G и огромный объём исследований в области ИИ. В частности, эта одна из немногих стран, где работают полностью беспилотные такси. Однако развитие собственных технологий также может быть вопросом выживания. Власти страны пытаются снизить зависимость китайских компаний от американских поставщиков. Эти попытки вызваны ограничениями, которые администрация Трампа наложила на китайские предприятия, такие как Huawei, перекрыв доступ к некоторым важным для производства комплектующим.

В 2020 г. на фоне пандемии рост ВВП Китая достиг минимального значения более чем за 40 лет и составил 2,3 %. В ноябре 2020 г. председатель КНР Си Цзиньпин заявил: "К 2035 г. размер национальной экономики и ВВП на душу населения удвоится; 14-я пятилетка должна превратить Китай в страну с высоким уровнем дохода (более 12,5 тыс. долл. в год на человека). Было также заявлено, что ИИ — это новая движущая сила технологической рево-

люции и трансформации. Нам необходимо активизировать усилия в сфере развития технологий ИИ нового поколения, чтобы придать импульс качественному экономическому росту страны". Большие ожидания на ИИ возлагаются военные. В госпрограммах КНР появился термин "военно-гражданская интеграция", постулируется необходимость устранения барьеров между бизнесом и ВПК. Таким образом, ИИ рассматривается китайцами (и не только ими) как технология двойного назначения.

Тем временем эксперты Всемирного экономического форума (WEF) в своём фундаментальном докладе, подготовленном в соавторстве с аналитиками компании McKinsey, сделали оценку лидеров в Индустрии 4.0. Близость того или иного государства к состоянию той самой пресловутой Индустрии 4.0 оценивается сегодня по числу заводов и фабрик, производственные процессы на которых полностью или по большей части автоматизированы. И тут результат однозначен — лидерство КНР неоспоримо.

Китай, ещё сравнительно недавно ставивший своей задачей достижение паритета в данном вопросе со странами Запада, сейчас опередил их, причём намного. Во всём мире "предприятий будущего" насчитывается 69. Два десятка из них принадлежат Поднебесной, 19 — различным странам европейского Союза. У США лишь семь таких заводов, у Японии — пять. Но это, если говорить об уже действующих производствах. Среди строящихся и готовящихся к запуску подобных заводов на долю КНР приходится более 30 %. Иначе говоря, в скором времени разрыв увеличится ещё больше.

При этом специалисты WEF вынуждены признать, что злую шутку с Западом в данном случае сыграли как раз принципы свободной рыночной экономики и частного предпринимательства. Дело в том, что даже для самых крупных корпораций, находящихся в частной, а не государственной собственности, переход к параметрам четвёртой промышленной революции дело чрезвычайно затратное, а то и попросту непосильное. Именно поэтому, как минимум 70 % из них, по утверждению WEF, "застягли" в промежуточном состоянии, которое там образно именуют "промышленным чистилищем" и не могут выйти на новый уровень развития.

В отличие от них, даже частные китайские компании могут рассчитывать на поддержку государства со всей его огромной экономической и финансовой мощью. При поддержке своего правительства китайские компании достаточно легко идут на предоставление своей продукции в кредит (берите сегодня — оплатите потом), оперативно захватывая мировой рынок. В докладе сказано, что КНР уже сегодня "находится на стадии, когда её предприятия могут бросить вызов своим конкурентам из развитых стран", практически в любой из наиболее передовых инновационных сфер производства, от изготовления смартфонов до создания электромобилей.

# ИМПАТЕР

2021 № 2

ИМПАТЕР

радио

ЖУРНАЛ

В качестве направлений, в которых китайские товарищи продвинулись наиболее далеко и достигли самых впечатляющих успехов, в документе указаны опять же ИИ, логистика, автоматизация и цифровая трансформация. Активное внедрение в производственно-сбытовых цепях интеллектуальных цифровых технологий позволяет компаниям из Китая не только значительно сокращать производственные, транспортные и прочие накладные расходы, но и в более сжатые сроки разрабатывать всё новые и новые продукты, опережая своих конкурентов и постоянно оставаясь лидерами в гонке за симпатии и предпочтения потребителей.

В WEF считают, что Европа и Япония уже выбыли из соревнования за пальму первенства в мире Индустрии 4.0. Даже при их уровне технического развития имеющиеся ресурсы не позволят им разить собственные производства до масштабов, необходимых для успешной конкуренции. Последняя же, по большей части, будет вестись между КНР и США. Впрочем, исход этого "последнего раунда", скорее всего, предрешён. Крайне сомнительно, чтобы США сумели выдержать задаваемый Китаем темп в ходе Индустрии 4.0, а тем более опередить его на этом пути. Но вернёмся к ИИ.

По финансовым показателям общий объём китайской индустрии технологий ИИ к 2020 г. должен был превысить 22 млрд долл., к 2025 г. — выйти на отметку 60,3 млрд, а к 2030 г. — преодолеть планку в 1 трлн юаней (примерно 150,8 млрд долл.). Этот план взаимоувязан с другими стратегическими документами, для него установлен шестой приоритет среди 69 основных задач центрального правительства Китая, определённых в предыдущем 13-м пятилетнем плане развития национальных стратегических и развивающихся отраслей (2016–2020 гг.).

Говорят, что на рост интереса руководства Поднебесной к ИИ повлияла победа программы AlphaGo, разработанной Google, над абсолютным чемпионом мира по игре го, китайским игроком Кэ Цзе. Этак она и ещё кого-нибудь сможет победить, подумали китайцы и назвали её вдохновляющим вызовом для Китая, как и запуск первого в мире спутника в СССР для США.

Развитие ИИ играет большую роль в реализации запущенной в 2015 г. государственной программы "Сделано в Китае-2025". Она предусматривает, в частности, создание фонда объёмом 300 млрд долл. для развития высоких технологий, робототехники, разработки новых материалов и модернизации производства. В разработке микросхем для ИИ за последний год Китай сделал громадный рывок. Аналитики оценивают размер китайского рынка микросхем для ИИ в 2019 г. в 1,73 млрд долл., что на 50 % больше, чем в 2018 г.

По количеству персонала, занятого в области научных исследований и разработок, Китай сейчас на первом месте в мире, научно-исследовательскими и опытно-конструкторскими работами в стране занимаются более 4 млн человек. Объём китайского рынка ИИ в

2019 г. достиг 8 млрд юаней (1,2 млрд долл.), говорится в докладе, опубликованном ведущим китайским аналитическим центром CCID Consulting на Всемирной конференции по ИИ осенью 2019 г. Специалисты по ИИ, особенно в условиях роста спроса на них, не хватает. Для решения проблемы в 35 вузах страны запущены программы университетской подготовки по специальности "ИИ". В ряде вузов также будет вестись подготовка по смежным с ИИ программам — робототехнике и технологии Big Data.

Наибольших успехов китайские компании достигли в сферах компьютерного распознавания речи и образов. В первой категории лидируют китайский Google — компания Baidu и относительно молодая компания iFlytek из Шэньчжэня. На рынке распознавания образов (прежде всего, человеческих лиц) среди лидеров — всё та же Baidu (заявляющая, что точность работы её алгоритмов — 99 %) и пекинский стартап Face, чья технология Face++ уже используется в платёжной системе AliPay.

На страницах журнала уже шёл разговор о китайской Системе Социального Кредита (Social Credit System — SCS) — эксперименте тотального электронного контроля за населением, проходившего в 30-ти крупнейших городах. К настоящему времени SCS уже готова охватить всю страну. Благодаря ей китайское руководство может получать в режиме онлайн полную картину жизни в Поднебесной, вплоть до местонахождения, поведения, транзакций, предпочтений, преступков и всего прочего отдельной личности. Ожидается, что в дополнение к SCS с помощью 600 миллионов видеокамер уже в 2022 г. с помощью ИИ любого китайца можно будет вычислить, появясь он в метро, на улице или в любом присутственном месте, за несколько секунд. Даже в очках, даже с бородой, даже в гриме. Говорят, что даже в маске Фантомаса ИИ узнаёт Жана Маре.

Впрочем, дело не только в "полной картине жизни", но и в обеспечении внутренней и внешней безопасности страны. План формирования SCS изложен в принятой в 2014 г. Госсоветом КНР "Программе создания системы социального кредита на 2014–2020 гг.". Согласно этой программе, на всей территории КНР должна быть сформирована универсальная система оценки граждан, компаний и НКО. Каждому физическому и юридическому лицу присваивался рейтинг социального доверия на основании данных о его социальном поведении (сегодня туда можно добавить поведение во время пандемии нового вируса). С помощью ИИ и Big Data в соответствии с алгоритмами, утверждёнными государством, анализировались все доступные данные о человеке или компании, включая их онлайн-поведение. Обладатели высокого рейтинга получали социальные и экономические льготы, обладатели низкого — подвергались ограничениям.

С помощью SCS коммунистическая партия рассчитывает получить инструмент, позволяющий не только осу-

ществлять социальный контроль, но и регулировать социальное поведение с помощью "кнута и пряника". Кто-то даже сравнивает внедрение SCS с романом Джорджа Оруэлла "1984", однако в романе всё описано, пожалуй, всё же пожёстче. Поощрения и наказания будут направлять поведение граждан в нужное партии русло, поддерживая основы политической стабильности. Однако работа этой системы, которая активно тестиировалась в различных регионах КНР, возможна только при высоком уровне развития технологий ИИ. Система SCS пока крайне фрагментарна, и именно потому, что до сих пор не создана единая технологическая и нормативная база, позволяющая всем государственным и региональным структурам взаимодействовать в режиме реального времени. Власти на местах проводят различные эксперименты по внедрению SCS, но никаких стимулов делиться своими достижениями в этой области с соседними провинциями и предоставлять им свои данные у них нет. Кроме того, налаживание системы, охватывающей всю страну, возможно лишь при автоматизации процессов национального обмена информацией и контроля. Нет сомнений, что в 14-й пятилетке китайцы займутся национальной автоматизацией SCS.

Для китайского руководства ИИ служит не только средством укрепления внутренней стабильности. Эта технология позволит Народно-освободительной армии Китая (НОАК) вести боевые действия в условиях глобальной информатизации военного дела. В январе 2017 г. председатель КНР Си Цзиньпин объявил о создании Центральной комиссии по вопросам интегрированного гражданского и военного развития. Задача нового органа, руководимого тем же Си Цзиньпином, — интеграция гражданских технологических решений в создание новых видов вооружения для НОАК. ИИ здесь особенно важен для разработки систем различного назначения, как помогающих военнослужащим в выполнении боевых задач, так и заменяющих их. Однако именно прогресс в гражданской сфере применения ИИ имеет, по мнению Пекина, важнейшее значение для развития всей отрасли.

Учитывая неоднозначность определения ИИ, а также то, что технологии ИИ пронизывают самые разные отрасли экономической деятельности и социальной сферы, возникает проблема создания единого регулирования в области использования ИИ. Необходимо разрабатывать новое отраслевое регулирование и отдельные стандарты. При этом КНР старается внедрить в технологии ИИ как можно больше собственных национальных стандартов, поскольку, чем больше стандартов, разработанных, в частности, китайскими технологическими компаниями, будет принято в мире, тем большее конкурентное преимущество получат эти компании. Разумеется, при этом имеются в виду не только технические, но и социальные стандарты в области развития ИИ, а также просто бизнес.

Прежде всего, принятие стандартов влечёт за собой передачу собственных запатентованных технологий, а их использование предусматривает получение лицензионного вознаграждения. К тому же тот, кто устанавливает стандарты, получает совместимые системы и огромный массив данных (при столь огромном населении в КНР генерируется много различных данных), на которых можно тренировать новые продукты и делать их, соответственно, универсальными для всех. Кроме того, Китаю важно получить не просто право голоса, а стать законодателем мод в технологии ИИ.

На уровне компаний Китай также стремится участвовать в разработке международных норм в области ИИ. В частности, Baidu — первая китайская компания, присоединившаяся к некоммерческой организации "Партнёрство по искусственному интеллекту" (Partnership on AI, PAI), которую компании Amazon, Google, Facebook, IBM и Microsoft основали в 2016 г. для разработки этических рекомендаций для исследований в области ИИ (к примеру, с учётом трёх законов робототехники авторства Айзека Азимова).

Китайские военные понимают необходимость интеллектуализации ВПК. Будущие военные действия с использованием ИИ, вероятно, будут обезличены, неосязаемы и неслышны. Китай ведёт активные разработки в области БПЛА, полуавтономных подводных беспилотников, самоуправляемых боевых машин. Китай также запустил первую в мире университетскую программу подготовки молодых специалистов для

создания автономных вооружений, а Пекинский технологический институт отобрал 30 одарённых выпускников школ, которые будут участвовать в четырёхлетнем эксперименте по разработке автономных боевых систем, оснащённых ИИ.

Неудивительно, что КНР продвигает собственные стандарты в области ИИ и на площадках международных организаций, занимающихся регулированием в военной сфере. Так, в апреле 2018 г. на заседании группы правительенных экспертов по смертоносным автономным системам вооружений Китай первым из постоянных членов Совета Безопасности ООН поддержал запрет на использование таких систем (кто читал "Страж-птицу" Роберта Шекли, поймёт, о чём это они). Правда, с оговоркой, что смертоносные автономные системы вооружений — это системы, полностью исключающие вмешательство и контроль со стороны человека на протяжении всего процесса выполнения боевой задачи. То есть автономные системы вооружений, где хотя бы технически предусмотрена возможность контроля со стороны человека, под поддержаный Китаем запрет не попадают. Это как раз те вооружения, разработками которых в данный момент активно и занимается Китай. Не исключено, что войны будущего будут вестись на суше, в воздухе и на море, прежде всего, между роботизированными платформами, управляемыми ИИ. Чей ИИ окажется искуснее по части тактики, быстроты и натиска, а также чем победитель займётся после при отсутствии контроля со стороны человека, пока

неясно, хотя Голливуд уже многократно это промоделировал. Правда, теперь далёко не факт, что победа будет за Голливудом.

В общем, цифровизация мировой экономики и стремительное развитие таких прикладных областей, как машинное обучение, основанное на Big Data, и другие проявления ИИ, предоставляют Китаю возможность совершить технологический рывок в развитии технологий ИИ и претендовать на мировое лидерство в этой стратегической области уже в недалёком будущем. Впрочем, как видим, отнюдь не только это. Впрочем, все большие победы должны хорошо готовиться.

Заглядывая за 2035 г., сегодня сложно сказать, как руководство КНР встретит наступление предсказанной футурологами так называемой Технологической Сингулярности, когда условный ИИ станет умнее человека. Зато можно утверждать, что несмотря на всю свою мощь и потрясающие способности, основанные на логических вычислениях, машины ещё не настолько умны, особенно в области познания и восприятия на человеческом уровне. В частности, машины пока не могут брать на себя ответственность. А когда смогут, захотят ли руководство китайской компартии передать им, к примеру, ответственность за будущее своей страны?

А если не своей?

По материалам [cnews.ru](http://cnews.ru), [vc.ru](http://vc.ru), [carnegieendowment.org](http://carnegieendowment.org), [3dnews.ru](http://3dnews.ru), [computerworld.ru](http://computerworld.ru), [habr.com](http://habr.com)

## ВОЗВРАЩАЯСЬ К НАПЕЧАТАННОМУ

# "Усилитель ЗЧ с полевыми транзисторами"

С. ЯКИМОВ, г. Москва

После сборки усилителя [1] по исходной схеме (см. [рисунок](#)) были увеличены ток покоя выходного каскада до 1,5 А и напряжение питания до 2×18 В для работы на акустические системы. У усилителя оказался очень приятный звук, но хотелось хотя бы немного улучшить его параметры, особенно уменьшить коэффициент гармоник.

Поскольку у меня уже есть опыт сборки УМЗЧ с выходными каскадами на полевых транзисторах, то самым очевидным была замена транзистора IRFZ24N (VT5) на более "музыкальный" IRL540N. Этот транзистор отличается относительно малой входной ёмкостью — 1800 пФ, хорошей крутизной —

14 А/В и малым пороговым напряжением затвор—исток — от 1 до 2 В.

На месте транзистора IRF9Z24N (VT4) был применён IRF9540N, как максимально близкий по параметрам к IRL540N. Эти замены позволили снизить уровень гармоник примерно до 0,1 %. Для дальнейшего его уменьшения были заменены два резистора. Сопротивление резистора R8 уменьшено до 10 кОм. При этом общее усиление снижается до 10. Этого вполне достаточно для работы с входным сигналом около 1 В. Резистор R9 (470 Ом) заменён резистором сопротивлением 1 кОм. Это увеличит усиление каскада на транзисторах VT1, VT2. С той же целью транзистор KT502E (VT2) заменён на

BC560C, имеющий коэффициент передачи тока около 500. Вместо BC560C можно установить KT3107И, по возможности отобрав экземпляр с максимальным коэффициентом передачи. На месте VT3 (KT3107Б) хорошо работают такие же транзисторы.

При увеличении напряжения питания больше чем 2×15 В необходимо заменить операционный усилитель. Хорошо подходит TL071. Он допускает работу при напряжении питания до 2×18 В. Можно использовать и другие операционные усилители, отвечающие предъявленным требованиям, — напряжение питания больше 2×18 В, полевые транзисторы на входе и желательно малое напряжение смещения.

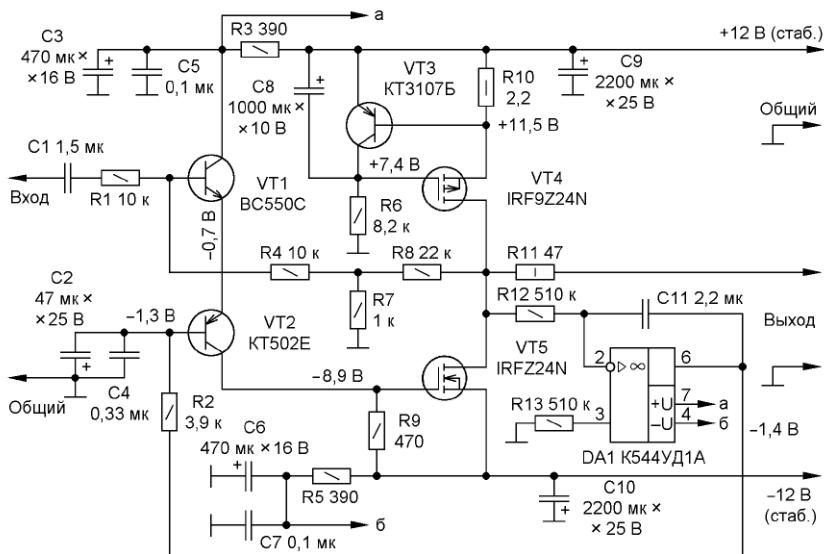
Обнаружилась ошибка на схеме. Коллектор транзистора VT1 должен быть подключён к правому (по схеме) выводу R3. Кроме того, резистор R11 при работе на акустические системы не нужен.

Для того чтобы убедиться в правильности выбора транзистора IRL540N (VT5), были проведены измерения коэффициента гармоник при установке разных транзисторов. Были проверены (в порядке улучшения параметров) IRLB8721, IRLZ44, IRLZ24, STP16NF06. Транзисторы были выбраны по значению входной ёмкости и, по возможности, с "логическим" пороговым напряже-

нием. Низкий уровень открывания транзистора необходим для того, чтобы максимально снизить уровень напряжения на затворе.

Тип "верхнего" транзистора VT4 большого влияния на параметры усилителя не оказывает. Необходимо только, чтобы он мог рассеивать необходимую мощность.

Проведённые доработки позволили снизить коэффициент гармоник до 0,05...0,07 % при выходной мощности 10 Вт на нагрузке 8 Ом и сохранении устойчивости усилителя. При выходной мощности 15 Вт искажения увеличиваются до 0,1 %.



Хотелось бы немного сказать о конструкции усилителя и используемых деталях.

Поскольку усилитель весьма прост, то для некоторых радиолюбителей он может стать первым усилителем в классе А. Поэтому считаю необходимым немного остановиться на конструкции усилителя.

Главное, на что нужно обратить внимание, это охлаждение. Каждый канал усилителя потребляет 54 Вт, поэтому площадь теплоотвода для выходных транзисторов каждого канала должна быть не менее 2000 см<sup>2</sup>, а лучше — больше. При этом транзисторы должны быть размещены не рядом друг с другом для более равномерного распределения тепла.

Неплохой результат дало использование теплоотводов охлаждения (кулеров) от процессоров. При установке транзисторов на такой теплоотвод и питании вентилятора напряжением 5...7 В удалось получить температуру около 50 °C. Но используя этот вариант, необходимо помнить о том, что вентилятор — это источник шума и пыли в усилителе.

Для того чтобы исключить фон в громкоговорителях, усилитель должен питаться от стабилизированного источника. Я использовал немного доработанный стабилизатор [2]. Транзисторы стабилизатора тоже рассеивают при-

личную мощность, и для них должен быть предусмотрен теплоотвод соответствующих размеров. Плату стабилизатора не нужно стараться делать очень маленькой. При необходимых токах площадь сечения подводящих проводов должна быть не менее 0,5...0,75 мм<sup>2</sup>. Запаять такие провода в маленькую плату достаточно сложно. Для упрощения монтажа я использую ножевые контакты.

Третий источник тепла — выпрямитель. Его диоды тоже нужно установить на теплоотвод. Для уменьшения выделяемого тепла необходимо использовать диоды Шоттки. При этом нужно

$R10 = U_{\text{зат3}}/I$ . Напряжение  $U_{\text{зат3}}$ , в зависимости от типа транзистора, равно 0,6...0,7 В. Подают на усилитель напряжение только плюсовой полярности и замеряют ток. По результатам измерений корректируют сопротивление резистора R10.

Больше никакого налаживания усилитель не требует.

Первый экземпляр был собран в корпусе от усилителя "Одиссей-010". Были использованы теплоотводы оконечного усилителя, стабилизатор и конденсаторы выпрямителя. С трансформатора была смотана часть вторичной обмотки для получения напряжения 18 В. Выпрямитель заменён на собранный на диодах Шоттки, я использовал диоды MBR2045СТ. Имеющиеся теплоотводы не нагревались выше 60 °C. Усилитель активно используется около года.

Дополнительные замечания про выходную мощность. Кому-то покажется, что 15 Вт, а тем более 10 Вт — это слишком мало. Мы провели небольшое исследование и выяснили, что для жилой комнаты и акустических систем с чувствительностью 88...90 дБ комфортный уровень громкости достигается при выходной мощности 3...4 Вт. Если принять пик-фактор музыкального сигнала равным трём, то 10 Вт вполне достаточно.

В втором экземпляре усилителя использованы конденсаторы K50-37 1992 года изготовления ёмкостью 33000 мкФ на номинальное напряжение 40 В. Но несмотря на почтенный возраст, параметры их остались отличными. Измерения показывают ёмкость больше 40000 мкФ. Единственное, им потребовалась формовка — выдержка конденсатора под напряжением, близким к максимально допустимому в течение нескольких часов. Без неё при первом включении наблюдается большой ток утечки. Этот экземпляр собран в корпусе от усилителя Inter-M R300 с использованием готового трансформатора мощностью 250 Вт от усилителя 10УП-100, имеющего четыре обмотки по 17,5 В. В дальнейшем планируются доработка корпуса с установкой в него лестничного регулятора громкости, индикатора уровня и превращение усилителя мощности в полный усилитель.

Задача акустических систем для этого усилителя не очень актуальна из-за небольшого напряжения питания, но в свои усилители я такую защиту установил. Устройство защиты выполнено на компараторе, имеет задержку подключения после включения, отключает акустические системы сразу после отключения или пропадания по какой-либо причине сетевого напряжения и индикацию состояния на двухцветном диоде. Задержку подключения индицирует жёлтый цвет, рабочий режим — зелёный, аварию — красный.

## ЛИТЕРАТУРА

1. **Зыков А.** Усилитель ЗЧ с полевыми транзисторами. — Радио, 2012, № 4, с. 10, 11.

2. **Кузьминов А.** Двухканальный сетевой источник питания с низким уровнем пульсаций и токовой защитой. — Радио, 2018, № 4, с. 21—25.

учитывать, что падение напряжения и соответственно выделяемое тепло на диодах с допустимым напряжением более 50 В может быть 0,5...0,7 В, а не 0,35...0,4 В, как для низковольтных. При токе через выпрямитель 3 А это лишняя мощность, рассеиваемая на диодах.

Трансформатор должен иметь две независимые обмотки с допустимым током 3,5...4 А. Можно использовать два готовых трансформатора на соответствующие напряжение и ток.

Конденсаторы фильтра должны иметь ёмкость 22000 мкФ или больше. Ток зарядки таких конденсаторов может быть очень значительным. Для уменьшения бросков тока неплохо применить устройство плавного пуска.

Ток покоя усилителя задан резистором R10. Его сопротивление при токе покоя 1,5 А — около 0,4 Ом. Найти резистор точно такого сопротивления довольно сложно, поэтому его удобно составлять из нескольких параллельно включённых резисторов сопротивлением 1...1,5 Ом и мощностью не менее 1 Вт. Установку тока покоя можно сделать следующим способом. Не устанавливая транзистор VT5, подключают к выходу усилителя резистор сопротивлением 5...8 Ом и мощностью не менее 25 Вт. На месте R10 надо установить резисторы сопротивлением немного больше требуемого. Его сопротивление рассчитывают по формуле

# Стереофонический УМЗЧ на лампах 6С3ЗС

Д. ПАНКРАТЬЕВ, г. Ташкент, Узбекистан

Лампа **6Ж9П** — при  $U_a = 160$  В,  $I_a = 6$  мА,  $R_k = 330$  Ом,  $U_c = -1,9$  В. КНИ = 0,26 % при  $U_{\text{вых}} = 10$  В (рис. 7); КНИ = 0,85 % при  $U_{\text{вых}} = 35$  В с появлением третьей и пятой гармоник (рис. 8); КНИ = 1,5 % при  $U_{\text{вых}} = 40$  В с ограничением (рис. 9);  $K_u = 45 \dots 50$ . У пентодов этой серии антидинатронная сетка имеет отдельный вывод и в триодном включении может быть подключена как к катоду, так и к аноду. Наилучший результат по совокупности параметров достигается при классическом подключении этой сетки к катоду.

Лампа **6Н23П** при  $U_a = 145$  В,  $I_a = 6$  мА,  $R_k = 510$  Ом,  $U_c = -3,25$  В имеет несколько повышенный КНИ, однако практически полностью определяемый второй гармоникой. КНИ = 0,32 % при  $U_{\text{вых}} = 10$  В (рис. 10). КНИ = 0,9 % при  $U_{\text{вых}} = 35$  В (рис. 11). Третья и пятая гармоники появляются в спектре при  $U_{\text{вых}} = 40$  В, КНИ = 1,3 % (рис. 12), и лампа всё ещё не переходит в режим ограничения;  $K_u = 40$ .

Про **6Н3П** следует сказать особо. Изначально это — двойной триод для усиления и генерации ВЧ. В модификациях 6Н3П-ЕВ, 6Н3П-ДР эта лампа имела военное применение. В массовом производстве использовалась в основном в УКВ-модулях радиоприёмников. Долгое время эта лампа не находила устойчивого применения в звукотехнике. На взгляд автора, причина этого, во-первых, в том, что справочные ВАХ 6Н3П [5], получившие наиболее широкое распространение, не вполне соответствуют реальным. Точные данные приведены на четверть века раньше в [6]. Хотя возможен разброс и по годам выпуска. Различия оказываются существенными при работе в УНЧ с размахом входного сигнала более 1 В. По ВАХ [6] видно, что оптимальный "звуковой" режим, с точки зрения минимального КНИ, может быть достигнут при сравнительно большом смещении и высоком анодном напряжении. Но в этом случае сильно уменьшается крутизна. Во-вторых, коэффициент усиления 6Н3П сильно зависит от напряжения на управляющей сетке, что, в общем, нехарактерно для триодов. Применение динамической нагрузки позволяет свести к минимуму проявления указанных недостатков.

Для лампы **6Н3П** был проведён отдельный цикл измерений. Наилучшие показатели достигнуты при  $U_a = 175$  В,  $I_a = 3$  мА,  $R_k = 1,3$  кОм,  $U_c = -4$  В,  $K_u = 35$ ; КНИ = 0,38 % при  $U_{\text{вых}} = 10$  В (рис. 13), КНИ = 1,13 % при  $U_{\text{вых}} = 35$  В (рис. 14). При этом же напряжении в спектре появляются третья и пятая гармоники. Таким образом, **6Н3П** в правильно

выбранном режиме оказывается сравнимы с 6Н23П, давно занявшей свою нишу в звукотехнике. Кроме того, 6Н3П имеет уникальное в своём классе сим-

метрическое расположение выводов, что оказывается очень удобным при монтаже. В качестве основной лампы драйвера в УМЗЧ выбрана именно эта. Отчасти это обусловлено тем, что с детских лет горячим желанием автора было увидеть и "услышать" её в звуковом тракте. Второй лампой выбран тетрод 6Э5П.

Коэффициент усиления распространённых пентодов 6П14П, 6П15П, 6П18П и EL84 в триодном включении обычно не превышает 20, поэтому для них измерения было решено не проводить. Лампа 6Ж52П, являясь, по сути, улучшенным аналогом пентодов из этой линейки,

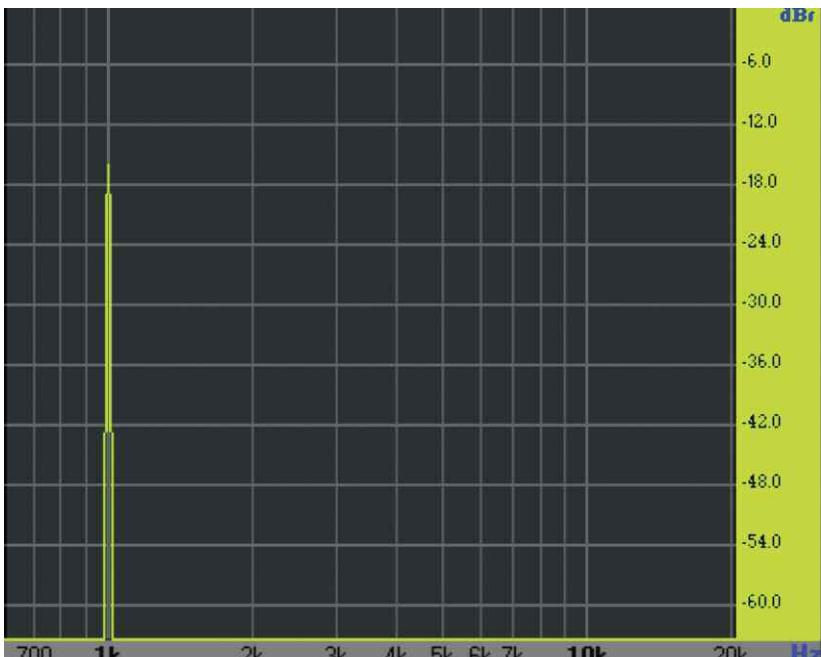


Рис. 7

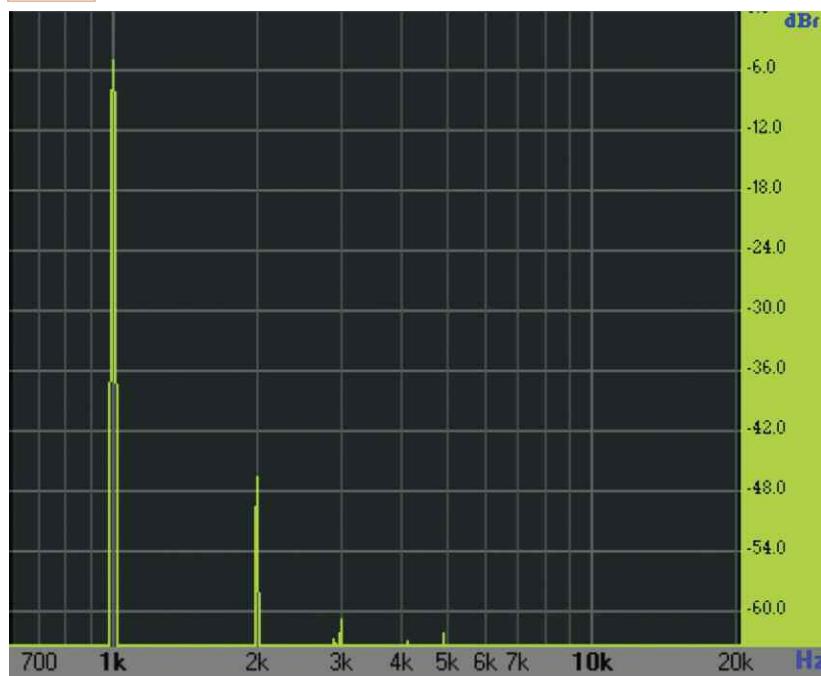


Рис. 8

Окончание.

Начало см. в "Радио", 2021, № 6

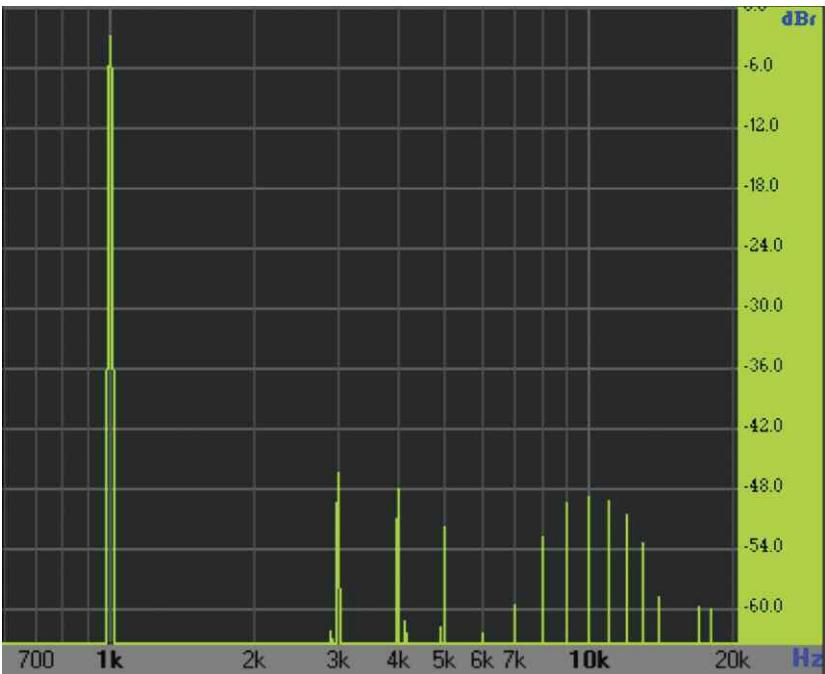


Рис. 9

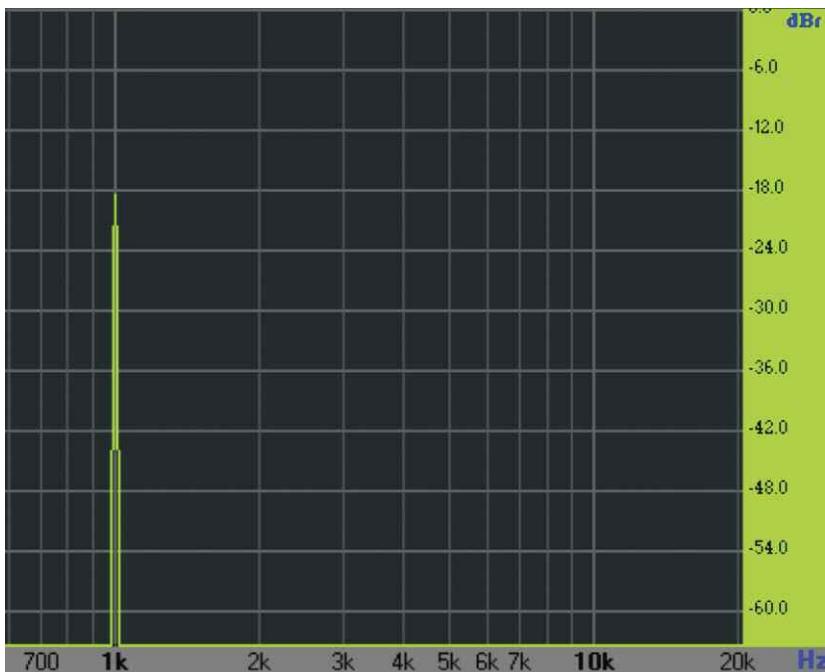


Рис. 10

при  $U_a = 150$  В,  $I_a = 7$  мА,  $R_k = 300$  Ом,  $U_c = -2$  В имеет коэффициент усиления 50...60 и КНИ менее 0,5 % при выходном напряжении 10 В, но уходит в ограничение при 35 В с КНИ = 3,5 %, поэтому в результирующем списке эта лампа отсутствует. Следует отметить, что, в целом, тетроды и пентоды в триодном включении весьма перспективны для использования в драйверных каскадах в силу высокой линейности ВАХ.

Рассмотрим принципиальную схему УМЗЧ (рис. 15). Поскольку оба канала выполнены по одинаковой схеме, она приводится только для левого канала с

общими для обоих каналов блоками и элементами. Как было отмечено ранее, драйвер выполнен на переключаемых лампах 6Н3П-ЕВ (VL1.1) или 6Э5П (VL2) и по схеме с автосмещением и динамической нагрузкой. Динамическая нагрузка реализована на транзисторе VT1 и сопутствующих элементах. При прочих равных условиях сравнительно большие значения сопротивления и ёмкости в цепи базы транзистора VT1 способствуют плавному возрастанию анодного напряжения (в течение нескольких секунд). Коммутация анодной цепи ламп драйвера осуществляется с помо-

щью переключателя SA2.1. Выключатель SA3 предназначен для изменения анодного напряжения при переключении ламп. Входной сигнал поступает одновременно на управляющие сетки обеих ламп через разделительные конденсаторы С2, С3 без дополнительных цепей коммутации. Регулировка громкости и тембра не предусмотрена, эти функции полностью возложены на источник сигнала. Резисторы R6 и R7 в цепях обеих сеток тетрода VL2 — «антивознавые», они предотвращают возможное мягкое возбуждение каскада на ВЧ. Сигнал с эмиттера транзистора VT1 через разделительный конденсатор С7 и резистор R12 поступает на сетку лампы окончного каскада VL3.

В катодную цепь выходной лампы VL3 включён генератор тока на транзисторе VT3, определяющий режим работы выходной лампы по постоянному току. Ток покоя каскада определяется сопротивлением резистором R16 в цепи эмиттера этого транзистора. При указанном на схеме номинале он составляет около 150 мА. Соответствующее току напряжение смещения на сетке триода устанавливается автоматически, его значение зависит от ВАХ конкретного экземпляра лампы и находится в пределах -75...-85 В. Генератор тока управляет напряжением, поступающим на базу транзистора VT3 с параметрического стабилизатора на стабилитроне VD14, общего для обоих каналов. Следует отметить, что при таком техническом решении обрыв в цепи нагрузки (коллектора) одного канала приведёт к падению напряжения на катоде VD14 до значения менее 1 В из-за прямого смещения перехода база-эмиттер и отсутствия тока коллектора и, соответственно, к закрыванию лампы другого канала с возрастанием её напряжения на сетке до -140...160 В.

По переменному току транзистор VT3 зашунтируирован конденсаторами С8 и С9, поэтому влияния на усиительные свойства лампы в диапазоне звуковых частот он не оказывает.

Выходной трансформатор T1 включён в анодную цепь лампы VL3. Коэффициент трансформации T1 — около 12, приведённое сопротивление анодной нагрузки — около 550 Ом. Нагрузкой УМЗЧ является АС с номинальным сопротивлением 4 Ом, которую подключают к разъёму XS2.

Питание анодных цепей усилителя осуществляется через общий для обоих каналов бестрансформаторный блок питания (БП). Он содержит мостовой двухполупериодный выпрямитель на диодах VD2—VD5 и П-образный фильтр питания на конденсаторах С11—С13 и трансформаторе T2, который выполняет функцию дросселя. Здесь использованы последовательно включённые вторичные обмотки трансформатора. Большая ёмкость конденсаторов фильтра и отсутствие трансформатора питания накладывают требование ограничения зарядного тока при включении в сеть. Для этого предназначен резистор R17. На элементах VT4, VD15, K1 и сопутствующих элементах собрано устройство контроля напряжения питания (УКН). В момент включения конденсато-

установить точное значение напряжения питания. Выходное напряжение регулируется с помощью резистивного делителя R14R15. Уменьшенное сопротивление R13 в цепи затвора способствует устранению характерных игольчатых выбросов в начале полупериодов. Резистор R11 обеспечивает поддержание режима в отсутствие нагрузки.

Напряжение накала всех ламп усилителя поступает с вторичных обмоток трансформатора T3. Оно равно 12,6 В для лампы VL3 (выв. 7—10 трансформатора T3) и 6,3 В для ламп VL1, VL2 (выв. 14—16 трансформатора T3). Вторая группа обмоток также используется для питания УКН и базовых цепей генераторов тока. Переменное напряжение 12,6 В с выв. 11—16 поступает на мостовые выпрямители на диодах VD6—VD9 и VD10—VD13. От первого получает питание параметрический стабилизатор VD14R18C15, а ко второму подключено УКН.

Уровень фона с применёнными схемотехническими решениями и типами ламп находится на уровне шумов, поэтому нет необходимости в принятии дополнительных мер по его уменьшению (например, не используется "подпорка" цепей накала постоянным напряжением). Самовосстанавливающиеся предохранители F1, F2 (PPTC) разрывают цепь питания при аварийном повышении потребляемого тока.

Рассмотрим несколько подробнее вопрос фильтрации пульсаций напряжения питания. Следует помнить, что при использовании трансформатора в качестве дросселя на первичной обмотке присутствует напряжение в десятки вольт в зависимости от схемы включения обмоток и величины пульсаций. Поэтому все выводы трансформатора необходимо изолировать. Недостатком можно считать также некоторое увеличение габаритов. Однако трансформаторы серии ТПП или ТН, например, имеют несколько вторичных обмоток с достаточной индуктивностью и большим током нагрузки, а также компенсационные вторичные обмотки (ТПП) или компенсационные отводы (ТН). Комбинируя способы их включения, можно добиться оптимального результата для конкретной схемы. Например, при конструировании этого УМЗЧ было проведено изучение особенностей и возможности практического применения компенсационной схемы включения фильтра питания [8]. На **рис. 16** показана схема такого фильтра. В теории ЭДС, наводимая основной обмоткой L1 в компенсационной обмотке L2, может быть сделана равной по величине и противоположной по фазе переменному напряжению на конденсаторе C1. При этом переменная составляющая на конденсаторе C2 будет отсутствовать. Так как комплексные сопротивления реактивных элементов фильтра зависят от частоты, компенсация возможна только при одном её значении. Для основной гармоники оптимальный коэффициент трансформации  $K_{tp} = 1/(w^2 L1 C1)$ .

На практике оказывают влияние ток намагничивания и ёмкость конденсатора C2. Практических рекомендаций по выбору его ёмкости нет, и часто его

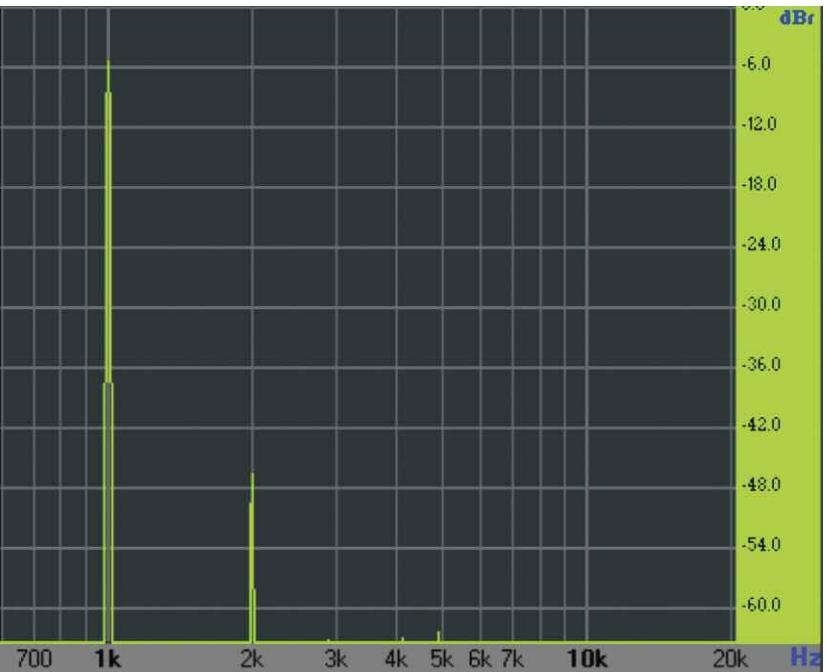


Рис. 11

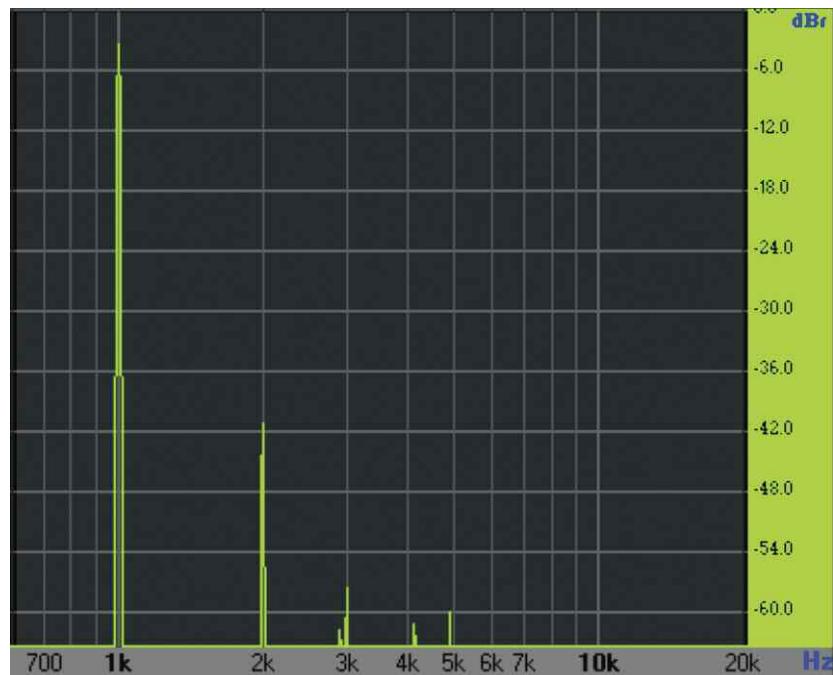


Рис. 12

ры C11—C13 начинают заряжаться через резистор R17. Транзистор VT4 закрыт, контакты K1.1 реле разомкнуты. По мере возрастания напряжения на конденсаторах C11—C13 напряжение в точке соединения резисторов R19, R20 и базы транзистор VT4 увеличивается, и при достижении порогового значения транзистора VT4 открывается, реле срабатывает и контактами K1.1 замыкает резистор R17. Пороговое напряжение определяется суммой напряжений стабилизации стабилитрона VD15 и прямого падения напряжения на эмиттерном переходе транзистора VT4, а

также соотношения сопротивлений резисторов R19 и R20. При указанных на схеме номиналах элементов оно равно около 160 В. Время зарядки конденсаторов C11—C13 до этого напряжения — 4...5 с. При этом обеспечивается плавное возрастание анодного напряжения выходных ламп.

Питание драйверов обоих каналов осуществляется через усовершенствованный "электронный дроссель" на транзисторе VT2. Особенности его реализации приведены в [7]. Его использование обеспечивает низкий уровень фона входных каскадов и позволяет

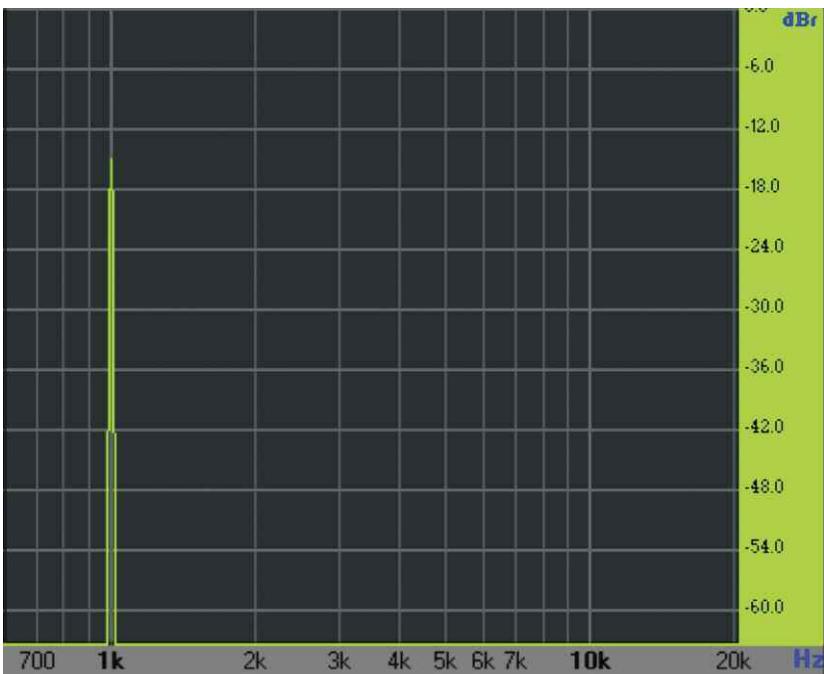


Рис. 13

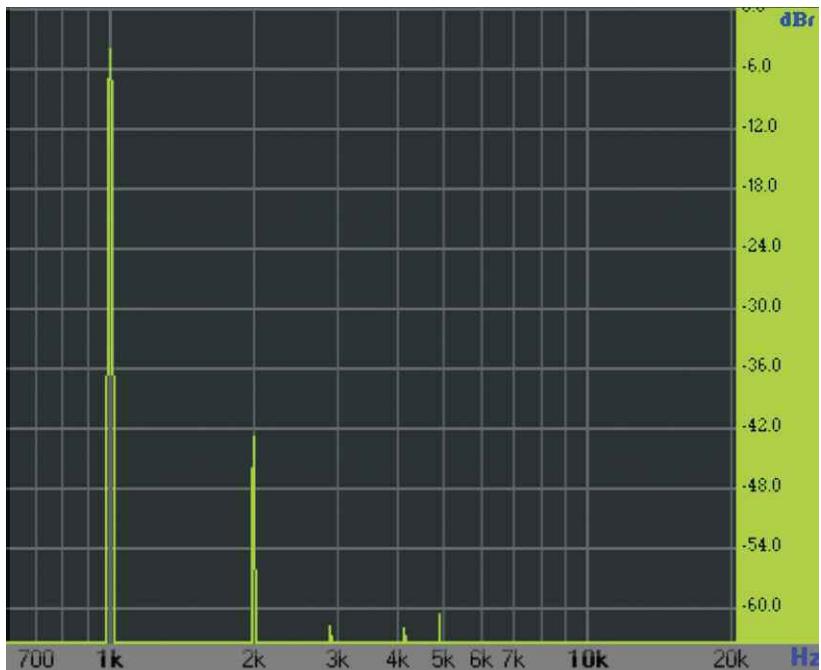


Рис. 14

вообще не устанавливают. Реальный выигрыш в подавлении фона может составлять от 3 дБ и более на основной частоте по сравнению с обычным включением дросселя с индуктивностью  $L_1$ . Поскольку измерения уровня фона ранее проводились преимущественно с помощью селективных вольтметров, трактовка результатов была однозначной. В реальности зачастую наблюдается рост уровня гармоник. После появления современных конденсаторов с большой удельной ёмкостью при номинальных напряжениях более 300 В компенсационные схемы уступили место

предсказуемым классическим. Тем не менее промышленностью выпускалась обширная номенклатура дросселей с компенсационными обмотками. Типовое значение коэффициента трансформации — для дросселей Д1-Д69 — 1/10 или 1/20 (для точной подстройки имеются дополнительные отводы). Комбинируя обмотки трансформаторов, можно получить сходные параметры. В качестве примера приведены спектрограммы напряжений для трансформатора ТН-46 при пульсирующем входном напряжении с частотой 100 Гц, амплитудой 300 В и током намагничива

ния 0,3 А при ёмкости конденсатора  $C_1 = 1000 \text{ мкФ}$  и  $C_2 = 0$  в следующих вариантах включения:

а) с компенсационной обмоткой и  $K_{tr} = 1/15$ . Вход фильтра — вывод 7, соединены выводы 8 и 9, 10 и 11, 13 и 16, выход — вывод 15. Конденсатор  $C_1$  подключен к выводам 13 и 16. Уровень основной гармоники -43 дБ (рис. 17);

б) с компенсационной обмоткой и  $K_{tr} = 1/10$ . Вход фильтра — вывод 7, соединены выводы 8 и 9, 10 и 13, выход — вывод 12. Конденсатор  $C_1$  подключен к выводам 10 и 13. Уровень основной гармоники -41 дБ (рис. 18);

в) с последовательным полным включением всех вторичных обмоток. Вход фильтра — вывод 7, соединены выводы 8 и 9, 10 и 11, 13 и 14, выход — вывод 16. Конденсатор  $C_1$  подключен к выводу 16. Уровень основной гармоники -42 дБ (рис. 19);

г) с последовательным полным включением трёх вторичных обмоток. Вход фильтра — вывод 7, соединены выводы 8 и 9, 10 и 11, выход — вывод 13. Конденсатор  $C_1$  подключен к выводу 13. Уровень основной гармоники -39 дБ (рис. 20).

Видно, что схема с компенсационной обмоткой даёт небольшое преимущество по уровню основной гармоники, но при этом в спектре присутствуют гармоники вплоть до пятой. Вряд ли можно рекомендовать схему с такими непредсказуемыми результатами для практического применения, разве только для намеренного изменения спектрального состава фона (рис. 21).

Различные варианты включения компенсационных обмоток трансформатора ТПП-282 не дали очевидных преимуществ по сравнению с классическим вариантом П-образного фильтра с последовательным включением основных вторичных обмоток. Показанное на рис. 15 включение обмоток обеспечивает уровень фона не более -63 дБ (на уровне шумов). При этом падение напряжения питания на обмотках трансформатора ТПП-282 — не более 2 В. Применение ТН-46 в аналогичном включении даёт на 10—12 дБ худший результат. В отсутствие дросселя уровень фона — не более -48 дБ. (Уровень -24 дБ на иллюстрациях соответствует уровню сигнала 0 дБ).

На рис. 22 и рис. 23 приведены соответственно спектрограмма выходного сигнала частотой 1 кГц и АЧХ УМЗЧ при номинальной мощности. Видно, что уровень гармоник монотонно падает с ростом их порядка. КНИ определяется в основном уровнем второй гармоники. Вклад в КНИ третьей гармоники не превышает 0,4 %.

**Конструкция.** Основой УМЗЧ служит штампованное шасси из стали толщиной 1 мм размерами 195×150×45 мм от стабилизатора военного назначения производства СССР. Тип его, к сожалению, неизвестен. На рис. 24 показан внешний вид на шасси сверху. На нём имеются три штатные панели для девятивтырьковых ламп и две — для ламп 6С3ЗС. Так же предусмотрены крепления для монтажных стоеч для установки конденсаторов МБМ и резисторов ПЭВ. Основная часть компонентов размеще

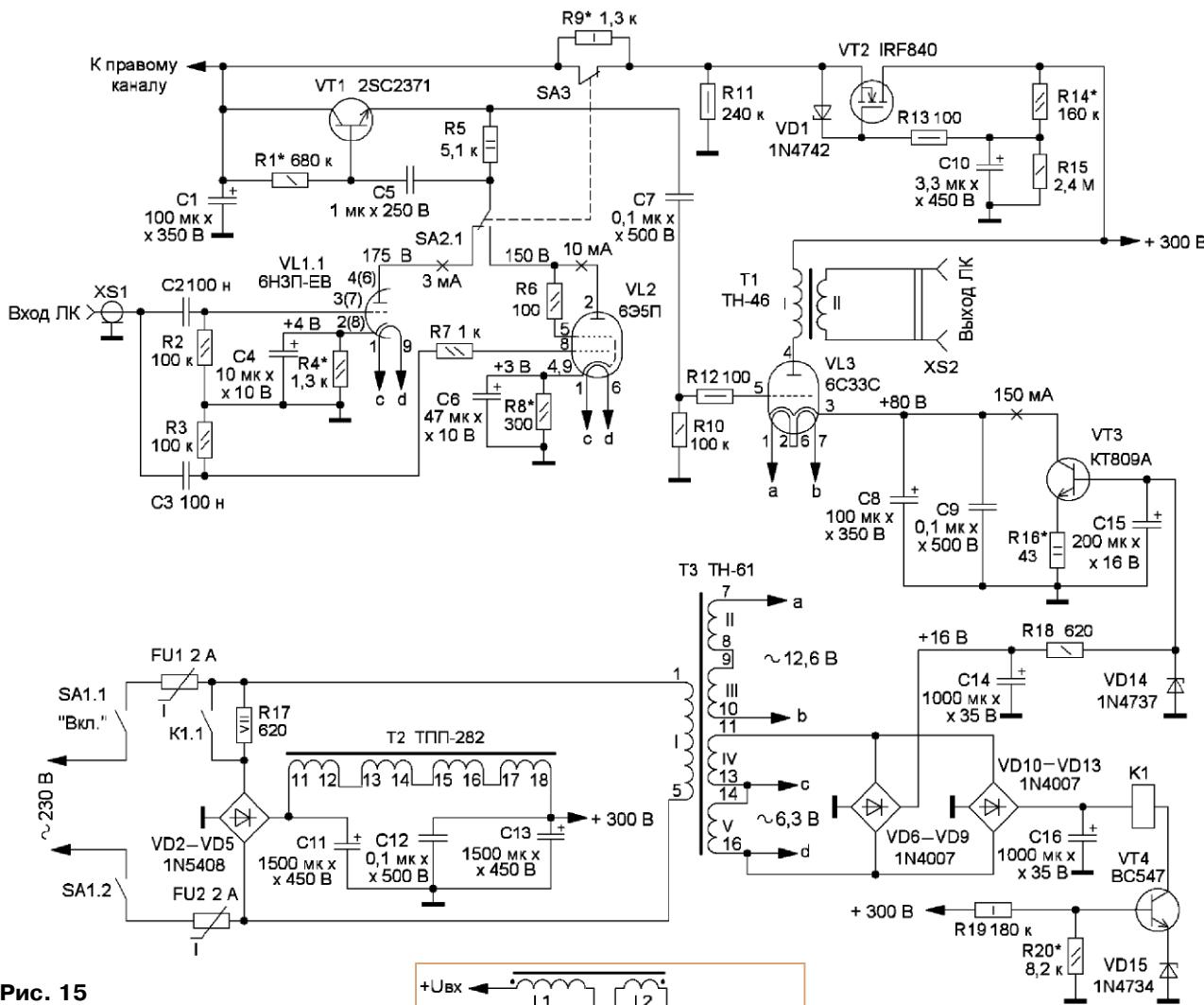


Рис. 15

на на шасси навесным монтажом. На рис. 25 показан вид на монтаж с указанием основных элементов. Транзистор VT2 в пластиковом корпусе TO-220F(P) закреплён на боковой стороне шасси с целью удобства монтажа и эффективного отведения тепла, хотя мощность, рассеиваемая на этом транзисторе, невелика. Транзисторы VT1 обоих каналов расположены на общем П-образном теплоотводе размерами 25(д)×20(в)×15(ш) мм с площадью поверхности около 15 см<sup>2</sup>. Теплоотвод закреплён с помощью резьбового соединения М3 и электрически изолирован от шасси.

УКН в составе VT4, VD10—VD13, C16, VD15, R19, R20, K1 и источник напряжения смещения (ИНС) для генераторов тока (VD6—VD9, VD14, R18, C14, C15) собраны на отдельных монтажных пластинах с размерами 40×30 мм и 35×30 мм из перфорированного текстолита с шагом отверстий 2,54 мм. Ввиду простоты схем печатные платы не разрабатывались, все соединения выполнены посредством выводов радиодеталей или проводом МГТФ-0,12.

Вдоль длинных сторон шасси снизу смонтированы две изолирующие панели из ДВП толщиной 5 мм (или гетинакса толщиной 1,5 мм) размерами 193×35 мм,

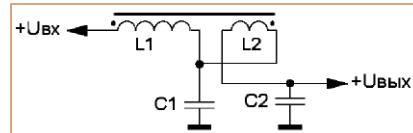


Рис. 16

которые служат для крепления теплоотводов мощных транзисторов. Размеры теплоотводов — 100×60×17 мм, толщина основания — 5 мм, число ребер — 7 (толщиной 1 мм), общая площадь охлаждения каждого теплоотвода — около 300 см<sup>2</sup>. Температура транзистора VT3 при продолжительной работе — 60...70 °C. Все транзисторы установлены на теплоотводы без изолирующих прокладок, с нанесением термопасты.

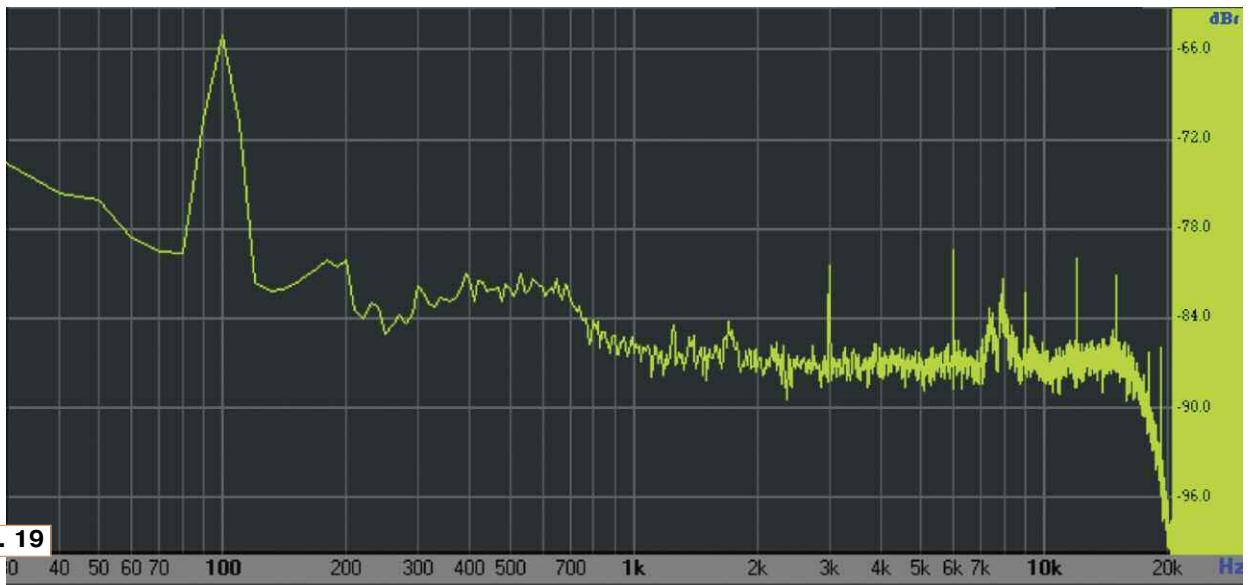
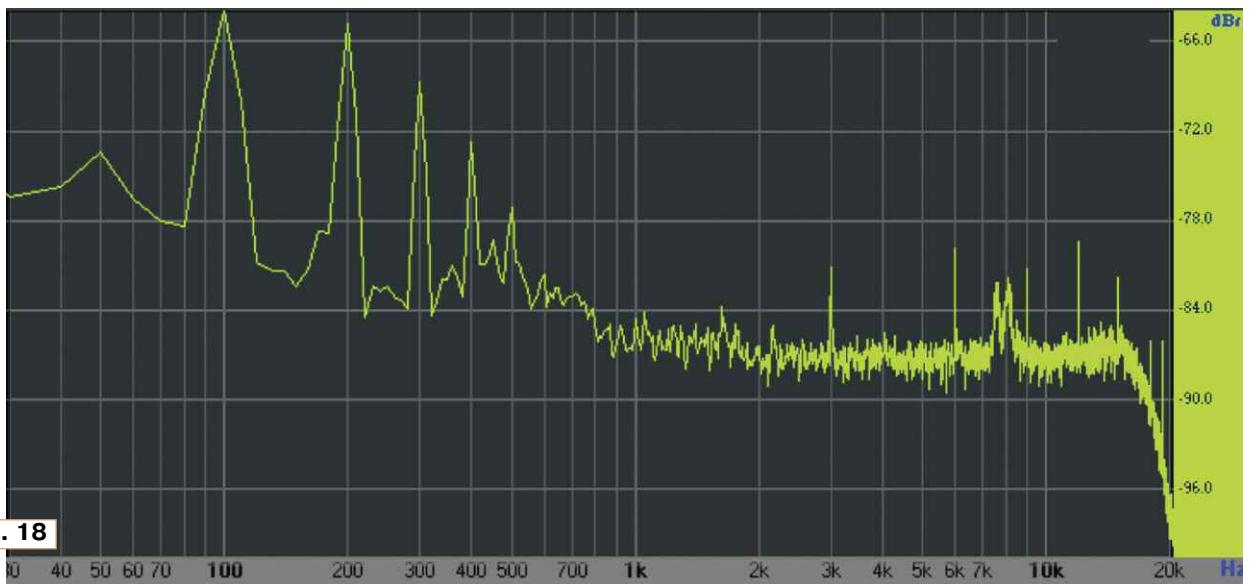
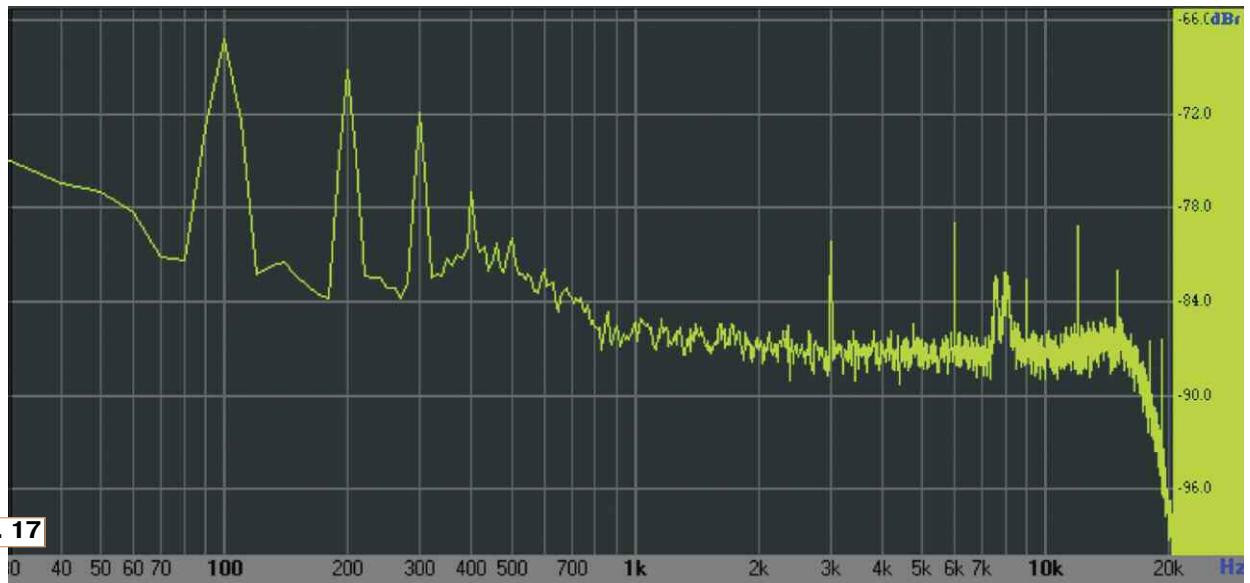
На фронтальной и тыльной сторонах шасси с помощью резьбовых соединений закреплены декоративно-защитные панели из гетинакса толщиной 1 мм размерами 148×110 мм. Фронтальная панель служит для монтажа плат УКН и ИНС, тыльная — для выключателя питания и разъёмов подключения АС. Входные разъёмы расположены на верхней панели.

Конденсаторы C5 обоих каналов закреплены на шасси с верхней стороны с помощью стальных хомутов. Резистор R17 — изнутри с помощью винта M4×50. Переключатели SA2, SA3 установлены

на верхней панели шасси и служат основанием для монтажа резисторов R5 и R9. Их актуаторы ("рычажки") изолированы отрезками термоусаживаемой трубы диаметром 2 и длиной 9...10 мм. Рекомендуется механически связать их между собой пластмассовой или изолированной металлической планкой для синхронного переключения.

Шасси в сборе размещено на пластине из гетинакса толщиной 8 мм и размерами 300×300 мм. Теплоотводы мощных транзисторов выполняют роль опор и закреплены на основании с помощью винтовых соединений М3×20. Под шасси находятся конденсаторы фильтра питания. Трансформаторы T1—T3 также закреплены на пластине с помощью резьбовых соединений М5×16. Трансформаторы серии ТН располагаются с тыльной стороны вывивами первичных обмоток наружу, серия ТПП — наружу вывивами первичных обмоток. У трансформаторов серии ТПП должны отсутствовать соединения между вывивами первичных обмоток, и все вывивы должны быть изолированы. Внешний вид готового усилителя и взаимное размещение его частей и компонентов показаны на рис. 26.

Все слаботочные высоковольтные соединения выполнены проводом



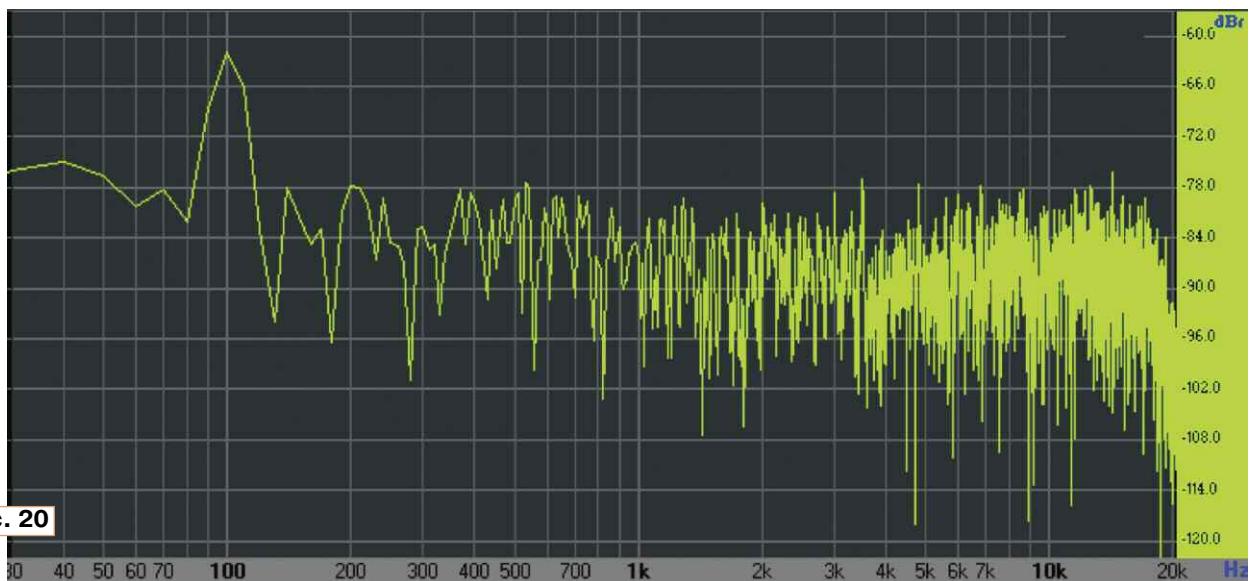


Рис. 20

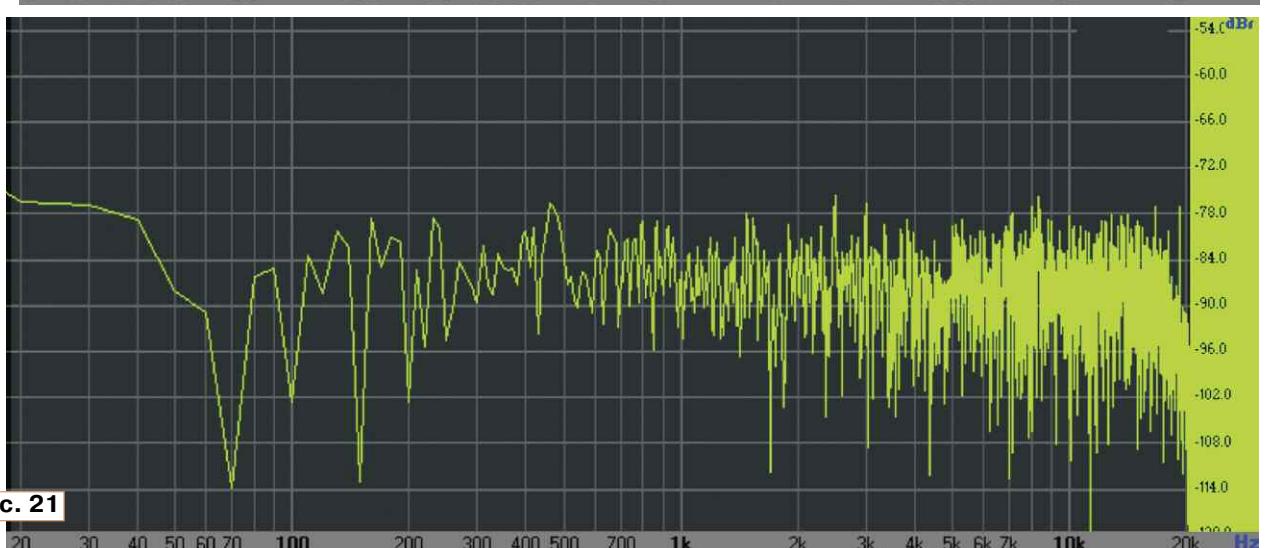


Рис. 21

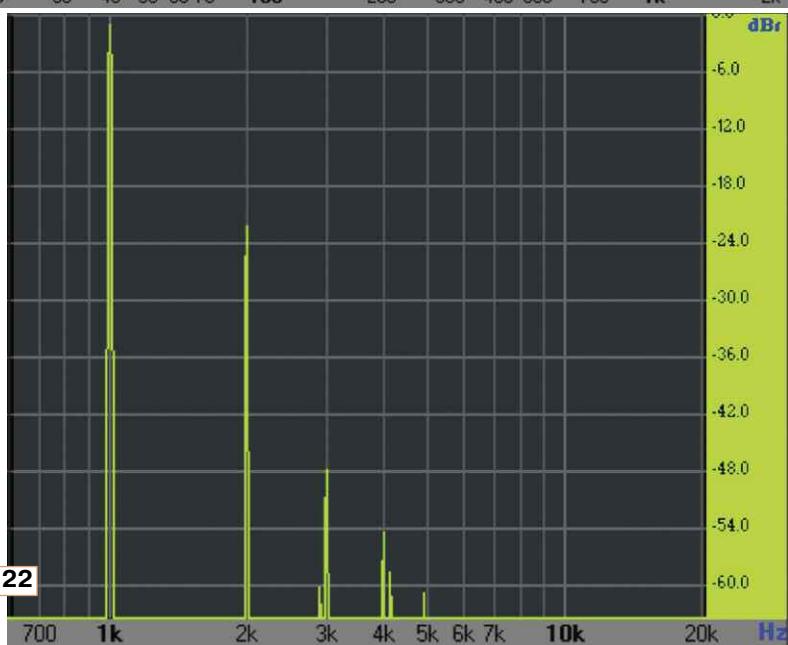


Рис. 22

МГТФ-0,2 или МГТФ-0,35. В цепи накала мощных ламп использован витой провод ПВ-3 (ПуГВ) сечением  $1 \times 2,5 \text{ мм}^2$ , для остальных ламп и ввода питания от сети — провод сечением  $0,75 \text{ мм}^2$ . Разъёмы АС подключены к трансформатору Т1 кабелем ПВС  $2 \times 1,5 \text{ мм}^2$ . Все места подключений и паков цепей с напряжением  $+75 \text{ В}$  и более, находящиеся в доступных местах, должны быть изолированы.

Внешние и визуально открытые элементы конструкции перед монтажом дважды окрашиваются аэрозольной нитроэмалью в желаемый цвет (в авторском исполнении — чёрный цвет № 39). Перед покраской следует принять меры по предотвращению попадания краски на панели радиоламп и выводы трансформаторов. Покрытие краской теплоотводов и корпусов мощных транзисторов выполняет также функцию их электрической изоляции. Следует помнить, что на них может присутствовать постоянное напряжение до  $+85 \text{ В}$  и в условиях повышенной влажности может стать причиной поражения электрическим током.

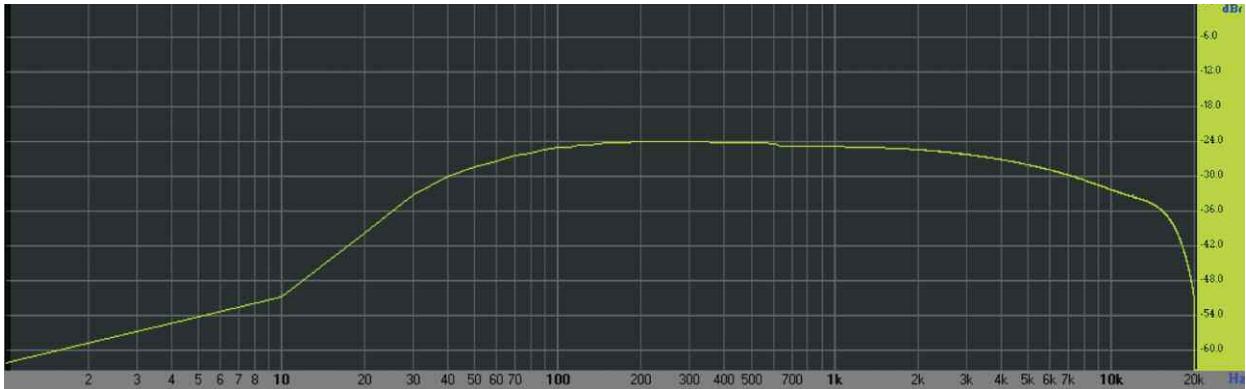


Рис. 23

Налаживание проводят в следующей последовательности (для одного канала и БП). Сначала при извлечённых лампах и отключённых базах транзистора VT3 обоих каналов с помощью вольтметра проверяют наличие всех напряжений питания БП на конденсаторах C11—C16. Также проверяют работоспособность УКН. Напряжение на конденсаторе C13 должно плавно увеличиваться до 160...170 В в течение 4...5 с, затем при срабатывании реле K1 напряжение скачком увеличивается до 290...310 В. При необходимости значение порогового напряжения корректируют подборкой резистора R20. Затем измеряют напряжение на истоке транзистора VT2. Оно должно примерно соответствовать значению, указанному на схеме. С точностью до  $\pm 20\%$  напряжение питания первого каскада устанавливают подборкой резистора R14. Более точно его настраивают уже при включённых драйверных лампах.

Восстановив подключение баз транзистора VT3 и установив лампу 6С33С, убеждаются в наличии накала и контролируют напряжение на её катодах (коллекторе транзистора VT3). Оно плавно возрастает по мере выхода лампы в рабочий режим и после первичного разогрева (примерно через 1 мин) должно быть +75...80 В. Это свидетельствует о работоспособности каскада. Собственно, к налаживанию следует приступить через 20...30 мин. Из-за большой тепловой инерционности лампы 6С33С и транзисторов генераторов тока с теплоотводами необходим сравнительно продолжительный прогрев для выхода в установленный режим. В этом режиме напряжение смещения на катоде лампы VL3 должно быть +80...85 В. Падение напряжения на резисторе R16 должно быть около 7 В, что соответствует току катода 150 мА. При значительных отличиях измеренных напряжений от указанных следует подобрать сопротивления резисторов R16.

Далее мощные триоды для удобства дальнейшей работы можно извлечь и установить миниатюрные лампы. При необходимости корректируют напряжение на истоке транзистора VT2. Налаживание драйверного каскада начинают с лампы, требующей подачи полного напряжения питания (в замкнутом положении переключателя SA3). В нашем случае это 6Н3П-ЕВ. Подборкой резисторов R4 устанавливают требуемое напряжение смещения. Затем, изменяя сопротивление R1 в цепи базы транзистора VT1 динамической нагрузки, добиваются нужного напряжения на аноде. Переведя SA2, SA3 в другое положение, подборкой резистора R8 устанавливают напряжение на катоде лампы VL2, а подборкой резистора R9 — анодное напряжение.

При использовании других типов ламп в рекомендованных выше режимах при токах менее 3 мА рекомендуется увеличить также сопротивления резисторов R5 и R1 (например, для 6Н9С — до 20...47 кОм и 1,3 МОм соответственно). При необходимости



Рис. 24

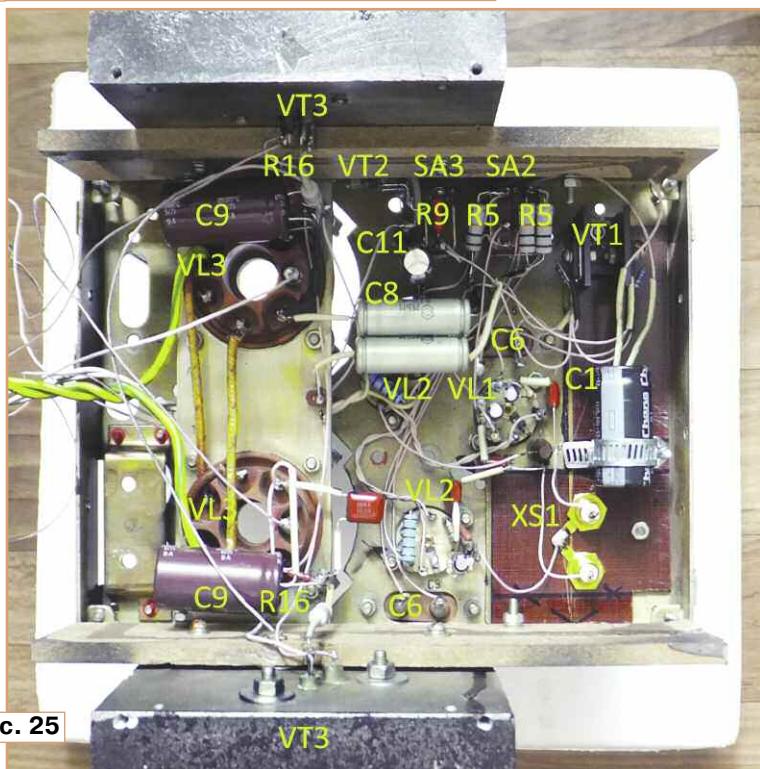


Рис. 25

мости сопротивление R5 корректируют и повторяют цикл налаживания.

**Детали.** Транзистор 2SC2371 можно заменить отечественным аналогом — транзистором КТ940А с уменьшением сопротивления резистора R1 примерно вдвое. Транзистор VT2 — IRF830, IRF840 в корпусе TO-220F(P), транзистор VT3 — 2N3739, VT4 — BC547 или КТ3102 с любым буквенным индексом. Стабилитрон VD1 может быть 1N4739—1N4744 с напряжением стабилизации 9,1....15 В,

напряжением не менее 600...1000 В, диоды VD6—VD13 — любые из серии 1N400x.

Конденсаторы С2, С3 — серии МБМ на номинальное напряжение 160 В, конденсатор С5 — МБГО-1, МБГО-2 или МБМ на напряжение не менее 160 В, С7, С9, С12 — МБМ на напряжение 500 В, С1, С4, С6, С8, С14—С16 — К50-35, К50-68 или аналогичные импортные, конденсатор С11 — Elco 3,3—4,7 мкФ на напряжение 450 В. Конденсаторы

Все резисторы, за исключением R17 — МЛТ или С2-33Н соответствующей мощности. Резистор R17 — ПЭВ-7,5 сопротивлением 620...680 Ом. В момент включения на нём рассеивается примерно в десять раз большая импульсная мощность, но вреда резисторам ПЭВ это не наносит. Сопротивление резистора R11 может быть в пределах 200...300 кОм.

Предохранители FU1, FU2 — 250RF-2000 или аналогичные на предельное напряжение 250 В и ток срабатывания 1,8...2,2 А. Выключатель SA1 — П2Т-1, Т3 или аналогичный с напряжением/током коммутации не менее 250 В/3 А, SA2 — МТ3 (сдвоенный), SA3 — МТ1. Можно использовать кнопочные переключатели П2К.

Разъёмы XS1, XS2 — гнездовые RCA ("тюльпан") позолоченные. Реле — JZC-32F 012-200 или аналогичное с номинальным напряжением 9...12 В, сопротивлением обмотки 400...700 Ом и допустимым коммутируемым током не менее 3 А.

Возможные для применения в УМЗЧ типы ламп подробно описаны выше. При переборе ламп по приведённому списку наблюдается несущественное ухудшение детализации звучания на ВЧ с одновременным возрастанием жёсткости (это устоявшиеся термины для оценки субъективного восприятия). Лампы VL1 и VL2 целесообразно устанавливать разных типов или с заметными различиями в параметрах. Чем больше отличаются их параметры, тем больше отличий в звучании.

Источником сигнала в авторском варианте служит устройство Bluetooth KN321 с автономным питанием от встроенного аккумулятора [9]. Применение этого приёмника позволяет наиболее просто и эффективно решить вопрос гальванической развязки УМЗЧ с бестрансформаторным питанием.

Автономное питание модуля Bluetooth-модуля решает вопрос устранения помех, характерных для этого типа источника сигнала. Можно использовать практически любой Bluetooth-модуль с выходным напряжением ~1 В. Питание модуля рекомендуется организовать по принципу, изложенному в [10], с применением дроссельного фильтра.

Другим возможным вариантом гальванической развязки являются классические разделительные трансформаторы. Они более доступны, чем трансформаторы питания или ТВЗ и гораздо более просты в изготовлении. Такой трансформатор может быть выполнен на основе кольцевого магнитопровода из феррита М2000НМ типоразмера K28x16x6. Обмотки должны содержать по 345 витков провода ПЭВ-1 0,25, намотанных виток к витку и равномерно распределённых по кольцу. Между обмотками размещают изолирующий слой лакоткани. Индуктивность каждой обмотки такого трансформатора составит около 160 мГн. Вторичную обмотку трансформатора нагружают сопротивлением 32 Ом и подключают ко входу усилителя. К первичной подключают источник сигнала, который в этом случае должен обеспечивать номинальное напряжение сигнала при сопротивлении нагрузки



Рис. 26

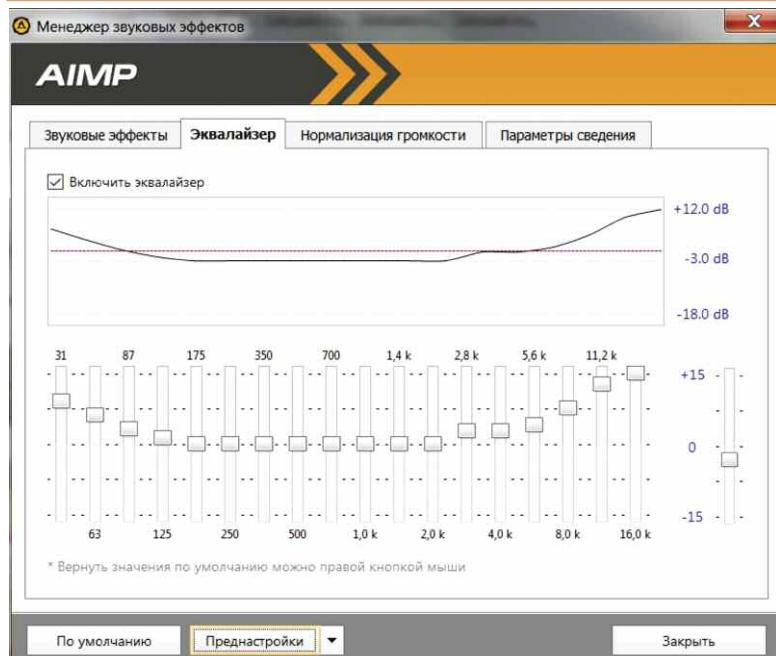


Рис. 27

стабилитрон VD14 — 1N4738 или KC175A, KC182A, стабилитрон VD15 — 1N4733, 1N4734 или KC151A, KC156A.

Диоды VD2—VD5 могут быть 1N5404—1N5408 или аналогичные с допустимым прямым током 3 А и обратным

С11, С13 — Hitachi RMHCG FA, HCG FA 1500 мкФ на напряжение 450 В. Вместо конденсаторов МБМ, МБГО можно использовать конденсаторы К73-17 на напряжение 400...630 В (С2, С3 — на напряжение 160 В).

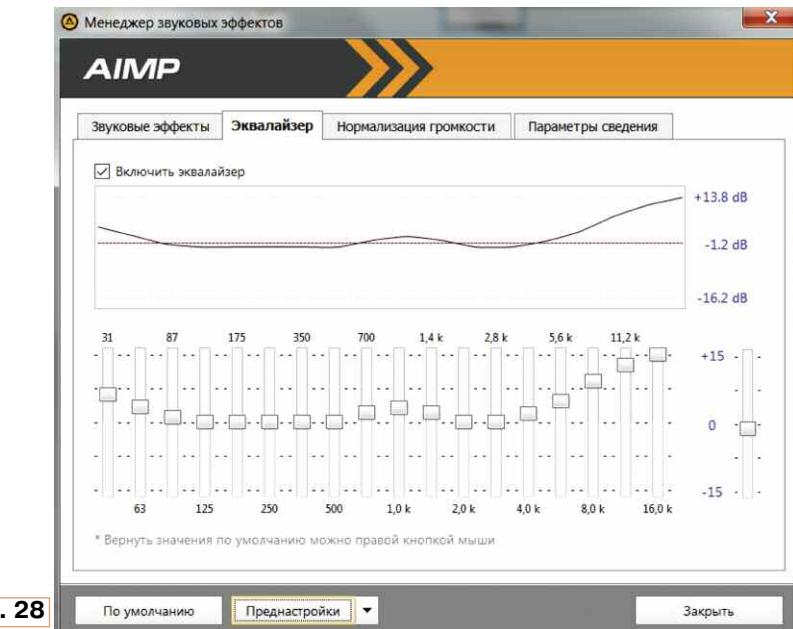


Рис. 28

32 Ом. Стандартный аудиовыход TRS 3,5 мм ("jack") для подключения гарнитуры рассчитан на нагрузку 16...32 Ом.

При использовании трансформатора рекомендуется исключить элементы C2, C3, R2 и R3, подключив вторичную обмотку непосредственно между общим проводом и точкой соединения сетки VL1.1 и левого по схеме вывода R7. Это увеличит линейность звукового тракта в области НЧ. Трансформаторы размещают в непосредственной близости от входных разъёмов XS1 с внутренней стороны шасси.

Можно применить другие типоразмеры ферритовых колцевых магнитопроводов, пересчитав число витков для получения требуемой индуктивности. При этом типоразмер и диаметр провода должны быть не менее указанных выше во избежание роста нелинейных и частотных искажений на НЧ при больших уровнях сигнала. Возможно также использовать готовые согласующие трансформаторы для БРЭА с коэффициентом трансформации  $K_{tp} = 0,5...1,4$ , индуктивностью первичной обмотки L1 не менее 0,15 Гн, рассчитанных на сопротивление нагрузки  $R_o = 32...3000$  Ом и активным сопротивлением обмоток в 5...10 раз меньше  $R_o$ . Значение  $R_o$  рекомендуется уменьшать примерно втрое относительно справочного для улучшения передаточной характеристики на частотах ниже 100 Гц. При этом не должна быть превышена величина номинальной мощности, и входное сопротивление ( $R_o$ , приведённое к первичной обмотке) должно быть не менее 16 Ом. Например, трансформаторы T2-9 (L1 = 0,22 Гн,  $R_o = 43$  Ом,  $K_{tp} = 0,75$ ), T2-14 (L1 = 0,45 Гн,  $R_o = 82$  Ом,  $K_{tp} = 0,53$ ), T2-15 (L1 = 0,45 Гн,  $R_o = 82$  Ом,  $K_{tp} = 0,75$ ). Для трансформаторов этого типа обмотка I — выводы 1 и 5 (при соединении выводов 3 и 4, обмотка II — выводы 6 и 10 при соединении выводов 8 и 9. Имеющиеся отводы 2 и 7 можно использовать для "подгонки" параметров.

Совместно с этим УМЗЧ используются АС [11]. В целом УМЗЧ формирует достоверную и устойчивую звуковую сцену. В частности, при воспроизведении часто рекомендуемой для испытаний композиции "Harmageddon" группы Arosaliptica наблюдается чёткая локализация кажущихся источников звука. УМЗЧ продемонстрировал хорошее звучание в широком спектре музыкальных жанров, от софт- и блюз-рока (например, "Private Investigations" — Dire Straits), через хард-рок ("Child in Time" — Deep Purple) и хеви-металл (многочисленные композиции Black Sabbath, Iron Maiden, Megadeath, Metallica и др.) до дэт-металла (Cannibal Corpse, Death) и даже грайнд-кора (Napalm Death).

Наиболее подходящие, с точки зрения автора, параметры эквалайзера для большинства композиций в жанрах хард-рок и дэт-металл приведены на **рис. 27** и **рис. 28**. Небольшой ранний подъём на частоте 2,8 кГц в первом случае даёт эффект "присутствия" для вокальных партий и подчёркивает "фирменное" звучание электрогитар в инструментальных.

Для дальнейшего улучшения объективных параметров УМЗЧ в смысле расширения полосы частот, снижения КНИ и уменьшения выходного сопротивления можно рекомендовать введение общей ООС по переменному напряжению глубиной 12...15 дБ с помощью резисторов, установленных между верхним по схеме (см. **рис. 15**) выводом трансформатора T1 и катодами ламп VL1.1, VL2. Конденсаторы C4, C6 при этом исключают. Дополнительный каскад усиления, который понадобится в этом случае для компенсации снижения коэффициента усиления, можно реализовать на триодах 6Н1П, 6Н2П, нувисторах 6С51С или аналогичных, ОУ или полевых транзисторах. Это позволит уменьшить КНИ до 1,5...2 % и расширить полосу воспроизводимых частот по уровню -6 дБ до 18...18000 Гц. Согласно рекомендациям [12], глубину ООС в УМЗЧ с высокоомным выходом, к

которым, в целом, относятся ламповые УМЗЧ, не рекомендуется увеличивать более 20...30 дБ. Кроме того, излишнее увеличение глубины ООС может привести к самовозбуждению усилителя.

При доработке конструкции также возможна установка на задней панели вентилятора охлаждения с направлением потока наружу. Для любителей экстремальных режимов можно рекомендовать использовать предложенное схемное решение для жёсткой стабилизации тока покоя лампы 6С33С и предотвращения её лавинного разогрева.

Некоторые несомненно обратили внимание, что в данной конструкции расположение оксидных конденсаторов обеспечивает их прогрев, что в последнее время считается правилом хорошего тона (в буквальном смысле). Однако очевидно, что тепло человеческих рук способствует наиболее оптимальному режиму работы конденсаторов и накоплению в них положительной жизненной энергии, благодаря чему звучание приобретает настоящую душевную теплоту. Поэтому рекомендуется сделать конденсаторы фильтра питания съёмными и в процессе прослушивания согревать их в ладонях, сблюдая при этом правила эксплуатации электроустановок напряжением до 1000 В.

Читатель, конечно, понял, что предыдущий абзац является шуткой. Но требование выполнения правил электробезопасности при налаживании и эксплуатации отнюдь не шуточное, поскольку элементы усилителя имеют гальваническую связь с сетью переменного тока 230 В.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Однотактный усилитель на 6С33С. — URL: <https://умзч.рф/?p=690> (13.04.21).
2. Звуковой усилитель для меломанов и аудиофилов от Ульянова. — URL: <http://nauchube.net/2012/08/zvukovoj-usilitel-dlya-melomovan-i-audiofilov-ot-ulyanova-ili-kak-sdelat-tranzistornyj-usilitel-zvuchnee-lampovogo/> (13.04.21).
3. Ламповый усилитель. Редкий пример хорошего однотакта. — URL: <http://www.paseka24.ru/node/505> (13.04.21).
4. Visual Analyser Project. — URL: <http://www.sillanumsoft.org/> (13.04.21).
5. Кацельсон Б. В., Ларионов А. С. Отечественные приёмно-усилительные лампы и их зарубежные аналоги (Справочник). — М.: Энергоиздат, 1981, с. 142.
6. Артемьев А. Двойной триод 6Н3П. — Радио, 1955, № 5, с. 47—49. — URL: <http://archive.radio.ru/web/1955/05/052> (13.04.21).
7. Электронный дроссель для лампового усилителя. — URL: <http://r-lab.narod.ru/drossel01.htm> (13.04.21).
8. Терентьев Б. П., Китаев В. Е. и др. Энергетика предприятий связи. — М: Связь, 1965, 615 с.
9. Беспроводной адаптер KN321. — URL: <https://aliexpress.ru/i/4000297170873.html> (13.04.21).
10. Панкратьев Д. Беспроводные ТДС-4 со встроенным ламповым УЗЧ. — Радио, 2019, № 8, с. 36.
11. Панкратьев Д. Модернизация АС 25АС-109. — Радио, 2019, № 9, с. 9.
12. Сырицо А. Особенности УМЗЧ с высоким выходным сопротивлением. — Радио, 2002, № 2, с. 16—17.

# Пинцет-приставка к измерительному прибору

Д. ЗАХАРОВ, г. Оренбург

Статья написана как инструкция для самостоятельного изготовления одной из разновидностей измерительных щупов — пинцета для измерения номиналов поверхностно монтируемых радиоэлементов. Применены материалы и инструменты, которые есть у каждого радиолюбителя. Если не брать в расчёт краску, то финансовые затраты на создание этого востребованного в радиолаборатории инструмента крайне малы.

В обиход радиолюбителей давно иочно вошли компоненты для поверхностного монтажа (SMD-компоненты). Если в начале истории их использования габаритные размеры позволяли наносить на них маркировку, то, по мере прогресса в миниатюризации, она исчезла даже с резисторов.

Наибольшую же сложность вызывает определение ёмкости керамических

недорогих пинцетов вызывают определённые сомнения.

На рис. 1 показан пример того, как развивается инженерная мысль по созданию измерительных пинцетов-тестеров [1]. Можно, конечно, приобрести простой пинцет [2] как приставку к тестеру, но у него ограниченные функциональные возможности. Возможно ли своими руками сделать нечто подобное по крайней мере не хуже промышленных аналогов? Конечно, можно!



Рис. 1

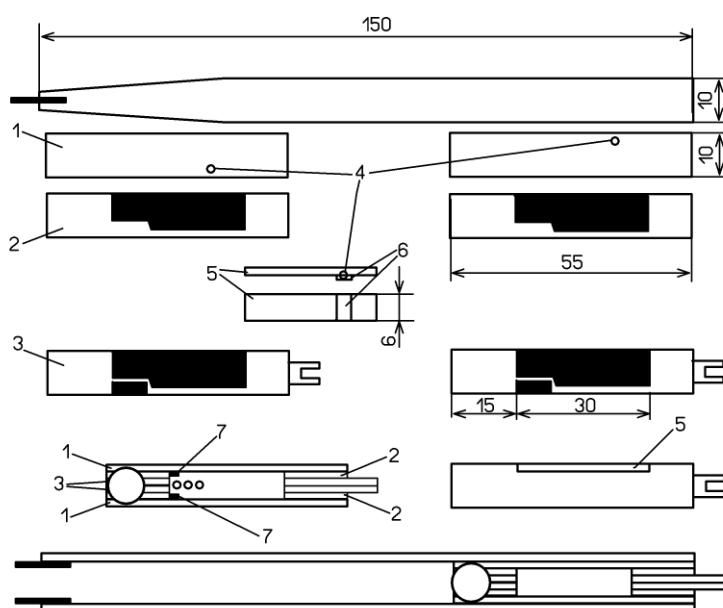


Рис. 2

конденсаторов. Они первыми потеряли обозначение номинала. Но на помощь пришло изобретение измерительных щупов-тестеров в виде пинцета. Однако изделия именитых фирм, по меркам радиолюбителей, стоят довольно дорого, а качество и ремонтопригодность

Проблемы с выбором материала нет. Пластмассу сразу лучше отставить в сторону; термопластичные — избыточно гибкие, а термопротивные — избыточно хрупкие. В решении этого вопроса нам поможет высококачественный композитный материал, которого у ра-

диолюбителей в избытке. Это — обычный стеклотекстолит. О его эксплуатационной надёжности и исключительных прочностных характеристиках свидетельствует факт использования, например, при строительстве корпусов морских яхт, домов на колёсах, лопастей ветроэлектрогенераторов. Долговечный, лёгкий, прочный, химически стойкий и при этом доступный.

По понятным причинам нет и проблемы выбора клея. Стеклотекстолит представляет собой стеклоткань, пропитанную эпоксидным клеем. Применив его, мы, по сути, получим монолитное армированное изделие. Но для достижения максимальных прочностных характеристик клеевого соединения обязательно нужно удалить паяльную маску и фольгу с поверхности заготовок из б/у стеклотекстолита. Можно использовать и новый, но это расточительно. Вполне подойдёт старый с отверстиями. После финальной покраски отверстия закроются, и вид будет нормальный. При

этом главное — не использовать многослойные печатные платы! Нередко во внутренних слоях сформированы обширные полигоны сплошной фольги. А современные печатные платы имеют несколько слоёв с металлизацией каждого. С проходящим вдоль них измерительным проводом и пальцами руки они образуют довольно ощущимую паразитную ёмкость с нестабильными значениями.

Именно в этой связи и нецелесообразно использование относительно новых, уточнённых во всех смыслах материнских плат, которые к тому же даже после небольшого нагрева разворачиваются как вертолётную лопасть. Лучше взять старые качественные стеклотекстолитовые платы.

Чтобы читателям не пришлось придумывать, как распечатать шаблоны частей будущего пинцета, они разработаны в программе Sprint Layout 5 (далее SP5) и имеются в свободном доступе на сервере журнала. Ниже поделюсь некоторыми нюансами изготовления пинцета, основанными на личном опыте.

Для более простого понимания дальнейшего процесса приведу определение этого инструмента. Пинцет — два рычага второго рода, соединённых вместе в одном закреплённом конце, с браншами на другой стороне. Итак, приступаем к изготовлению.

Перед началом работы внимательно изучите чертёж в программе SP5, который иллюстрирует рис. 2, чтобы понять все нюансы и этапы фактического воплощения в металле этого проекта. Заготовки деталей 1, 2 и 3 до обработки одинаковы, их длина — 55 мм, ширина — 10 мм.

На чертеже показаны только контрольные размеры (более точно их можно увидеть в программе SP5 с помощью инструмента "Измеритель"). Кроме того, вы вправе отказаться от вилкообразного выступа крепления выходящих проводов на детали 3, увеличить или уменьшить размеры полоски, образуемой деталями 2 и 3. И всё

же, по собственному опыту пользования пинцетом, рекомендую выступ на детали 3 даже увеличить до длины не менее 1,5 см. Так провода можно легче и прочнее закрепить.

Чёрные многоугольники внутри деталей 2 и 3 (в программе SP5) — это части, которые необходимо удалить, например выпиливанием, для формирования пустого отсека ещё до склейки.

В детали 1 отверстия 4 для штифта поворотной крышки 5 сделаны на двух деталях зеркально! Это необходимо для правильной наклейки шаблонов и сверления сквозных отверстий в уже склеенном блоке закреплённого конца.

Обратите внимание! Прямоугольники 7 на детали 2 — будущие упорные выступы, чтобы при закрывании крышка не проваливалась внутрь.

Прямоугольник 6, примыкающий снизу к крышке отсека — накладка для штифта. Именно по границе стыковки детали крышки и прямоугольной заготовки накладки будет сверлиться отверстие оси вращения!!!

Увеличьте масштаб изображения деталей 2 и 3 в программе SP5. Там, где находится упорный выступ 7, вы увидите, что концевая плоскость крышки имеет скос, а ответная часть деталей 2 и 3 — обратный скос. Это — будущая защёлка крышки.

В деталях 2 и 3, в районе примыкания противоположного конца крышки, запланировано сделать выборку по огибающей. Это необходимо, чтобы прямоугольный конец крышки свободно заходил внутрь отсека, не цепляя его стенки. Нижний край крышки 6, примыкающий к выборке можно сточить под углом 65 градусов, верхняя сторона должна оставаться изначальной длины. Все зазоры снаружи сохраняются прежними, а нижняя скошенная часть торца крышки будет ложиться на дно полости не углом, а всей своей плоскостью.

При показанных на чертеже размерах крышка будет открываться на угол 65 градусов. Это результат компромисса между общей высотой пинцета и необходимостью сделать достаточную площадку для пальца от оси поворота крышки до ответной стенки отсека. Можно было бы переместить ось вращения дальше от защёлки замка и крышка открывалась бы на угол больше 90 градусов (не упираясь краем в дно полости), но тогда рычаг открывания уменьшится настолько, что крышку невозможно будет открывать или приходилось бы применять чрезмерные усилия. Увеличивать высоту пинцета до габаритов, позволяющих с текущими размерами крышки открывать её на больший угол, но в ущерб эргономике — тоже не лучший выход. Опыт эксплуатации пинцета показал, что и угла открывания в 65 градусов, длины и ширины крышки, а также внутреннего объёма хранилища образцового конденсатора (о нём сказано далее) достаточно для комфортного пользования внутренним отсеком.

И последнее. После склейки всех элементов пинцета завершающим этапом будет вы сверливание отверстия в закреплённом конце до диаметра, который бы вписался в расстояние между

рычагами. Общая толщина склеенной детали закреплённого конца будет около 10 мм. Одна пластина стеклотекстолита имеет толщину 1,5 мм. В пакете шесть пластин суммарно дадут 9 мм, плюс немного клея — итого почти 10 мм. После чистовой обработки надфилем места сверления должна получиться полукруглая выемка. Операцию по её изготовлению в принципе можно и не выполнять. Но, она позволит сделать пинцет красивее, легче, а прочностные характеристики при этом сохранятся, как если бы отверстия не было. Тем более операция эта крайне проста и не вызовет сложностей. Помните, правильно отверстия большого диаметра в пластичных материалах высверливаются минимум в два этапа. Сначала направляющее отверстие тонким сверлом, а затем со всей большиим диаметром до получения требуемого диаметра.

Как выглядит пинцет с полуотверстием, видно на **рис. 3**.



Рис. 3

Обратите внимание, что две заготовки детали 3 закрепленного конца имеют наружный выступ с прорезью посередине. В finale он будет выполнять роль фиксатора выходящих проводов и закроется для красоты термоусаживаемой трубкой. Совокупность принятых конструктивных мер уменьшит изгиб проводов и увеличит срок их службы.

При выводе чертежа на печать проделайте в программе SP5 следующие операции. Снимите галочки со всех слоёв, кроме M2. Именно на этом слое находится чертёж деталей пинцета и только он должен быть напечатан. Остальные слои содержат вспомогательную информацию. Цвет слоя M2 установите чёрным. Тогда полученные шаблоны будут максимально контрастными.

Под двумя чертами находится рисунок промежуточного результата склейки закреплённого конца, а в самом низу — каким должен получиться пинцет к этапу окрашивания. Все отверстия для штифта на чертеже также являются шаблонными и выводились с точностью до 0,1 мм. Смело используйте их при сверлении (для большей точности на слой M2 перенесено только внутреннее кольцо меньшего диаметра). Внешнее кольцо большего диаметра использовано для облегчения прочтения чертежа и находится на слое M1. На слое K1 показаны габаритные размеры деталей. На слое Ф — нумерация деталей согласно описанию в данной статье.

Вот, в общем-то все нюансы и закончились.

Шаблоны печатаем на обычной бумаге и вырезаем. Наклеиваем их на стеклопластик и выпиливаем с небольшим припуском. Шаблоны, ранее приклеенные клеем ПВА, без затруднений смываются водой и не оставляют на деталях следов.

В дальнейшем, после склейки всего пакета, излишки материала и выступившего эпоксидного клея будут удалены при обработке краёв.

Самый эффективный и качественный способ выровнять боковые грани заготовки — это наклеить на деревянный бруск полосу налаженной бумаги и с небольшим усилием линейными движениями шлифовать деталь до требуемого результата. Перед склейкой и покраской деталей рекомендуется обезжирить их, предназначенными для этого средствами. Работая с эпоксидным клеем, обезжиривателем и аэрозольной краской, соблюдайте необходимые меры безопасности, описанные в инструкции по применению вышеуказанных химических составов!

Пришло время открыть секрет пинцета. Для чего же нужен отсек в закреплённом конце? Функций три. Первая — уменьшение массы пинцета (масса авторского экземпляра — 26 грамм). Вторая — ввод и распайка проводов. Третья — место хранения образцового конденсатора ёмкостью 1000 пФ.

Для измерения конденсаторов небольшой ёмкости с помощью распространённых непрессионных приборов лучший вариант — добавление конденсатора с известной ёмкостью к измеряемому конденсатору с последующим вычитанием её из полученного результата. При параллельном подключении конденсаторов суммарная ёмкость увеличивается. Это нужно для попадания в середину интервала измерений, где точность будет выше. Чуть позже, после склейки пакета заготовок закреплённого конца, мы добавим цанговые контакты, в которые конденсатор будет устанавливаться при необходимости.

Однако это не все секреты пинцета. О последнем из них будет информация ближе к концу статьи.

Как уже было сказано выше, склейка осуществляется поэтапно. Сначала заготовки закреплённого конца, а затем к получившемуся пакету приклеивают два рычага. Для лучшего результата пакеты зажимают в тиски. Ведь, как известно, чем тоньше слой клея, тем прочнее соединение.

Первыми склеивают четыре заготовки закреплённого конца, в которых будет формироваться полость. Последовательность такая — детали 2, 3, 3 и 2. После отверждения клея получившийся пакет обрабатывают механически. Тем читателям, кто решит повторить вариант с цанговой колодкой, лучше ещё до начала склейки в детали 3 выпилил паз под неё.

Затем изготавливают крышку. Склевают её наружную часть и внутренний прямоугольник фиксации штифта. Сверлят отверстие и вставляют штифт, который приклеивать не надо ни на каких этапах работы! Сборка продумана так, что он автоматически зафиксируется там, где должен, без лишних



тора и его параметров была показана правильно.

Вот так изначально простой инструмент обрёл функциональность, превышающую таковую у промышленных аналогов, и очень облегчил жизнь.

В принципе, пинцет можно ещё усовершенствовать, добавив осветительный светодиод белого свечения, разместив его в высушенной выборке между рычагами. К пинцету подвести обрезок USB-кабеля, имеющего четыре провода и экранирующую оплётку, которую подключают к минусу источника питания (можно и самого прибора, а один из свободных проводов к плосу питания). В итоге получится эстетически красивый вид конечного продукта (с одним кабелем, а не тремя раздельными проводами), а также подсветка места проведения измерений. Токоограничивающий резистор R1 подбирают под конкретный экземпляр светодиода, чтобы не превысить предельно допустимый для него ток.

Если планируется использовать пинцет только совместно с транзистор-тестером, вмешан светодиода можно установить кнопку и подключить её параллельно контактам кнопки (или энкодера в зависимости от модели) прибора, отвечающей за старт процедуры измерения. Особенно это будет удобно при измерении параметров SMD-транзисторов. Внешний вид готового пинцета показан на **рис. 5**.

Перед первым применением пинцета по назначению не забудьте провести калибровку вашего измерительного прибора (LC-метра, тестера, транзистор-тестера), чтобы он учёл новые паразитные ёмкости. А они появятся. Ведь как бы мы ни старались, сделать измерительные проводники короче 20...30 см не получится. Измеренная ёмкость у авторского экземпляра пинцета составила 38 пФ.

Соотношение гибкость-жёсткость рычагов у стеклотекстолитового пинцета получилась примерно сопоставимой с медицинскими аналогами, выполненным из специальных нержавеющих сталей. И соответственно позволяет делегатно и точно проводить измерения.

На создание пинцета у меня ушло около двух недель, а у читателей это займёт значительно меньше времени, поскольку чертежи и схемы есть в наличии. Уточнять ничего не требуется. Немного старания, терпения — и вы счастливый обладатель очень удобного дополнения к вашим измерительным приборам.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Miniware DT71 Mini Digital Tweezers тестер-пинцет SMD. — URL: <https://www.chipdip.ru/product0/8004494720> (14.03.21).
2. Щупы-пинцет для SMD Cleqee P1510. — URL: [https://supereyes.ru/catalog/aksessuary\\_k\\_generatoram\\_i\\_multimetram/p1510/](https://supereyes.ru/catalog/aksessuary_k_generatoram_i_multimetram/p1510/) (14.03.21).

**От редакции.** Чертёж элементов пинцета в формате *SprintLayout* и видеоэзапись процесса его сборки находятся по адресу <http://ftp.radio.ru/pub/2021/07/pincet.zip> на нашем FTP-сервере.

## Осциллографическая приставка к VGA-монитору

**В. ПОПОВ, г. Ростов-на-Дону**

**К**орпус — покупной пластмассовый с габаритными размерами 125×80×32 мм. Часть соединений выполнена проволочными перемычками по верхней стороне платы. Все резисторы и конденсаторы — для поверхностного монтажа типоразмера 0805 или 0603. Резисторы в делителях (R2—R5, R28—R31, R8—R14, R34—R40, R20—R22, R46—R48) предпочтительно использовать с отклонением от номинала не более 1 %. Оксидные конденсаторы

денсаторы С7, С18 не монтируются, их установка и подбор могут потребоваться только при его замене. DC-DC преобразователь AM1S-0505SZ с гальванической развязкой можно заменить аналогичным — AM1P-0505SZ. На печатной плате предусмотрено место для двух вариантов корпусов. Также его можно изготовить самостоятельно, на отдельной плате, используя микросхемы MAX253, SN6501 или аналогичные. Кнопки — тактовые типоразмера



Рис. 8

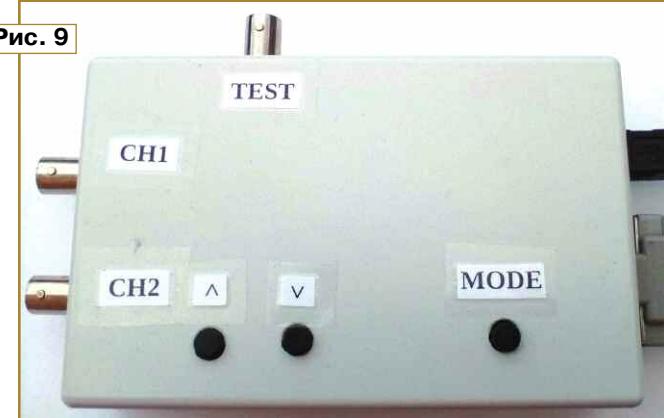


Рис. 9

можно использовать любые, подходящие по габаритам и на соответствующее напряжение. ОУ MCP6022-I/SN можно заменить на ОУ LMH6643MA/NOPB. Желательно использовать ОУ структуры Rail-to-Rail, но возможно применение, при некотором ухудшении характеристик и ОУ TL072, MC33272, NJM4580. При использовании ОУ MCP6022 резисторы R58—R63 и кон-

12×12 мм с удлинёнными (22 мм) толкателями (любого производителя), они установлены над платой на высоте 6 мм. Для этого использованы дополнительные подкладки требуемой толщины. Микросхемы 74HC4051D можно заменить микросхемами CD4051BM. Можно применить оптопары CPC1016N. BNC-разъёмы XW1—XW3 — GB-142AR или аналогичные. Разъём XS1 — USB-B типа 292304-1. VGA разъём XP1 — DHR-15FB. При отсутствии платы Black Pill её можно повторить или использовать MK

**Окончание.**  
**Начало см. в "Радио", 2021, № 6**

Device in DFU Mode. Кнопкой Choose в поле Upgrade or Verify Action выбираем файл прошивки **osc\_411.dfu** и нажимаем на кнопку Upgrade. Примерно через 5 с процесс программирования будет завершён.

**Налаживание** приставки начинают с проверки питающих напряжений. Необходимо убедиться в работе DC-DC преобразователя, проверить работу источника минусового напряжения на микросхеме DA3, наличие напряжения около  $-4,3$  В на её выводе 5, затем наличие напряжения  $-2,5$  В на выводе 2 микросхемы DA4, здесь может потребоваться уменьшение номинала резистора R25 до  $200\ \Omega$ . При отсутствии сигнала на входах приставки измерить напряжение на выводе 7 микросхем DA1 и DA2, оно должно быть  $1,65 \pm 0,05$  В. При необходимости корректировки подбором сопротивления резисторов R17, R43 выставляют напряжение в требуемом интервале. Это напряжение определяет уровень нулевой линии на экране. Окончательную калибровку нуля необходимо будет провести программно, на работающей приставке, для этого необходимо для каждого канала, без сигнала на входах выбрать тип входа AC и чувствительность 4 В/дел., после чего кратковременно нажать на кнопку KEY на плате Black Pill. Калибровочные константы для каждого канала запишутся в

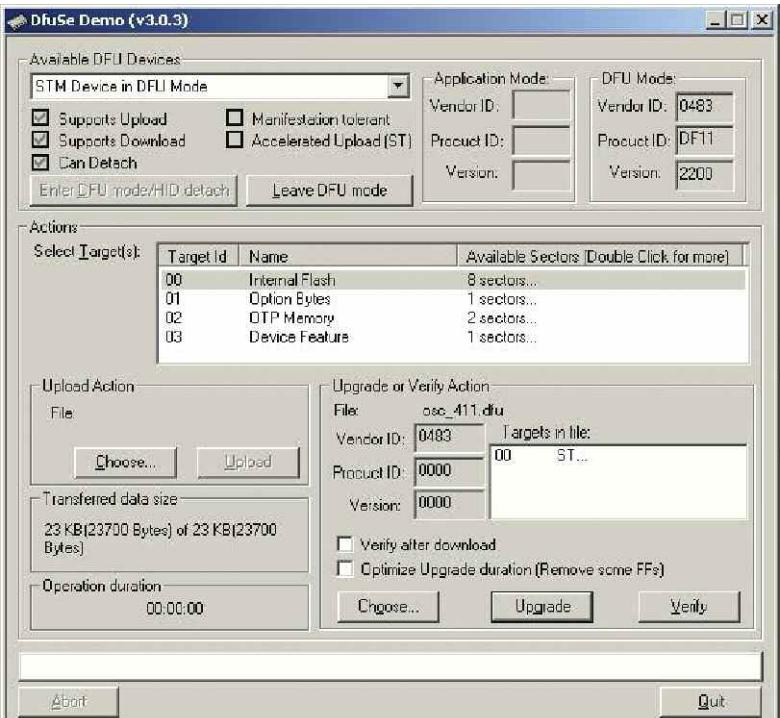


Рис. 10

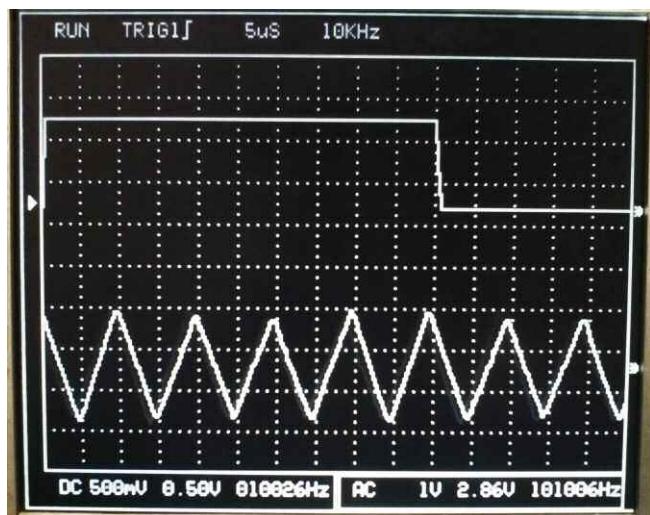


Рис. 11

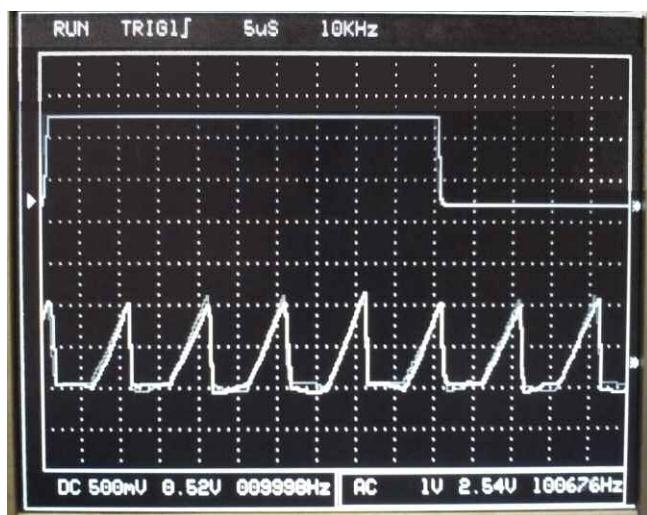


Рис. 12

STM32F405, STM32F407 (а если использовать разгон контроллера до 100 МГц, то и МК STM32F401, STM32F303, в том числе установленный на плате Blue Pill взамен STM32F103) с соответствующими изменениями прошивки под эти МК. Отдельно хочется отметить, что использование МК STM32F103 в этой приставке также возможно, но её параметры значительно ухудшатся, и единственное практическое применение возможно лишь совместно с приставкой к осциллографу для измерения АЧХ. К приставке можно подключать измерительные щупы как заводского изготовления, например HP-9060, так и самодельные.

Внешний вид приставки показан на **рис. 8** и **рис. 9**.

**Программирование.** Для программирования модуля A2 используется программа DfuSe Demo (**рис. 10**) с сайта производителя контроллера STMicroelectronics (файл stsw-stm32080.zip). Модуль Black Pill необходимо подключить к USB-порту компьютера, используя кабель USB-С, и перевести её в DFU режим программирования, для чего необходимо нажать и удерживать на ней кнопку BOOT0, затем кратко нажать на кнопку NRST, и отпустить кнопку BOOT0. После запуска программы DfuSe Demo в поле Available DFU Devices появится устройство STM

flash память контроллера, и при всех последующих включениях питания они будут автоматически использоваться. При необходимости уменьшением сопротивления резистора R55 можно увеличить яркость выводимого изображения. Для примера показаны осциллографмы сигналов с разной формой и частотой. Их параметры выведены на экран.

На **рис. 11** и **рис. 12** показаны осциллографмы двух разных сигналов в двухканальном режиме. На **рис. 13** и **рис. 14** показаны осциллографмы одиночного синусоидального сигнала в двухканальном (250 кГц) и одноканальном (500 кГц) режимах.

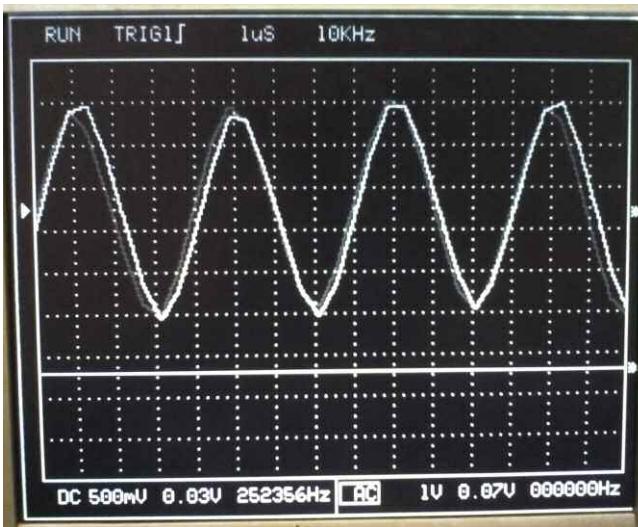


Рис. 13

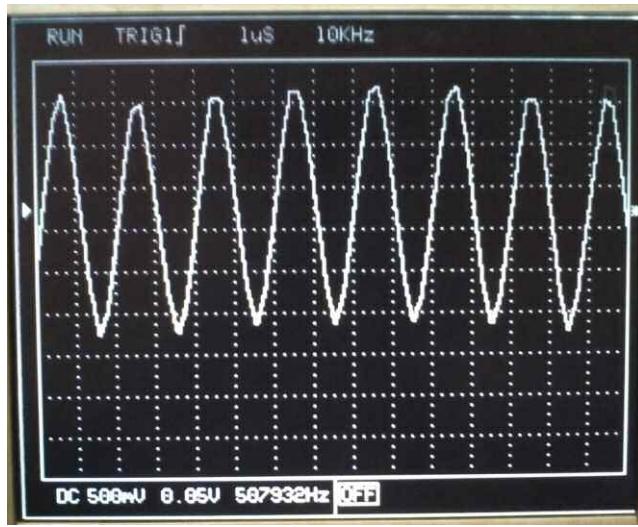


Рис. 14

## ЛИТЕРАТУРА

1. VGA output using a 36-pin STM32. — URL: <https://www.artekit.eu/vga-output-using-a-36-pin-stm32> (27.04.21).

2. Каменев Н. Генератор качающейся

частоты с индикатором АЧХ на ЖКИ. — Радио, 2014, № 8, с. 25—27.

3. Самойлов С. Портативный цифровой осциллограф DSS-31. — Радио, 2012, № 1, с. 22—26; № 2, с. 21—25; № 3, с. 18—20; № 4, с. 16—18.

**От редакции.** Программы для МК, а также авторский вариант чертежа печатной платы находятся по адресу <http://ftp.radio.ru/pub/2021/07/prist.zip> на нашем FTP-сервере.

## Многофункциональный измеритель RLC

А. ДЫМОВ, г. Оренбург

Печатная плата — двухсторонняя размерами 135×95 мм (рис. 6, рис. 7). Расположение элементов показано на рис. 8 и рис. 9. При изготовлении платы необходимо уделить особое внимание точности расположения разъёмов на плате, с которыми соединяются разъёмы модуля Arduino. Отклонения не должны превышать  $\pm 0,5$  мм, иначе будут проблемы при подсоединении модуля к плате и даже порча контактов гнёзд модуля, с чем, к сожалению, мне пришлось столкнуться. Рекомендуется произвести замеры после нанесения рисунка на плату, т. е. до травления, используя модуль Arduino как шаблон для снятия размеров.

После травления, зачистки и лужения платы необходимо пропаять переходные отверстия. Для переходных отверстий мной впервые были использованы медные трубчатые заклёпки диаметром 0,9...1,3 мм, которые были заказаны на AliExpress. Кроме переходных отверстий, трубчатые заклёпки соответствующего диаметра были использованы для установки элементов, к которым затруднён доступ для пайки с

нижней или верхней стороны платы, в основном это разъёмы и реле, а также выводные конденсаторы, катушка индуктивности и резистор R54. Пайка элементов на плате может осуществляться в произвольном порядке. Отмечу, что результатом применения медных заклёпок остался очень доволен, и настоятельно рекомендую их для использования всем, кто самостоятельно изготавливает печатные платы.

Здесь нужно признаться, что для облегчения разводки платы максимально использовалась оптимизация схемы для снижения числа линий управления, о чём пришлось пожалеть уже после изготовления печатной платы при окончательной отладке программы. Дело в том, что в процессе отладки программы пришло понимание, что оптимизация значительно снизила гибкость управления процессом измерения. Было даже желание начать всё сначала, но после долгих раздумий пришлось смириться и всё оставить так, как есть.

В схеме измерителя использованы как выводные элементы, так и элементы для поверхностного монтажа. DIP-панель XS1 — универсальная № 240-6182, которая аналогична панелям SCZP-40 и DS1043-40. Резисторы R1—R10 и кон-

денсаторы C1—C2 типоразмера 0805 и особых требований не имеют. Резисторы R14, R19, R20, R22—R24, R30, R33, R34, R49, R52 — типоразмера 1206, типоразмера 0805 и особых требований не имеют.

Резисторы R14 и R22 должны быть подобраны с отклонением не более  $\pm 0,1\%$ , потому что они определяют точность измерения ёмкостей на поддиапазоне 1 мкФ. С таким же отклонением должны быть подобраны резисторы R11, R12, R24, определяющие точность измерения сопротивлений, а также резисторы R37—R39.

Конденсатор C7 — K71-7 с отклонением не более  $\pm 1\%$  используется как образцовый при расчётах значений ёмкости и индуктивности. Применение вместо него конденсаторов другого типа категорически не рекомендуется, иначе не гарантируется правильное измерение потерь. Отклонение ёмкости конденсатора C8 не значимо, оно уточняется в процессе калибровки.

Конденсаторы C1, C2, C5, C9, C12, C15, C18—21 — керамические типоразмера 0805, керамические конденсаторы C14, C16, C17 — типоразмера 1206, C6, C11, C22 — tantalевые типоразмера 7343. Конденсаторы C10, C13 — выводные и обязательно плёночные, поскольку важна их температурная стабильность. Можно использовать отечественные типы K73-17 или импортные аналоги. Отклонение ёмкости не имеет особого значения, ибо их ёмкость будет уточняться во время калибровки измерителя.

На этапе макетирования предполагалось использовать в качестве катушки L1 стандартный дроссель. В процессе

Окончание.  
Начало см. в "Радио", 2021, № 6

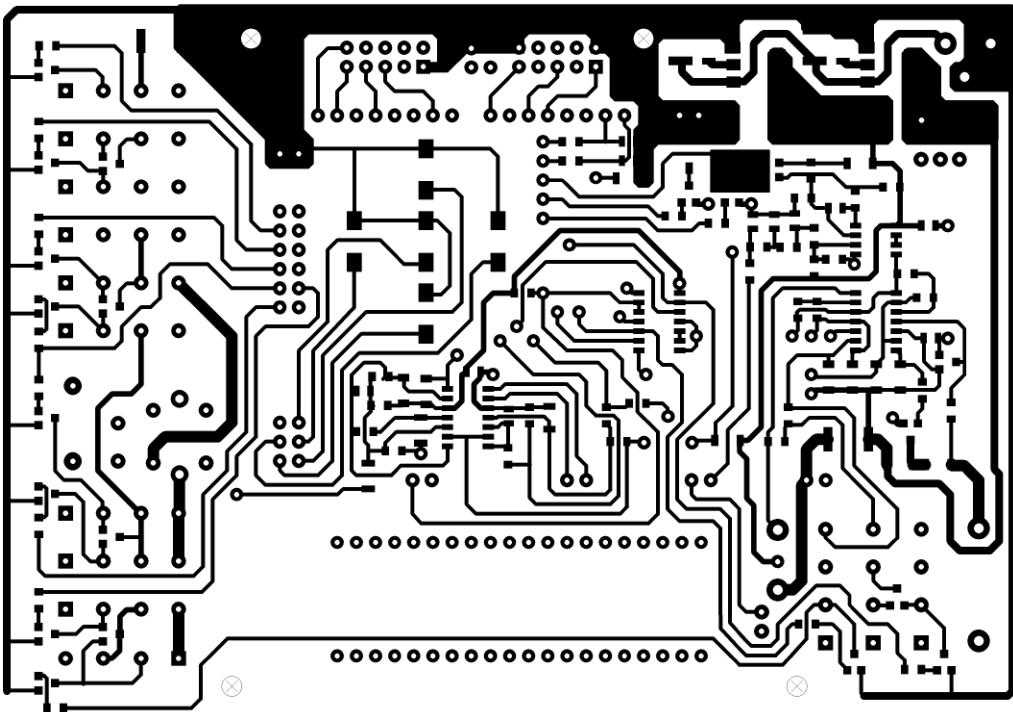


Рис. 6

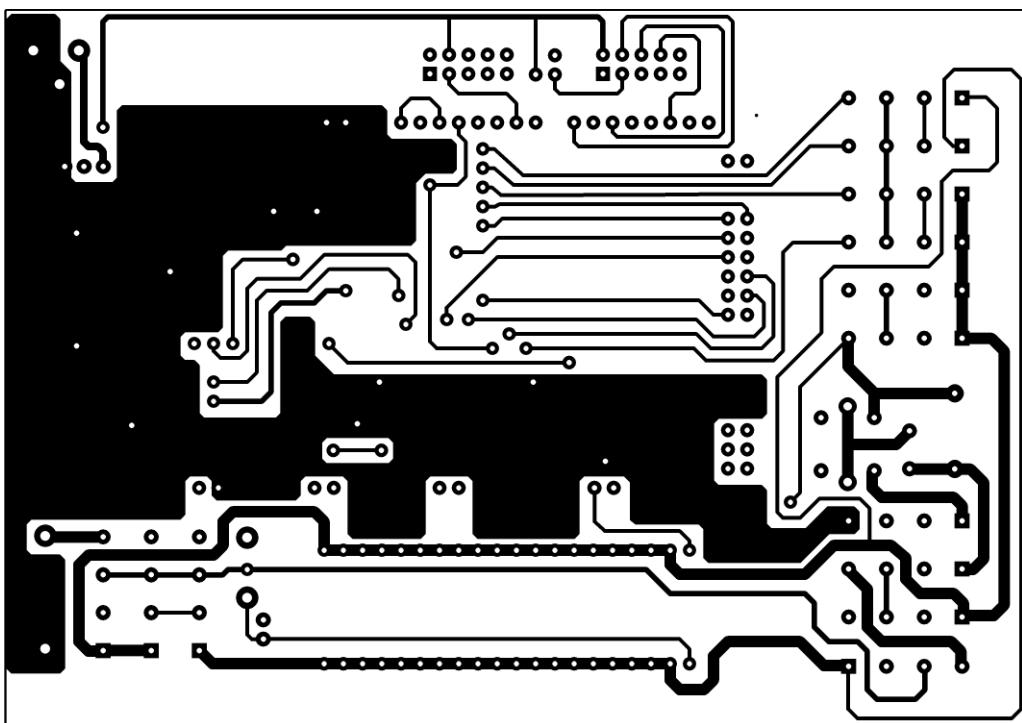


Рис. 7

отладки довольно долго не было понимания причин нестабильности измерений. Причина оказалась до банальности проста, на индуктивность дросселя оказывал влияние металлический инструмент, находящийся в ящике рабочего стола. Пришлось отказаться от стандартных дросселей и изготовить катушку индуктивности, используя готовые каркасы с надёжным экранированием. Был выбран контур от автомагнитолы с

двойным экраном из феррита и пермаллоя, с магнитопроводом в виде гантели (рис. 10, рис. 11).

Необходимо разобрать контур, для этого отвёрткой до конца вывернуть регулировочный винт и, нажимая отвёрткой сверху на винт, выдвинуть контур из пермаллоевого экрана. Снимают ферритовый экран, удаляют обмотку и конденсатор, если он есть, в нижней части контура. На магнитопровод наматывают

50 витков провода ПЭВ-2 диаметром 0,12 мм и припаивают к выводам контура, руководствуясь рис. 9, на котором необходимо отыскать катушку L1 и внимательно посмотреть, какие выводы каркаса используются. Собирают контур, завинчивают регулировочный винт ферритового экрана до конца и заливают винт сверху термоклеем из kleевого пистолета для надёжной фиксации.

Рис. 8

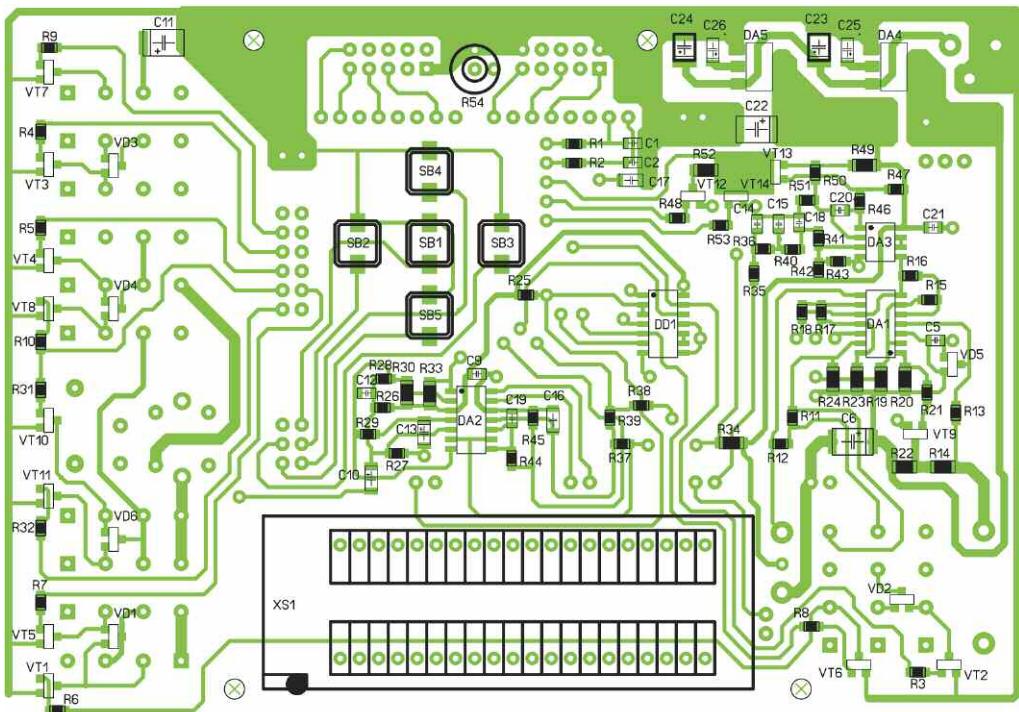
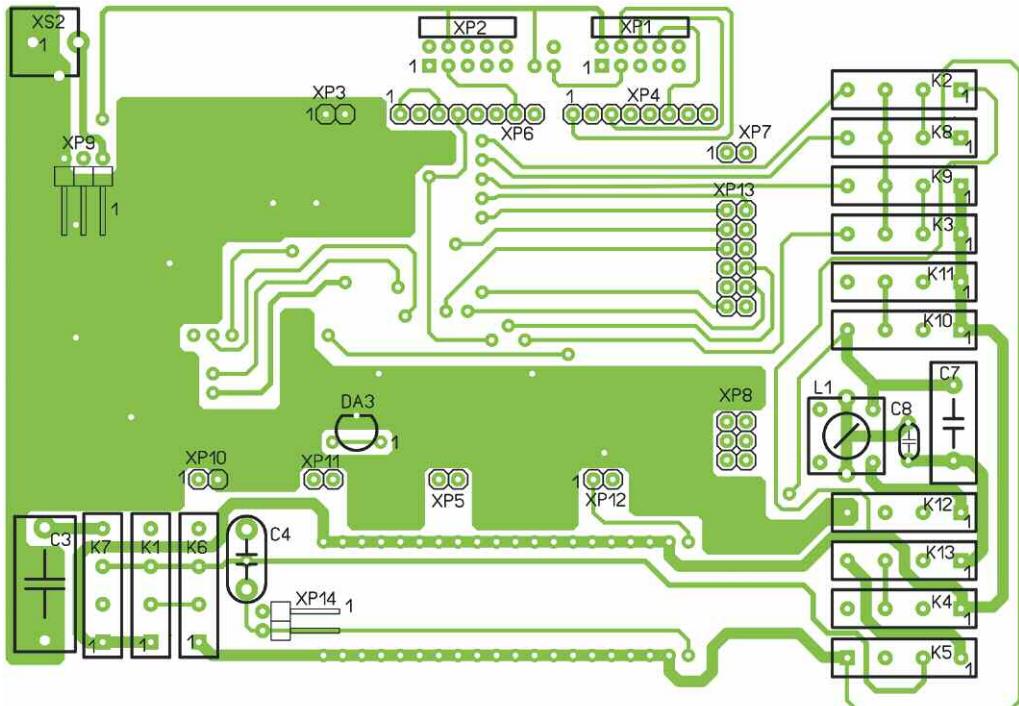


Рис. 9



Необходимо доработать модуль Arduino, для чего аккуратно отпаивают разъёмы электропитания и USB. Разъём электропитания рекомендуется использовать на плате измерителя в качестве XS2. Вместо разъёма электропитания на модуле Arduino необходимо припаять короткий кабель с однорядным разъёмом BLS-3, используя только контакты 1 и 3 для соединения с разъёмом XP9 на плате измерителя. Микросхемы стабилизаторов DA5, DA6 — в корпусе типа

SOT223, их тип указан на схеме. Конденсаторы C23, C24 и C25, C26 — типо-размера 6032 и 3216 соответственно. Резистор регулировки контрастности R54 — типа СП3-19а. Тактовые кнопки SB1—SB5 не имеют обозначения, но называются SMD — бесшумные силиконовые тактовые кнопки размерами 6×6×5 мм. Разъёмы XP1, XP2 — угловые двухрядные типа PLD-10R-2, разъёмы XP9, XP14 — угловые однорядные типа PLS-3R-1 и PLS-2R-1 соответственно.

Разъёмы XP4, XP6 — однорядные прямые PLS-8, разъёмы XP8, XP13 — двухрядные прямые PLD-6 и PLD-12 соответственно. Все остальные разъёмы — однорядные прямые PLS-2.

К подключаемым устройствам следует отнести двухстрочный LCD-дисплей на 24 знакоместа, звуковой пьезоизлучатель FT-20T-6,8A1 с резонансной частотой 6800 Гц и пробник для измерения SMD-компонентов. В измерителе можно использовать пьезоизлучатели с



Рис. 10

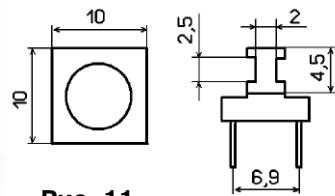


Рис. 11

пенопласта или поролона. Для крепления платы к корпусу используются четыре стойки высотой 16 мм с внутренней и наружной резьбой 2,5 мм.

Корпус измерителя изготовлен из двух корпусов

кусочки отпиленных частей корпуса. LCD-дисплей идеально подошёл размерами под окно индикатора калькулятора, которые сделаны с небольшим наклоном для удобства обзора, оставалось только дополнить верхнюю часть корпуса боковыми стенками и креплением индикатора (рис. 12, рис. 13).

Нижняя внутренняя часть корпуса обклеивается алюминиевой фольгой, которая соединяется с общим проводом схемы через металлические стойки крепления платы к корпусу. В верхней части корпуса приклеена алюминиевая пластина толщиной 1 мм, в которой сделаны отверстия для DIP-панели толкателей кнопок управления, которые подобраны от калькуляторов. К металлизации общего провода платы припаяна на упругая посеребрённая пластина,

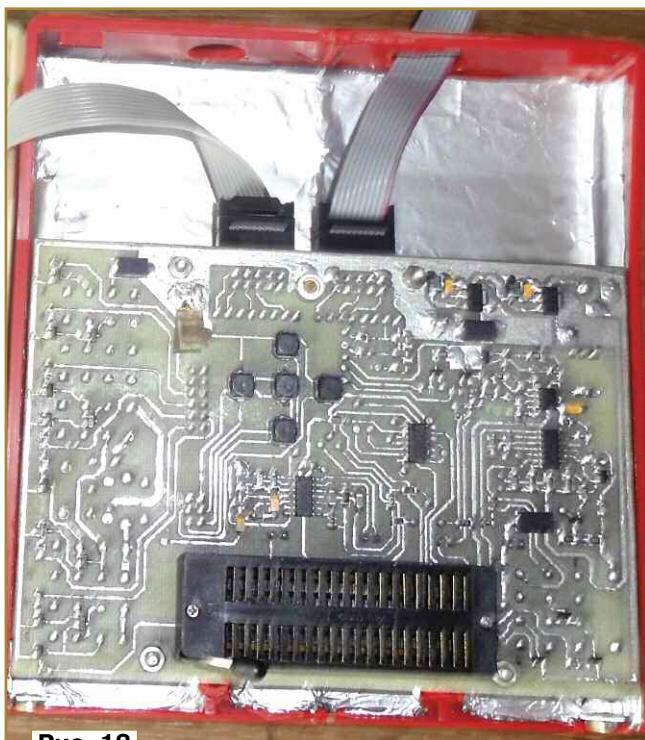


Рис. 12

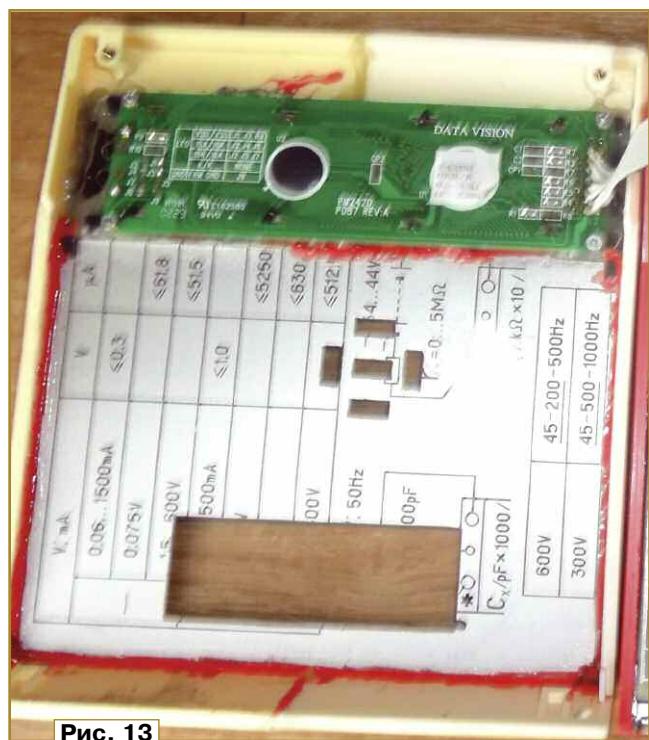


Рис. 13

другой резонансной частотой, которая может уточняться при калибровке измерителя. Для измерения параметров SMD-компонентов используется щуп в виде пинцета, заказанный на AliExpress. Пинцеты такого типа хороши для использования в комплекте с мультиметром, но для работы с этим измерителем без модернизации не пригоден. На высоких частотах при измерении конденсаторов и катушек индуктивности очень сильно сказывается ёмкость руки. О способе доработки пинцета для работы с измерителем будет написано ниже.

После пайки всех компонентов плату можно промыть, но с большой осторожностью, используя кисточку и тампон из х/б ткани, избегая разбрызгивания промывочной жидкости и попадания её на контакты разъёмов. Рекомендуется перед промывкой нарезать на контакты разъёмов кусочки

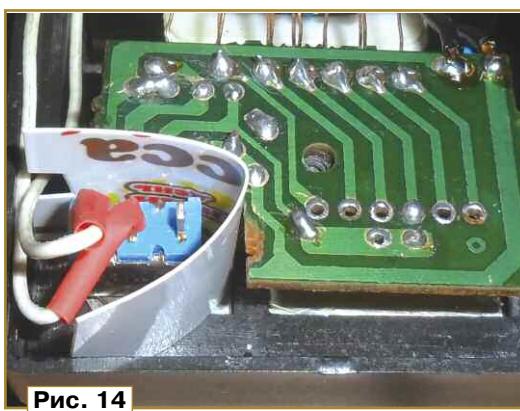


Рис. 14

калькуляторов Б3-18А ещё производства СССР. От каждого корпуса, у одного справа, у другого слева, отпилено по 15 мм, затем две половины склеены дихлорэтаном, в котором растворены

которая осуществляет контакт алюминиевой передней панели с общим проводом измерителя, когда измеритель закрыт верхней крышкой.

Для электропитания измерителя использован доработанный сетевой AC/DC адаптер TY-1002 с переключением выходного постоянного напряжения от 3 В до 12 В и током до 1000 mA (рис. 14). С помощью нагретого паяльника из корпуса были удалены штыри сетевой вилки и через образовавшиеся отверстия к нему с помощью винтов с гайками M2,5 прикреплена вилка европереходника с предварительно припаянными к укороченным ламелям переходника проводами для сетевого напряжения. Переключатель выходного напряжения, который переключает напряжение вторичной обмотки трансформатора, удалён. Нулевой вывод трансформатора подключён не-

посредственно к выпрямительному мосту, к другому выводу моста через переключатель подключались шесть отводов трансформатора. Была установлена перемычка между четвёртым отводом трансформатора и выпрямительным мостом. Часть платы адаптера была удалена для установки сетевого выключателя KNX-1-D1, который включён последовательно с сетевой обмоткой трансформатора. Выключатель отделён от платы пластмассовой изоляционной пластины.

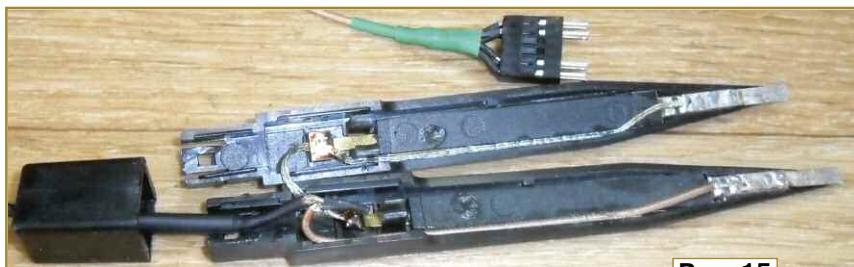


Рис. 15



Рис. 16

Для доработки пинцета для SMD-компонентов необходимо его разобрать (рис. 15, рис. 16), для этого нужна тонкая отвёртка или шило. В верхнем колпачке пинцета имеются три отверстия: центральное — для кабеля и крайние — для открывания замков. Надо вставить отвёртку в отверстие и, наклоняя ручку отвёртки в противоположную сторону от центрального отверстия, отогнуть замки к центру и с одной, и с другой стороны, одновременно приподнимая колпачок. Нужно это делать с большой осторожностью, поскольку замки очень хрупкие. После извлечения колпачка, сдвигая половинки пинцета относительно друг друга, надо освободить их от другого замка.

Отвёрткой отделяют пластмассовые пластины, которые закрывают латунные контакты пинцета и извлекают их из обеих половинок, которые теперь будут выполнять роль экранов. Обрезают латунные пластины с острого конца на 17 мм, а пластиковые пластины — на 23 мм. Вырезают две пластины размерами 17×4 мм из стеклотекстолита с двухсторонним фольгированием тол-

щиной не более 1,5 мм, которые будут выполнять роль изоляторов. Залуживают паяльником узкую часть латунных пластин и обе стороны стеклотекстолитовых пластин и припаивают их одной стороной к узкой части латунных пластин. Припаивают упругие посеребрённые латунные пластины шириной 4 мм и длиной 27 мм к другой стороне стеклотекстолитовых пластин на 13 мм от общей длины, при этом 14 мм посеребрённых пластин должны находиться за пределами текстолитовых пластин.

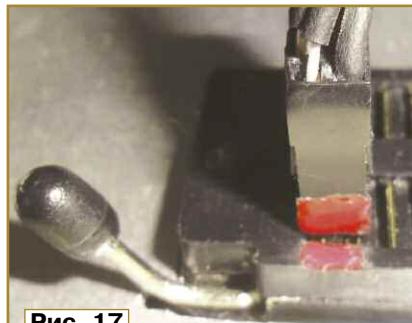


Рис. 17

Устанавливают латунные пластины на свои половинки пинцета, закрывают пластиковыми пластины и приклеивают их дихлорэтаном.

Затем выбирают половину пинцета, у которой с внешней стороны имеется обозначение "+", и острым ножом отделяют часть фольги (около 2 мм) от фольги, к которой припаяна посеребрённая пластина. Этот изолированный

половину пинцета с обозначением "-" с ламелями латунных пластин обеих половинок пинцета. Для фиксации оплётки надо уложить её в паз половинки и проклеить дихлорэтаном, который растворит пластик пинцета и зафиксирует оплётку.

Выбрать кабель для щупа оказалось не простым делом, попытки изготовить кабель из фторопластового экранированного провода оказались безуспешными, поскольку при изгибе сильно изменялась его ёмкость. Необходим был экранированный кабель с внешним диаметром не более 2 мм, достаточно мягкий, но прочный на излом и стабильной ёмкостью при изгибе. В результате был применён межблочный кабель от импортного ВЧ-генератора диаметром 1,8 мм, длиной 450 мм с обозначением AMPHENOL R3 176 B/H 421-094. На половинке пинцета с обозначением "+" центральную жилу кабеля припаивают к посеребрённому контакту, а оплётку припаивают к отделённому участку фольги. Освобождают от изоляции оплётку и припаивают её к ламелям латунной пластины, затем укладывают кабель в паз и фиксируют с помощью дихлорэтина.

Надевают на кабель термоусаживаемую трубку необходимой длины и осаживают её феном, чтобы кабель плотно входил в отверстие верхнего колпачка и не болтался. Нажатием на обе половинки пинцета соединяют их, зашёлкнув в замок, и надевают верхний колпачок, проверив его надёжную фиксацию. Для соединения щупа с DIP-панелью используется разъём XP15 BLD-12 со штыревыми контактами. Контакты разъёма 1, 3, 9, 11 соединяют вместе, они используются для сигнализации о подключении щупа к DIP-панели, контакты 2, 4, 10, 12 — измерительные. Для закрепления и фиксации проводов на разъёме рекомендуется использовать термоусаживаемую трубку. Для исключения ошибочного подключения разъёма щупа к DIP-панели рекомендуется маркировать краской торец разъёма щупа со стороны контактов 1, 2 и на DIP-панели, как показано на рис. 17.

FuseLOW		FuseHIGH		FuseEXT	
Бит	Значение	Бит	Значение	Бит	Значение
CKDIV8	1	OCDEN	1	-	-
CKOUT	1	JTAGEN	0	-	-
SUT1	1	SPIEN	0	-	-
SUTO	1	WDTON	1	-	-
CKSEL3	1	EESAVE	1	-	-
CKSEL2	1	BOOTSZ1	1	BODLEVEL2	1
CKSEL1	1	BOOTSZ0	1	BODLEVEL1	0
CKSEL0	1	BOOTRST	1	BODLEVEL0	1

островок фольги предназначен для пайки оплётки экранированного провода, что можно увидеть на рис. 16. Используя оплётку от тонкого экранированного кабеля в качестве проводника, соединяют пайкой посеребрённую пластину

Прежде чем загружать программу в микроконтроллер, рекомендуется провести визуальный осмотр и проверить омметром цепи платы измерителя на обрыв и замыкание, уделив особое внимание цепям электропитания.

Установить регулятор контрастности резистор R54 в среднее положение, соединять модуль Arduino с платой измерителя пока не нужно. Если используется оригинальный модуль Arduino, для снижения энергопотребления рекомендуется перевести USB-контроллер модуля ATMega 16U2 в спящий режим, который имеет на плате отдельный разъём программирования интерфейса. Используя доступные средства программирования, подключают программатор к ISP-разъёму программирования USB-контроллера, подключают электропитание к модулю Arduino и выбирают в меню программатора объект программирования — ATMega 16U2. В папках Sleepboot/Release надо открыть файл Sleepboot.hex и загрузить в USB-контроллер. Если бы модуль Arduino был запитан от источника питания с измерителем тока, можно было бы отметить заметное снижение тока потребления. При использовании клона CH340 модуля Arduino ничего делать не нужно.

Если используемые средства программирования не имеют интерфейса JTAG, до окончательной сборки измерителя необходимо загрузить программу через интерфейс ISP, разъём которого находится в средней части модуля Arduino. Прежде всего, необходимо в меню программатора выбрать объект программирования ATMega 2560 и запрограммировать Fuse биты в соответствии с **таблицей**.

В папках RLC\_Measurement/Release надо выбрать файлы RLC\_Measurement.eep и RLC\_Measurement.hex и загрузить их в микроконтроллер модуля. Если средства программирования поддерживают интерфейс JTAG, можно соединить модуль Arduino с платой измерителя, установить её в корпус устройства, не закрывая верхнюю крышку (см. рис. 12).

Подключают программатор к разъёму XP1 интерфейса JTAG, измеритель — к источнику электропитания, а в папках RLC\_Measurement/Release выбрать файлы RLC\_Measurement.eep и RLC\_Measurement.hex или единый файл RLC\_Measurement.elf и загрузить в микроконтроллер.

После загрузки программы измеритель инициируется с выводом звукового сигнала и выводится следующее титульное сообщение (рис. 18), которое при первом включении после загрузки программы будет сохраняться некоторое время, потому что производится измерение и сохранение информации о смещении нуля в различных режимах измерения АЦП. При необходимости отрегулировать контрастность отображаемой информации можно с помощью резистора R54.

При следующих включениях это сообщение будет сохраняться около 2 с, затем измеритель перейдёт в режим измерения сопротивлений с выводом следующих строк (рис. 19).

Надо убедиться, что в верхней строке в цикле измерения знак равенства заменяется точкой, что сообщает о нормальном функционировании режима. В верхней строке слева выводится символ резистора, в нижней строке слева выводится символ измерения выводных компонентов.

Наименование кнопок управления в соответствии с их физическим расположением: Вверх, Вниз, Влево, Вправо, Ввод. Нажатием на кнопки Вверх и Вниз проверяют функционирование процесса переключения типов измерения с выводом сообщений.

Строки (рис. 20) выводятся в режиме измерения ёмкости конденсаторов от 1 мкФ и выше. В верхней строке слева выводится графический символ

конденсатора со штрихом, чтобы отличить этот режим от другого.

Эти строки (рис. 21) выводятся в режиме измерения ёмкости конденсаторов до 1 мкФ. Символ конденсатора в верхней строке слева отличается от символа, приведённого выше режима. Если в этом режиме будут отображаться значения ёмкости и частоты без подключения ёмкости, что вполне вероятно, то пока на это не нужно обращать внимание.

Эти строки (рис. 22) выводятся в режиме измерения индуктивности, о чём сообщает графический символ в первой строке слева. Индикации точки вместо знака равенства в верхней строке не будет, потому что пока не обнаружен объект измерения.

При переключении режимов измерения можно заметить, что измеритель с задержкой реагирует на нажатие кнопки. Чтобы исключить сбои устройства управления при нажатии на кнопки, на время измерения кнопки блокируются. Поэтому необходимо не спешить ориентироваться на звуковой сигнал при обнаружении устройством управления нажатия и помнить, что устройство управления должно фиксировать не только нажатую, но и отжатую кнопку, на что потребуется некоторое время. Это создаёт некоторые неудобства, но иного решения мне найти не удалось. Перед тем как закрыть измеритель верхней крышкой и перейти к процессу его калибровки, рекомендуется измерить мультиметром напряжение ИОН с точностью  $\pm 1$  мВ на разъёме XP10 платы измерителя и записать это значение.

Калибровка измерителя займет сравнительно много времени, но от этого в значительной мере будет зависеть точность измерений. Поэтому нужно проявить терпение и точно следовать

**RLC измеритель**  
**Версия: 2.2 2020 г.**

Рис. 18

∅ R=000,0 Ом  
∅ F=000000,0 Гц

Рис. 19

∅ C=0,000 мкФ  
∅ F=000000,0 Гц

Рис. 20

∅ C=000,0 пФ  
∅ F=000000 Гц

Рис. 21

∅ L=00,00 мкГн  
∅ F=000000 Гц

Рис. 22

∅ V=0999 мВ  
Калибр. ИОН 1100 мВ

Рис. 23

∅ V=0999 мВ  
Калибр. VDD 5000 мВ

Рис. 24

∅ Аудио с. и. Вкл.  
Калибр. Fр 7000 Гц

Рис. 25

∅ Аудио с. и. Откл.  
Калибр. Fр 7000 Гц

Рис. 26

∅ R=017,3 Ом  
Калибр. R 12-18 Ом

Рис. 27

∅ R=056,2 Ом  
Калибр. R 51-68 Ом

Рис. 28

∅ R=179 I=02,786 мА  
Калибр. I $\times$ 3 мА R=17,3 Ом

Рис. 29

пунктам описания калибровки. Прежде всего, необходимо подготовить образцовые элементы. Необходима п-образная посеребрённая пластина, которая будет подключаться к DIP-панели в качестве нулевого сопротивления и нулевой индуктивности. Для установки стабильных токов измерителя ESR необходимо подобрать два токоизмерительных резистора сопротивлением в интервале 12...18 Ом и 51...68 Ом с отклонением от номинала не более  $\pm 0,5\%$ , выбранные значения которых будут уточняться отдельными пунктами меню калибровки.

Для калибровки измерителя сопротивлений необходимы образцовые резисторы с отклонением  $\pm 0,1\%$  сопротивлением 1 кОм, 10 кОм, 100 кОм, 1 МОм и резистор 8...10 МОм. Для калибровки измерителей ёмкостей необходимы конденсаторы с отклонением  $\pm 0,5\%$  ёмкостью 1 мкФ и 100 нФ. Образцовые индуктивности найти весьма проблематично, если имеется возможность, в качестве них можно использовать элементы с любым отклонением, но измеренные приборами более высокого класса точности, в крайнем случае для проверки придётся использовать стандартные индуктивности с допуском не более  $\pm 5\%$ .

Перед калибровкой включают измеритель и дают прогреться в течение не менее 20 мин. Если по каким-либо причинам процесс калибровки был прерван с выключением измерителя, при продолжении калибровки снова предварительно выдержать не менее 20 мин для прогрева. Надо нажать на кнопку **Ввод** для вывода первого пункта (рис. 23) дополнительных калибровок, где графический символ в первой строке слева сообщает об этом режиме.

В этом пункте необходимо уточнить напряжение внутреннего источника образцового напряжения микроконтроллера, используя значение текущего контрольного напряжения 1000 мВ, образованного в точке соединения резисторов R38 и R39. Во второй строке отображается значение образцового напряжения по умолчанию. Кнопками **Влево** и **Вправо** перемещают курсор из нулевой позиции в позицию установки образцового напряжения и кнопками **Вверх** и **Вниз** устанавливают значение образцового напряжения в верхней строке 1000...999 мВ. Полученное значение должно быть близко к значению напряжения, которое измерили на разъёме XP10, и оно будет автоматически обновляться в EEPROM памяти при каждом изменении. Для перехода к следующему пункту калибровки кнопками **Влево** или **Вправо** переместить курсор в нулевую позицию и нажать на кнопку **Вверх**.

Следующий пункт предназначен для уточнения внешнего источника образцового напряжения, в качестве которого использовано стабильное напряжение питания — +5 В (рис. 24). Во второй строке отображается значение напряжения электропитания по умолчанию. Кнопками **Влево** и **Вправо** перемещают курсор из нулевой позиции в позицию установки величины образцового напряжения и кнопками **Вверх** и

**Вниз** установить значение контрольного напряжения в верхней строке 1000...999 мВ. Для перехода к следующему пункту калибровки кнопкой **Влево** или **Вправо** надо переместить курсор в нулевую позицию и нажать на кнопку **Вверх**.

Этот пункт (рис. 25) предназначен для определения использования аудиосопровождения измерения короткими сигналами длительностью около 1 мсек при обнаружении объекта измерения, а также для определения резонансной частоты применённого пьезоизлучателя. По умолчанию аудиосопровождение измерения включено, для его отключения кнопкой **Влево** или **Вправо** надо переместить курсор на надпись **Вкл.** и нажать на кнопку **Ввод**. Надпись **"Вкл."** изменится на **"Откл."**, как показано на рис. 26 с сохранением в EEPROM. Для включения звукового сигнала надо повторно нажать на кнопку **Ввод**.

Для определения резонансной частоты пьезоизлучателя кнопкой **Влево** или **Вправо** надо переместить курсор на надпись **"Вкл."** или **"Откл."**, а кнопкой **Вверх** или **Вниз** переместить курсор на надпись **"Fr"**, кнопкой **Влево** или **Вправо**, перемещая курсор на значения частоты кнопкой **Вверх** и **Вниз**, установить нужное значение частоты. Изменяемое значение частоты будет автоматически обновляться в EEPROM.

Для перехода к следующему пункту калибровки надо переместить курсор на нулевую позицию в обратном порядке и нажать на кнопку **Вверх** (рис. 27). Этот пункт калибровки предназначен для определения сопротивления токоизмерительного резистора, выбранного в диапазоне, указанном во второй строке, значение 17,3 Ом установлено по умолчанию. Этот резистор необходим для установки токов 3 и 50 мА измерителя ESR. Кнопками **Влево** и **Вправо** перемещают курсор в положение значений сопротивления верхней строки и кнопками **Вверх** и **Вниз** устанавливают значение сопротивления выбранного резистора.

Для перехода к следующему пункту калибровки надо переместить кнопкой **Влево** или **Вправо** курсор в нулевую позицию и нажать на кнопку **Вверх**. Этот пункт калибровки (рис. 28) предназначен для установки сопротивления токоизмерительного резистора, выбранного в диапазоне, указанном во второй строке. Для тока 10 мА значение 56,2 Ом установлено по умолчанию. Установленное значение автоматически обновится в памяти EEPROM, и можно перейти к следующему пункту калибровки аналогичными действиями.

Этот пункт (рис. 29) предназначен для установки стабильного измерительного тока около 3 мА ШИМ регулятором, который используется для измерения ESR конденсаторов ёмкостью до 10 мкФ. В верхней строке PWM отображается значение ШИМ по умолчанию, значение тока I будет отображаться как 55,555 мА, это потому, что не подключён токоизмерительный резистор и идёт переполнение результата измерения тока. Во второй строке отобра-

жаются приближённое значение тока, которое необходимо установить, и со-противление токоизмерительного резистора, который был выбран в предыдущем пункте в интервале 12...18 Ом. Подключают выбранный резистор к DIP-панели, переполнение должно уйти, и отобразится измеренное значение тока через резистор.

Кнопкой **Влево** или **Вправо** перемещают курсор на отображаемое значение PWM, и кнопками **Вверх** и **Вниз** надо установить ток, близкий к 3 мА. Уменьшение значения PWM приводит к увеличению тока, и наоборот, при увеличении значения PWM ток уменьшается. Значение PWM будет автоматически обновляться EEPROM при его изменении. Перемещают курсор на символ тока I, и отобразится значение тока, которое содержится в EEPROM. Нажатие на кнопку **Ввод** приведёт к сохранению в EEPROM текущего значения измеренного тока, это можно делать не ограниченное число раз. Если переместить курсор на PWM, снова будет отображаться текущее значение измеренного тока. Измеряют мультиметром падение напряжения на токоизмерительном резисторе на минимальном пределе измерения и калькулятором рассчитывают значение тока. Значения рассчитанного и измеряемого прибором тока не должны различаться более чем на  $\pm 5\%$ . Если отличие больше, значит, неправильно определено образцовое напряжение или сопротивление токоизмерительного резистора.

Переместить курсор на нулевую позицию и нажать на кнопку **Вверх** для перехода к следующему пункту калибровки (рис. 30), который предназначен для установки стабильного измерительного тока около 10 мА ШИМ регулятором, который будет использоваться для измерения ESR конденсаторов ёмкостью от 10 мкФ до 100 мкФ. Подключают выбранный в интервале 51...68 Ом резистор к DIP-панели, и на табло отобразится измеренное значение тока через резистор. Переместив курсор кнопкой **Влево** или **Вправо** на десятки и единицы значения PWM, кнопками **Вверх** и **Вниз** устанавливают ток, близкий к 10 мА. Значение PWM будет автоматически обновляться в EEPROM при его изменении. Перемещают курсор на символ тока I и, нажав на кнопку **Ввод**, сохраняют текущее значение измеренного тока в EEPROM. Надо измерить мультиметром падение напряжения на токоизмерительном резисторе и калькулятором рассчитать значение тока. Значения рассчитанного и измеряемого прибором тока должны различаться не более чем  $\pm 5\%$ .

Для перехода к последнему пункту калибровки перемещают курсор на нулевую позицию и нажимают на кнопку **Вверх**. Этот пункт (рис. 31) предназначен для установки стабильного измерительного тока около 50 мА ШИМ регулятором, который будет использоваться для измерения ESR конденсаторов ёмкостью 100 мкФ и более. После подключения выбранного в диапазоне 12...18 Ом резистора к DIP-панели на табло отобразится измеренное значение тока через резистор. Перемещают

• PWM=156 I=10,302 мА  
Калибр. I≈10 мА R=56,2 Ом

Рис. 30

• R=000,0 Ом  
• Калибр.Со 09250,0 пФ

Рис. 34

• C=0,000 мкФ  
• F=000000,0 Гц

Рис. 38

• PWM=036 I=50,170 мА  
Калибр. I≈50 мА R=17,3 Ом

Рис. 31

• R=1,000 МОм  
• Калибр.Со 09250,0 пФ

Рис. 35

• C=0,000 мкФ  
• Калибр.Со 0995500 пФ

Рис. 39

• R=000,0 Ом  
• F=000000,0 Гц

Рис. 32

• R=10,00 МОм  
• Калибр.Гк 052,0 нСм

Рис. 36

• C=1,000 мкФ  
• Калибр.Со 0995500 пФ

Рис. 40

• G=000,0 нСм  
• T=0000000,0 мксек

Рис. 33

• R=000,6 Ом  
• Калибр.РР 00,01 Ом

Рис. 37

• C=105,5 мкФ  
• F=00030,1 Гц

Рис. 41

курсор кнопкой **Влево** или **Вправо** на десятки и единицы значения PWM и кнопками **Вверх** и **Вниз** устананавливают ток, близкий к 50 мА, значение PWM будет автоматически обновляться в EEPROM при его изменении. Переместив курсор на символ тока I и нажав на кнопку **Ввод**, сохраняют текущее значение измеренного тока в EEPROM.

Измеряют мультиметром падение напряжения на токоизмерительном резисторе и калькулятором рассчитывают значение тока. Значения рассчитанного и измеряемого прибором тока должны различаться не более чем на  $\pm 5\%$ . Переместив курсор на нулевую позицию и нажав на кнопку **Ввод**, выходят из режима калибровки в режим измерения сопротивлений, как отображено на **рис. 32**.

Далее необходимо проверить дополнительную возможность в этом режиме отображения проводимости вместо сопротивления и периода — вместо частоты. Кнопкой **Влево** или **Вправо** надо переместить курсор из нулевой позиции на символ R и нажать на кнопку **Ввод**. Затем нажать на кнопку **Вверх** для перемещения курсора на символ "F" и нажать на кнопку **Ввод**. Отображаемая информация должна выглядеть в соответствии с **рис. 33**. Кнопками **Вверх** и **Вниз** можно переместить курсор на соответствующие символы и повторным нажатием на кнопку **Ввод** вернуть показания сопротивления и частоты.

Каждый тип измерений содержит свои пункты калибровки, используемые только в этом режиме, но некоторыми результатами калибровки режима могут использоваться в других режимах измерения. В режиме измерения сопротивлений необходимо уточнить значение ёмкости конденсатора C4, входную проводимость компаратора и сопро-

тивление щупа, которые необходимо компенсировать. Кнопкой **Влево** или **Вправо** надо переместить курсор на символ "R", и затем кнопкой **Вверх** найти и вывести следующий пункт калибровки (**рис. 34**). Этот пункт предназначен для уточнения ёмкости образцового конденсатора измерителя сопротивлений, значение по умолчанию которого отображено во второй строке слева. Подключив к DIP-панели образцовый резистор сопротивлением 1 МОм с отклонением не более  $\pm 0,1\%$  и перемещая курсор кнопками **Влево** и **Вправо** на нужные единицы значения ёмкости, а также изменения их кнопками **Вверх** и **Вниз**, установить отображаемое значение сопротивления в верхней строке, как показано на **рис. 35**.

Для увеличения значения сопротивления необходимо уменьшать значение ёмкости, и наоборот. Далее подключают к DIP-панели образцовые резисторы сопротивлением 100 кОм, 10 кОм, 1 кОм с допуском не более  $\pm 0,1\%$  и проверяют точность измерений на этих пределах измерения. Кнопкой **Влево** или **Вправо** перемещают курсор на символ "Co" и кнопкой **Вверх** переходят к следующему пункту калибровки.

Этот пункт (**рис. 36**) предназначен для компенсации входной проводимости компаратора с отображением значения по умолчанию во второй строке справа, которая может оказывать влияние при измерении сопротивлений 2 МОм и более. Подключив к DIP-панели образцовый резистор в интервале 8...10 МОм с допуском на более  $\pm 0,1\%$ , перемещают курсор кнопкой **Влево** или **Вправо** на значение проводимости и изменяют её значение кнопками **Вверх** и **Вниз**, чтобы установить точное значение выбранного образцового сопротивления в верхней строке. Кнопкой **Влево** или **Вправо** перемещают курсор на

символ "Gk" и кнопкой **Вверх** переходят к следующему пункту калибровки.

Подключив к DIP-панели разъём щупа и замкнув контакты пинцета, надо зафиксировать их чем-либо в этом состоянии (**рис. 37**). В нижней строке слева отобразится символ SMD-элемента, а в верхней строке отобразится сопротивление щупа. Переместив курсор кнопкой **Влево** или **Вправо** на значение сопротивления компенсации щупа во второй строке и изменения значение сопротивления кнопками **Вверх** и **Вниз**, надо установить нулевое значение сопротивления в верхней строке. Кнопкой **Влево** или **Вправо** перемещают курсор на символ "Rp" и кнопкой **Вверх** выходят из меню калибровки режима измерения сопротивлений. Перемещают курсор в нулевую позицию для переключения к следующему режиму измерения.

Отключают щуп и подключают к DIP-панели п-образную посеребрённую пластину для проверки функции автоматической коррекции нуля. Верхняя строка должна отобразить нулевое сопротивление, допустимо непериодическое появление единицы после запятой, т. е. десятой доли ома. На этом налаживание можно закончить, и режим измерения сопротивлений готов к работе.

Для перехода в режим измерения ёмкости конденсаторов 1 мкФ и более надо нажать на кнопку **Вверх**. В этом режиме (**рис. 38**) имеется только один пункт калибровки — уточнение ёмкости образцового конденсатора C3. Кнопкой **Влево** или **Вправо** переместить курсор на символ "C" и нажать на кнопку **Вниз**, чтобы сразу перейти к пункту калибровки образцовой ёмкости, показанному на **рис. 39**. Подключить к DIP-панели образцовый конденсатор ёмкостью 1 мкФ с отклонением не более  $\pm 0,5\%$

‡	X=50,11 Ом
‡	F=00030,1 Гц

Рис. 42

‡	C=105,5 мкФ
‡	Q=000070,1

Рис. 46

‡	C=000,0 пФ
‡	Калибр.Л 123,98 мкГн

Рис. 50

‡	C=105,5 мкФ
‡	T=0033222,5 мксек

Рис. 43

‡	C=104,8 мкФ
‡	ESR=01,667 Ом

Рис. 47

‡	C=000,0 пФ
‡	Калибр.С0 09999,4 пФ

Рис. 51

‡	C=105,5 мкФ
‡	ESR=00,712 Ом

Рис. 44

‡	C=010,9 пФ
‡	F=142966 Гц

Рис. 48

‡	C=048,6 пФ
‡	Калибр.С0 09999,4 пФ

Рис. 52

‡	C=105,5 мкФ
‡	t <sub>98</sub> =0,01419

Рис. 45

‡	C=010,9 пФ
‡	Калибр.Л 123,74 мкГ

Рис. 49

‡	C=000,0 пФ
‡	Калибр.СР 048,6

Рис. 53

или, в крайнем случае, любой плёночный конденсатор ёмкостью около 1 мкФ, но с определением его точного значения ёмкости с помощью измерительного прибора с высоким классом точности. В своё время мне удалось приобрести несколько полистирольных конденсаторов МПГ-П, в том числе и ёмкостью 1 мкФ с отклонением  $\pm 0,1\%$ , которые прекрасно подходят для калибровки измерителя. Кнопкой **Влево** или **Вправо** надо переместить курсор на отображаемое во второй строке значение опорной ёмкости и изменением её значения кнопками **Вверх** и **Вниз** установить значение ёмкости в верхней строке (рис. 40).

Далее можно подключить к DIP-панели какой-либо полярный конденсатор и просмотреть все параметры, которые может предоставить измеритель. Для примера подключим tantalовый конденсатор К53-16 ёмкостью 100 мкФ и рассмотрим все возможные параметры, а также корректность измерения ESR. Для этого необходимо подготовить резистор сопротивлением 1 Ом с отклонением не более  $\pm 5\%$ , необходимый для наглядной демонстрации корректности измерения ESR. Далее будут отображены параметры, измеренные на реальном конденсаторе (рис. 41).

Кнопкой **Влево** или **Вправо** переместим курсор на символ "C" и нажмём на кнопку **Ввод**. В верхней строке (рис. 42) отобразится реактивное сопротивление конденсатора на частоте, отображаемой на второй строке.

Повторным нажатием на кнопку **Ввод** возвратим отображение ёмкости конденсатора и нажмём на кнопку **Вверх** для перемещения курсора на символ "F". Нажатие на кнопку **Ввод** вместо частоты в нижней строке отображается период (рис. 43). Повторное нажатие на кнопку **Ввод** отображает ESR конденсатора в нижней строке (рис. 44).

Нажимают на кнопку **Ввод** для отображения в нижней строке (рис. 45) тангенса угла потерь в конденсаторе с учётом только активной составляющей потерь, реактивная составляющая потеря на таких частотах не существенна, а потому и нет смысла её учитывать.

Повторно нажимают на кнопку **Ввод** для отображения в нижней строке добротности конденсатора, которая зависит от потери (рис. 46).

Для отображения ESR конденсатора нажимают несколько раз на кнопку **Ввод**. Подключим к DIP-панели резистор 1 Ом последовательно с измеряемым конденсатором и сравним результат измерения ESR с предыдущим результатом без резистора. Результат, как видно ниже, очевиден, погрешность составляет  $-2,6\%$  и существенной роли не играет, заметно снижение измеренной ёмкости конденсатора при увеличении ESR (рис. 47).

Отключают конденсатор с резистором от DIP-панели и нажимают несколько раз на кнопку **Ввод** для отображения частоты. Кнопкой **Вниз** переместим курсор на верхнюю строку и кнопкой **Влево** или **Вправо** переместим курсор в нулевую позицию. Для перехода в режим измерения ёмкости конденсаторов до 1 мкФ надо нажать на кнопку **Вверх**. Рекомендуется пункты калибровки этого типа измерения проводить после достаточно длительного прогрева для более точных измерений малых ёмкостей. Как уже упоминалось выше, при первом входе в этот тип измерений возможно отображение ёмкости и частоты без подключения измеряемого конденсатора, как отображено на рис. 48, что вполне нормально. А также вполне возможно, что будут отображаться и нулевые значения ёмкости и частоты, всё зависит от начального значения индуктивности, которое задано по умолчанию.

Кнопкой **Влево** или **Вправо** перемещают курсор на символ "C" и кнопкой

**Вверх** или **Вниз** выбирают следующий пункт меню калибровки (рис. 49). Этот пункт предназначен для расчёта значения образцовой катушки индуктивности, опираясь на частоту и ёмкость образцового конденсатора С7, в которой условно принята ёмкость 10000 пФ несмотря на допустимое отклонение  $\pm 1\%$ . Перемещают кнопкой **Влево** или **Вправо** курсор на значение индуктивности во второй строке и нажимают на кнопку **Ввод**. В этом пункте определяется значение индуктивности и создаётся баланс с учётом ёмкости монтажа, о чём свидетельствует нулевое значение отображаемой ёмкости. Рекомендуется этот пункт в дальнейшем не использовать, а использовать только пункт коррекции смещения нуля (рис. 50).

Переместив курсор на символ "L", нажимают на кнопку **Вниз** для перехода к пункту коррекции смещения нуля, который пришлось ввести из-за теплового дрейфа частоты генерации измерителя ёмкостей. Компенсация смещения позволяет измерять конденсаторы малой ёмкости; правда, для этого нужно некоторое время, чтобы приобрести опыт пользования измерителем в этом режиме. Переместить курсор на значение смещения ёмкости, которое по умолчанию равно опорному 10000 пФ, и нажать на кнопку **Ввод**. Значение смещения может изменяться, чтобы осуществить компенсацию нуля, как показано на рис. 51.

Далее необходимо измерить ёмкость щупа и ввести его значение в предназначеннном для этого пункте для компенсации. Подключают щуп к DIP-панели для измерения его ёмкости, пример которой отображён на рис. 52, и запоминают его значение.

Отключают щуп от DIP-панели и нажимают на кнопку **Вверх** для вывода пункта компенсации ёмкости чип щупа, как отображено на рис. 53.

Перемещают кнопкой **Влево** или **Вправо** курсор на значение ёмкости на

‡ C=000,0 пФ  
‡ Калибр.Се 0519,4 пФ

Рис. 54

‡ C=987,7 пФ  
‡ t<sub>98</sub>=0,00794

Рис. 58

‡ L=00,00 мкГн  
‡ Калибр.Л0 123,98 мкГн

Рис. 62

‡ C=987,7 пФ  
‡ F=136381 Гц

Рис. 55

‡ C=987,7 пФ  
‡ Q=00122,8

Рис. 59

‡ L=00,00 мкГн  
‡ Калибр.ЛР 00,02 мкГн

Рис. 63

‡ X=1,181 кОм  
‡ F=136381 Гц

Рис. 56

‡ C=987,7 пФ  
‡ t<sub>98</sub>=0,00888

Рис. 60

‡ L=00,00 мкГн  
‡ Калибр.С 10000,0 пФ

Рис. 64

‡ C=987,7 пФ  
‡ T=07,332 мксек

Рис. 57

‡ L=00,00 мкГн  
‡ F=000000 Гц

Рис. 61

‡ L=66,82 мГн  
‡ F=006151 Гц

Рис. 65

второй строке и кнопками **Вверх** и **Вниз** устанавливают значение ёмкости чип щупа, полученное в предыдущем пункте. Временно подключают для пробы щуп к DIP-панели, в верхней строке должна быть нулевая ёмкость, значит, значение ёмкости чип щупа определено правильно и оно компенсируется. Если же ёмкость не равна нулю, необходимо повторить три вышеприведённые операции. Установить курсор на символ **"Ср"** и кнопкой **Вверх** перейти к следующему пункту калибровки.

Этот пункт калибровки (рис. 54) предназначен для определения ёмкости дополнительного конденсатора совместно с ёмкостью монтажа, который будет использоваться для изменения частоты при определении потерь в измеряемом конденсаторе. Значение ёмкости будет определено автоматически.

Перемещают кнопкой **Влево** или **Вправо** курсор на значение ёмкости по умолчанию на второй строке и нажимают на кнопку **Ввод**. Автоматически определяется и отобразится реальная ёмкость дополнительного конденсатора с учётом ёмкости монтажа. В дальнейшем пункты калибровки индуктивности, ёмкости чип щупа и дополнительной ёмкости использовать не рекомендуется, только в случаях замены каких-либо компонентов или при подозрении в неправильном измерении параметров компонентов.

Переместить кнопкой **Влево** или **Вправо** курсор на символ **"Се"** и кнопкой **Вверх** переместить курсор на символ **"С"**. Пришло время рассмотреть возможность получения дополнительных параметров измеряемых конденсаторов. Для примера воспользуемся керамическим конденсатором КМ-5 ёмкостью 1000 пФ и подключим его к DIP-панели. Получились следующие результаты (рис. 55).

Нажмём на кнопку **Ввод** для отображения реактивного сопротивления конденсатора на текущей частоте (рис. 56). Повторно нажмём на кнопку **Ввод** для отображения ёмкости и затем — на кнопку **Вверх** для перемещения курсора на символ **"F"**, а также нажмём на кнопку **Ввод** для отображения периода (рис. 57).

Для отображения тангенса угла потерь в конденсаторе на текущей частоте нажимают на кнопку **Ввод** (рис. 58). Повторно нажмём на кнопку **Ввод** для отображения добротности конденсатора на текущей частоте (рис. 59).

Завершая отладку данного режима измерения, для желающих даю методику проверки корректности измерения потерь. Используя измеренные выше параметры, определим сопротивление потерь:

$$R_p = \frac{tg\delta}{2 \times \pi \times F \times C} = \frac{0,00794}{2 \times \pi \times 136381 \times 987,7^{-12}} = 9,38 \text{ Ом.}$$

Подключим последовательно с конденсатором ёмкостью 1000 пФ резистор сопротивлением 1 Ом и повторно проведём измерение, полученный результат показан на рис. 60. Используя вышеприведённое выражение, определим сопротивление потерь:

$$R_p = \frac{0,00888}{2 \times \pi \times 136381 \times 987,7^{-12}} = 10,49 \text{ Ом.}$$

Разность сопротивлений потерь составила 1,11 Ом, что, по моему мнению, является достаточно наглядным примером, чтобы доверять результатам измерения. Желающие могут проверить эту методику с конденсаторами других типов и ёмкостей.

Нажатием на кнопку **Ввод** вернём отображение частоты, кнопкой **Вниз** переместим курсор на верхнюю строку,

а кнопкой **Влево** или **Вправо** переместим курсор в нулевую позицию. Теперь этот режим измерения готов к работе.

Для перехода в режим измерения индуктивности, который будет находиться в ожидании подключения объекта измерения, надо нажать на кнопку **Вверх** (рис. 61). В этом типе измерений имеются два пункта калибровки: пункт компенсации индуктивности смещения и индуктивности щупа. Перемещают кнопкой **Влево** или **Вправо** курсор на символ **"L"** и кнопкой **Вверх** выбирают пункт (рис. 62).

Подключают к DIP-панели п-образную посеребрённую пластину, при этом в верхней строке может отобразиться значение индуктивности смещения, а может, и нет, всё зависит от того, куда сместился баланс. Переместив курсор кнопкой **Влево** или **Вправо** на значение индуктивности во второй строке, надо нажать на кнопку **Ввод**, значение индуктивности может измениться на величину смещения, в верхней строке индуктивность равна нулю.

Удаляют п-образную пластину, возвращают курсор на символ **"L0"** и кнопкой **Вверх** выбирают пункт компенсации индуктивности щупа (рис. 63). Подключают к DIP-панели разъём щупа и замыкают концы измерительного пинцета. Если в верхней строке отобразится какое-либо значение индуктивности, необходимо переместить курсор кнопкой **Влево** или **Вправо** на значение индуктивности, по умолчанию во второй строке, и кнопками **Вверх** и **Вниз** добавить измеренное значение индуктивности к этому значению. Если значение индуктивности чип щупа было равно нулю, ничего делать не нужно.

Последним пунктом калибровки этого режима (рис. 64) является возможность коррекции значения образцовой ёмкости С7. Этим пунктом без необхо-

» X=2,582 кОм  
» F=006151 Гц

Рис. 66

димости пользоваться не рекомендуется. Если сильно хочется, то можно подкорректировать значение этой ёмкости в случае, если её значение было до пайки на плату измерено прибором высокого класса точности.

Для проверки точности измерения индуктивностей в моём распоряжении имеются две катушки индуктивности 1 мГн и 66,8 мГн, измеренные на стандартном измерителе Е7-15, а также несколько стандартных индуктивностей с допуском  $\pm 5\%$ . Используя эти доступные индуктивности, рассмотрим возможность получения дополнительных параметров этого режима. Кнопкой **Вверх** или **Вниз** переместим курсор на символ "L", подключим к DIP-панели катушку индуктивностью 66,8 мГн, результат измерения показан на рис. 65.

» L=66,82 мГн  
» T=0162,575 мксек

Рис. 67

» L=66,82 мГн  
» Q=00023,6

Рис. 68

» L=999,2 мкГн  
» F=047508 Гц

Рис. 69

Нажимают на кнопку **Ввод** для отображения реактивного сопротивления катушки индуктивности на текущей частоте (рис. 66). Для возврата отображения индуктивности нажимают на кнопку **Ввод**, кнопкой **Вверх** перемещают курсор на символ "F" и нажимают на кнопку **Ввод** для отображения периода (рис. 67).

Нажмём повторно на кнопку **Ввод** для отображения добротности индуктивности (рис. 68). Нажатием на кнопку **Ввод** вернём отображение частоты. Для завершения подключим для измерения катушку индуктивностью 1 мГн (рис. 69). Подключив стандартную катушку индук-

тивностью 12 мкГн с допуском  $\pm 5\%$ , получим результат (рис. 70).

На этом обзор возможностей измерителя можно завершить. Отмету, что удалось получить максимум возможностей несмотря на простейшие методы измерения, и всё это благодаря микроконтроллерным средствам управления.

**От редакции.** Программы для микроконтроллера, а также авторский вариант чертежа печатной платы в программе Sprint-Layout находятся по адресу <http://ftp.radio.ru/pub/2021/07/r1c.zip> на нашем FTP-сервере.

## Ускорение вывода информации на TFT-дисплей у контроллеров ATmega

С. СВЕЧИХИН, г. Красноярск

**С**ущественным недостатком микроконтроллерных (МК) систем с выводом графической информации на дисплей является большое время прорисовки картинки. Так, микроконтроллер ATmega8515 с тактовой частотой 16 МГц потратит около 0,15 с на простую загрузку экрана с разрешением 320×240 каким-либо цветом. По этой причине делается вывод об отсталости МК серии Atmel и невозможности сделать на них что-либо "быстрое". Считается, что выход из положения — использование более производительных контроллеров серии STM32 с большой тактовой частотой. Но и тут положение не намного лучше, изображение также разворачивается недостаточно быстро.

Быстрый вывод графической информации можно сделать, используя в МК серии STM32 интерфейс FSMC. Но этот интерфейс есть только в тех МК, которые выполнены в корпусах с числом выводов 100 или 144. Эти МК значительно дороже, а их монтаж на плату более сложный, особенно в любительских условиях.

Интерфейс FSMC весьма похож на интерфейс, который существовал в МК фирмы Atmel с самого начала их производства. Это — интерфейс для работы с внешней памятью (EMI — Extended Memory Interface) [1]. Сейчас он потерял своё значение и сохранился лишь у немногих микросхем, например, ATmega8515, ATmega162, ATmega64/128

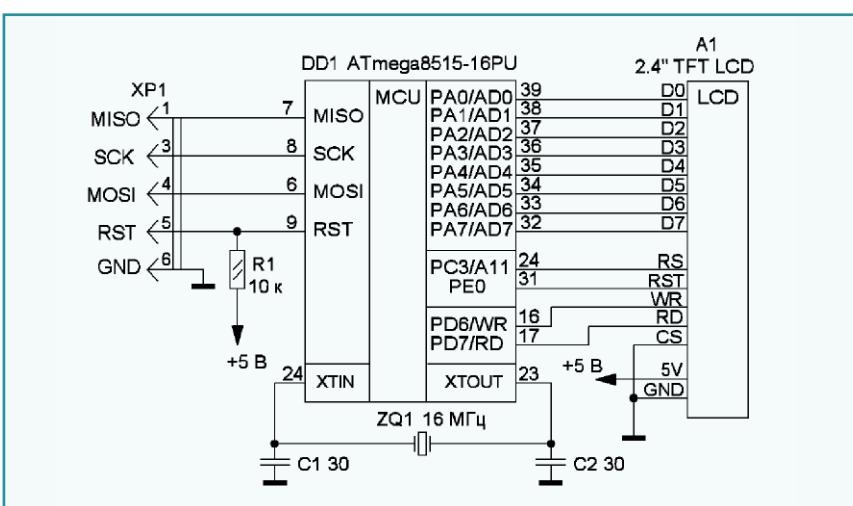
и ATmega1280/2560. Первые два МК выпускаются также в корпусах DIP40, а МК ATmega2560 используется в платах Arduino.

Для исследования скоростных возможностей интерфейса EMI был собран макет на МК ATmega8515, схема которого показана на рисунке (цепи питания не показаны). МК тикает кварцевым резонатором ZQ1. Дисплей подключён к предназначенному для интерфейса EMI выводам МК. Это шина адреса/данных AD0—AD7, шина адресов

A8—A15 и выводы WR и RD. Вывод ALE (строб адреса) в макете не используется. Вывод RST дисплея может быть подключён к любому свободному порту МК. Вывод CD (RS) дисплея должен быть подключён к одному из выводов A8—A15. В устройстве используется вывод A11. Поскольку на плате только один дисплей, вход CS дисплея подключен к общему проводу.

Для измерения интервалов времени задействован таймер T1 в режиме счёта. Содержимое таймера перед измерением обнуляется, затем производится какая-либо операция, длительность которой интересует, после чего считывается содержимое таймера и выводится на дисплей. На вход таймера подаётся сигнал с периодом 63 мкс при тактовой частоте 16 МГц. Временной интервал получается после умножения содержимого таймера на 63.

В макете использован дисплей 2,4" TFT LCD Shield с встроенным контроллером ILI9341 и параллельным восьмикбит-



ным интерфейсом. Для тестирования были разработаны два варианта программы, различающиеся только способом обращения к дисплею. В обоих вариантах предусмотрены два теста. Первый тест (**test1**) ежесекундно загружает экран поочерёдно каким-либо цветом из восьми и измеряет время загрузки. Время выводится в нижнюю часть экрана. Второй тест (**test2**) просто выводит прямоугольники случайного цвета и размеров. Различие в скорости вывода видно глазом. Одинаковые тесты позволяют сравнить время выполнения одинаковых операций.

При разработке программы использована библиотека для работы с дисплеем на контроллере ILI9341 [2], а также была использована информация [3].

Первый вариант программы не использует интерфейс EMI. Для управления дисплеем используются порты PORTA, PORTC, PORTD. Все сигналы управления формируются программно с минимально возможными задержками. Этот вариант находится в папке P1.

Функции вывода команды и данных выглядят так:

```
void TFT9341_SendCommand(unsigned char cmd)
{
    COMDATA_PORT &= ~(1<<LCD_CD);
    // вывод CD в состоянии посылки команды
    DATA_PORT = cmd;
    CTRL1_PORT &= ~(1<<LCD_WR);
    CTRL1_PORT |= (1<<LCD_WR);
}
void TFT9341_SendData(unsigned char data)
{
    COMDATA_PORT |= (1<<LCD_CD);
    // вывод CD в состоянии посылки данных
    DATA_PORT = data;
    CTRL1_PORT &= ~(1<<LCD_WR);
    CTRL1_PORT |= (1<<LCD_WR);
}
```

Во втором варианте программы, которая находится в папке P2, используется интерфейс EMI. Вывод на дисплей поручается встроенному в конт-

роллер механизму для работы с внешней памятью. Не нужно заниматься формированием сигналов управления.

Включение интерфейса осуществляется установкой бита SRE в регистре MCUCR:

```
MCUCR |= (1<<SRE).
```

Применённый дисплей не потребовал введения задержек в сигналы управления, и на макете не требуется использовать выводы порта PC для других целей и разбивать внешнюю память на сектора, поэтому в регистрах MCUCR и EMCUCR соответствующие биты обнулены:

```
MCUCR &= ~(1<<SRW10);
EMCUCR &= 0b10000001;
```

В адресном пространстве внешнего ОЗУ выделены два адреса для работы:

```
#define LCD_C (*(volatile unsigned char*)(0b1000000000000000));
#define LCD_D (*(volatile unsigned char*)(0b1000100000000000)).
```

По первому адресу будет выводиться команда, по второму — данные.

Адреса расположены в верхней части адресного пространства. Они достаточно далеки от адресов регистров контроллера и от адресов встроенного ОЗУ, поэтому мешать работе МК не будут.

Вывод 24 (A11) подключён к входу CD(RS) дисплея. При записи информации по первому адресу на этом входе будет низкий уровень. Дисплей воспримет эту операцию как запись команды. При обращении по второму адресу на этом входе будет высокий уровень и дисплей будет принимать переданные данные.

Сигналы на выходы WR и RD дисплея формируются в МК аппаратно. Вывод команд и данных в дисплей происходит как обращение к ячейке памяти по одному из двух адресов.

Функции вывода команды и данных выглядят так:

```
void TFT9341_SendCommand(unsigned char cmd)
{
    LCD_C = cmd;
}
```

```
void TFT9341_SendData(unsigned char data)
{
    LCD_D = data;
}
```

Остальные функции библиотеки были также соответствующим образом изменены.

Выполнение первого теста программы без использования EMI дало такие результаты: время загрузки составило 1634×63 = 102 мс для чёрного или белого цвета, 2335×63 = 147 мс — для других цветов. Это соответствует частоте около семи кадров в секунду. Процесс загрузки виден непосредственно глазом. С использованием же интерфейса EMI МК тратит на загрузку любым цветом 514×63 = 32 мс, т. е. от трёх до пяти раз меньше времени. А сам процесс глазом уже практически не видно.

Проведённое тестирование показало, что мнение об отсталости МК семейства Atmel несколько преувеличено. По крайней мере, по скорости вывода информации на TFT-дисплей они ненамного уступают МК STM32 без интерфейса FSMC. В то же время в большинстве случаев пользоваться МК серии ATmega значительно проще и дешевле.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Евстифеев А. В. Микроконтроллеры AVR семейства Mega. Руководство пользователя. — М.: Издательский дом Додэка-XXI, 2007 (с. 143).

2. Урок 34. Часть 1. Дисплей TFT 240x320 8bit. — URL: <http://narodstream.ru/avr-urok-34-displej-tft-240x320-8bit-chast-1/> (19.05.21).

3. Использование External Memory Interface для работы с экранчиком. — URL: <http://we.easylelectronics.ru/blog/AVR/660.html> (19.05.21).

**От редакции.** Упомянутые программы для микроконтроллера находятся по адресу <http://ftp.radio.ru/pub/2021/07/tft.zip> на нашем FTP-сервере.

## Термопот Scarlett SC-ET10D02 и его ремонт

А. ПАНЬШИН, г. Москва

Наличие принципиальной, монтажной схем и описания изделия облегчает его ремонт. В статье предложено описание модели термопота Scarlett SC-ET10D02, особенности его схемы, управление работой, возможные неисправности и их устранение. Схема термопота показана на **рис. 1**. Обозначения элементов, их тип и надписи на схеме взяты с плат. Необозначенные на платах элементам присвоены позиционные обозначения.

На металлическом корпусе термопота установлены сетевой разъём питания XP1 и выключатель напряжения сети SA1. В нижней части бака для кипячения воды закреплён термоэлектронагреватель — тэн, имеющий в одном корпусе два нагревателя: ЕК1 — мощностью 750 Вт для кипячения и ЕК2 — мощностью 100 Вт для подогрева воды. На боковой поверхности бака единственным блоком установлены аварийный термовыключатель SK1 с температурой срабаты

тывания 110 °С и FU1 — плавкая вставка на ток 10 А. На дне бака для измерения температуры воды установлен терморезистор RK1 с отрицательным ТКС (термистор). К дну бака на крепёжных выступах крепится поддон — шасси, на котором размещены электродвигатель M1 с помпой, и на пластмассовой подложке — трансформатор вторичного питания T1, керамический изолятор, на котором расположены разъёмы XT1—XT4 и силовая плата.

На силовой плате (**рис. 2**) находятся силовые штыревые разъёмы CON3 и CON5. Через разъём CN3 подключена первичная обмотка трансформатора T1, на плате этот разъём соединён с разъёмом CON3. Разъём CN6 предназначен для подключения электродвигателя M1. К разъёму CN7 чёрного цвета подключен термистор RK1. Вторичная обмотка трансформатора T1 разъёмом CN4 подключена к диодному мосту D1—D4 вто-

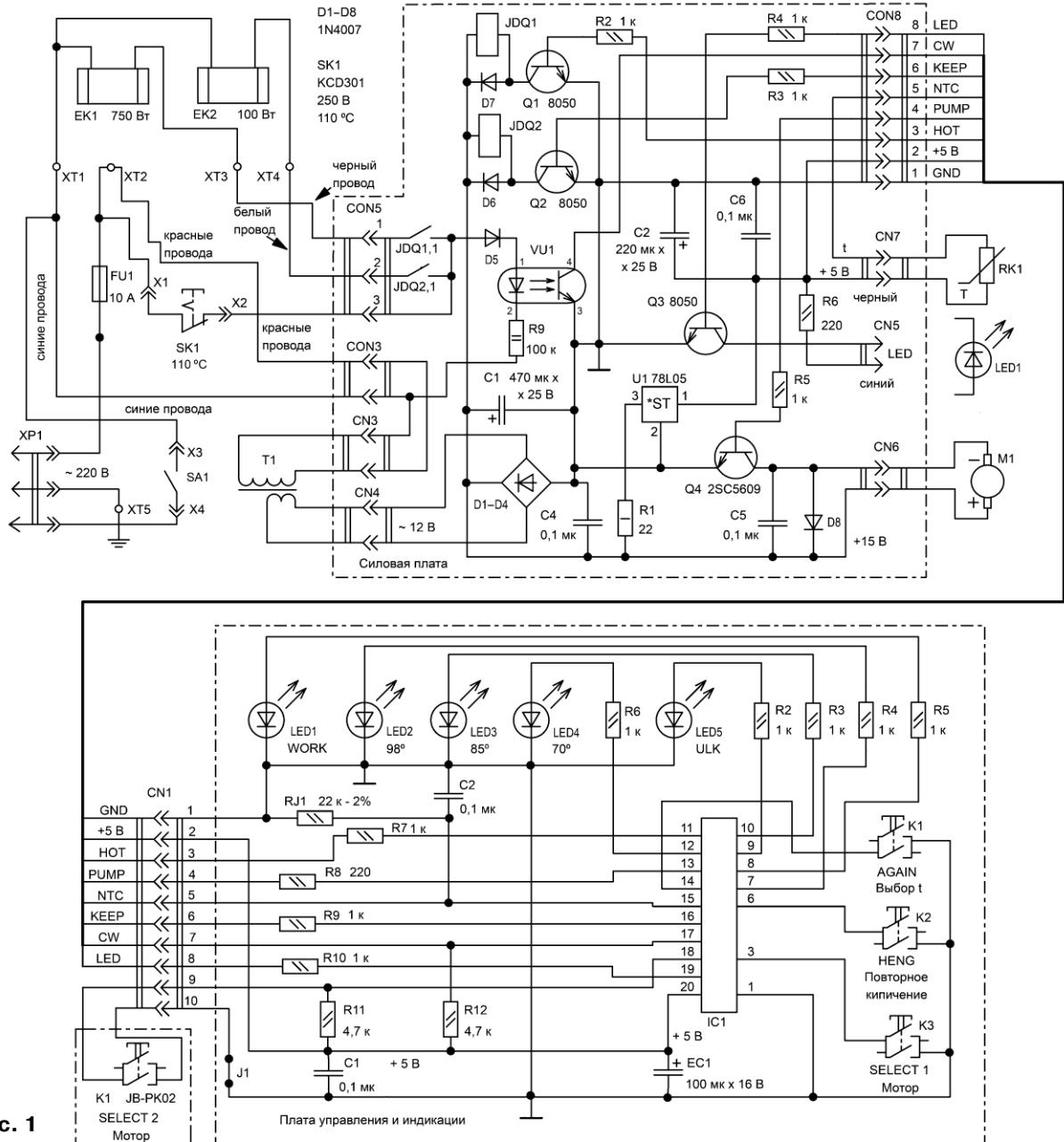


Рис. 1

рического источника питания напряжением +12 В, от которого питаются узлы управления реле JDQ1 и JDQ2, электродвигателя M1 и источник вторичного напряжения +5 В на стабилизаторе U1 (78L05). На плате находится датчик размыкания контактов термовыключателя SK1 — оптрон VU1 (C621 или TLP621). Разъём CON8 соединяет силовую плату жгутом из восьми проводов с разъёмом CN1 платы управления. В модели SC-ET10D02 к разъёму CN5 светодиод не подключён.

На плате управления и индикации (рис. 3) находится микроконтроллер IC1, управляющий работой термопота. Плата закреплена в верхней части корпуса на нижней, внутренней, стороне панели управления. Через прозрачные

окошки панели видны светодиоды: LED1 красного цвета — индикатор включения кипячения воды, LED5 зелёного цвета — индикатор включения функции подогрева воды, а также три индикатора выбора температуры подогрева воды жёлтого цвета — LED2 (98 °C), LED3 (85 °C), LED4 (70 °C). На плате расположены три кнопки: K1 (AGAIN) — выбор температуры подогрева кипячёной воды, K2 (HENG) — повторное кипячение, K3 (SELECT 1) — включение электродвигателя M1. На все эти кнопки нажимают через эластичные вставки панели управления. Кнопка K1 на отдельной плате JB-PK02 — дублёр включения электродвигателя, её выводы подключены к плате управления контактами 9 и 10 разъёма CN1. Плата за-

креплена позади отверстия для слива кипятка. Кнопку K1 включают, нажимая краем посуды на клавишу, находящуюся под платой JB-PK02.

После подключения термопота к сети микроконтроллер IC1 запускает режим кипячения, загораются красный (LED1) и жёлтый (LED3) светодиоды. В момент включения слышны два щелчка реле, это IC1 на одну секунду включает тэн подогрева EK2, затем отключает его и включает тэн EK1. Далее нагреватель будет греть воду, пока её температура не превысит 95 °C. При дальнейшем нагревании, если температура воды не повышается в течение 30 с, микроконтроллер отключает кипячение и передаёт в режим удержания заданной температуры. Тэн EK1 отключится, погаснет све-

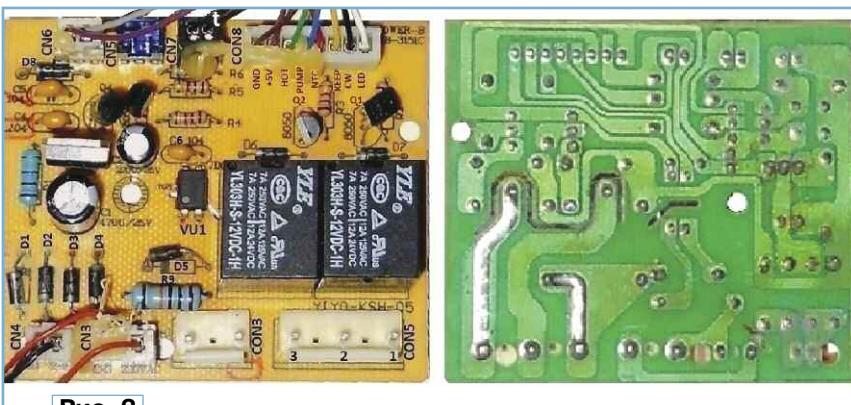


Рис. 2

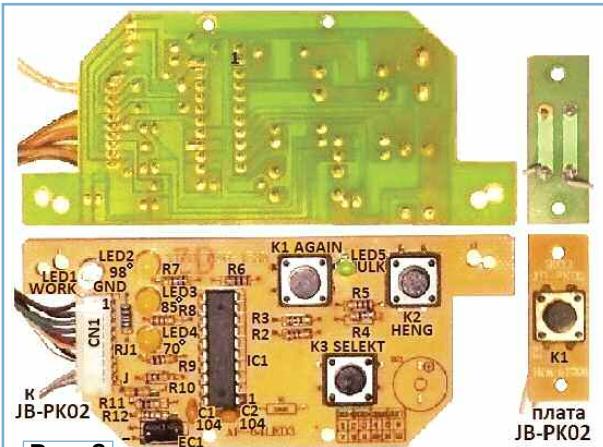


Рис. 3

тодиод LED1, загорится LED5, и замигает жёлтый светодиод, указывающий температуру подогрева. Температуру воды микроконтроллер определяет по напряжению на выводе 15, на который поступает напряжение с делителя RK1RJ1. В **таблице** приведены значения сопротивления термистора RK1 и напряжения на выводе 15 микроконтроллера в зависимости от температуры. Этот вывод соединён с контактами 5 "NTC" разъёмов CN1 и CON8 и с верхним по схеме контактом разъёма CN7, который обозначен "t" на рис. 1. Температура кипячёной воды будет понижаться до температуры подогрева, обозначенной мигающим жёлтым светодиодом. Когда напряжение на выводе 15 микроконтроллера станет на 0,1 В меньше напряжения, соответствующего установленной температуре подогрева, жёлтый мигающий светодиод станет светить постоянно и включится тэн подогрева EK2. Если напряжение на выводе 15 микроконтроллера понизится ещё на 0,1 В, он отключит тэн EK2 и включит тэн EK1, LED1 при этом светить не будет. При нагревании воды напряжение на выводе 15 микроконтроллера повысится на 0,1 В, он отключит тэн EK1 и включит тэн EK2. Если при нагреве напряжение на выводе 15 микроконтроллера повысится ещё на 0,1 В и станет менее чем на 0,1 В ниже точки удержания, то жёлтый светодиод снова начнёт мигать, а тэн EK2 отключится. При последующем охлаждении воды процесс поддержания температуры повторится. Если

бака для воды, при обрыве датчиков SK1 или RK1, при обрыве линий связи "NTC" и "CW" между разъёмами CON8 и CN1. Есть три вида аварийных сигналов, при каждом из них в определённом сочетании мигают два из трёх жёлтых светодиода, LED2—LED4. Во всех случаях блокируются кнопки управления K1, K2, K3 и K1 на плате JB-PK02, отключаются реле обеих тэнов EK1, EK2 и электродвигатель. Включение сигнала происходит с трёхсекундной задержкой, время его действия не ограничено. Микроконтроллер IC1 перезагрузится при выключении и повторном включении электропитания, но при наличии отказа через три секунды он опять включит аварийный сигнал.

Температура термистора RK1, °C	Сопротивление термистора RK1, кОм	Напряжение на выводе 15 микроконтроллера IC1, В
0	150	0,7
20	70	1,2
24	60	1,8
70	8,7	3,5
75	7,3	3,7
80	6,3	3,85
85	5,3	4
90	4,5	4,15
95	3,8	4,25
98	3,4	4,35
100	3,1	4,4

после кипячения вода будет остыть быстрее чем на 0,05 В за 20 с, микроконтроллер расценит это как долив холодной воды и включит режим кипячения. Функцию "Повторное кипячение" включают кнопкой K2 HENG, функци-

При неисправностях, чтобы произвести осмотр и нужные измерения, необходимо разобрать термопот. Разборку SC-ET10D02, отключив его от сети и слив воду, начинают со снятия крышки для залива воды. Отвёрткой

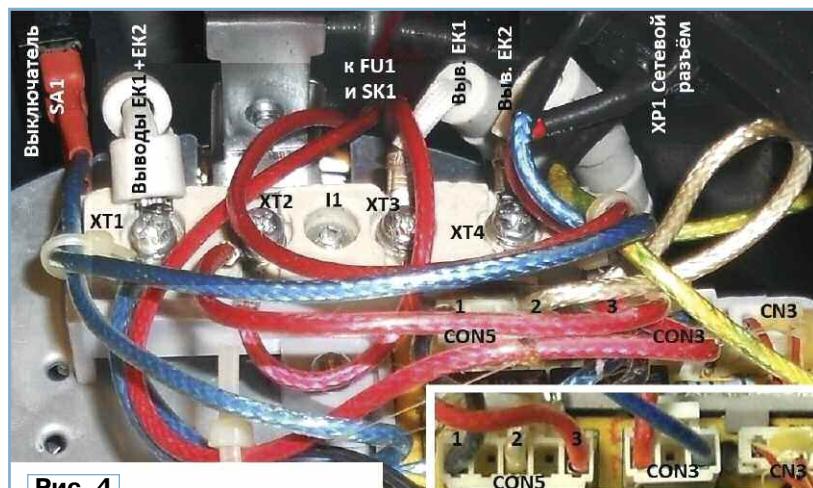


Рис. 4

ция поддержания заданной температуры отключается, гаснет светодиод LED4 и загорается LED1. Если повторное кипячение включить при температуре воды более 95 °C, оно само отключится через одну минуту или при повторном нажатии на кнопку K2.

Микроконтроллер IC1 включает аварийную сигнализацию при перегреве

отжимают защёлку её крепления и снимают крышку. Затем, перевернув термопот вверх ногами, отвёрткой отжимают крышку из фиксаторов на дне и вынимают её. Такой разборки может оказаться достаточно, чтобы найти неисправность.

На **рис. 4** показаны часть поддона Scarlett SC-ET10D02 и разводка сило-

вых проводов. Силовые провода имеют тканевую оплётку разных цветов, покрытую прозрачным пластиком. К среднему контакту сетевого разъёма XP1 подключён жёлто-зелёный провод заземления. Все остальные силовые провода выведены на керамический изолятор. Клеммы четырёх разъёмов XT1—XT4 затянуты винтами с фиксирующими шайбами. Остальные силовые разъёмы внутри корпуса имеют ножевые клеммы. Разъёмы XT1—XT4 находятся на виду и удобны для того, чтобы проводить на них измерения. К разъёму XT1 подключены синие провода от крайнего контакта сетевого разъёма XP1 и общий вывод обоих тэнов — ЕК1 и ЕК2. На XT2 выведены красные провода от другого крайнего контакта сетевого разъёма XP1. К разъёму XT3 подключены вывод тэна кипения ЕК1 и чёрный провод, соединяющий XT3 с контактом 1 разъёма CON5. К разъёму XT4 подключены вывод тэна подогрева ЕК2 и белый провод, соединяющий XT4 с контактом 2 разъёма CON5.

Если термопот не включается, сначала осматривают углубления разъёмов XT1—XT4 на наличие в них копоти, которая может появиться из-за искрения при ухудшении контакта. Затем измеряют сопротивление между XT1 и "синим" контактом CON3, между XT1 и "синим" сетевым контактом XP1 при включённом выключателе SA1, оно должно быть меньше 0,1 Ома. Сопротивление между XT2 и "красным" контактом CON3, между XT2 и контактом 3 разъёма CON5 (это будет прозвонка термовыключателя SK1), между XT2 и "красным" сетевым контактом разъёма XP1 (прозвонка плавкой вставки FU1) тоже должно быть не более 0,1 Ома. Далее измеряют сопротивление между XT3 и контактом 1 разъёма CON5, а также между XT4 и контактом 2 разъёма CON5. Не расстыковывая разъёмы CON3 и CON5, щупы омметра прижимают к металлическим гильзам, в которые запрессованы провода контактов. Сопротивление контактов этих разъёмов должно быть не более 0,1 Ома. Между разъёмами XT1 и XT2 измеряют сопротивление сетевой обмотки трансформатора T1, оно равно  $1,62 \text{ к}\Omega \pm 10 \text{ Ом}$ . Затем измеряют сопротивление тэнов: между разъёмами XT1 и XT3 сопротивление ЕК1 (кипение) по инструкции равно 70...80 Ом. Сопротивление ЕК2 (подогрев) между разъёмами XT1 и XT4 по инструкции равно 700...800 Ом, хотя это не соответствует паспортной мощности нагревателя ЕК2 в 100 Вт.

Подобные проводимые измерения позволяют выявить самые простые отказы: обрывы нагревателей ЕК1 и ЕК2, на которые аварийная сигнализация SC-ET10D02 не реагирует; нарушения контактов в силовых разъёмах, обрывы выключателя SA1, плавкой вставки FU1, первичной обмотки трансформатора T1, из-за которых пропадает вторичное напряжение и термопот не включается; замыкания нагревателей или другие замыкания в устройстве, при которых перегорает плавкая вставка FU1 и обесточивается трансформатор T1.

При нормальной работе SC-ET10D02 по цепи SK1, D5, R9 на излучающий диод оптрана VU1 поступает пульсирующий ток около 2,5 мА, транзистор оптрана VU1 открывается с частотой 50 Гц. На выводе 17 микроконтроллера IC1 появляется пульсирующее напряжение трапециевидной формы с периодом 20 мс и амплитудой до 5 В. Напряжение +5 В поступает на выводы 17 микроконтроллера и четыре оптрана через резистор R12 платы управления.

В случае нагревания пустого бака до температуры 110 °C термовыключатель SK1 срабатывает и его контакты размыкаются. От сети отключаются разъём CON5, оба нагревателя и излучающий диод оптрана VU1. На выводах 4 оптрана VU1 и 17 микроконтроллера IC1 напряжение повышается до 5 В, и срабатывает аварийный сигнал № 1 — мигают светодиоды LED2 и LED3. При замыкании вывода 4 оптрана на общий провод напряжение на выводе 17 микроконтроллера станет близким к 0 и аварийный сигнал № 1 будет заблокирован. Если сигнал № 1 сработал из-за обрыва линии "CW", замыкание вывода 4 оптрана на общий провод не понизит напряжение на выводе 17 микроконтроллера и не заблокирует сигнал № 1. Обрыв линии "CW" находят, измеряя её сопротивление. Один щуп омметра подключают к выводу 4 оптрана, другой — к линии "+5 В" платы управления. Предел измерения омметра — 200 кОм, в норме сопротивление равно 4,7 кОм — номинал резистора R12 с платы управления.

Если при нагревании пустого бака контакты SK1 по какой-то причине не разомкнутся и аварийный сигнал № 1 не включится, его продублирует аварийный сигнал № 2 — мигают светодиоды LED2 и LED4. В случае повышения температуры бака до 110...115 °C сопротивление термистора RK1 станет меньше 1,5 кОм, напряжение на выводе 15 микроконтроллера превысит 4,7 В и сработает аварийный сигнал № 2. Аварийные сигналы № 1 и № 2 запрещают повторные разогревы пустого бака из-за остыния термовыключателя SK1 и замыкания его контактов.

Аварийный сигнал № 3 — мигают светодиоды LED3 и LED4 — включится при обрыве терморезистора RK1 или при отсутствии связи разъёма CN7 с платой управления по линии "NTC". В случае срабатывания аварийных сигналов № 2 и № 3 измеряют сопротивление на нерасстыкованном разъёме CN7. При замыкании термистора RK1 сопротивление будет меньше 1,5 кОм.

Когда при включении термопота индикаторы светят нормально, но не слышно щелчков реле и не включаются нагреватели, проверяют исправность реле. С выводов диодов D6 и D7 в любой полярности измеряют сопротивление обмоток реле JDQ1 и JDQ2, оно равно  $400 \pm 5 \text{ Ом}$ . При пробое диода или обмотки реле это сопротивление будет меньше в десятки раз. В случае обрыва обмотки цепь будет звониться как диод. Затем проверяют конденсаторы силовой платы на замыкание, после чего на обмотки реле JDQ1 и JDQ2 подают напряжение +12 В, "+" на катод диодов

D6, D7, "-" — на аноды диода D6 или D7. Исправные реле сработают. Сопротивление замкнутых контактов реле не должно превышать 0,1 Ом. Его измеряют между контактами 1 и 3 или 2 и 3 штыревой части разъёма CON5. Для этого, нажав на защёлку-фиксатор на гнездовой части разъёма CON5, поднимают её вверх и размыкают разъём.

Если не работает электродвигатель помпы, проверяют на обрыв или замыкание транзистор Q4 и обмотку электродвигателя M1. Затем на него подают напряжение +12 В через амперметр. Без нагрузки ток электродвигателя равен 75...80 мА.

Если не отключаются нагреватели, проверяют на залипание контакты реле, измеряя их сопротивление между контактами 1 и 3 или 2 и 3 штыревой части разъёма CON5. Затем омметром проверяют на пробой переходы транзисторов Q1, Q2 в цепях управления реле.

Проверку источников вторичного питания и другие измерения удобнее делать, если подключать к сети "сухой и холодный" чайник. При разомкнутом разъёме CON5 оба нагревателя отключаются от электросети. Это самый простой и быстрый способ отключения тэнов, но при этом размыкается цепь излучающего диода оптрана VU1. Поэтому, чтобы включившийся аварийный сигнал № 1 не мешал работе и проверке аварийных сигналов № 2 и № 3, под выводы 3 и 4 оптрана VU1 проредают тонкий лужёный провод и замыкают эти выводы скруткой. Затем подключают термопот к сети.

Если стабилизатор U1 исправен, напряжение +5 В появится сразу. После подачи напряжения загорятся светодиоды LED1 и LED3 платы управления. Сработает реле JDQ2 и сразу за ним — реле JDQ1. Нажатиями на кнопку K1 проверяют переключение светодиодов LED2—LED4, кнопками K2 и K1 на плате JB-PK02 проверяют включение электродвигателя M1. Переменное напряжение вторичной обмотки трансформатора T1 с разъёма CN4 измеряют на анодах диодов D1 и D4, норма — 12 В. При измерении постоянного напряжения минусом питания служит крепёжный фланец стабилизатора +5 В U1, на котором закрепляют зажимом щуп мультиметра "-". Напряжение +5 В измеряют на контакте разъёма CN7 или на контакте 2 разъёма CON8 "+5 В". Напряжение +12 В (+15 В на холостом ходу) измеряют на катодах диодов D6, D7, D8.

В момент включения при работающей индикации на выводе резистора R3, который подключен к контакту 6 "KEEP" разъёма CON8, появляется напряжение 2,9 В, через секунду оно пропадёт и появится на выводе резистора R2, соединённом с контактом 3 "HOT" разъёма CON8, и будет на нём до выключения напряжения сети. Всё это время термопот будет "кипеть", контакты реле JDQ1 должны быть замкнуты. При запуске электродвигателя кнопками K3 или K1 на плате JB-PK02 на выводе резистора R5, соединённом с контактом 4 CON8 "PUMP", появляется напряжение 4,2 В. Если при включении термопота не включились реле JDQ1 и

JDQ2, кнопками не включается электродвигатель, а напряжение на резисторах R2 и R5 отсутствует, переводят мультиметр в режим "Прозвонка", щуп "+" соединяют с общим проводом и касаются щупом "+" баз транзисторов Q1, Q2, Q4 или выводов резисторов R2, R3, R5, с которыми соединены эти базы. Реле должны щёлкнуть, а электродвигатель — запуститься. После этого надо прозвонить линии "НОТ", "KEEP" и "PUMP". Если даже одна из них окажется исправна и без обрыва, это будет означать неисправность микроконтроллера IC1.

Такая неисправность Scarlett SC-ET10D02, как обрыв тэна подогрева ЕК2, случается очень редко, но её обычно никогда не замечают, поскольку ЕК2 мало влияет на работу термопота. Нагреватель ЕК2 включается только на малое время при удержании температуры подогрева воды, а основную работу за него выполняет нагреватель ЕК1. Поэтому в однотипной модели VT-1188 нагреватель ЕК2 отсутствует.

Желательно не проводить измерения непосредственно на плате управления и индикации. Для доступа к ней придётся разобрать термопот почти

напряжения на контактах разъёмов CN1 и CON8 отсутствуют;

- отказ хотя бы одной из кнопок управления;
- при проверке аварийные сигналы не включаются;
- случаи необъяснимого срабатывания аварийной сигнализации;
- не отключаются управляющие сигналы на разъёмах CN1 и CON8 при включении аварийного сигнала.



Рис. 5

Сопротивление термистора оказалось около 5 кОм, из-за чего микроконтроллер не отключал кипячение. Термистор заменили, всё заработало. Такую же проверку проводят, когда чайник отключает режим кипячения раньше времени. Ставить термисторы от других типов термопотов нельзя. Так, у модели VT-1188 сопротивление термистора при температуре 24 °C равно 120 кОм, что в два раза больше, чем у термистора от SC-ET10D02, и он с ним работать не будет.

Обратите внимание, термовыключатель SK1 и термистор RK1 прикрепляют к баку с использованием теплопроводящей пасты.

3. Термопот работал без перерыва более трёх лет. Неисправность можно описать словами: "Шумит, а воду почти не греет". В таком режиме запускали много раз, минут по 20, без успеха. При включении с водой слышен треск переключающегося реле. Все индикаторы светятся, электродвигатель включается, но слабо. Разобрал. Включил без воды, с замкнутым излучающим диодом оптрана. Реле JDQ1 затрещало сразу. Переменное напря-

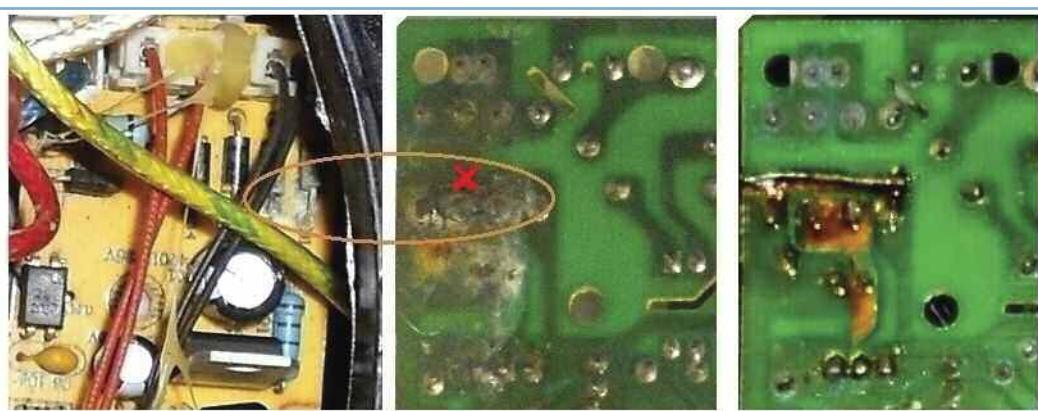


Рис. 6

полностью. К тому же IC1 — КМОП-микроконтроллер с незащищёнными входами. Измерения на его входах, зашунтированных резисторами (выводы 15, 17), лучше проводить с разъёма CON8, так проверяют исправность линий "NTC" и "CW". Линии "НОТ", "KEEP", "PUMP" прозванивают между разъёмаами CN1 и CON8. К входам микроконтроллера, не зашунтированным резисторами, с которым подключены кнопки K1, K2, K3 (выводы 3, 6, 14), инструментом, незаземлённым на линии "GND" или "+5 В", прикасаться нельзя. Затвор полевого транзистора на входе микроконтроллера может быть легко пробит, и кнопка перестанет работать. При отказе IC1 придётся менять плату управления, отдельно от неё этот не имеющий маркировки микроконтроллер найти невозможно.

Признаки отказов микроконтроллера IC1:

- отсутствие свечения светодиодов при наличии на плате управления напряжения +5 В;
- при нормальной индикации, при исправном шлейфе, управляющие

Приведу реальные примеры отказов термопота Scarlett SC-ET10D02:

1. У прибора стал отключаться режим кипячения и включаться аварийный сигнал № 1. Термопот выключали, через некоторое время снова включали, и он продолжал кипятить воду. Неисправен оказался термовыключатель SK1, сопротивление его замкнутых контактов было 0,6 Ом. Скорее всего, при длительном кипячении контакты SK1 нагревались и размыкались. После замены SK1 самопроизвольные отключения прекратились.

2. У SC-ET10D02 не отключается кипячение, светодиод LED1 не гаснет, светодиод LED4 не загорается, светодиоды LED2—LED4 переключаются, электродвигатель работает. Термопот отключали от сети выключателем SA1, используя только для кипячения воды и слива кипятка. Все измерения — в норме. Сначала были подозрения неисправности микроконтроллера. Сняли с бака термистор RK1 (рис. 5), подключили его к омметру и опустили на пару минут в сильно кипящую воду.

жение — норма, постоянное — понижено до 7 В, +5 В — норма. Мультиметром в режиме "Прозвонка" включил реле JDQ2, стали трещать оба реле. При осмотре силовой платы было выявлено, что на выводах двух крайних диодов моста оказались окислы, на обратной стороне платы окислов было ещё больше.

Этот край силовой платы (рис. 6) расположен под стенкой бака для воды фольгой вверх, и кипяток длительное время стекал на неё. Выяснилось, что коррозия "сыела" дорожку, соединяющую катоды диодов D1 и D4, диодный мост оказался разомкнут. Очистил плату от окислов, припаял перемычку, покрыл место пайки цапонлаком — всё заработало. Когда отдавал термопот, предупредил, что после длительного "импульсного" включения скоро может выйти из строя тэн кипячения или реле. Нагреватель перегорел через две—три недели. Протекающий старый аппарат, у которого неизвестно что ещё скоро откажет, решили больше не ремонтировать.

# Светосигнальное устройство

**А. МЕЛЬНИКОВ, г. Барнаул**

На страницах журнала "Радио" и в другой радиолюбительской литературе неоднократно публиковались описания источников "мигающего" света, позволяющих значительно повысить заметность сигналов световых индикаторов, выполненных на лампах накаливания. Времязадающим элементом в таких генераторах служит RC-цепь, а в качестве выходного узла может использоваться электромагнитное реле (указатель поворотов описанного в [1] детского электромобиля), тиристор [2] или биполярный транзистор [3].

Несмотря на различие в элементной базе, все упомянутые выше устройства обладают одним общим недостатком — срок службы сигнальной лампы накаливания, работающей совместно с любым из этих устройств, будет невелик, о чём упоминается в конце статьи [3]. Объясняется это тем, что при импульсном режиме работы нить накаливания сигнальной лампы подвергается воздействию пускового тока в момент каждой вспышки. В результате этого нить накаливания быстрее деградирует, и лампа выходит из строя намного раньше нормативного срока службы.

Для того чтобы увеличить срок службы лампы, работающей в импульсном режиме, следует максимально снизить пусковой ток, протекающий через

остывшую нить накаливания лампы в момент начала каждой вспышки. Добиться этого можно двумя способами — обеспечить плавное нарастание тока через лампу в момент каждой вспышки либо осуществить дежурный подогрев нити накала малым током в период между вспышками. Однако при использовании первого способа процесс нарастания яркости лампы в момент начала вспышки затягивается, что неизбежно снижает заметность световой сигнализации, поэтому наиболее оптимальным следует считать именно второй способ ограничения пускового тока.

Реализовать дежурный подогрев нити накала лампы в промежуток между вспышками можно двумя путями — либо включить последовательно с лампой дополнительный резистор, который замыкается накоротко в момент вспышки, либо ограничить напряжение, подаваемое на лампу в промежутке между вспышками. Однако первый вариант является неэкономичным, так как на дополнительном резисторе будет бесполезно рассеиваться значительная мощность, поэтому наиболее предпочтительным следует считать именно второй вариант, а для ограничения напряжения, поступающего на лампу, использовать способ, описанный в [4].

Предлагаемое вниманию читателей светосигнальное устройство разработано исходя из приведённых выше соображений и позволяет управлять лампой накаливания мощностью до 500 Вт или несколькими лампами такой же суммарной мощности, соединёнными параллельно. Частоту вспышек лампы и подаваемое на неё дежурное напряжение можно регулировать с помощью переменных резисторов, а входы управления устройством гальванически изолированы от сети 230 В. Дополнительной функцией устройства является возможность независимого управления сигнальной лампой, что позволяет с помощью вспышек передавать осмысленную информацию, например, используя телеграфный ключ и код Морзе.

Схема устройства приведена на рис. 1. В исходном состоянии фототранзисторы оптопары U1 закрыты, конденсаторы C3 и C6 разряжены, а на выходе элемента DD1.1 присутствует низкий уровень напряжения и транзистор VT2 закрыт.

При подаче на клемму ХТ3 управляющего напряжения фототранзистор оптопары U1.1 открывается, на выводе 12 элемента DD1.1 появляется низкий логический уровень, а на выходе этого элемента — высокий, в результате чего на затвор полевого транзистора VT2 через резистор R10 поступает открывающее напряжение. Одновременно с этим через резистор R9 начинает заряжаться конденсатор С6, продолжительность зарядки которого определяет момент начала работы генератора импульсов, собранного на элементе DD1.2, и длительность предварительного прогрева нити накала сигнальной лампы перед первой вспышкой.

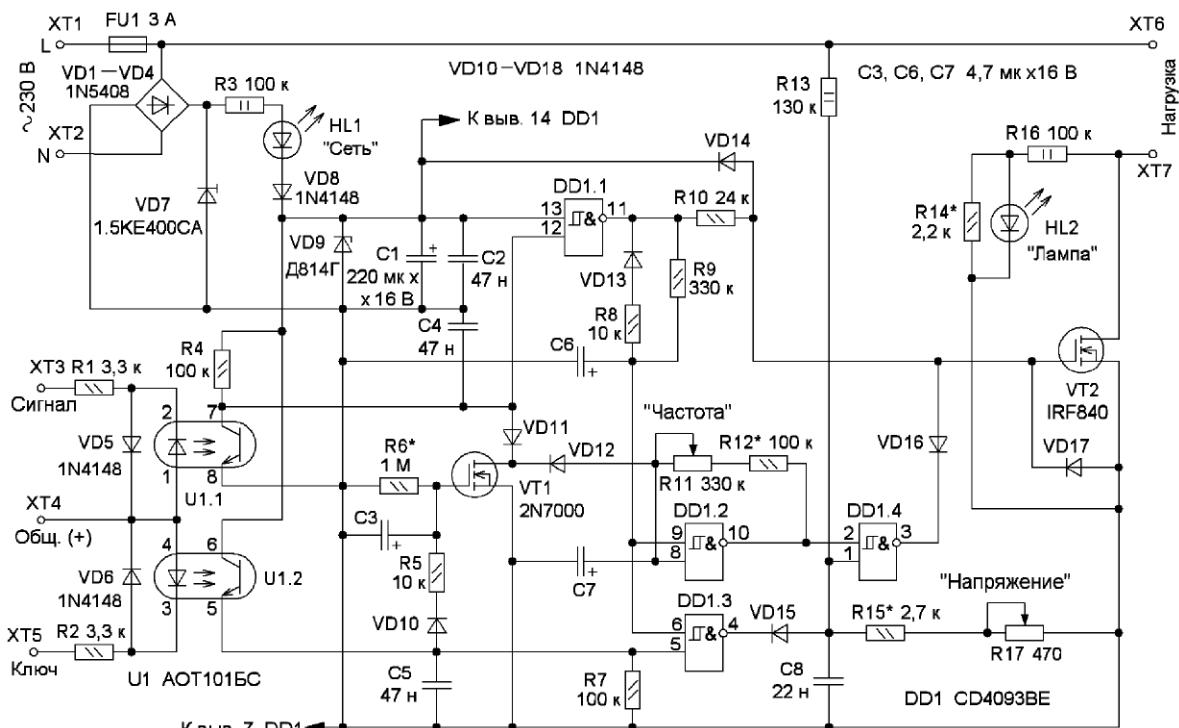


Рис. 1

Пока напряжение на конденсаторе С6 находится ниже порога переключения элемента DD1.2, на выходе этого элемента присутствует высокий логический уровень, разрешающий работу компаратора напряжения, собранного на элементе DD1.4. На второй вход компаратора с делителя, образованного резисторами R13, R15, R17, поступает напряжение, пропорциональное мгновенному значению напряжения сети. Пока это напряжение не превышает пороговое, на выходе элемента DD1.4 присутствует высокий уровень напряжения, закрывающий диод VD16. При этом полевой транзистор VT2 открывается и находится в открытом состоянии до момента превышения мгновенным значением сетевого напряжения установленного значения, после чего на выходе элемента DD1.4 появляется низкий уровень напряжения, открывающий диод VD16 и закрывающий транзистор VT2. Так обеспечиваются ограничение напряжения, поступающего на сигнальную лампу, и предварительный разогрев её нити перед первой вспышкой. При указанных на схеме номиналах элементов дежурное напряжение на лампе можно регулировать в интервале от 50 до 90 В.

По прошествии времени, необходимого для зарядки конденсатора С6, на выводе 9 элемента DD1.2 появляется высокий логический уровень, и генератор, собранный на этом элементе, начинает свою работу. В моменты появления на выходе генератора низкого логического уровня работа компаратора на элементе DD1.4 блокируется, и на сигнальную лампу поступает полное напряжение сети, а при появлении на выходе генератора высокого логического уровня работа компаратора возобновляется. Таким образом, напряжение на лампе изменяется в интервале от полного сетевого (в момент вспышки) до величины, установленной переменным резистором R17 (в паузе между вспышками).

Частота вспышек сигнальной лампы и их длительность определяются ёмкостью конденсатора С7, сопротивлением резистора R12 и положением движка переменного резистора R11. При указанных на схеме номиналах элементов частота вспышек изменяется приблизительно от 0,5 до 2 Гц. После снятия напряжения с клеммы XT3 на выходе элемента DD1.1 появляется низкий уровень напряжения, полевой транзистор VT2 закрывается и сигнальная лампа гаснет. Конденсатор С6 при этом быстро разряжается через цепь R8VD13, подготавливая устройство к следующему включению.

Клемма XТ5 служит для подключения телеграфного ключа или другого коммутатора, с помощью которого можно управлять вспышками лампы в ручном режиме, передавая какую-либо информацию. Для начала работы устройства в этом режиме необходимо кратковременно

замкнуть контакты телеграфного ключа. При этом откроется фототранзистор оптопары U1.2, конденсатор С3 быстро зарядится через цепь VD10R5 и напряжение с этого конденсатора поступит на затвор полевого транзистора VT1, открывая его.

Открывшийся полевой транзистор через диод VD11 соединяет вывод 12 элемента DD1.1 с минусовой линией питания, что эквивалентно открыванию фототранзистора оптопары U1.1 и включению устройства в режим подачи световых импульсов. Но так как вывод 8 элемента DD1.2 через диод VD12 также соединяется с общим проводом, работает генератора на элементе DD1.2 блокируется.

ется, и на выходе этого элемента будет всё время присутствовать высокий логический уровень, разрешающий работу компаратора на элементе DD1.4.

Продолжительность предварительного прогрева нити накала сигнальной лампы при управлении устройством с помощью телеграфного ключа так же, как и в режиме подачи световых импульсов, определяется временем зарядки конденсатора С6. Отличие состоит в том, что при работе от ключа управление компаратором на элементе DD1.4 осуществляется с помощью элемента DD1.3. Пока напряжение на конденсаторе не достигло порогового значения, на выходе элемента DD1.3 присутствует высокий логический уровень, диод VD15 закрыт и на лампу поступает дежурное напряжение. По окончании зарядки конденсатора С6 на выводе 6 элемента DD1.3 появляется высокий логический уровень, и дальнейшая работа компаратора на элементе DD1.4 будет определяться состоянием фототранзистора оптопары U1.2.

Пока фототранзистор оптопары U1.2 закрыт (ключ не нажат), на выходе элемента DD1.3 присутствует высокий логический уровень и на сигнальную лампу поступает дежурное напряжение. При замыкании контактов ключа фототранзистор открывается и низкий логический уровень на выходе элемента DD1.3 запрещает работу компаратора, в результате чего на сигнальную лампу поступает полное напряжение сети.

Время нахождения устройства в режиме ожидания нажатия на ключ определяется продолжительностью разрядки конденсатора С3 через резистор R6, а каждое новое нажатие на ключ запускает отсчёт времени сначала. При указанной на схеме ёмкости конденсатора и сопротивлении резистора время ожидания нажатия ключа примерно равно 11 с. По окончании этого времени транзистор VT1 закрывается и сигнальная лампа гаснет. Следует отметить, что режим управления устройством с помощью телеграфного ключа является приоритетным по отношению к режиму подачи световых импульсов.

Устройство получает питание от параметрического стабилизатора, образованного гасящим резистором R3 и стабилитроном VD9. Конденсатор C1 сглаживает пульсации питающего напряжения, конденсатор C2 — блокировочный в цепи питания микросхем. Диод VD8 предотвращает разрядку конденсатора C1 в моменты перехода сетевого напряжения через ноль, а светодиод HL1 индицирует наличие питающего напряжения. Диоды VD14, VD17 ограничивают напряжение на затворе полевого транзистора.

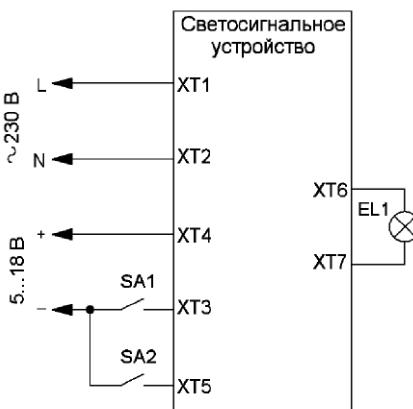


Рис. 2

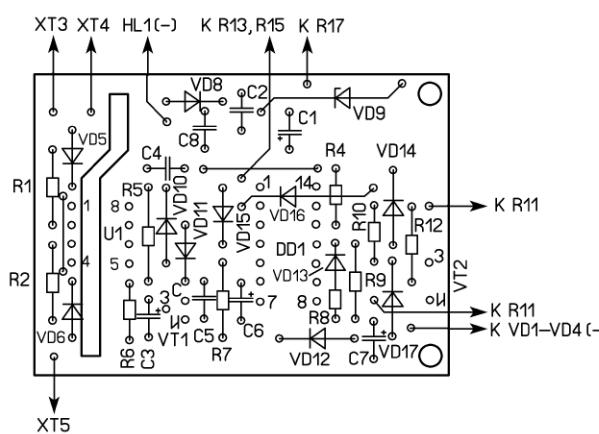
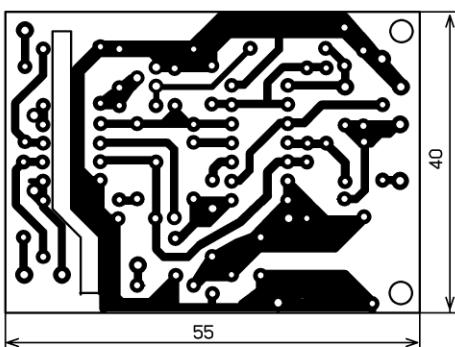


Рис. 3

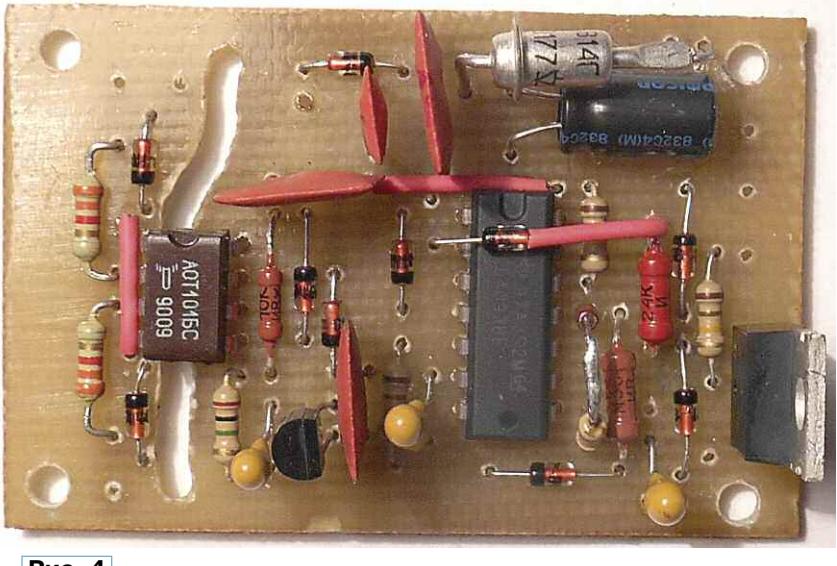


Рис. 4

ра VT2, а диод-супрессор VD7 защищает элементы устройства от кратковременных всплесков сетевого напряжения.

Резисторы R1 и R2 ограничивают ток, протекающий через излучающие диоды оптопары U1, а диоды VD5, VD6 защищают излучающие диоды от подачи напряжения неправильной полярности. Встроенный защитный диод микросхемы защищает вход (вывод 1) элемента DD1.4 в случае обрыва в цепи резистора R17. Конденсаторы C4, C5, C8 защищают входы микросхем от помех.

Нагрузка (сигнальная лампа) питается пульсирующим напряжением с выхода диодного моста VD1—VD4. Светодиод HL2 служит для индикации целостности цепи сигнальной лампы и светит, когда сигнальная лампа исправна, а транзистор VT2 закрыт. Резистор R16 ограничивает ток через светодиод, а резистор R14 предотвращает нежелательное подсвечивание светодиода под влиянием токов утечки линии, соединяющей сигнальную лампу с устройством.

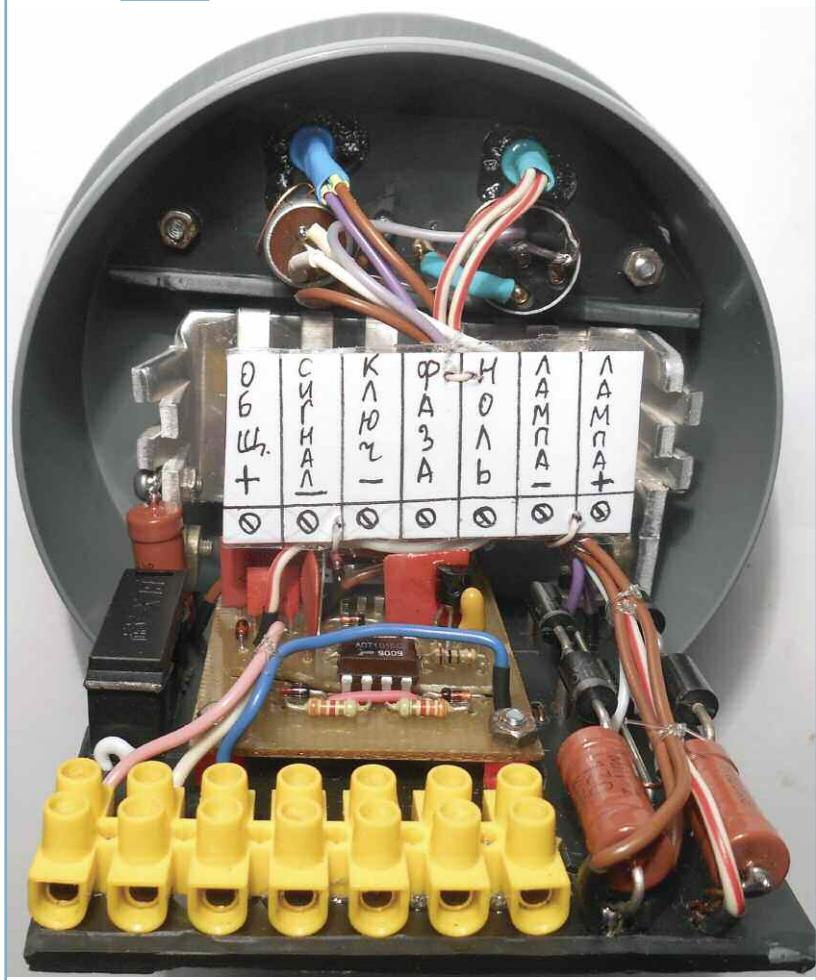
Схема включения устройства приведена на рис. 2. В качестве выключателя SA1, включающего режим подачи световых импульсов, можно использовать контакты кнопок, герконов или электромагнитных реле, а также различные датчики, имеющие выход с открытым стоком или открытым коллектором. Выключатель SA2 — классический рычажный телеграфный ключ, выходная цепь автоматического телеграфного ключа или выход автоматического устройства, позволяющего передавать информацию посредством кода Морзе.

Детали устройства, за исключением плавкой вставки FU1, диодов VD1—VD4, VD7 и резисторов R3, R11, R13—R17, смонтированы на печатной плате из одностороннего фольгированного стеклотекстолита толщиной 1,5...2 мм, чертёж которой приведён на рис. 3. Для обеспечения надёжной гальванической развязки между входными

мой DD1. Диод VD13 и резистор R8 установлены перпендикулярно плате, а анод диода и верхний по схеме вывод резистора спаяны между собой. Вывод стока транзистора VT2 перед монтажом на плату удаляют, а проводник, идущий к клемме XT7 и правому по схеме выводу резистора R16, подключают непосредственно к теплоотводящему фланцу транзистора. Внешний вид смонтированной платы приведён на рис. 4.

В авторском варианте корпусом устройства служит полипропиленовая канализационная соединительная муфта диаметром 110 мм. Предохранитель FU1, диоды VD1—VD4, VD7 и резисторы R3, R13, R14, R16 смонтированы на пластине-основании из полистирола, на которой с помощью стоек также закреплена печатная плата устройства. Транзистор VT2 установлен на алюминиевом теплоотводе площадью около 25 см<sup>2</sup>, закреплённом к пластине-основанию, а сама пластина с помощью уголков и винтов M3 прикреплена к передней панели, в качестве которой использова-

Рис. 5



цепями и остальными элементами устройства в печатной плате выполнена на прорезь. Конденсатор C1 установлен параллельно поверхности платы, а диод VD17 расположен над микросхемами.

на полипропиленовая канализационная заглушка диаметром 110 мм. На передней панели также закреплены переменные резисторы R11, R17 и светодиоды HL1, HL2.

Задней крышкой корпуса устройства служит такая же полипропиленовая заглушка диаметром 110 мм, в которой просверлены отверстия, предназначенные для вывода соединительных проводов, идущих к клеммной колодке устройства. Для обеспечения циркуляции воздуха снизу и сверху корпуса муфты просверлено несколько рядов отверстий диаметром 2 мм. Вид на монтаж устройства приведён на **рис. 5**, а внешний вид устройства в сборе — на **рис. 6**.

В устройстве можно применить резисторы любого типа соответствующей мощности рассеяния, переменные резисторы — СП-04 с капроновым валиком или любые другие, имеющие линейную зависимость сопротивления от угла поворота движка и подходящие по габаритам. Неполярные конденсаторы — К10-7В или К10-17, оксидный конденсатор С1 — К50-35 или импортный, конденсаторы С3, С6, С7 — танталовые TECAР или керамические К10-17. Диоды VD1—VD4 должны иметь допустимое обратное напряжение не менее 400 В и максимальный прямой ток не менее 3 А, защитный диод VD7 — любой

зовать микросхему K561TL1, полевой транзистор IRF840 можно заменить транзистором IRF740 или использовать отечественные транзисторы серии КП707 с любым буквенным индексом. Транзистор 2N7000 можно заменить транзистором BS170 или КП501, оптопара U1 — АОТ101 с любым буквенным индексом или подходящая импортная.

Собранные правильно и из исправных деталей устройство начинает работать сразу. Налаживание требует только компаратор напряжения. Для этого к устройству подключают нагрузку — лампу накаливания, а выводы 9 и 12 микросхемы DD1 временно соединяют с минусовой линией питания, обеспечивая тем самым постоянную работу компаратора и непрерывное свечение лампы. Далее вместо резистора R15 устанавливают цепь из соединённых последовательно проволочного переменного резистора сопротивлением 1 кОм и постоянного резистора сопротивлением 2,2 кОм, а движок переменного резистора R17 устанавливают в левое по схеме положение.

После этого устройство включают в сеть и, путём изменения сопротивления

ров и впаивают на место R15 резистор максимально близкого сопротивления. Для удобства подбора резистор R15 можно составить из двух, соединённых последовательно (в авторском варианте — 2,7 кОм и 100 Ом). В том случае, если главная регулировка яркости свечения лампы в дежурном режиме не требуется, переменный резистор R17 можно исключить, установив вместо него проволочную перемычку.

Частоту вспышек лампы при необходимости можно изменить, подбирая сопротивление резистора R12 (определяет максимальную частоту следования импульсов) или переменного резистора R11 (совместно с резистором R12 определяет минимальную частоту). Продолжительность прогрева лампы перед первой вспышкой изменяют путём подбора сопротивления резистора R9, а длительность свечения лампы после последнего нажатия на телеграфный ключ — путём подбора резистора R6 и (или) конденсатора С3.

Управляющее напряжение, подаваемое на вход устройства (контакты XT3—XT5), зависит от сопротивления резисторов R1, R2 и может быть в интервале 5...18 В. В том случае, если управляющее напряжение необходимо увеличить, следует применить резисторы R1 и R2 большей мощности и, при необходимости, большего сопротивления. Мощность нагрузки (сигнальной лампы) можно увеличить до 1,5 кВт, применив в диодном мосте диоды, рассчитанные на ток не менее 8 А и использовав для транзистора VT2 более эффективный теплопотвод.

При налаживании и эксплуатации данного устройства следует помнить, что большинство его элементов находятся под напряжением сети. Выведенные на переднюю панель рукоятки переменных резисторов должны быть изготовлены из изоляционного материала, а соединительные провода рассчитаны на работу при сетевом напряжении. В процессе налаживания устройства следует соблюдать особую осторожность, а для предотвращения поражения электрическим током налаживаемое устройство следует подключать к сети через разделительный трансформатор.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Казаков Н. Детский электромобиль с широтно-импульсным управлением двигателем. — Радио, 2002, № 12, с. 48, 49.
2. Кублановский Я. С. Тиристорные устройства (Массовая радиобиблиотека. Вып. 1104, 2-е изд., перераб. и доп.). — М.: Радио и связь, 1987, с. 91—97.
3. Нечаев И. Мигалка на лампе накаливания. — Радио, 2013, № 6, с. 39.
4. Нечаев И. Регуляторы яркости КЛЛ, и не только... — Радио, 2017, № 4, с. 40—44.

**От редакции.** Чертёж печатной платы находится по адресу <http://ftp.radio.ru/pub/2021/07/svet.zip> на нашем FTP-сервере.

На **рис. 1** номинальный ток предохранителя FU1 — 3 А, а не 0,25 А.



**Рис. 6**

с напряжением открытия около 400 В, остальные диоды — любые мало мощные выпрямительные или импульсные, например, серий КД521 или КД522.

Стабилитрон VD9 — любой мало мощный с напряжением стабилизации 10...14 В и допустимым током не менее 10 мА, светодиоды — любые сверхъяркие желаемого цвета свечения. Вместо микросхемы CD4093ВЕ можно исполь-

зовать микросхему K561TL1, полевой транзистор IRF840 можно заменить транзистором IRF740 или использовать отечественные транзисторы серии КП707 с любым буквенным индексом. Транзистор 2N7000 можно заменить транзистором BS170 или КП501, оптопара U1 — АОТ101 с любым буквенным индексом или подходящая импортная.

# Прибор для проверки сервоприводов дистанционно управляемых моделей

О. ИЛЬИН, г. Казань

Как правило, в простейших приборах для проверки сервоприводов дистанционно управляемых моделей — сервотестерах [1—6] указателем задаваемого углового положения качалки рулевой машинки (часто используют также термины "расход рулевой машинки", "путь перекладки качалки") служит метка на ручке управления, закреплённой на валу переменного резистора, которым регулируют длительность управляемых импульсов, что не обеспечивает высокой точности позиционирования проверяемого сервопривода. Более сложные приборы аналогичного назначения [7, 8] для повышения точности позиционирования сервопривода оснащены цифровым индикатором, отображающим длительность выходных управляемых импульсов. Однако многим моделлистам, не знакомым со структурой и параметрами командного сигнала, трудно поставить в соответствие длительность управляемых импульсов, отображаемых на цифровом индикаторе, и угол, на который должна при этом отклониться качалка рулевой машинки.

Предлагаю прибор для проверки сервоприводов дистанционно управляемых моделей, в котором указанные недостатки устранены. По своей технической сути и функциональным возможностям этот прибор наиболее близок к устройствам, описанным в [9, 10], но в отличие от [9], он более точен в позиционировании проверяемых сервоприводов, а по сравнению с [10] проще по схеме и конструкции.

Прибор может работать в трёх режимах: автоматическое периодическое перемещение качалки рулевой машинки между конечными точками рабочего интервала; автоматическая установка качалки рулевой машинки в положение, соответствующее середине рабочего интервала (установка в нуль); ручная установка качалки рулевой машинки в произвольное положение в пределах рабочего интервала (регулирование частоты вращения вала электродвигателя в интервале от нуля до максимального значения).

Прибор позволяет контролировать работу двух рулевых машинок одновременно и электродвигателя, работающего совместно с регулятором частоты вращения. Прибор оснащён стрелочным индикатором, наглядно показывающим, какой расход или какую относительную частоту вращения должны иметь проверяемые рулевые машинки или электродвигатель при изменениях длительности управляемых импульсов. Предусмотрена возможность контроля

параметров выходных импульсов прибора, а также напряжения, вырабатываемого регулятором частоты вращения электродвигателя для питания электронных устройств, установленных на модель. Прибор выполнен на доступной элементной базе и прост в налаживании.

Параметры формируемыми прибором прямоугольных импульсов напряжения соответствуют параметрам импульсов, управляемых работой сервоприводов наиболее распространённых цифровых систем дистанционного пропорционального управления моделями [1, 3, 4]: период следования — 20 мс; длительность — от 1 до 2 мс; амплитуда — не менее 3,8 В. Погрешность преобразования длительности управляемых импульсов в показаниях индикатора — не более  $\pm 5\%$ . Напряжение питания прибора — 12 В, максимальный выходной ток источника питания — не менее 1 А, потребляемый ток (без подключения сервоприводов) — не более 100 мА.

Схема прибора показана на **рисунке**. Основа устройства — генератор с независимой установкой длительности и периода следования импульсов, собранный на интегральном таймере DA2. Времязадающий элемент этого мультивибратора — конденсатор C9. Его зарядка, в зависимости от положения переключателя SA1 ("Режим работы"), происходит соответственно через резистор R12 (SA1 в положении "1") либо резисторы R17, R18 (SA1 в положении "2") или резисторы R20, R21 (SA1 в положении "3"), а также через диод VD2. Разрядка конденсатора C9 происходит через резистор R15, диод VD3 и выводы 1, 7 микросхемы DA2. Во время зарядки конденсатора C9 на выходе генератора (вывод 3 DA2) формируются прямоугольные импульсы заданной длительности, а во время разрядки — пауза между ними. Конденсатор C8 — фильтрующий, резистор R22 — нагрузочный.

На логических элементах DD1.1—DD1.3 собран генератор сигналов треугольной формы. Когда переключатель SA1 установлен в положение "1", под воздействием этого напряжения автоматически с частотой 0,5...1 Гц изменяется длительность формируемых прибором прямоугольных импульсов напряжения, при этом проверяемая рулевая машинка с такой же частотой изменяет угловое положение своей качалки между крайними точками рабочего интервала.

Генератор напряжения треугольной формы включает в себя триггер Шмитта

на логических элементах DD1.1, DD1.2 и резисторах R2, R3, определяющих верхний и нижний уровни напряжения его переключения, а также интегратор, образованный логическим элементом DD1.3, резистором R7 и конденсатором C3. Частота генерации задана постоянной времени цепи R7C3, а амплитуда и уровень постоянной составляющей треугольного напряжения на выходе генератора (вывод 10 DD1.3) — резисторами R1, R4, R5, R6, R10. Конденсатор C1 — фильтрующий, конденсатор C4 предотвращает возникновение на выходе генератора паразитных высокочастотных колебаний.

В положении "2" переключателя SA1 прибор формирует прямоугольные импульсы длительностью 1,5 мс, которая задана резисторами R17, R18. При такой длительности импульсов качалка проверяемой рулевой машинки автоматически устанавливается в нейтральное положение, что соответствует середине рабочего интервала её углового перемещения (установка в нуль).

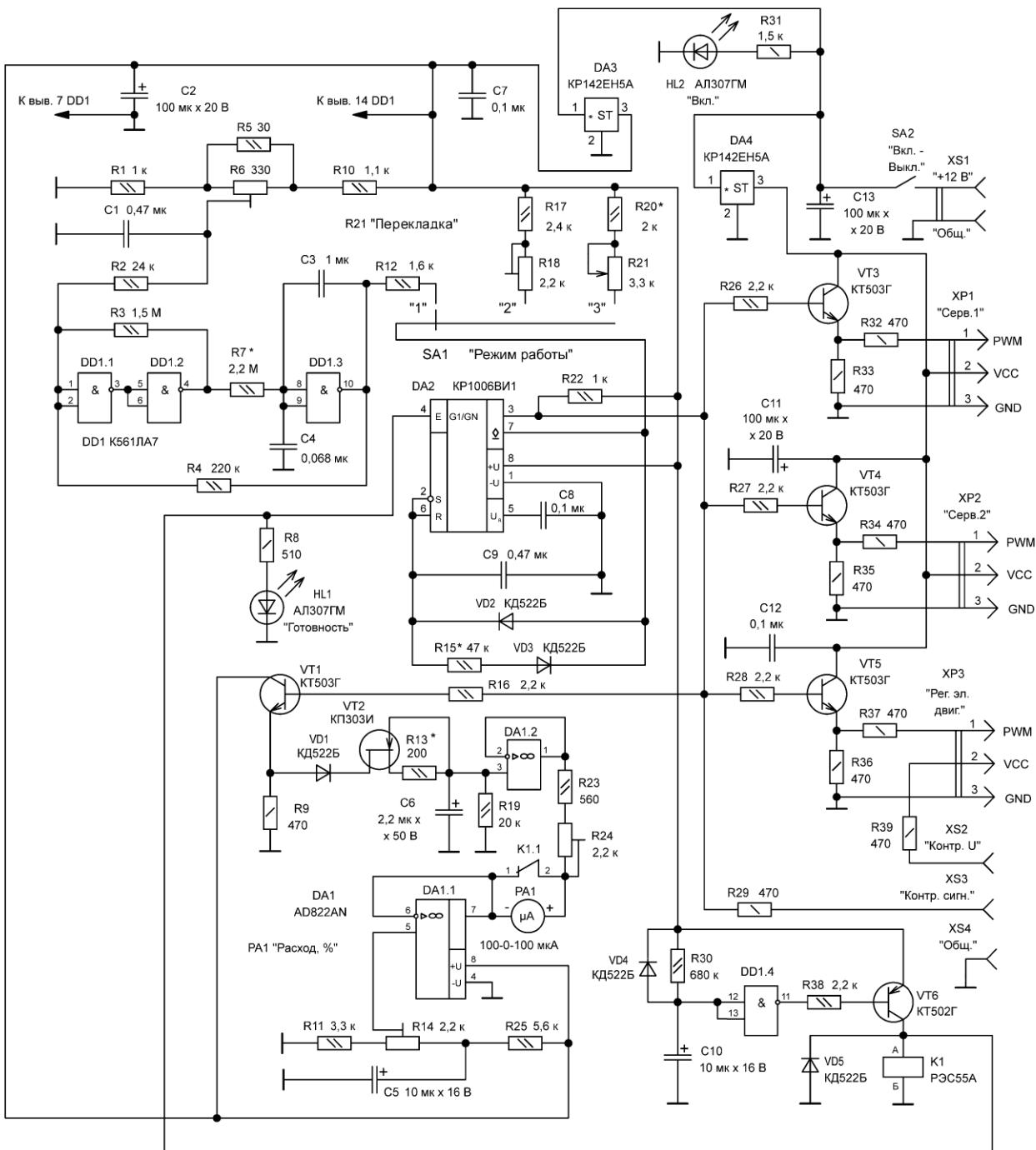
В положении "3" переключателя SA1 длительность формируемых прибором прямоугольных импульсов напряжения задана резисторами R20, R21. Регулируя переменным резистором R21 ("Перекладка") их длительность от 1 до 2 мс, устанавливают качалку проверяемой рулевой машинки в необходимую точку рабочего интервала (или изменяют в необходимых пределах частоту вращения проверяемого электродвигателя).

Транзисторы VT3—VT5 и резисторы R33, R35, R36 образуют эмиттерные повторители — разветвители, позволяющие подключить к прибору одновременно несколько нагрузок: две рулевые машинки и управляемый регулятором частоты вращения электродвигатель. Резисторы R32, R34, R37 — токоограничивающие, они предохраняют транзисторы VT3—VT5 от повреждения при случайном замыкании в цепи нагрузки.

Вилки XP1, XP2 и XP3 служат для подключения к прибору рулевых машинок и регулятора частоты вращения электродвигателя соответственно. Назначение контактов этих вилок следующее: 1 — сигнал управления (PWM); 2 — напряжение питания (VCC); 3 — общий (GND). Питание проверяемых рулевых машинок осуществляется напряжением +5 В, которое формирует интегральный стабилизатор напряжения DA4. Интегральный стабилизатор напряжения DA3 формирует напряжение +5 В, необходимое для работы прибора. Конденсаторы C2, C7, C11—C13 — фильтрующие.

Гнездо XS2 "Контр. U" предназначено для контроля стабилизированного напряжения +5 В, формируемого регулятором частоты вращения электродвигателя. Гнездо XS3 "Контр. сигн." служит для контроля параметров выходного сигнала генератора. Резисторы R29, R39 — токоограничивающие. Гнездо XS4 "Общ." используется при подключении к прибору контрольно-измерительных приборов.

Гнёзда "+12 В", "Общ." розетки XS1 предназначены для подключения к прибору источника питания. Включение и



выключение прибора производят выключателем SA2 ("Вкл. — Выкл."). Светодиод HL2 ("Вкл.") и токоограничивающий резистор R31 — узел индикации включённого состояния прибора.

Индикатор расхода рулевых машинок и относительной частоты вращения электродвигателя — стрелочный микроамперметр PA1 ("Расход, %"). Для устранения опасных для него бросков тока, возникающих во время включения и выключения прибора, а также устранения возможности резкого отклонения качалок рулевых машинок за пределы

рабочего интервала во время включения прибора, служит реле выдержки времени, которое включает в себя логический элемент DD1.4, транзистор VT6, диоды VD4, VD5, светодиод HL1 ("Готовность"), резисторы R8, R30, R38, конденсатор C10 и электромагнитное реле K1. Конденсатор C10 и резистор R30 — времязадающие элементы, логический элемент DD1.4 — пороговое устройство, транзистор VT6 — усилитель тока, повышающий нагрузочную способность логического элемента DD1.4. Диод VD5 защищает транзистор

VT6 от возможного пробоя импульсами напряжения самоиндукции обмотки реле K1. Диод VD4 обеспечивает быструю разрядку конденсатора C10 после выключения прибора. Токоограничивающий резистор R8 и светодиод HL1 — узел индикации срабатывания реле выдержки времени.

Сразу после включения прибора напряжение на конденсаторе C10 равно нулю, вследствие чего на выходе логического элемента DD1.4, включённого инвертором, формируется напряжение высокого уровня, закрывающее транзи-

стор VT6. Электромагнитное реле K1 обесточено, его нормально замкнутые контакты K1.1 шунтируют микроамперметр PA1, исключая протекание через него броска тока. Когда транзистор VT6 закрыт, вход Е интегрального таймера DA2 через обмотку реле K1 соединён с общим проводом. На выходе интегрального таймера DA2 формируется близкое к нулю напряжение, закрывающее транзисторы VT3—VT5, в результате чего на управляющих входах соответствующих сервоприводов сигнал отсутствует.

Когда по истечении выдержки времени (3...5 с) напряжение на конденсаторе C10 достигает напряжения переключения логического элемента DD1.4, на его выходе формируется напряжение низкого уровня, открывающее транзистор VT6. В результате этого срабатывает электромагнитное реле K1, его контакты K1.1 размыкаются, вследствие чего шунтирование ими микроамперметра PA1 прекращается. В это же время на вход Е интегрального таймера DA2 с коллектора транзистора VT6 поступает напряжение высокого уровня, разрешающее работу интегрального таймера DA2, при этом загорается светодиод HL1, информируя о готовности прибора к работе.

После выключения питания электромагнитное реле вновь K1 обесточивается, и его соответствующие контакты K1.1 замыкаются, исключая протекание через микроамперметр PA1 броска тока в момент выключения.

Индикация микроамперметром PA1 расхода рулевых машинок и относительной частоты вращения электродвигателя при изменении длительности управляющих импульсов происходит так.

В положении "2" переключателя SA1 с выхода интегрального таймера DA2 через эмиттерный повторитель на транзисторе VT1 и диод VD1 на вход интегратора, образованного генератором стабильного тока VT2R13, накопительным конденсатором C6 и нагрузочным резистором R19, поступают прямоугольные импульсы напряжения длительностью 1,5 мс. Генератор стабильного тока VT2R13 повышает линейность интегрирования. Диод VD1 препятствует разрядке конденсатора C6 через транзистор VT2 в паузах между импульсами, поступающими на вход интегратора. В результате интегрирования этих импульсов на выходе интегратора и соответственно на входе и выходе буферного повторителя напряжения, собранного на ОУ DA1.2, формируется постоянное напряжение, которое прямо пропорционально длительности входных импульсов интегратора.

Регулируемый делитель напряжения R11R14R25 и фильтрующий конденсатор C5 образуют источник напряжения смещения. ОУ DA1.1 — буферный повторитель этого напряжения. Между выходами ОУ DA1.1 и DA1.2 включены последовательно соединённые токоограничивающий R23 и подстроечный R24 резисторы, а также стрелочный микроамперметр PA1 с током полного отклонения 100 мА и нулевой отметкой посередине шкалы. Выходное напряжение ОУ DA1.1 установлено такое, что паде-

ние напряжения на цепи R23R24PA1 равно нулю и ток через эту цепь не протекает, вследствие чего стрелка микроамперметра PA1 в положении "2" переключателя SA1 устанавливается на нулевую отметку шкалы.

В положении "3" переключателя SA1 длительность прямоугольных импульсов напряжения, поступающих на вход интегратора VT2C6R13R19, может быть произвольно изменена переменным резистором R21 в пределах рабочего интервала длительности управляющих импульсов проверяемых сервоприводов. Соответствующим образом при этом изменяется напряжение на выходе ОУ DA1.2, а следовательно, и ток, протекающий через микроамперметр PA1, и его направление. В результате этого стрелка микроамперметра PA1, отклоняясь на соответствующий угол, показывает в относительных единицах, какое угловое положение должна занять качалка подключённой к прибору рулевой машинки в соответствии с длительностью управляющих импульсов.

Если принять показания микроамперметра PA1 на соответствующих конечных отметках шкалы за  $\pm 100\%$  углового отклонения качалки рулевой машинки от середины её рабочего интервала, то микроамперметр PA1 при длительности импульсов 1, 1,5 и 2 мс покажет относительное угловое отклонение качалки рулевой машинки (расход рулевой машинки) на  $-100\%$ ,  $0\%$  и  $+100\%$  соответственно.

При регулировании переменным резистором R21 частоты вращения электродвигателя установка стрелки микроамперметра PA1 на отметку шкалы "100 мА" соответствует нулевой частоте вращения, а на отметку шкалы "+100 мА" — максимальной.

В положении "1" переключателя SA1 длительность прямоугольных импульсов напряжения, поступающих на вход интегратора VT2C6R13R19, автоматически изменяется с частотой 0,5...1 Гц в пределах рабочего интервала длительности управляющих импульсов проверяемых сервоприводов, что вызывает периодическое изменение напряжения на выходе ОУ DA1.2 и, как следствие, периодическое изменение тока через микроамперметр PA1, а также направления его протекания, в результате чего стрелка микроамперметра перемещается с такой же частотой между конечными отметками шкалы подобно качалке рулевой машинки, периодически перемещающейся между конечными точками своего рабочего интервала.

Монтаж прибора выполнен на винтовом способом на макетной плате. Интегральные стабилизаторы напряжения DA3 и DA4 установлены на теплоотводы с площадью рассеивающей поверхности 20 см<sup>2</sup> каждый.

Применённые в приборе оксидные и керамические конденсаторы — импортные, вместо них можно использовать отечественные K50-35 и K10-17-1а соответственно. Конденсаторы C3, C9 — плёночные K73-17, можно применить конденсаторы серий K73-9, K73-24. Постоянные резисторы — С2-33, возможная замена — С2-23, МЛТ, ОМЛТ. Подстроечные резисторы — многообо-

ротные импортные, вместо них можно применить отечественные РП1-48, СП3-39. Переменный резистор — СП3-9а или другой аналогичный.

Диоды КД522Б можно заменить диодами этой же серии или серий КД503, КД521. Светодиоды АЛ307ГМ заменимы другими, подходящими по цвету и яркости свечения. Транзисторы КТ502Г, КТ503Г допустимо заменить транзисторами этих же серий или подобными по электрическим параметрам других серий. Полевой транзистор КП303И заменим транзистором этой же серии с буквенным индексом А или В.

Микросхема К561ЛА7 может быть заменена функциональным аналогом серии 564 или импортной серией 4011. Интегральный таймер КР1006В1 заменим импортным аналогом серии 555. ОУ AD822AN [11] можно заменить на ОУ серии AD823. Интегральные стабилизаторы напряжения КР142ЕН5А заменимы импортными аналогами серии 7805.

Переключатель SA1 — любой на три положения, выключатель SA2 — МТ1 или аналогичный. Розетка XS1 набрана из двух гнёзд ГИ4, розетки XS2—XS4 — одиночные гнёзда ГИ4, вместо них можно использовать любые другие подходящие. ХР1—ХР3 — фрагменты вилок PLS с шагом 2,54 мм. Герконовое электромагнитное реле РЭС55А исполнения РС4.569.600-11 (К1) можно заменить на реле этой же серии с рабочим напряжением 5  $\pm 0,5$  В или на реле других типов с аналогичными параметрами. Микроамперметр PA1 — М4204 или другой аналогичный с нулевой отметкой посередине шкалы и током полного отклонения стрелки  $\pm 100$  мА.

Налаживание прибора заключается в проверке функционирования во всех режимах, контроле соответствия параметров выходных импульсов требуемым значениям и калибровке стрелочного индикатора.

Период следования генерируемых прибором импульсов устанавливают подборкой резистора R15. Предельы автоматического изменения их длительности устанавливают в положении "1" переключателя SA1 подстроечным резистором R6, а частоту изменения длительности — подборкой резистора R7. Длительность импульсов в положении "2" переключателя SA1 устанавливают подстроечным резистором R18. Интервал ручного регулирования длительности импульсов устанавливают в положении "3" переключателя SA1 подборкой резистора R20.

Напряжение питания рулевых машинок, параметры прямоугольных импульсов напряжения, подаваемых на сигнальный вход рулевых машинок и регулятора частоты вращения электродвигателя, контролируют относительно гнезда XS4 "Общ." на соответствующих выводах вилок ХР1—ХР3, а стабилизированное напряжение +5 В, формируемое регулятором частоты вращения электродвигателя, — на гнезде XS2 "Контр. U".

Калибровку стрелочного индикатора производят так. Переключатель SA1 устанавливают в положение "2" и убеждаются, что длительность выходных

импульсов прибора равна 1,5 мс. При такой длительности импульсов подстроечным резистором R14 устанавливают стрелку микроамперметра PA1 на нулевую отметку шкалы.

Переводят переключатель SA1 в положение "3", и переменным резистором R21 устанавливают длительность выходных импульсов прибора, равной 1 мс. При такой длительности импульсов подстроечным резистором R24 устанавливают стрелку микроамперметра PA1 на отметку шкалы "-100 мА". Переменным резистором R21 устанавливают длительность выходных импульсов прибора, равной 2 мс. Убеждаются, что при такой длительности импульсов стрелка микроамперметра PA1 устанавливается на отметку шкалы "+100 мА". Изменяя переменным резистором R21 длительность выходных импульсов прибора в интервале от 1 до 2 мс, убеждаются, что погрешность преобразования длительности импульсов в показания индикатора PA1 на всех отметках шкалы не превышает допустимого значения.

Установив переключатель SA1 в положение "1", убеждаются, что стрелка индикатора PA1 перемещается с частотой 0,5...1 Гц между противоположными конечными точками его шкалы. При необходимости максимальное отклонение стрелки индикатора от нулевой отметки шкалы в этом режиме

работы прибора корректируют подстроечным резистором R6.

О нормальном функционировании подключённых к прибору сервоприводов судят, сравнивая расход рулевых машинок или частоту вращения электродвигателя с показаниями индикатора.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. **Войцеховский Я.** Дистанционное управление моделями. Пособие моделиста и радиолюбителя. Пер. спольск. Под ред. А. П. Павлова и Н. Н. Путятиной. — М.: Связь, 1977, с. 167—201, 225—277.

2. **Васильченко М. Е., Дьяков А. В.** Радиолюбительская телемеханика. — Энергия, 1979, с. 103, 104.

3. **Миль Г.** Электронное дистанционное управление моделями. Пер. с нем. В. Н. Пальянова. — М.: ДОСААФ, 1980, с. 45—95, 103—114, 332—335.

4. **Днищенко В. А.** 500 схем для радиолюбителей. Дистанционное управление моделями. — СПб.: Наука и техника, 2007, с. 20—37, 446.

5. **Каменев Н.** Устройство для проверки и управления сервоприводами. — Радио, 2017, № 3, с. 51, 52.

6. **Яйлян В.** Самодельный сервотестер. — URL: <http://skyflex.air.ru/pages/advice/advice016.shtml> (25.05.21).

7. Сервотестер Hobbyking LED Servo Tester. — URL: <http://www.parkflyer.ru/ru/product/428359/> (25.05.21).

8. Сервотестер Turnigy со светодиодной индикацией. — URL: <http://www.parkflyer.ru/ru/product/2479855/> (25.05.21).

9. **Ильин О.** Прибор для проверки сервомеханизмов. — Радиомир, 2014, № 5, с. 24—26.

10. **Ильин О.** Прибор для проверки сервоприводов дистанционно управляемых моделей. — Радио, 2018, № 1, с. 31—35.

11. AD822 Single Supply, Rail-to-Rail Low Power FET-Input Op Amp. — URL: <https://www.datasheetspdf.com/pdf/1302152/AnalogDevices/AD822/1> (25.05.2021).

#### МОДУЛЬНАЯ РЕКЛАМА

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

Занятия проводятся по электронной почте или с помощью программы Skype.

Обучение может быть направлено на решение стоящей перед вами задачи.

[www.electroniclab.ru/courses.htm](http://www.electroniclab.ru/courses.htm)  
т. +7-912-619-5167

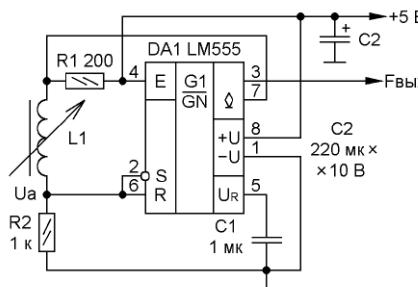
## Индуктивный датчик перемещения на таймере 555

**И. БОГАТЫРЁВ, В. ДОЦЕНКО, г. Харьков, Украина**

При создании микропроцессорной системы управления режимами работы дизельного двигателя тепловоза возникла необходимость разработки преобразователя линейного перемещения в частоту следования импульсов. В качестве датчика перемещения использовался индуктивный чувствительный элемент, представляющий собой соленоид с подвижным внутренним магнитопроводом — плунжером. Индуктивность катушки соленоида с полностью введённым плунжером равна 65 мГн, а активное сопротивление — 18 Ом. Одно из требований, предъявляемых к преобразователю, — размещение всей электронной "начинки" в колодке разъёма катушки, другими словами, размеры электронной части должны быть минимальными.

Результатом разработки стал преобразователь "перемещение-частота", схема которого показана на **рис. 1**. Особенность преобразователя — он содержит минимальное число элементов, и при правильном выборе их номи-

налов устойчиво работает в широком интервале температур. Основной элемент преобразователя — хорошо известный радиолюбителям и профессионалам интегральный таймер



**Рис. 1**

KP1006ВИ1 или его зарубежные аналоги LM555, NE555, SE555, SA555 (в дальнейшем по тексту — таймер).

Как известно, микросхема таймера разработана для построения на её основе самых разнообразных релаксационных генераторов, одновибраторов, формирователей импульсов и т. д. и хорошо описана в литературе, например в [1, 2]. Принцип работы всех известных релаксационных генераторов с применением интегрального таймера основан на поочерёдной зарядке и разрядке времязадающего конденсатора в интервале от 1/3 до 2/3 напряжения питания таймера. В предлагаемом варианте таймер также работает в режиме релаксационного генератора, но в качестве времязадающего элемента используется катушка индуктивности L1 — тяговый соленоид EMA-0837L-12 фирмы EMAGGO с подвижным плунжером.

Предлагаемое устройство, помимо катушки L1 и микросхемы таймера 555, содержит ещё два резистора R1 и R2. Резистор R2 выполняет функцию датчика тока, протекающего через катушку индуктивности L1, а напряжение Ua на резисторе R2 определяет фазу работы преобразователя.

Преобразователь работает так. Как известно, если напряжение Ua на входах R и S (выводы 2 и 6) микросхемы DA1 (входы внутренних компараторов таймера) будет меньше 1/3 напряжения питания, то RS-триггер таймера обнулён и внутренний транзистор, вывод коллектора которого подключен к выводу 7, закрыт. При этом точка соединения катушки индуктивности и резистора R1 отключена от общего провода. После

включения преобразователя через резисторы R1, R2 и катушку индуктивности L1 станет протекать ток от источника питания +5 В, который можно по аналогии с конденсаторным вариантом применения таймера условно назвать "зарядным". Напряжение Ua на резисторе R2 будет увеличиваться по экспоненциальному закону в соответствии с выражением

$$U_a = U_{\text{пит}} (1 - e^{-t/\tau_1}), \quad (1)$$

где  $U_{\text{пит}}$  — напряжение питания преобразователя,  $\tau_1 = L/(R_1+R_2+R_L)$  — постоянная времени "зарядной" цепи;  $R_L$  — активное сопротивление обмотки соленоида. Когда напряжение Ua достигнет значения  $2/3U_{\text{пит}}$ , компаратор таймера установит RS-триггер микросхемы в состояние логической единицы и откроет внутренний транзистор. Если не учитывать падение напряжения на этом открытом транзисторе, потенциал точки соединения катушки индуктивности L1 и резистора R1 будет близок к потенциалу общего провода, и катушка индуктивности начнёт отдавать накопленную энергию в виде "разрядного" тока через открытый транзистор и резистор R2. Напряжение Ua на резисторе R2 будет уменьшаться по экспоненциальному закону:

$$U_a = \frac{2}{3} U_{\text{пит}} e^{-t/\tau_2}, \quad (2)$$

где  $\tau_2 = L/(R_2+R_L)$  — постоянная времени "разрядной" цепи.

По мере "разрядки" катушки индуктивности напряжение Ua будет уменьшаться в соответствии с выражением (2) и при достижении значения  $1/3U_{\text{пит}}$  второй компаратор таймера обнулит RS-триггер микросхемы и закроет внутренний транзистор. Ток в катушке вновь начнёт увеличиваться, и повторится фаза "зарядки" — накопления энергии. Так устройство перейдёт в состояние генерации импульсов на выходе (выводе 3) микросхемы DA1. Следует отметить, что в режиме установившихся колебаний напряжение Ua в фазе "зарядки" будет изменяться во времени не в соответствии с формулой (1), а несколько иначе:

$$U_a = \frac{2}{3} U_{\text{пит}} (1 - e^{-t/\tau_1}). \quad (3)$$

На рис. 2 приведена осциллограмма напряжения Ua и напряжения на выходе (выводе 3) микросхемы таймера. Как следует из рисунка, напряжение Ua представляет собой "нарастающую" экспоненту в "зарядной" фазе работы устройства и "спадающую" в "разрядной". На осциллограмме видно, что в моменты переключения транзистора на напряжение Ua накладывается противоЭДС катушки индуктивности, что не влияет на работу преобразователя.

Выполнив математические преобразования формул (2) и (3), можно получить выражения для вычисления времени фазы "зарядки"  $T_3$  и времени фазы "разрядки"  $T_p$  катушки индуктивности:

$$T_3 = \frac{0,693 L}{R_1 + R_2 + R_L}, \quad (4)$$

$$T_p = \frac{0,693 L}{R_2 + R_L}. \quad (5)$$

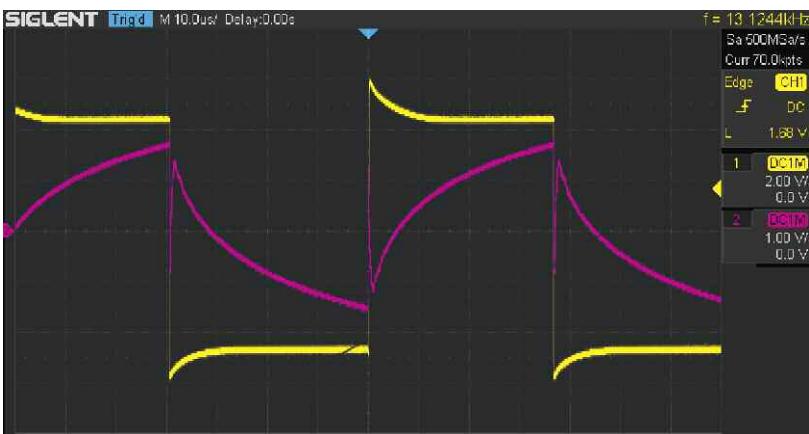


Рис. 2

Учитывая, что период колебаний генератора равен сумме времени фазы "зарядки"  $T_3$  и времени фазы "разрядки"  $T_p$ , получим уравнения для периода T и частоты колебаний генератора F:

$$T = 0,693 L \frac{R_3 \cdot R_p}{R_3 + R_p}, \quad (6)$$

$$F = \frac{1,44}{L} \frac{R_3 + R_p}{R_3 \cdot R_p}, \quad (7)$$

где  $R_3 = R_1 + R_2 + R_L$  — сопротивление цепи "зарядки", а  $R_p = R_2 + R_L$  — сопротивление цепи "разрядки" катушки индуктивности.

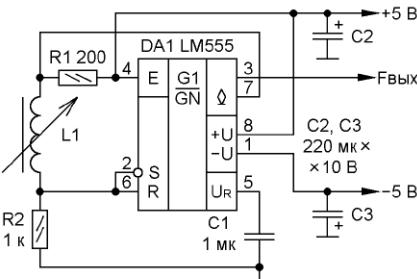


Рис. 3

резистора R2, а точную — R1, сделав их (или часть) переменными.

Экспериментируя с преобразователем, было обнаружено, что реальная частота следования импульсов и полученная частота расчёты путём значительно различаются. Сомнений в правильности формулы (7) не было, но в ней было подставлено значение индуктивности L, измеренное тестером Mega328 LCR-T4, описанным в [3, 4], что и вызвало сомнение. Для проверки правильности полученного значения L были проведены измерения индуктивности катушки разными измерительными приборами и предложенным автора-

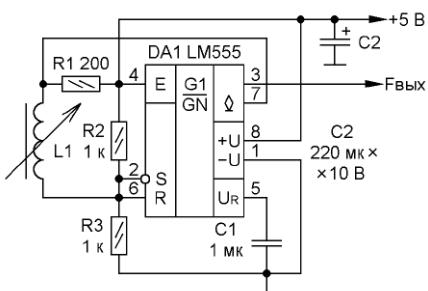


Рис. 4

ми методом [5]. Результаты измерения индуктивности катушки тягового соленоида EMA-0837L-12 с извлечённым плунжером представлены в таблице. Значения приведены в миллигнерах.

Как видно из таблицы, значения индуктивности катушки значительно разнятся в зависимости от измерительного прибора. При полностью вставленном в соленоид плунжере значения индуктивности катушки отличаются ещё больше. Это связано с тем, что указанные в таблице приборы различаются методами измерения, а самое главное, параметрами тока и частоты, при которых проводились измерения индуктивности. Различие измеренных значений связано с наличием в магнитном поле катушки ферромагнитных материалов. В зависимости от расположения рабочей точки на кривой намагничивания материала магнитопровода и амплитуды напряжённости магнитного поля магнитная проницаемость в рабочей точке  $\mu_p$  может значительно отличаться

от начальной магнитной проницаемости  $\mu_0$ , а она в значительной степени определяет индуктивность катушки. Формулы (6) и (7) справедливы для катушек индуктивности без ферромагнитных магнитопроводов или для катушек с магнитопроводами, индуктивность которых измерена в рабочей точке напряжённости магнитного поля.

Тестер 37XR-A	Измеритель LC E7-9	Mega328 LCR-T4	Расчётный метод
29,59	21,15	20,3	23,8

Для улучшения режима работы магнитной системы соленоида и исключения "замагничивания" магнитопровода разработаны два варианта генераторов, показанных на **рис. 3** и **рис. 4**.

В обоих устройствах рабочая точка на кривой намагничивания колеблется практически симметрично относительно начала координат и близка к нулю. При этом магнитная проницаемость магнитопровода  $\mu_p$  и индуктивность катушки L в таких конструктивных исполнениях будут близки к максимальным значениям ( $\mu_p = \mu_0$ ). Схема на рис. 3 отличается от схемы рис. 1 только наличием двухполарного питания, а схема на рис. 4 — наличием искусственной средней точки на резисторах R2 и R3. Недостаток преобразователя по схеме рис. 3 — необходимость использования двухполарного источника питания и наличие на выводе 3 микросхемы двухполарного выходного импульсного сигнала, что не всегда удобно.

При беглом анализе предложенных схем может показаться, что можно исключить резистор R1, подключив верхний по схеме вывод катушки индуктивности к выходу (выводу 3) микросхемы. Однако такой схемотехнический вариант неработоспособен. Причина этого — тот факт, что выход (вывод 3) микросхемы подключен к двухтактному выходно-

му каскаду, выполненному на двух биполярных транзисторах структуры p-p-n (см. схему микросхемы 555). В тот момент, когда нижний по схеме микросхемы транзистор начнёт закрываться, противоЭДС катушки положительным потенциалом будет приложена к эмиттеру верхнего по схеме транзистора, препятствуя его открыванию. При этом

использовании в качестве датчика перемещения тягового соленоида EMA-0837L-12 были получены характеристики, графики которых показаны на **рис. 5**.

Верхняя кривая получена в преобразователе по схеме рис. 1, а вторая — в устройстве по схеме рис. 3. Как видно из обоих графиков, при выдвижении плунжера из соленоида в интервале перемещения от 4 до 14 мм характеристика преобразователя практически линейна. Обе кривые соответствуют графикам, приведённым в монографии [6] на с. 74 и рис. 15.

В качестве заключения можно сказать, что предложенный вариант генератора импульсов на микросхеме таймера 555 отличается от подобных схем с конденсаторами тем, что времязадающий элемент — катушка индуктивности. Такой генератор можно использовать в детекторах металлов, так как при внесении в поле катушки магнитных материалов частота генератора понижается, а немагнитных — повышается.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Трайстер Р. Радиолюбительские схемы на ИС типа 555: Пер. с англ. — М.: Мир, 1988.
2. Теория и практика применения таймера 555. Часть первая. — URL: <https://radiokot.ru/articles/01/> (02.05.21).
3. Markus Frejek. AVR-TransistorTester. — Embedded Projects Journal, 11, Ausgabe, 2011.
4. Datei: Schaltplan\_transistorTester.png. — URL: [https://www.mikrocontroller.net/articles/Datei:Schaltplan\\_transistorTester.png](https://www.mikrocontroller.net/articles/Datei:Schaltplan_transistorTester.png) (02.05.21).
5. Богатырёв И., Доценко В. Метод измерения добротности и других параметров контура. — Радио, 2021, № 3, с. 21, 22.
6. Федотов А. В. Теория и расчёт индуктивных датчиков перемещений для систем автоматического контроля: монография. — Омск: Изд-во ОмГТУ, 2011.

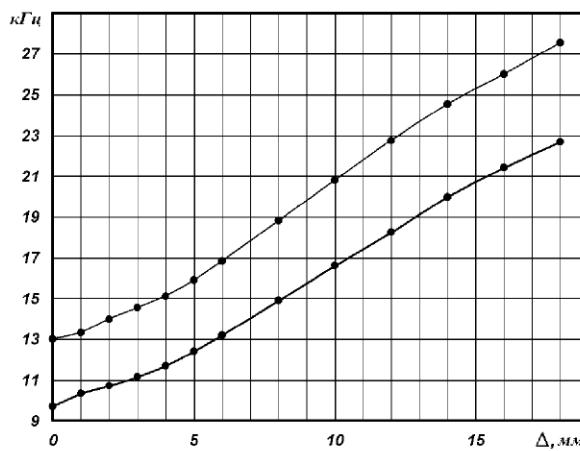


Рис. 5

возникает ситуация, когда оба выходных транзистора окажутся закрытыми, а вывод катушки, подключённый к выходу (выводу 3) микросхемы, по сути, зависит в неопределённом состоянии. Трудно описать процессы, которые при этом происходят, однако на практике такой преобразователь как-то работает.

Как указывалось в начале статьи, генератор, схема которого показана на рис. 1, был разработан как преобразователь "перемещение-частота", где в качестве подвижного элемента выступал плунжер катушки соленоида. При

## Защита автосигнализации от провалов напряжения в бортсети

Ю. БУЛЫЧЕВ, г. Омск

Уменьшение, или так называемая просадка напряжения в бортсети автомобиля, особенно при запуске двигателя, может приводить к неприятным последствиям. Например, при запуске при низких температурах в вашей автомагнитоле могут вдруг сброситься настройки радиостанций. Претензии к изготовителю или продавцу автомагнитолы в данном случае не помогут, он заявит, что его аппаратура рассчитана на нормальный режим эксплуатации, а не на использование автомобиля в экстремальных условиях. И будет прав — водитель обязан поддерживать свой автомобиль в таком состоянии, чтобы не выходить за пределы нормальных

условий эксплуатации. С другой стороны, это не всегда возможно. К примеру, какой смысл менять "подуставший" ак-

автомагнитолы вызывает раздражение, но, выражаясь фигурально, "на скорость не влияет"?

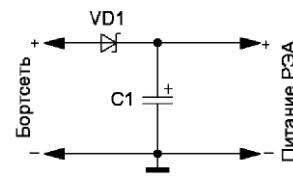


Рис. 1

кумулятор весной, если машинка заводится без проблем, а редкий сброс настроек

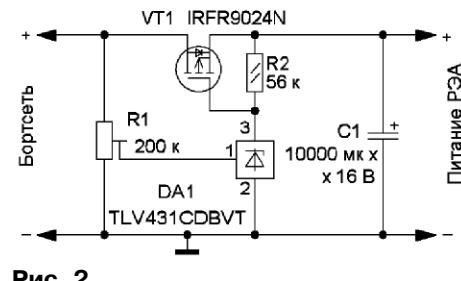


Рис. 2

В такой ситуации выходом из положения является запитывание автомагнитолы через диод с дополнительным накопительным конденсатором большой ёмкости (рис. 1). В этом случае кратковременные спады бортового

напряжения оказался сброшен при просадке напряжения питания.

Частично описанная выше проблема решается применением устройства в соответствии с рис. 1, особенно при использовании диода Шоттки. Однако

порог входного напряжения, при котором открывается транзистор VT1. В данном конкретном случае это 9,2 В, чуть больше минимально допустимого по техпаспорту для StarLine A93 9 В. При напряжении питания примерно более 9,2 В из-за очень малого сопротивления открытого транзистора VT1 напряжение на конденсаторе C1 оказывается фактически равным напряжению в бортсети. Когда при запуске двигателя происходит просадка напряжения до 9,2 В и менее, ток через микросхему DA1 резко уменьшается и транзистор VT1 закрывается. В результате сигнализация оказывается запитанной напряжением конденсатора C1. Конечно, когда бортовое напряжение проседает надолго, а это происходит тогда, когда запустить двигатель установленным в автомобиле аккумулятором уже невозможно, предлагаемое устройство не спасёт.

МОП-транзистор выбран с большим запасом по току и напряжению, т. е. максимальный ток устройства определяется транзистором и сечением проводов. Ёмкость конденсатора выбрана максимально возможной исходя из габаритов корпуса. В любом случае здесь применим принцип "кашу маслом не испортишь". Тем не менее, не будет лишним проверить ток утечки выбранного конденсатора. Автору попался экземпляр нового конденсатора, у которого ток утечки 40 мА! В качестве компаратора применена микросхема серии TLV431 [1], у которой минимальный потребляемый ток — 100 мкА. Это продиктовано желанием обеспечить как можно меньший потребляемый устройством ток. На рис. 3 показаны осциллограммы, иллюстрирующие работу устройства. Жёлтым цветом показано входное напряжение питания треугольной формы, синим — выходное. На рис. 4 показано изготовленное автором устройство. Для него был использован пластмассовый корпус из-под фильтра питания какой-то магнитолы. Плавная регулировка была выбрана из опасения необходимости подстройки порога переключения непосредственно в автомобиле.

На практике подстроечный резистор можно заменить двумя постоянными, первый — сопротивлением 100 кОм — между выводом 1 микросхемы DA1 и линией питания, второй — сопротивлением 33 кОм — между этим выводом и общим проводом. В случае необходимости расчёт резисторов можно произвести с помощью соответствующего сервиса в [2].

#### ЛИТЕРАТУРА

1. TLV431x Low-Voltage Adjustable Precision Shunt Regulator. — URL: <https://www.ti.com/lit/ds/symlink/tlv431.pdf> (25.05.21).

2. Калькулятор TL431 — стабилитрон. — URL: <https://huxfluxdeluxe.wordpress.com/2019/12/18/tl431-calc-comparator/> (25.05.21).

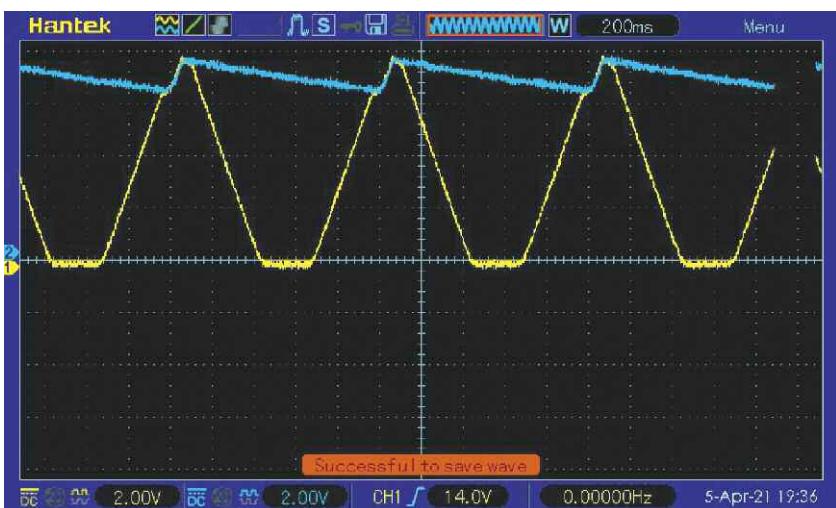


Рис. 3

напряжения не оказывают существенного влияния на электропитание магнитолы — ёмкости конденсатора хватает, чтобы не допустить снижения напряжения питания ниже допустимого для неё уровня и тем самым сохранить её настройки в неприкосновенности. Тем не менее, и тут есть "ложка дёгтя" — магнитола в рабочем режиме может потреблять немалый ток, при этом на диоде теряется напряжение, которого и так не всегда хватает для УНЧ магнитолы, мало того, при большом токе диод ещё и греется.

Однако можно и без магнитолы в морозы поездить, когда описанная выше проблема мешает при пользовании охранной сигнализацией... В данном случае речь идёт об автомобильной сигнализации StarLine A93, но есть основания полагать, что эта проблема может касаться и других систем автосигнализаций. В StarLine A93 встроены функции измерения бортового напряжения и автозапуск по достижении бортовым напряжением заранее установленного минимального уровня. В Интернете немало жалоб на трудности использования этой функции, что не удивительно, поскольку автозапуск по напряжению аккумулятора нужен для предотвращения полной разрядки аккумулятора, а потребность в нём наступает тогда, когда аккумулятор уже в значительной степени разряжен. Ситуация с просадками бортового напряжения усугубляется во время запуска в мороз, ведь в этом случае запустить двигатель труднее. В результате получаем не только не запущенный двигатель, но и неосведомлённость о причине отказа, поскольку микроконтроллер в сигнали-



Рис. 4

из-за малого потребляемого блоком сигнализации тока и его непредсказуемости во времени трудно определить, какое именно переданное на брелок напряжение следует считать верным, т. е. какую величину следует отнимать от показаний на брелоке, которые определяются падением напряжения на диоде. Неопределённость измерения ещё более негативно сказывается на настройке запуска по напряжению аккумулятора, ведь в этом случае десятые доли вольта имеют очень важное значение, так как именно десятые доли вольта и индицируют степень разрядки аккумулятора.

Указанный недостаток можно устранить с помощью устройства, схема которого показана на рис. 2. В ней использованы мощный МОП-транзистор с р-каналом микросхемы серии TL431 в качестве компаратора. Делителем на подстроечном резисторе R1 устанавливают

ЖУРНАЛ В ЖУРНАЛЕ



# о связи

## YL-ОМ CONTEST 2021 – ИТОГИ

**“Ж**енские” соревнования, которые ежегодно в начале марта проводит редакция журнала “Радио” совместно с Союзом радиолюбителей России, поддерживают интерес у представительниц прекрасного пола к занятию радиоспортом. Участие в них принимают не так много спортсменок. В этом году их было 49.

Лучший результат в группе “YL радиостанции с одним оператором” в соревнованиях этого года, как и в предыдущие два года, показала Ирина Черная (RU3XY) из г. Обнинска Калужской обл. На втором месте в этой группе — Анастасия Ушакова (RA5G) из Липецкой обл., а на третьем — Анастасия Дуженкова (RX3CC) из г. Обнинска Калужской обл.

В группе “YL радиостанции с несколькими операторами” первое место заняла команда коллективной радиостанции RO9T Центра творчества детей и юношества “Радость” из г. Орска Оренбургской обл., в которую входили Ариана Ижанова, Анастасия Атаманенко (R9SDX) и Елена Репина. Второе место заняла команда RM3X из г. Медынь Калужской обл. в составе Валерии Шелопаевой, Владиславы Долгих и Ульяны Кулюкиной. Третье место в этой группе заняла команда R6CF радиоклуба “Планета” ЦДО “Радуга”, ст. Брюховецкая Краснодарского края. В её состав входили Вероника Оськина, Марина и Ангелина Журовы.

Хорошую поддержку участникам оказали мужчины. В этом году их было (по присланным отчётом) более 80. В группе “ОМ один оператор” наиболее активным был Андрей Селин (RC9A) из г. Чебаркуль Челябинской обл. В прошлогодних соревнованиях он занял второе место. На втором месте — Валерий Бобров (RW3AI) из г. Москвы. Третье место, как и в прошлом году, занял Александр Чуркин (RM4HZ) из села Новый Буйн Самарской обл.



Команда коллективной радиостанции RO9T Центра творчества детей и юношества “Радость”, показавшая лучший результат в группе “YL радиостанции с несколькими операторами”. Слева—направо: Ариана Ижанова, Елена Репина и Анастасия Атаманенко.



Команда коллективной радиостанции RK3SAI МБОУ СОШ № 65 г. Рязани. Слева—направо: Полина Шуйская, Анастасия Клименко, Анна Саблукова.



Ирина Черная (RU3XY) — победитель в группе индивидуальных радиостанций.

В группе "ОМ несколько операторов" хорошо выступила команда коллективной радиостанции RK4HYT СЮТ из села Кинель-Черкассы Самарской обл., выступавшая в составе Сергея Бахаева, Александра Вязовкина и Егора Захарова. Второе место заняла команда радиостанции ДОСААФ RC9J из г. Радужный Ханты-Мансийского автономного округа Тюменской обл., за которую выступали Алексей Зотов и Денис Рукинов. На третьем месте — команда RZ5Z из г. Старый Оскол Белгородской обл. В её составе принимали участие Симеон Крынин, Егор и Михаил Фукаловы.

Памятными плашками журнала "Радио" отмечены Ирина Черная и команда радиостанции RO9T. Все YL и лидеры в группе ОМ получат памятные контест-дипломы.

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

Результаты всех участников этих соревнований по зачётным группам приведены в **таблице** (место, позывной, число проведённых связей, результат). Эти же результаты можно посмотреть по адресу [http://www.radio.ru/cq/contest/result/yi-2021\\_tab\\_site.pdf](http://www.radio.ru/cq/contest/result/yi-2021_tab_site.pdf) на нашем сайте.

SINGLE-OP YL			10	RY6LAE	48	48	SINGLE-OP ОМ			26	RU3KO	18	18	55	RA3NC	6	6
1	RU3XY	120	120	1	RC9A	43	43	27	UR4MF	18	18	56	RV3VR	6	6		
2	RA5G	118	118	2	RW3AI	41	41	28	RT40	18	18	57	UN7EV	6	6		
3	R3XCC	97	97	3	RM4HZ	37	37	29	R9QQ	17	17	58	RA0UJ	5	5		
4	RK3VA	97	97	4	R3AAA	35	35	30	EU8F	17	17	59	UB4FFB	5	5		
5	RA5AD	90	90	5	UA9SEC	31	31	31	RA3TT	17	17	60	UC5D	5	5		
6	R6FGD	87	87	6	UR7QC	31	31	32	R0RG	17	17	61	UA4PAQ	5	5		
7	RY4F	85	85	7	RA3DSV	30	30	33	UD8A	16	16	62	OK1FMJ	4	4		
8	RJ3ZC	69	69	8	RA4DR	30	30	34	UA9XX	16	16	63	R8KAY	4	4		
9	UB9UXJ	68	68	9	RA4CL	28	28	35	RZ9UO	15	15	64	UA9CTT	4	4		
10	RK4W	57	57	10	UA9SMU	28	28	36	UA9CUA	14	14	65	RA3V	3	3		
11	ROAK	54	54	11	RU3VQ	28	28	37	UA3VLO	13	13	66	UA9JNT	2	2		
12	RK4CYW	50	50	12	RN4SC	27	27	38	UT2MZ	12	12	67	RW0UM	2	2		
13	RCOLKT	46	46	13	RX3VF	27	27	39	RA9UBN	12	12	68	YO4RIW	2	2		
14	LZ3BQ	40	40	14	R4ACY	26	26	40	R4BZ	12	12	69	UA9XO	1	1		
15	ROAFF	5	5	15	R5FP	25	25	41	UA0QN	10	10						
			16	UA3PP	23	23	42	UA9UVB	10	10							
MULTI-OP YL			17	RX3QNE	22	22	43	UN7BBD	10	10	1	RK4HYT	33	33			
1	RO9T	96	96	18	R4FCJ	22	22	44	YL2PP	10	10	2	RC9J	28	28		
2	RM3X	79	79	19	UA4FDK	22	22	45	RN3FY	9	9	3	RZ5Z	27	27		
3	R6CF	73	73	20	RA3VFF	21	21	46	YL2CV	9	9	4	UA3GX	23	23		
4	R5AX	69	69	21	R1QE	21	21	47	RW9XU	9	9	5	RA8T	20	20		
5	R3MAI	66	66	22	RA5AW	20	20	48	R3BV	8	8	6	RC9MAA	17	17		
6	RK9CYA	64	64	23	RV9CVA	20	20	49	RA6FQE	8	8	7	RC9FC	12	12		
7	RK3SAI	61	61	24	RU9TN	20	20	50	RV6ASU	8	8	8	RM3ZF	7	7		
8	UN8LWZ	59	59	25	R2EL	19	19	51	Y08DOH	8	8						
9	RZ3DZI	54	54	26	RK9V	7	7	52	SP4JWR	7	7	1	UT7LW	9	0		
			27	UA6HFI	7	7	53	UA6HFI	7	7	2	UA0R	23	0			

## Александр Кожевников (R1AK) — коротковолновик 1926—1933 гг.

Георгий Члиянц (UY5XE), г. Львов, Украина

Эта статья подготовлена по материалам книги Георгия Члиянца (UY5XE) и Бориса Степанова (RU3AX) "Листая старые "CallBook" и не только... (1925—1941)" (Львов, 2008, 304 с.) и по радиолюбительским журналам разных лет.

Александр Николаевич Кожевников (1907—1938) в 1926 г. проживал в Н.-Новгороде по Преображенской линии, 1/2 (позже она была переименована на Крыловский пер.). Он был опера-

тором первой так называемой "нелегальной" коллективной радиостанции R1NN (подсекция КВ при технической секции Нижегородского общества радиолюбителей — Н.О.Р.) и также при-

своил себе "нелегальный" позывной R1AK (подробнее о R1NN см. в [1]).

Примечание. В своей статье [2] Фёдор Лбов ошибочно указывает позывной своего корреспондента как G5NS. Правильно — G5HS, который был очень активным в эфире в те годы (подробнее о Ф. А. Лбове см. в [3]).

В середине 1928 г. Александр Кожевников получает наблюдательский позывной RK-13, а через несколько месяцев становится как 23RA. Был членом Н.О.Р.

В начале 1928 г. А. Кожевников поступает на работу радиостанции ледокольного парохода "Малыгин", который в июне 1928 г., совместно с линейным ледоколом Арктического флота "Красин", экспедиционной гидрографической шхуной "Персей" и ледоколом "Георгий Седов", принимает участие в спасении оставшихся в живых членов



QSL-карточка А. Кожевникова, 1926 г.

команды Умберто Нобиле — экспедиции на дирижабле "Италия", который 25 мая потерпел катастрофу в районе архипелага Шпицберген.

**Примечание.** Старшим радистом на "Красине" был Иван Экштейн (43RA) (подробнее о И. Г. Экштейне см. в [4]).

В конце 1928 г. он получает позывной eu2AO и продолжает работу на "Малыгине", но дальнейшая его радиолюбительская деятельность неизвестна (начиная с 1933 г. он отсутствует в списке позывных серии "U").

В конце 1937 г. Александр Кожевников был арестован в г. Горьком, осуждён по Ст.: 58-6, 58-9 УК РСФСР и 1.02.1938 г. был расстрелян.



Ледокольный пароход "Малыгин", 1932 г.

**Примечание.** Скорее всего, на арест повлиял его близкий контакт в 1928 г. с итальянским радистом экспедиции У. Нобиле Дж. Биаджи и многолетнее знакомство с репрессированным в то же время И. Экштейном (43RA), поскольку А. Кожевников также обвинялся в шпионаже и был осуждён по той же статье, что и 43RA.

По вполне естественным причинам изложенный материал не может претендовать на право абсолютной исторической истины, но автор обработал доступные ему материалы.

Этой статьёй завершается цикл материалов по нашим "нелегалам" ("блок" позывных "R1—R2"), операторы которых были установлены. К сожалению, история не сохранила никакой информации об операторах, работавших позывными, которые упоминались на страницах журналов 1925—1926 гг.: R1AF, R1DA, R1JP, R1JS, R1JW, R1NP, R1SM, R1PA, R1SS, R1X, R2NP, R2COD, R2QW, R2WL, R3FP, R3JS, R3W и R3WW.

**Примечание.** Судя по построению некоторых выше перечисленных позывных, их вполне могли использовать:

— R1JP — Юрий Парошин (Нижний Новгород, позже — 24RA, eu2AP);

— R1PA — П. Потоловский (Москва, Сретенка, Селивёрстов пер., 26—62, позже — 26RA, eu2AQ);

— R1SM — Михаил Степанов (Белёв,



QSL-карточка G5HS, 1927 г.



А. Кожевников, 1928 г.

Устав Нижегородского общества радиолюбителей.



НИЖНИЙ-НОВГОРОД  
МСМХИИ



Марка "Ледокольный пароход "Малыгин", 1981 г.

Поиски продолжаются!

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Члиянц Г. R1UA — "пioneer" коротковолнового движения. — Радио, 2021, № 2, с. 49—52.

2. Лбов Ф. А. Четверть века назад. — Радио, 1946, № 1, с. 48, 49.

3. Члиянц Г. R1FL — наш первый "нелегал". — Радио, 2019, № 9, с. 53—56.

4. Члиянц Г. И. Г. Экштейн (43RA/eu3AG) — радист ледокола "Красин" (1928—1934 гг.). — Радио, 2019, № 8, с. 49, 50.

5. Члиянц Г. 09RA — первый наставник Э. Т. Кренкеля. — Радио, 2019, № 11, с. 51.

**КВ радиостанции**

**РАЦИИ РАЗНЫЕ — СХЕМА ОДНА!**

Радиостанция  
«Карта-3»

Крепкая  
Удобная  
Неприхотливая

Радиостанция  
«Улейма-80»

Облегчённая  
Компактная  
Универсальная

Технические Характеристики:

Частота, МГц	1,7-7
Число каналов	3
Тип излучения	SSB
Мощность, Вт	5
Питание, В	11-16
Ток на приём, мА	30

000 «Фирма «Радиал» | тел. +7 (495) 775 4319 | e-mail: hfpager@radial.ru

# Космическая Одиссея

Александр МАКЕВКИН (RA4CEO),  
пос. Светлый Саратовской обл.

24 мая 2021 г. юные радиолюбители из посёлка Светлый Саратовской области провели сеанс радиосвязи с

свою деятельность 1 сентября 1991 г. Учащиеся здесь изучают азбуку Морзе, основы



Олег Нуйкин (UI4F) с антенной обеспечивает связь с МКС. Арсений Чоладзе, Яна Шашлова и Андрей Демченко готовятся к общению с космонавтами. Павел Шашлов (папа Яны) — в роли фотокорреспондента, в глубине кадра — наш коллега Сергей Кокорин (RA4DR) и оператор местного телеканала "Светлый" Олег Панин.



Андрей Демченко, самый юный участник радиосеанса, задаёт вопросы космонавтам.



Артём Платонов готовится задать свои вопросы космонавтам.

космонавтами Международной космической станции (МКС) Олегом Новицким и Петром Дубровым.

Коллектив радиостанции RK4CYW Дома детского творчества ГО ЗАТО Светлый Саратовской области начал

радиотехники и активно работают в радиолюбительском эфире. Руководит коллективом в течение почти 30 лет педагог дополнительного образования Александр Иванович Макевкин (RA4CEO).

Идею провести сеанс радиосвязи с бортом МКС предложил Олег Нуйкин (UI4F), выпускник этого коллектива 1993 г. Мы установили контакт с Центром управления полётами. От Сергея Николаевича Самбурова, отвечающего за организацию сеансов радиосвязи между МКС и радиолюбителями, получили всю необходимую информацию. Олег Нуйкин занялся технической подготовкой, а Александр Макевкин и коллектив юных радиолюбителей готовили вопросы для космонавтов. Ребятам хотелось узнать как работают и как отдыхают космонавты, чем пытаются и как проводят свободное время, могут ли они позвонить родным и как это сделать. Вопросов было много, но время ограничено — всего десять минут и МКС уйдёт из зоны радиовидимости. Сеанс назначали на 16.14 GMT (Greenwich Mean Time — среднее время по Гринвичу) 24 мая. За час до начала работы всё было готово: и участники, и аппаратура. В 16.13 GMT Олег начал вызывать МКС, позывной RS0ISS, и сразу получил ответ с борта. Пётр Дубров поприветствовал участников радиовстречи от имени экипажа МКС-65. Александр Макевкин представил юных радиолюбителей посёлка Светлый и передал микрофон детям. Артём Платонов спросил, как космонавты поддерживают свою физическую форму в космосе, и получил от космонавта Петра Дуброва подробный ответ. Потом Яна Шашлова и Виктория Синютина, Арсений Чоладзе и Тимофей Нестерчук задали свои вопросы космонавтам.

Время пролетело очень быстро, и станция ушла из зоны радиовидимости. Юные радиолюбители и их родители были в восторге от общения с космонавтами. Александр Макевкин позвонил в Центр Управления полётами и сообщил, что сеанс радиосвязи с бортом МКС проведён успешно.

## Модуль таймера С005 и конструкции на его основе—2

И. НЕЧАЕВ, г. Москва

Модуль С005 "без помощника" можно использовать только для управления маломощными и низковольтными элементами, такими как светодиоды, акустические сигнализаторы и маломощные реле. Поэтому для более мощных нагрузок требуется применение дополнительных коммутирующих элементов — биполярных или полевых транзисторов.

Благодаря применению полевого транзистора ток нагрузки может быть до 3 А.

Этот таймер можно сделать в виде переходника USB—USB, разместив все детали в корпусе подходящего размера. Вариант односторонней печатной платы для этого случая показан на рис. 17.

Поскольку максимальное напряжение питания модуля С005 5 В, для его

использования с источниками питания напряжением 5...20 В потребуются ограничение и стабилизация напряжения питания самого модуля. Вариант схемы таймера для этого случая показан на рис. 18. Напряжение питания модуля A1 стабилизировано с помощью стабилитрона VD1.

В таймерах, схемы которых приведены на рис. 16 и рис. 18, полевой транзистор

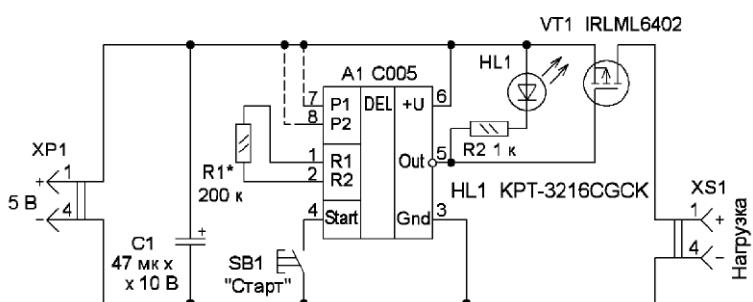


Рис. 16

На рис. 16 показана схема таймера для управления нагрузками, которые питаются напряжением 5 В, это могут быть различные USB-светильники, USB-вентиляторы и т. д. Для указанных на схеме номиналов длительность выдержки — около 1 ч. Для других значений выдержки надо воспользоваться данными, приведенными в табл. 1 и табл. 2. Запуск таймера осуществляется нажатием на кнопку SB1, при этом светодиод HL1 начинает светить, а транзистор VT1 открывается, подавая на нагрузку питающее напряжение.

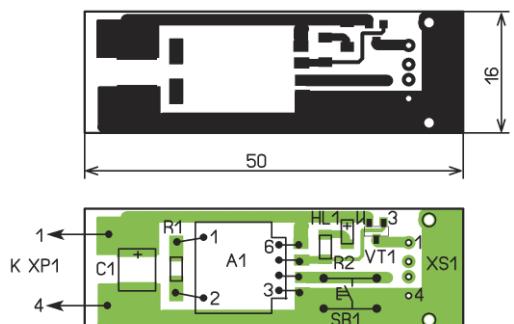


Рис. 17

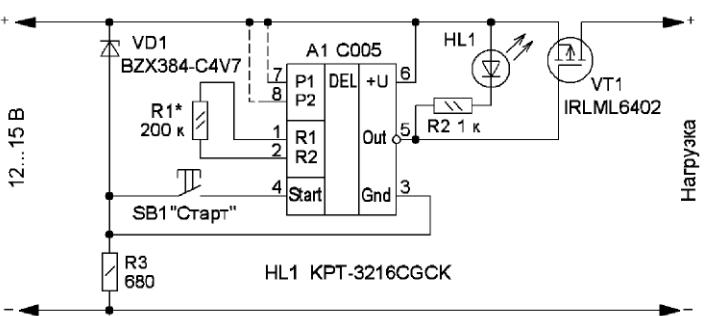


Рис. 18

зистор можно заменить биполярным структуры p-n-p. При этом эмиттер подключают взамен истока, коллектор — взамен стока, а базу соединяют через резистор с выходом Out модуля C005. Сопротивление этого резистора должно быть таким, чтобы ток через него не превышал допустимого для модуля C005, в данном случае — 30 мА.

Если необходим таймер с гальванической развязкой между модулем C005 и нагрузкой, следует применить электромагнитное или оптореле. При подключении непосредственно к модулю

C005 электромагнитное реле должно быть низковольтным (5 В) и экономичным (потребляемый ток — не более 30 мА). Схема подключения реле к модулю C005 показана на **рис. 19**. Указанное на схеме реле позволяет коммутировать напряжение до 100 В и ток до 1 А. Если применить более мощное и высоковольтное реле, которое потребляет ток более 30 мА, надо использовать схему таймера, показанную на **рис. 16** или **рис. 18**. При этом реле подключают как нагрузку, а параллельно её обмотке надо установить любой мало-

мощный выпрямительный или импульсный диод (катодом к стоку транзистора VT1).

Можно использовать и оптореле, вариант схемы таймера с этим коммутирующим прибором показан на **рис. 20**. Время выдержки устанавливают подборкой резистора R1 и подключением входов P1 и P2 к плюсовой линии питания. Подборкой резистора R2 устанавливают минимальный входной ток оптореле U1. Светодиод желательно применить красного свечения. Указанное на схеме реле может коммутировать на-

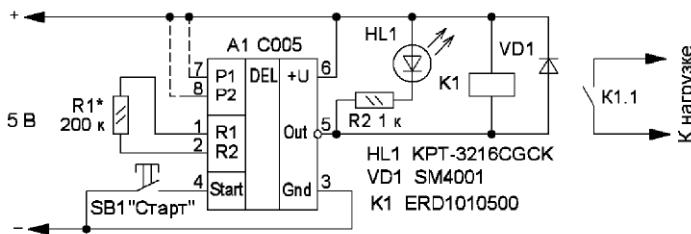


Рис. 19

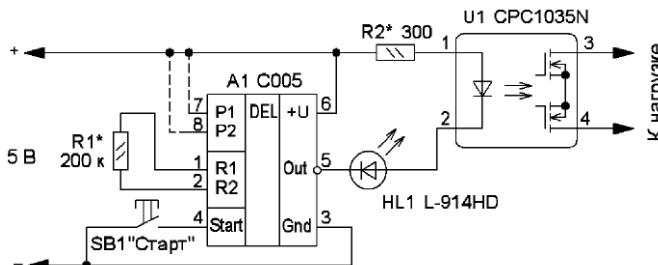


Рис. 20

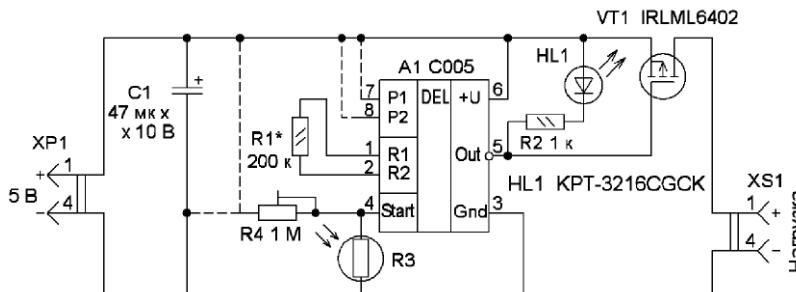


Рис. 21

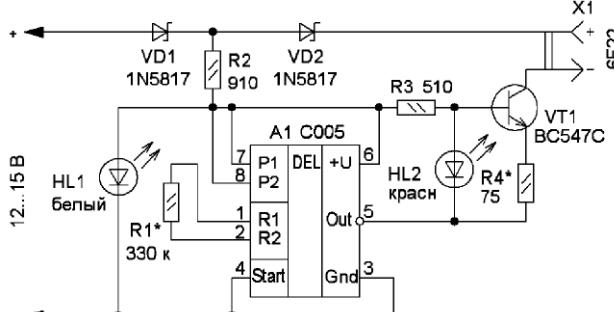


Рис. 22

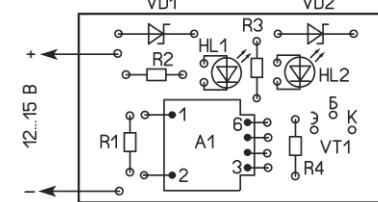
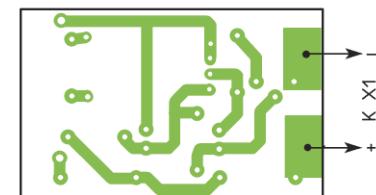
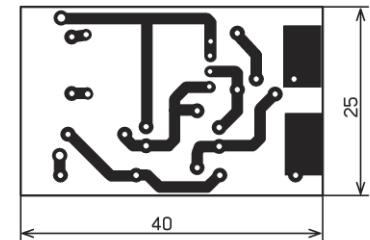


Рис. 23

грузку в цепи напряжением 100 В и током до 100 мА. В настоящее время выбор оптореле достаточно широк [4], но, к сожалению, не все они доступны по разным причинам.

Наличие встроенного подтягивающего резистора на входе Start модуля C005 и пороговые свойства этого входа позволяют использовать для запуска таймера взамен кнопки резистивный датчик, сопротивление которого зависит от температуры, влажности освещённости и т. п. Используя такие датчики, на основе модуля можно реализовать таймеры, которые запускаются при изменении параметров окружающей среды. На **рис. 21** показан таймер, который запускается при увеличении освещённости. С помощью резистора R4 левый по схеме вывод которого (в зависимости от темнового сопротивления фотодиода R3) его подключить к минусовой или плюсовой линии питания.



Рис. 24

Следует отметить, что запуск этого таймера осуществляется при превышении освещённостью порогового уровня, установленного резистором R4. Повторный запуск возможен только после того, как освещённость станет меньше порогового значения и затем превысит её. Взамен фоторезистора можно подключить терморезистор с отрицательным ТКС, тогда таймер запустится при превышении пороговой температуры.

Модуль C005 можно использовать для построения **зарядного устройства** (ЗУ) аккумуляторной Ni-Cd или Ni-MH батареи типоразмера 6F22. Один из возможных режимов зарядки таких батарей — в течение 12...15 ч током  $0,1 \cdot C$ , где  $C$  — ёмкость батареи ( $\text{mA} \cdot \text{ч}$ ). Схема такого ЗУ показана на **рис. 22**. Питается оно от источника питания напряжением 12...15 В, максимальный ток зарядки — 30 мА. Диод VD1 защищает устройство от неправильной полярности питающего напряжения. Диод VD2 исключает разрядку аккумуляторной батареи при отключении питающего напряжения. Напряжение питания (около 3,3 В) модуля A1 стабилизировано параметрическим стабилизатором напряжения на резисторе R2 и светодиоде HL1. Этот светодиод одновременно служит индикатором наличия питающего напряжения 12 В. Транзистор VT1 совместно со светодиодом HL2 и резисторами R3 и R4 образуют стабилизатор тока зарядки.

Работает устройство следующим образом. После подачи питающего напряжения происходит запуск таймера, и начинается отсчёт времени. Выход Out модуля будет соединён с минусовой линией питания, через светодиод HL2 протекает ток, заданный резистором R3. Этот светодиод сигнализирует о том, что идёт процесс зарядки. Транзистор VT1 открывается, и через него протекает ток, который можно задать подборкой резистора R4. Этот ток будет зарядным для аккумуляторной батареи. По истечении времени выдержки на выходе Out модуля появится напряжение питания модуля, светодиод HL2 погаснет, транзистор VT1 закроется и зарядка прекратится.

Поскольку максимальный ток модуля — 30 мА, ёмкость аккумуляторной батареи не должна превышать 300  $\text{mA} \cdot \text{ч}$ .

Все детали ЗУ можно разместить на плате, которую удобно разместить в корпусе от разряженной батареи типоразмера 6F22. Эта плата — односторонняя, её чертёж показан на **рис. 23**. Светодиоды могут быть маломощными белого или синего (HL1), красного (HL2) свечения в корпусе диаметром 3 мм. Диоды — маломощные Шоттки или германиевые, транзистор — маломощный кремниевый структуры  $n-p-n$  с коэффициентом передачи тока базы  $h_{213}$  не менее 100, резисторы — МЛТ, С2-23. Разъём X1 — колодка от батареи "Крона".

Внешний вид смонтированной платы показан на **рис. 24**. Её вставляют в корпус (**рис. 25**), в котором напротив светодиодов сделаны отверстия диаметром 3 мм. С источником питания ЗУ соединяют двухпроводным кабелем с соответствующим разъёмом на конце.

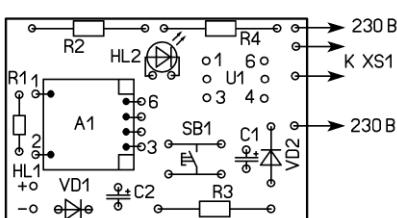
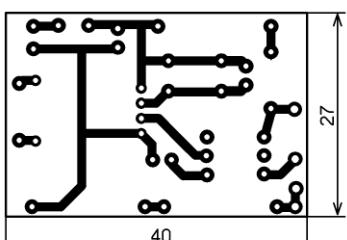


Рис. 27



Рис. 25

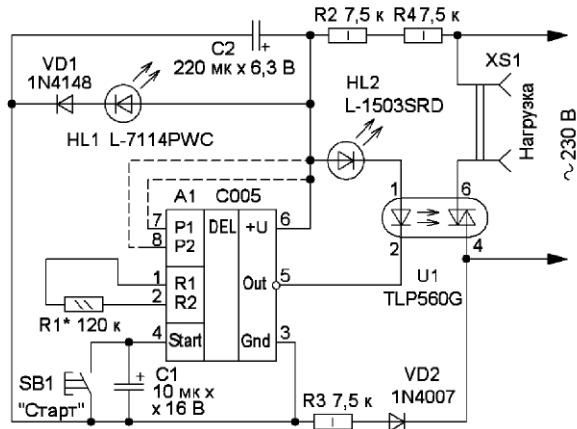


Рис. 26

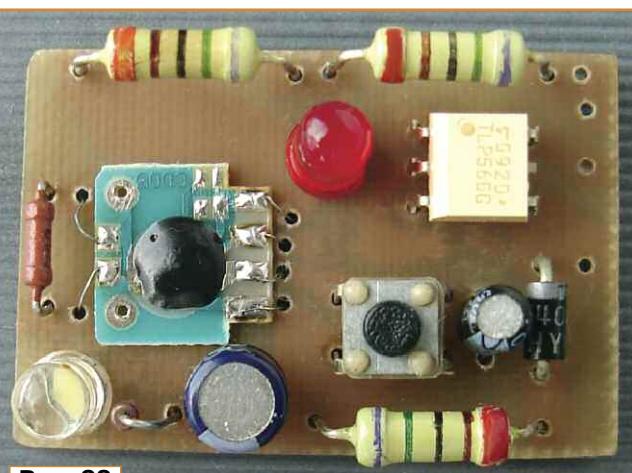
Схема **таймера** для управления маломощными сетевыми нагрузками, например, источниками питания или осветительными лампами, показана на **рис. 26**. Для питания модуля A1 использован параметрический стабилизатор напряжения, содержащий выпрямитель на диоде VD2, гасящие резисторы R2—R4, а также диод VD1 и светодиод HL1, которые обеспечивают ограничение напряжения питания значением около 4 В. Для подачи сетевого напряжения на нагрузку использован симисторный оптрон U1.

После подачи сетевого напряжения происходит запуск таймера и начинается отсчёт времени. Обусловлено это тем, что в этот момент вход Start модуля C005 соединён с минусовой линией питания за счёт конденсатора C1. На выходе Out модуля появляется низкий уровень напряжения, поэтому через светодиод HL2 и излучающий диод оптрана U1 начнёт протекать ток и симистор оптрана откроется, пропускная на нагрузку сетевое напряжение. Поскольку светодиод HL2 и излучающий диод оптрана включены без токоограничивающего резистора, напряжение питания модуля уменьшится примерно до 2,7 В. При этом протекающий через них ток (около 5 мА) ограничен резисторами R2—R4. Это приведёт к тому, что светодиод HL1 погаснет, сигнализируя о включённом таймере, но отсчёт времени продолжится без сбоев.

По окончании времени выдержки ток через светодиод HL2 и излучающий диод оптрана прекратится, симистор закроется и нагрузка будет обесточена.

К этому времени конденсатор C1 зарядится, и для нового запуска таймера надо нажать на кнопку SB1.

Большинство деталей, кроме гнезда XS, размещены на односторонней печатной плате из фольгированного стеклотекстолита, чертёж которой показан на **рис. 27**. Можно применить резисторы С2-23, МЛТ, конденсаторы — импортные, диоды — любые выпрямительные с допустимым обратным напряжением не менее 400 В и прямым током до 20 мА, оптосимистор — МОС3063. Светодиод HL1 — маломощный белого свечения. Чтобы после запуска таймера светодиод HL1 выключался, светодиод HL2 должен быть обязательно красного свечения. Максимальный средний ток симистора применённой оптопары TLP260G — 100 мА, поэтому мощность нагрузки не должна превышать 20 Вт. Внешний вид смонтированной платы таймера показан на **рис. 28**. Плату помещают в пластмассовый кор-



**Рис. 28**

пус подходящего размера. Кнопка должна быть с длинным толкателем или надо сделать самодельный толкатель из отрезка пластмассового стержня. Для управления более мощной нагрузкой можно применить дополнительный симистор, которым управляет симистор оптопары U1. Как это сделать, показано в [5] на с. 4.

При налаживании и проверке сетевого таймера особое внимание следует обратить на выполнение правил техники безопасности, поскольку элементы устройства находятся под напряжением сети 230 В.

#### ЛИТЕРАТУРА

4. Оптоэлектронные реле компании International Rectifier. — URL: <https://www.compel.ru/lib/54825> (10.05.21).

5. 6-pin DIP Zero-Cross Optoisolators Triac Driver Output. — URL: <http://www.datasheet-pdf.com/PDF/MOS3063-Datasheet-Motorola-502651> (09.06.21).

**От редакции.** Чертежи печатных плат в формате Sprint Layout имеются по адресу <http://ftp.radio.ru/pub/2021/07/C005-2.zip> на нашем FTP-сервере.

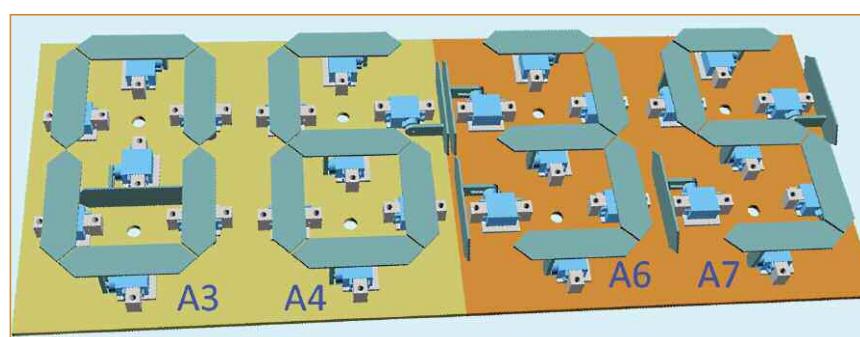
## Электронно-механическое цифровое табло

**Д. МАМИЧЕВ, пос. Шаталово Смоленской обл.**

Совершенствуя собственные конструкции на микроконтроллерах (МК), радиолюбитель иногда сталкивается с дефицитом его ресурсов. Чаще всего выходом является вариант замены МК на более ресурсоёмкий, в результате чего приходится существенно переделывать весь проект. Однако иногда можно пойти путём количественных, а не качественных изменений в конструкции, что и иллюстрирует предлагаемая вниманию читателей статья. Речь в ней пойдёт о семиэлементных цифровых индикаторах, собранных в табло и реализованных с помощью сервоприводов (**рис. 1**). Различные варианты практических реализаций таких устройств приведены в [1, 2].

Среди преимуществ сервоприводных индикаторов, по сравнению с светодиодными, следует отметить относительную простоту изготовления индикаторов высотой до 20...50 см без изменения принципиальной схемы, хорошую читаемость изображений в яркий солнечный день и энергосбережение. Конструктивно ячейки сегментов (**рис. 2**) состоят из лепестка 1,

крепления 2 и сервопривода 3. Шлейфы ближайших приводов выводятся через отверстия 4 в подложке 5 на её обратную сторону. Лепестки привинчены к качалкам сервоприводов и имеют два статичных положения —



**Рис. 1**

открыта (ячейка слева) и закрыта (ячейка справа). Элементы 1 и 2 распечатаны на 3D-принтере. Комплект печати содержит два однотипных набора по 28 штук деталей в каждом, выполненных в одном цвете, например чёрном.

Схема устройства показана на **рис. 3**. Она состоит из семи модулей. При этом модули A2—A4 и A5—A7 образуют ячейки двухразрядных табло. Таких ячеек может быть две, три или гораздо больше. Их согласованной работой управляет внешнее приложение посредством команд, передаваемых через блютуз-модуль A1. Этот модуль является своего рода мастер-модулем для всех ячеек. Подробнее о способах сетевого соединения модулей, например Arduino по UART, рассказано в [3—6].

Модули A3, A4, A6 и A7 — самодельные. Их схема (модули A3, A4 или A6,

A7) показана на **рис. 4**. На **рис. 5** и **рис. 6** представлен виртуальный и реальный внешний вид.

При разработке табло и использовании данной элементной базы была реализована возможность поочерёдной дистанционной загрузки скетчей из

Arduino IDE в платы-модули A2 и A5. Учитывая определённую сложность конструкции, её изготовление желательно разбить на несколько отдельных этапов.

Сначала изготавливают собственно индикаторы (рис. 6). В качестве подложки 1 можно использовать любой листовой материал разумной толщины и прочности, подойдут ДВП, ДСП, фанера, пластмасса, древесина, ОСП, алюминий, сталь, гетинакс и т. д. При использовании тонкого материала крепление ячеек удобно производить с помощью винтов 3 с резьбой M4 и гаек. Для более толстого материала можно использовать винты-саморезы диаметром около 4 мм и длиной 25 мм. Сервоприводы крепят с помощью пары комплектных винтов-саморезов диаметром 2 мм и длиной 8 мм. Такими же винта-

помощью пары реек или же сразу собирать на общей подложке. Расположение приводов, согласно схеме на рис. 4, поясняет рис. 5. При закрывании лепестков во всех ячейках, кроме центральной, они отклоняются (красные метки на рис. 5) наружу индикатора. Лепесток центральной ячейки отклоняется внутрь и вниз.

В этом варианте модуля нужно проконтролировать три параметра соответствующими командами:

**AT+ROLE=0;**  
**AT+CMODE=1;**  
**AT+UART=19200,0,0;**

Далее следует внести поправку в софт Arduino IDE на компьютере. Дело в том, что Arduino IDE при каждой попытке залитки скетча делает очистку буферов СОМ-порта, что приводит к закрытию Bluetooth-соединения и отмене загрузки. Чтобы избежать этого, нужно поправить конфигурацию Arduino IDE, который в большинстве случаев находится в файле **arduino\hardware\arduino\avr\boards.txt**, который находится в папке **Arduino**. Для этого открывают этот файл в текстовом редакто-

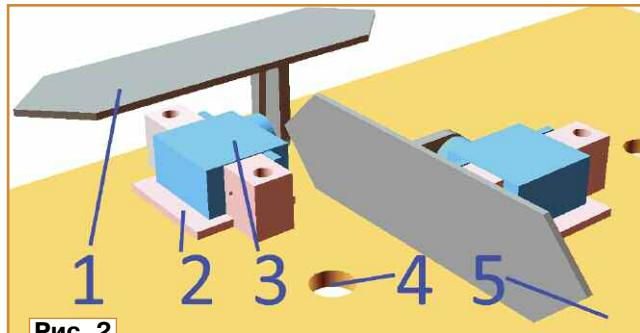


Рис. 2

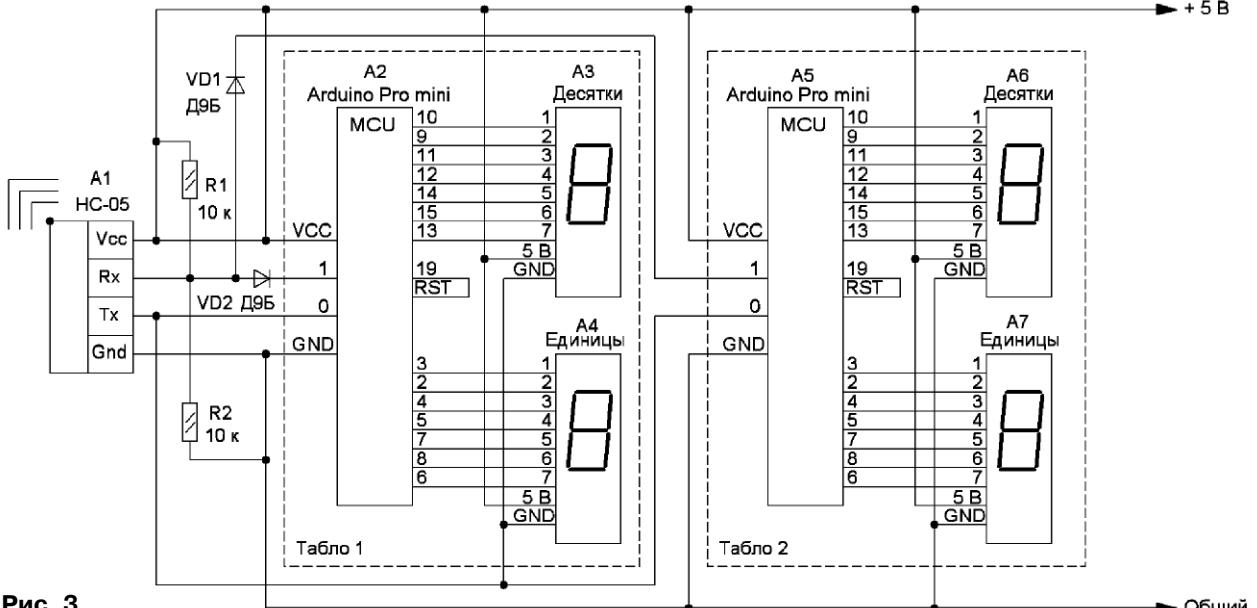


Рис. 3

ми привинчивают лепесток и качалку к валу привода. Предварительно следует выбрать правильное положение качалки на валу. К имеющимся приводам для положения лепестка "открыт" был выбран угол 170 градусов, а для положения "закрыт" — угол 75 градусов (скетч **test\_servo**). Внешнюю поверхность лепестков 2 желательно сделать контрастной по отношению к подложке. Была использована цветная самоклеящаяся пленка, но можно использовать и нитрокраску. Подложку следует покрасить в тёмный цвет. При желании можно дополнительно завуалировать головки винтов, шлейфы и корпусы приводов. Шлейфы через отверстия 5 выводят на контактную колодку 4 всего модуля. Колодка изготовлена из отрезка макетной платы. Модули можно собирать по отдельности и крепить в целое табло с

На втором этапе попарно проверяют работоспособность самодельных модулей. Для этого собирают усечённый вариант схемы (см. рис. 3) из модулей A2—A4. В модуль Arduino загружают скетч **servo\_7**. На первой части табло должны последовательно, с паузами примерно 4 с, выставляться числа 7, 10, 32, 54, 76 и 98.

Далее следует собрать, проверить и настроить управляемую сеть модулей Arduino. Для этого собираем усечённый вариант схемы (рис. 3), без подключения индикаторов, и загружаем в платы скетчи **zalivka\_pro\_mini\_A** и **zalivka\_pro\_mini\_B**. Это своего рода скетчи типа Blink для встроенных светодиодов плат. Производят предварительно настройку модуля A1 в режиме slave с помощью AT-команд. Как это сделать, подробно изложено в [6].

ре, ищут секцию, соответствующую плате, с которой работаем (у нас это Pro mini), и добавляют следующую строку:

**pro.menu.cpu.16MHzatmega168.upload.disable\_flushing=true.** При этом не забываем установить перемычки для аппаратной перезагрузки плат между выводами RST и 19 (A5) (см. рис. 3).

Следующий этап — корректировка встроенной в Arduino IDE библиотеки Servo. Она позволяет одновременно управлять 12-ю сервоприводами, но этого недостаточно для нашего табло. Поэтому в файле Servo.h строку

**#define SERVOS\_PER\_TIMER 12 // the maximum number of servos controlled by one timer**

нужно заменить строкой

**#define SERVOS\_PER\_TIMER 14 // the maximum number of servos controlled by one timer.**

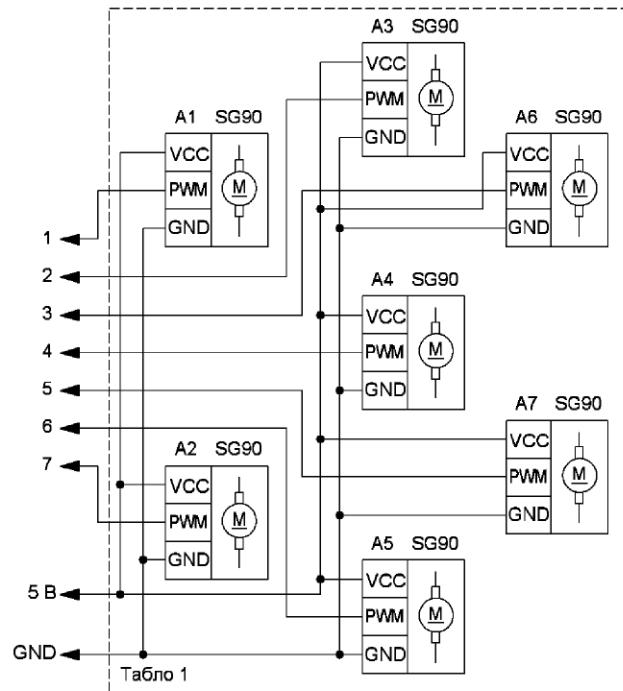


Рис. 4

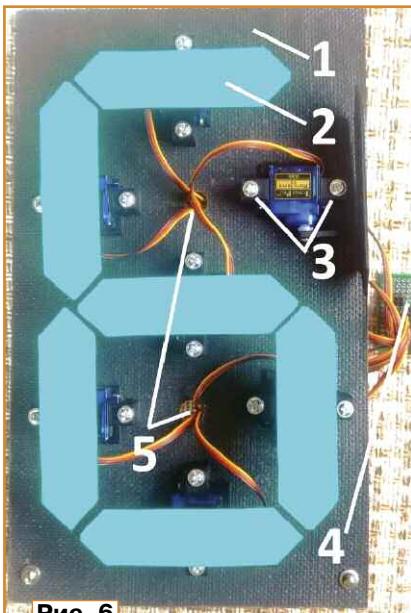


Рис. 6

Дополнительно ещё в файле Servo.crp (папка avr) строку

```
if( ((unsigned)*TCNTn) + 4 < usToTicks(REFRESH_INTERVAL)) // allow a few ticks to ensure the next OCR1A not missed
```

меняют на

```
if( ((unsigned)*TCNTn) + 4 < usToTicks(REFRESH_INTERVAL)&&SERVOS_PER_TIMER <=12) // allow a few ticks to ensure the next OCR1A not missed,
```

ссылка на тему обсуждения на профильном форуме [7].

Далее создают и устанавливают соединение ПК с модулем A1 и через монитор порта Arduino IDE посылаем команды на модули A2, A5, предварительно настроив скорость передачи данных 19200 бод. Протокол команд прост — символ **A** активирует дальнейшие команды для модуля A2, символ **B** — для модуля A5, символ **0** перезагружает текущую плату, символы от **1** до **9999** задают время в миллисекундах между сменой состояний светодиода включён\выключен. Для "загрузки по воздуху" скетча в выбранную плату нужно закрыть монитор порта, внести изменения в скетч, например, поменяв значение переменной **t** с 500 до 50 и проворив, нажать на кнопку "Загрузка". Частота миганий светодиода на модуле Arduino должна измениться. Аналогично следует проверить модуль A5. Проведя серии опытов и убедившись в стабильности работы канала связи, можно загрузить скетчи **servo\_7A**, **servo\_7B** и подключить индикаторы.

Для внешнего управления табло автор использовал приложение для смартфона (рис. 7). На экране имеются кнопки для набора двухзначных чисел: кнопка переключения активации плат, кнопка управления подключением канала связи. Каждая отсылка чисел сопровождается голосовым оповещением. Проект приложения отличается от подобных, описанных в моих статьях, блоками обработки нажатий на кнопки (рис. 8). Для примера приведён блок 2 кнопки "9". По щелчку кнопки в строковую переменную команда добавляется символ "9". Если переменная содержит

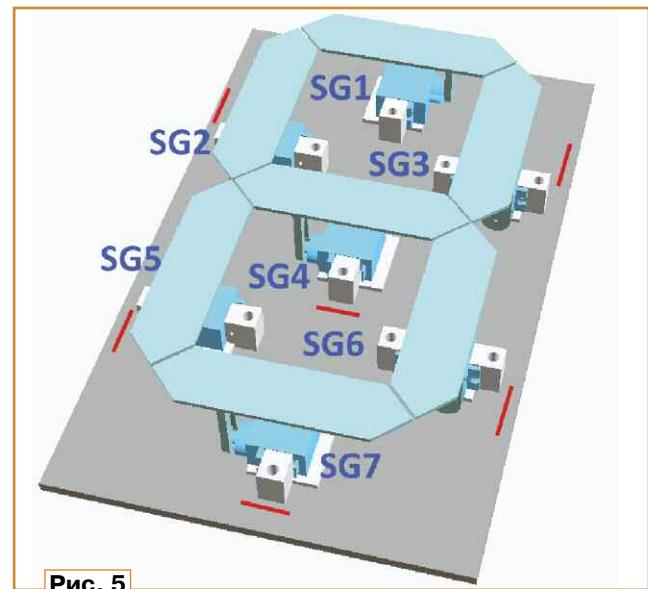


Рис. 5

Теперь возможности библиотеки стали больше, и максимальное число управляемых приводов возросло до 14.

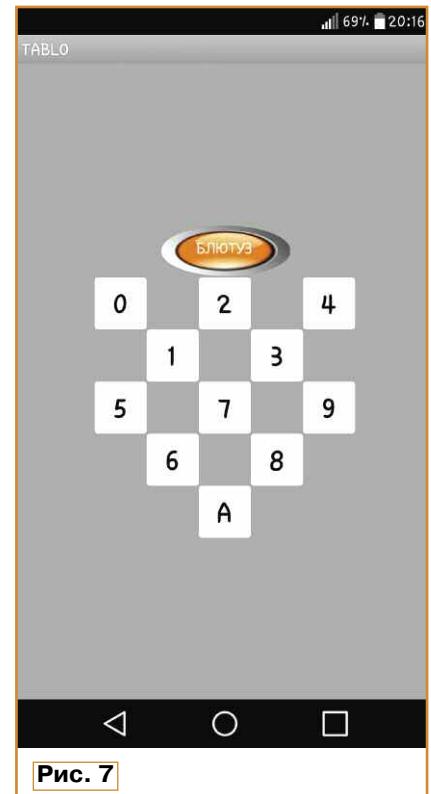


Рис. 7

уже два символа, происходит передача её данных на табло и идёт голосовое оповещение, значение переменной обнуляется. При повторении конструкции в программу приложения следует внести MAC адрес 1 имеющегося в распоряжении модуля A1. Он состоит из шести пар чисел, разделённых двоеточиями.

Питается конструкция от компьютерного блока питания. При наличии модуля A1, устойчиво работающего при напряжении питания 3,6 В, можно провести эксперименты по проверке работоспо-

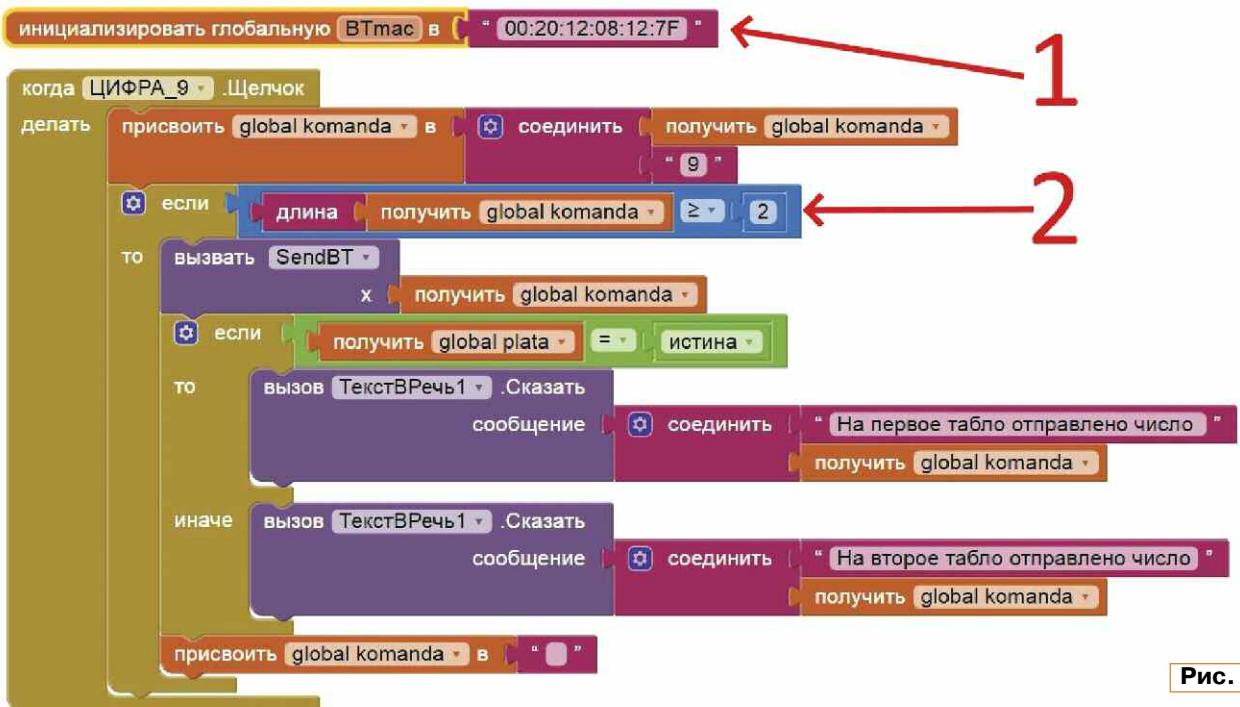


Рис. 8

собности конструкции при питании от аккумулятора напряжением 3,7 В. Резистор R2 при этом нужно исключить.

Такая или расширенная сеть плат с МК может оказаться полезной при разработке различных мобильных устройств или удалённых стационарных конструкций. Внутренние связи (без аппаратных изменений) между МК можно строить через посредника — с помощью внешнего приложения управления.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Mechanical Seven Segment Display Clock. — URL: <https://www.instructables.com/Mechanical-Seven-Segment-Display-Clock/> (21.05.21).

2. Сервоприводные часы на Arduino. — URL: <https://alexgyver.ru/servo-clock/> (21.05.21).

3. Обнаружение и разруливание коллизий на протоколе UART. — URL: <http://blog.sci-smart.ru/2012/10/uart.html> (21.05.21).

4. Tx/Rx UART communication between 2 MCU over 1 line. — URL: <https://electronics.stackexchange.com/questions/18762/tx-rx-uart-communication-between-2-mcu-over-1-line> (21.05.21).

5. Arduino UART (TX/RX) multidrop 1 master 50 slaves. — URL: <https://arduino.stackexchange.com/questions/54009/>

arduino-uart-tx-rx-multidrop-1-master-50-slaves (21.05.21).

6. HC05 как настроить Bluetooth модуль в качестве slave или master и как объединить две Arduino по Bluetooth. — URL: <https://kototushkin.com/article.php?id=30> (21.05.21).

7. Ардуино про мини и 17 сервоприводов. — URL: <http://arduino.ru/forum/pesochnitsa-razdel-dlya-novichkov/arduino-pro-mini-i-17-servoprivodov> (21.05.21).

**От редакции.** На нашем FTP-сервере по адресу <http://ftp.radio.ru/pub/2021/07/tablo.zip> находятся материалы проекта.

## Управление вентилятором охладителя процессора ПК

**А. ЛАПАТСКИЙ, пгт Берёзовка Красноярского края**

Для снижения шума компьютера при низких и средних нагрузках применяется управление скоростью вращения вентилятора охладителя процессора в зависимости от его температуры. Для этого на материнских платах установлены четырёхконтактные разъёмы, имеющие специальный вывод ШИ-сигнала. Однако многие вентиляторы имеют трёхпроводное подключение, при котором отсутствует сигнал ШИ-управления. Кроме того, при необходимости

замены вышедшего из строя четырёхпроводного вентилятора подходящего может не оказаться.

Если вентилятор двухпроводной или нет необходимости контролировать обороты для трёхпроводного, может быть использован регулятор, схема которого показана на рис. 1. Транзистор VT1 работает в ключевом режиме и служит для усиления ШИ-сигнала Control материнской платы. Был использован транзистор из

вышедшей из строя материнской платы. Также можно использовать широко распространённый транзистор IRFZ44N. При номинальном токе двигателя вентилятора менее 0,3 А можно применить транзистор BS170.

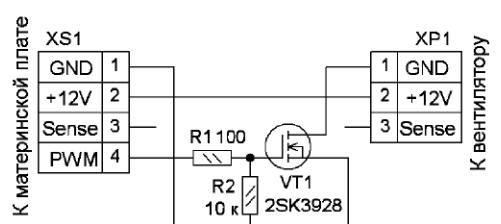


Рис. 1

Для контроля оборотов необходимо использовать трёхпроводной вентилятор, имеющий выход Sense (Signal). В

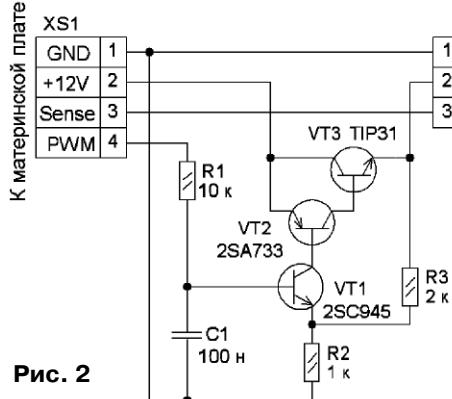


Рис. 2

в этом случае может быть применён регулятор, схема которого показана на **рис. 2**. Здесь резистор  $R_1$  и конденсатор  $C_1$  представляют собой интегрирующую цепочку, преобразующую ШИ-сигнал PWM материнской платы в постоянное напряжение, пропорциональное скважности (коэффициенту заполнения) ШИ-сигнала. Транзисторы  $VT_1$ ,  $VT_2$  и  $VT_3$  образуют усилитель напряжения, коэффициент усиления которого можно изменить резисторами  $R_2$  и  $R_3$ . При скважности сигнала PWM, близкой к единице, на базе транзистора  $VT_1$  будет присутствовать напряжение около 4,5 В, а на его эмиттере — около 4 В.

Поэтому на выводе "+12V" разъёма XP1 и, соответственно, выводе питания вентилятора напряжение будет близким к 12 В. При уменьшении скважности сигнала PWM напряжение питания вентилятора будет пропорционально уменьшаться.

TO-92MOD, например, 2SC3205, 2SC2236, 2SD400 или аналогичный.

В связи с простотой схемы печатные платы для устройств не разрабатывались. Первое было собрано на винтовом монтажом с последующей упаковкой в термоусаживаемую трубку. Второе было собрано на макетной печатной плате размерами 32,5×22,5 мм

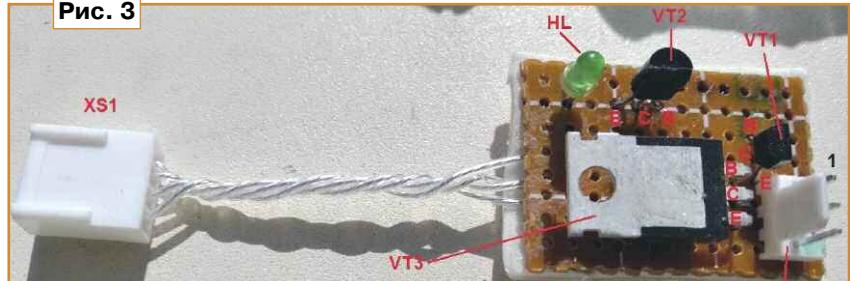


Рис. 3

Транзистор 2SC945 можно заменить транзистором 2SC1815, 2SC3199, замена транзистора 2SA733 — транзистор 2SA1015, 2SA950, транзистор TIP31 можно заменить транзистором TIP41, 2SC2073, 2SD880 или аналогичным мощным в корпусе TO-220. При номинальном токе двигателя, не превышающем 0,25 А, на месте транзистора VT3 может быть использован транзистор структуры п-р-п в корпусе

**(рис. 3).** При сборке использованы конденсатор и резисторы для поверхностного монтажа типоразмера 1206. Не показанный на схеме светодиод не является функционально обязательным. Он служит для индикации работы устройства и катодом подключен к линии питания GND, а анодом — через резистор сопротивлением 1 кОм к контакту "+12V" разъема XP1.

## Регулятор скорости вращения USB-вентилятора

П. ЮДИН, г. Уфа

**К**огда-то, в один из жарких летних дней, был приобретён USB-вентилятор. Помимо основного своего свойства — охлаждать, на одной его из лопастей установлена линейка из цветных светодиодов, а на валу — управляющая ими плата с микросхемой. При вращении эти светодиоды создавали цветные меняющиеся круги, но, несмотря на наличие микросхемы, никаких фигур светодиоды не рисовали. Как игрушка вентилятор быстро надоел, а вот основную свою функцию — охлаждать — он выполнял плохо. Видимо, из-за того, что светодиоды располагались

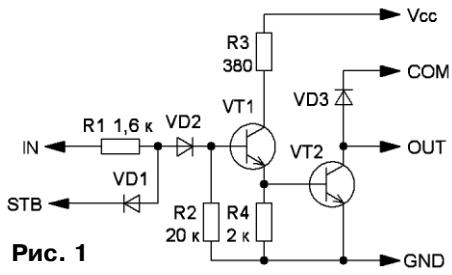


Рис. 1

в одной из лопастей, возникала довольно сильная вибрация. Лопасти вентилятора были небольшого размера, а частота вращения — высокой, поэтому шум был сильный, а обдув воздуха — слабый. В общем, пользы от такого вентилятора было мало. Возникла идея не выбрасывать его, а переделать так, чтобы вентилятором можно было пользоваться по прямому назначению. Чтобы снизить шум и вибрацию, а также увеличить эффективность обдува, потребовалось внести изменения в конструкции вентилятора.

Необходимо было увеличить площадь лопастей, а частоту вращения вентилятора снизить или, ещё лучше, сделать регулируемой.

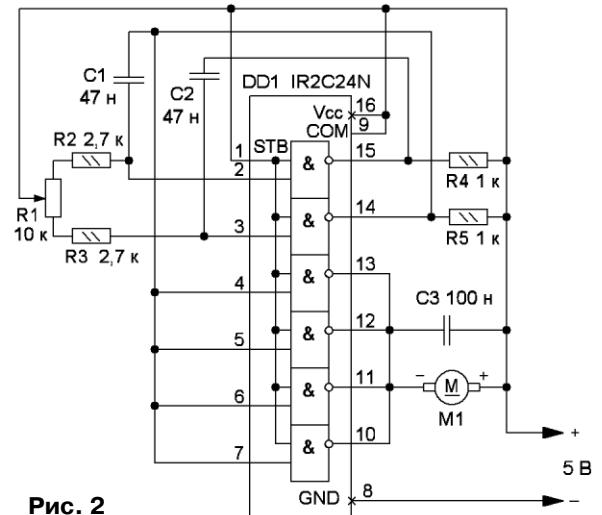


Рис. 2

мой. Поэтому сначала с вала электродвигателя были удалены старые лопасти с узлом их крепления и безвозвратно удалена плата управления. С узла крепления снята пластиковая крышка, и старые лопасти с линейкой бескорпусных светодиодов удалены.

Вместо старых лопастей из листового тонкого прозрачного гибкого пластика были вырезаны новые. Их можно сделать такими же по форме, но больше по размеру. В моём случае радиус вращения стал около 80 мм. Электро-

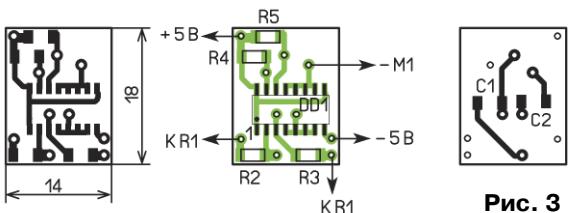


Рис. 3



Рис. 4

двигатель, применённый в вентиляторе, был без маркировки. Измерения показали, что при напряжении питания 5 В потребляемый вентилятором ток при включении — 400 мА, а при постоянной работе он снижался до 160...170 мА. Исходя из этого, а также небольших размеров вентилятора, большую

часть внутреннего пространства которого занимает сам двигатель, необходимо было выбрать радиоэлементы и схему регулятора оборотов так, чтобы обеспечить минимальные размеры платы изготавливаемого регулятора.

В итоге выбор пал на микросхему IR2C24N, извлечённую из отслужившего своё FDD-дисковода и представляющую собой набор из шести управляемых транзисторных ключей с допустимым выходным током каждого из них до 320 мА. Схема одного ключа показана на **рис. 1**, а схема регулятора скорости вращения — на **рис. 2**. На двух верхних ключах собран обычный мультивибратор с регулируемой скважностью импульсов. Элементы R1—R3, C1, C2 задают частоту импульсов. Регулировка скважности осуществляется с помощью резистора R1. К одному из выходов мультивибратора подключены остальные четыре ключа, соединённые параллельно, а к их выходам подключен электродвигатель. Встроенные диоды (диод VD3 — на **рис. 1**) гасят импульсы самоиндукции, возникающие на электродвигателе, а конденсатор C3, установленный штатно на выводах вентилятора, подавляет помехи, возникающие на коллекторе электродвигателя.

Устройство собрано на плате из двухстороннего фольгированного стеклотекстолита толщиной 0,5 мм (**рис. 3**). Между сторонами платы сделано пять проволочных перемычек. Микросхема IR2C24N — в корпусе SO-16, постоянные резисторы и конденсаторы (керамические) — для поверхностного монтажа типоразмера 1206. Переменный резистор может быть любого типа, малых размеров с функциональной зависимостью A. Прямой замены IR2C24N найти не удалось, но аналогичную схему можно собрать, применив более современную серию микросхем ULN200xA, имеющую в своём составе семь транзисторных ключей, соответственно изменив элементы схемы и печатную плату. Внешний вид вентилятора и собранной платы показан на **рис. 4**.

Для того чтобы разместить в корпусе вентилятора переменный резистор и собранную плату, пришлось острым ножом удалить часть перегородок внутри корпуса и просверлить отверстие для переменного резистора. И плата, и резистор удерживаются в прорезанных для них местах, в перегородках, внутри корпуса и сверху прижимаются поставленным двигателем. Кроме того, они дополнительно закреплены герметиком.

**От редакции.** Чертёж печатной платы в программе Sprint-Layout находится по адресу <http://ftp.radio.ru/pub/2021/07/usb-vent.zip> на нашем FTP-сервере.

## Викторина "Arduino:

### программная часть-5"

**С. РЮМИК, г. Чернигов, Украина**

Платформа Arduino не устанавливает ограничений на тип микроконтроллера, его разрядность, число доступных выводов. Тактовая частота, объём памяти и быстродействие могут отличаться в широких пределах. Но для всех моделей Arduino остаётся неизменным принцип разделения портов на цифровые и аналоговые, на входные и выходные. Каждый из них можно протестировать программным способом, а заодно проверить функционирование вспо-

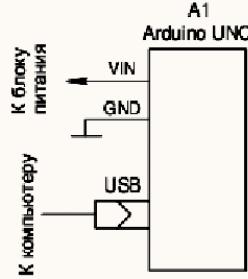
могательных подсистем микроконтроллера — питания, тактирования, синхронизации. Для этого достаточно подключить к Arduino простую обвязку из радиоэлементов и запустить на выполнение тестовые программы (**таблица**).

К каждой схеме прилагаются два скетча с правой стороны. Названия их файлов указаны в нижних строках программы. Они совпадают с нумерацией вопросов викторины. Все скетчи проверены на работоспособность в среде

Arduino IDE 1.8.13, устанавливать дополнительные библиотеки не требуется.

На каждый вопрос викторины следует выбрать ответ 0 или 1, после чего записать их в ряд слева направо в виде двоичного числа. Если после перевода в десятичный вид получится 3803, значит, все ответы правильные.

**От редакции.** Упомянутые в таблице файлы находятся по адресу <http://ftp.radio.ru/2021/07/arduino5.zip> на нашем FTP-сервере.



Какое рекомендуется подавать напряжение питания на контакт VIN Arduino Uno?  
0 - 6...20 В;  
1 - 7...12 В

2

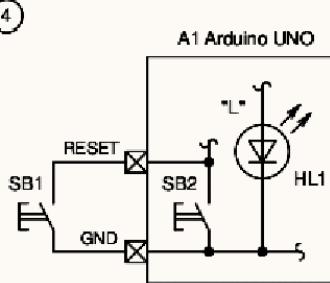
```
// Тест производительности Arduino
void setup() {
  Serial.begin(9600); // Скорость
  long i = 0L; long j = 0L;
  long startTime = millis(); // Старт
  for (i = 0L; i < 20000000L; i++) {
    j = i + i * 10L;
    if (j > 10L) j = 0L; // Финиш
    long endTime = millis() - startTime;
    Serial.println();
    Serial.println(endTime); // Время, мс
  }
  void loop() {} // Файл "Arduino5_2.ino"
```

Для чего вводится оператор в строке 10?  
0 - для указания времени старта;  
1 - для защиты от оптимизации кода

3

```
// Тест чисел с плавающей точкой
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  Serial.println("Arduino float");
  float a = 1.2 - 1.0; // Вычитание
  float b = 0.2;
  Serial.print("a = "); Serial.println(a);
  Serial.print("b = "); Serial.println(b);
  Serial.print("a == b? ");
  Serial.println(a == b ? "Yes" : "No");
}
void loop() {} // Файл "Arduino5_3.ino"
```

Равны ли между собой переменные "a" и "b"?  
0 - равны (ответ "Yes" в строке 10);  
1 - не равны (ответ "No" в строке 10)



Назначение кнопки SB1 при входном контроле платы Arduino?  
0 - проверка исправности кнопки сброса SB2;  
1 - проверка цепей контактной колодки

5

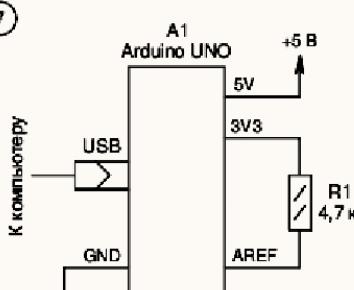
```
// Останов мигания кнопкой сброса
int counter = 0; // Чётчик
const int ledPin = 13; // Порт HL1
void setup() {
  pinMode(ledPin, OUTPUT);
  Serial.begin(9600); // Монитор IDE
}
void loop() {
  Serial.println(counter++);
  digitalWrite(ledPin, counter%2);
  delay(1000); // Пауза 1 с
}
// Файл "Arduino5_5.ino"
```

В какой момент времени показания счётчика "counter" станут равными нулю?  
0 - при нажатии на кнопку сброса SB1;  
1 - при отпускании кнопки сброса SB1

6

```
// Измерение скорости реакции.
// В мониторе дождаться появления
// бегущих строк, нажать кнопку SB1
// и записать показания счётчика
int counter = 0; // Чётчик
void setup() {
  Serial.begin(9600); Serial.println();
}
void loop() {
  Serial.println("Please, wait 2-4 s...");
  delay(random(2000, 4000)); // Пауза
}
// Файл "Arduino5_6.ino"
```

Сколько времени требуется на однократное выполнение оператора печати в строке 12?  
0 - единицы микросекунд;  
1 - единицы миллисекунд



Какое напряжение будет на выводе AREF в режиме работы от внешнего ИОН?  
0 - 2,8 В;  
1 - 3,3 В

8

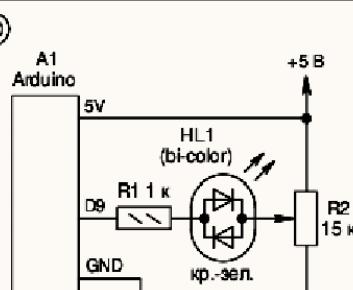
```
// Измерение входного напряжения
const int Pin = A0; // Выбор пина A0
int sensor = 0; // Показания АЦП
void setup() {
  Serial.begin(9600); // 9600 бод
  analogReference(EXTERNAL);
}
void loop() {
  sensor = analogRead(Pin);
  Serial.print("sensor = ");
  Serial.println(sensor);
  delay(500); // Пауза 0,5 с
}
// Файл "Arduino5_8.ino"
```

Каким будет результат замера АЦП в переменной "sensor", если удалить резистор R1?  
0 - sensor = 0...511;  
1 - sensor = 512...1023

9

```
// Тест режимов ИОН Arduino
void setup() {
  Serial.begin(9600); // 9600 бод
}
void loop() { // Смена режимов ИОН
  Serial.print("AREF=5.0V: ");
  analogReference(DEFAULT);
  delay(2000); // Пауза 2 с
  Serial.println(analogRead(A0));
  analogReference(EXTERNAL);
  delay(2000); // Пауза 2 с
  Serial.print("AREF=2.8V: ");
  Serial.println(analogRead(A0));
}
// Файл "Arduino5_9.ino"
```

Можно ли доверять результатам измерений напряжения на входе A0 в строках 8 и 12?  
0 - можно, достоверные данные;  
1 - нельзя, не достоверные данные



Можно ли проводить тест входа D9 при замене светодиода HL1 миллиамперметром?  
0 - можно;  
1 - нельзя

11

```
// Тест аналоговых выходов Arduino
const int Pin = 9; // Выбор пина D9
void setup() {
  Serial.begin(9600); // 9600 бод
  pinMode(Pin, OUTPUT); // Выход
}
void loop() { // Регулирование ШИМ
  if (Serial.available()) {
    byte cpu = Serial.read();
    analogWrite(Pin, (cpu - 47)*25);
  }
}
// Файл "Arduino5_11.ino"
```

Каким цветом будет светиться двухцветный светодиод HL1 при верхнем положении движка резистора R2?  
0 - зелёным;  
1 - красным или зелёным

12

```
// Тест цифровых входов Arduino
const int Pin = 9; // Выбор пина D9
int level = 0; // Хранение результата
void setup() {
  Serial.begin(9600); // 9600 бод
}
void loop() {
  level = digitalRead(Pin); // Чтение
  Serial.print("Level = ");
  Serial.println(level); // 0 или 1
  delay(100); // Пауза 100 мс
}
// Файл "Arduino5_12.ino"
```

Будет ли светиться светодиод HL1 при перемещении движка резистора R2 из одного крайнего положения в другое?  
0 - будет;  
1 - не будет



# СВЯЗЬ 2021

15–18 июня, ЦВК "ЭКСПОЦЕНТР", г. Москва

33-я международная выставка "Информационные и коммуникационные технологии"

ВЫСТАВКА



Фирма "Радиал" – ведущий российский производитель антенно-фидерного оборудования, в том числе для радиолюбителей.



Никита Каплунский рассказывает о платформе промышленного Интернета вещей UNUM-IoT.



АО "НИИ телевидения" создаёт системы и средства телевизионной техники, является основным разработчиком и поставщиком современных оптико-электронных, радиометрических и видеоинформационных систем и уникальных систем космической голосовой и видеосвязи. Заместитель начальника НТИ Александр Родионов возле стенда НИИ.



Александр Шорников рассказал о системах хранения данных DEPO Storage 2024M4U, которые построены на отечественных процессорах "Эльбрус-8СВ". Производят системы и пишут для них программное обеспечение ООО "ДЕПО Электроникс" и ООО "БАУМ-ИНФОРМ".



ПАО "Радиофизика" занимается созданием систем радиолокации, антенной техники, систем спутниковой связи. Представитель предприятия Денис Шафранский знакомится с нашим журналом.

Поддерживаемые  
ОС



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

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



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



# Dr.Web 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

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



© ООО «Доктор Веб», 2021

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