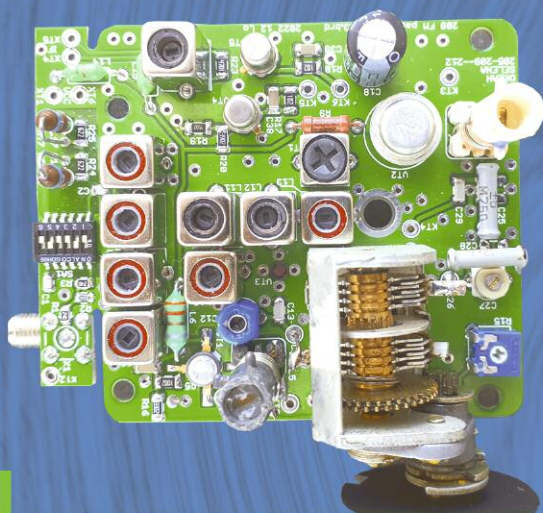


7.2024

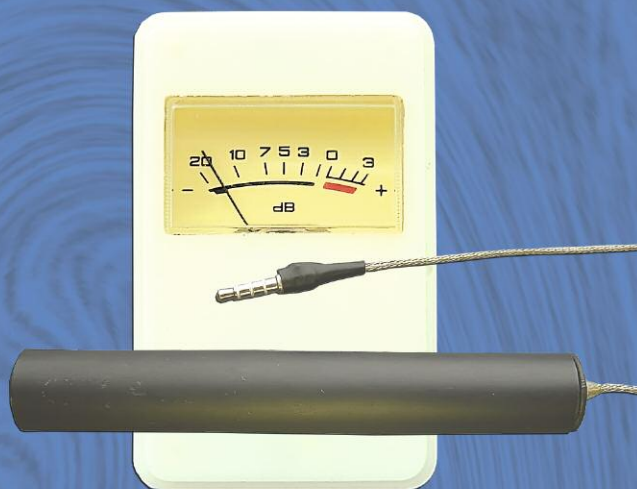
РАДИО

АУДИО • ВИДЕО • СВЯЗЬ • ЭЛЕКТРОНИКА • КОМПЬЮТЕРЫ



УКВ-БЛОК

ИНДИКАТОР ПУЛЬСАЦИЙ ОСВЕЩЁННОСТИ



МИЛЛИОММЕТР

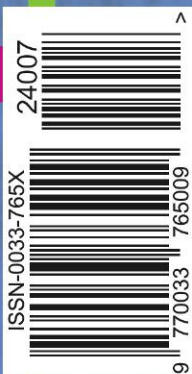
- Индикатор уровня аудиосигнала
- Импульсный стабилизатор напряжения
- ЗУ с асимметричным током
- Прецизионный источник напряжения

...и ещё 8 конструкций

РЕГУЛИРУЕМЫЙ БП



7
2024



Коллективная радиостанция RA9MF МБОУ "Павлоградская гимназия им. В. М. Тытаря"

Александр ЩЕРБИНА (R8ME), рп Павлоградка Омской обл.

(см. статью на с. 47) 🕒



Встреча с родственниками
В. М. Тытаря в актовом зале.

СПЕЦИАЛЬНЫЙ ПОЗЫВНОЙ СИГНАЛ ПОСВЯЩЕН ПАМЯТИ
ГЕРОЯ СОВЕТСКОГО СОЮЗА В.М.ТЫТАРЯ

RDA/URDA #OM-31 WW-Loc: MO64SE WAZ-17
ITU-30 ASIATIK RUSSIA WEST SIBERIA

RP79TVM
Павлоградка

Club radio station Pavlograd Gymnasium named after V.M.Tytar RA9MF

**Тытарь
Владимир
Маркович**
26 апреля 1924
17 апреля 1945

DATE			TO RADIO			
DAY	MONTH	YEAR				
UTC	QRB(MHz)	2-WAY	R	S	T	

QSL via RA9MF TNX❑ PSE❑ QSL 73!.....

QSL-карточки RP79TVM.



Уголок школьного музея.

Коллективная радиостанция RA9MF МБОУ "Павлоградская гимназия им. В. М. Тытаря"

Александр ЩЕРБИНА (R8ME), рп Павлоградка Омской обл.

(см. статью на с. 47)



Коллективная радиостанция RA9MF.

Александр Калинин (R9M-035), Вячеслав Саюн (R9M-030), Артём Махно (R9M-040) — первые участники клуба RSWLC.



Александр Калинин (R9M-035) дружен и с паяльником.



НАУКА И ТЕХНИКА 4

А. ГОЛЫШКО. "Семейные" инновации Wi-Fi 4

РАДИОПРИЁМ 7

В. ШЕПТУХИН. Новости вещания 7

Х. ЛОХНИ. УКВ-блок с увеличенным динамическим диапазоном для радиоприёмников "Океан" и Selena. Часть 1 9

ЗВУКОТЕХНИКА 15

А. КУЗЬМИНОВ. Двухканальный индикатор уровня звукового сигнала 15

А. ПАНЬШИН. Доработка AC SVEN SPS-606 для работы с радиомикрофоном 23

ИЗМЕРЕНИЯ 25

А. МОИСЕЕВ. Миллиомметр 25

ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ 26

В. КАЛАШНИК. Зарядное устройство с асимметричным током 26

С. БИРЮКОВ. Прецизионный источник напряжения. 28

В. КАПЛУН. Автогенераторный импульсный понижающий стабилизатор напряжения 29

А. ПУРЫНЫЧЕВ. Регулируемый линейный БП 31

ПРИКЛАДНАЯ ЭЛЕКТРОНИКА 34

В. ПЫШНОВ. Сенсорный автомат-таймер для кухонного освещения 34

И. РЕШЕТНИКОВ. ПЛК для бытовой автоматики — Ethernet и внешнее управление 36

О. ИЛЬИН. Бортовой подкал для калильной свечи модельного двигателя внутреннего сгорания 40

С. СЕМИХАТСКИЙ. Приставка к мультиметру для измерения температуры 43

"РАДИО" — О СВЯЗИ 45

Мемориал А. С. Попова 2024 — итоги 45

А. ЩЕРБИНА. Коллективная радиостанция RA9MF МБОУ "Павлоградская гимназия им. В. М. Тытаря" 47

Л. ПУЗАНКОВ. Активная роль начальника Крымского радиоклуба М. К. Зозули в радиолюбительском движении Крыма 49

"РАДИО" — НАЧИНАЮЩИМ 51

К. ЖЕЛТОВ. Учись играя. Игровой автомат "Камень, ножницы, бумага". Часть 1 51

И. НЕЧАЕВ. Пульсации освещённости — на экране смартфона 55

Д. МАМИЧЕВ. Дистанционное управление игрушкой-танкеткой на колёсах Mecanum 60

Р. СЕРГЕЕНКО. Викторина "Микрокомпьютеры NanoPi" 63

НА КНИЖНОЙ ПОЛКЕ (с. 27).

ДОСКА РЕКЛАМНЫХ ОБЪЯВЛЕНИЙ (с. 3, 4, 35, 48, 4-я с. обложки).

На нашей обложке.

- УКВ-блок с увеличенным динамическим диапазоном для радиоприёмников "Океан" и Selena (см. статью на с. 9).
- Миллиомметр (см. статью на с. 25).
- Регулируемый линейный БП (см. статью на с. 31).
- Пульсации освещённости — на экране смартфона (см. статью на с. 55).

**ЧИТАЙТЕ
В СЛЕДУЮЩЕМ
НОМЕРЕ:**

**РАСШИРЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ USB-ТЕСТЕРА
ЛАБОРАТОРНЫЙ БЛОК ПИТАНИЯ
ПРОЗВОНКА НА ИОНИСТОРЕ
НАСТОЛЬНЫЙ ВОЛЬТМЕТР**

ЖУРНАЛ

РАДИО

АУДИО • ВИДЕО • СВЯЗЬ • ЭЛЕКТРОНИКА • КОМПЬЮТЕРЫ

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

Год выпуска	Номер журнала	Стоимость одного номера в редакции	Стоимость одного номера с пересылкой	
			В Россию	В остальные страны
2021	11—12	250 руб.	350 руб.	800 руб.
2022	1—12	300 руб.	400 руб.	800 руб.
2023	2—12	470 руб.	570 руб.	800 руб.
2024	1—6	490 руб.	600 руб.	800 руб.
2024	7—12	490 руб.	600 руб.	900 руб.

Цена одного номера журнала в 2024 г.
(с 1-го по 12-й номер)
при покупке в редакции по
БЕЗНАЛИЧНОЙ оплате — **490 руб.**

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

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

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

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



ЖУРНАЛ РАДИО

АУДИО • ВИДЕО • СВЯЗЬ • ЭЛЕКТРОНИКА • КОМПЬЮТЕРЫ

В ЭЛЕКТРОННОМ ВИДЕ

Подписка на электронный журнал "Радио" с доставкой по электронной почте на 2024 год, а также на 2012—2023 годы. Стоимость: 12 месяцев — 900 рублей. На сайте <https://el.radio.ru> Вы можете узнать, как подписаться и скачать бесплатный номер журнала 7 за 2011 год, в качестве примера.

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



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

12+

УЧРЕДИТЕЛЬ И ИЗДАТЕЛЬ:

АНО «РЕДАКЦИЯ ЖУРНАЛА «РАДИО»

Зарегистрирован Министерством печати и информации РФ 01 июля 1992 г.

Регистрационный ПИ № ФС77-82030

Главный редактор В. К. ЧУДНОВ

Редакционная коллегия:

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

Выпускающий редактор: С. Н. ГЛИБИН

Обложка: В. М. МУСЯКА

Вёрстка: Е. А. ГЕРАСИМОВА

Корректор: Т. А. ВАСИЛЬЕВА

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

Тел.: (495) 607-31-18.

E-mail: ref@radio.ru

Приём статей — e-mail: mail@radio.ru

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

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

Подписка и продажа — (495) 607-87-39

Бухгалтерия — (495) 607-87-39

Наши платёжные реквизиты:

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

Банк получателя — ПАО Сбербанк г. Москва

корр. счёт 30101810400000000225 БИК 044525225

Подписано к печати 24.06.2024 г. Формат 60×84 1/8. Печать офсетная.

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

В розницу — цена договорная.

Подписной индекс:

Официальный каталог ПОЧТА РОССИИ — П4014;

КАТАЛОГ РОССИЙСКОЙ ПРЕССЫ — 89032.

За содержание рекламного объявления ответственность несёт
рекламодатель.

За оригинальность и содержание статьи ответственность несёт автор.

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

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

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

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

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

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

Отпечатано в ОАО «Подольская фабрика офсетной печати»

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

Зак. 02155-24 .

NNUI 4ab2b79174c5e1911e70849ef37f7cef



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

www.drweb.com

Бесплатный номер
службы поддержки
в России:

8-800-333-79-32

ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА — КОМПАНИЯ «РИНЕТ»

RINET
БЛИЖЕ К ЛЮДЯМ

Телефон:

+7(495)981-4571

E-mail:

info@rinet.ru

Сайт:

www.rinet.ru

"Семейные" инновации Wi-Fi

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

*"Всё время хочется невозможного.
А раз невозможного хочется, значит,
оно существует".*

Сергей Курёхин

В 2024 г. организация Wi-Fi Alliance начала официально сертифицировать устройства с поддержкой Wi-Fi 7 — стандарта беспроводных сетей нового поколения, о котором уже рассказывалось на страницах журнала. Но рассказывалось как о перспективе. Теперь же наличие сертификата означает, что устройства могут в полной мере и согласно спецификациям протокола взаимодействовать друг с другом. В этом году официальная поддержка Wi-Fi 7 появится в смартфонах, ноутбуках, маршрутизаторах и другом оборудовании. Но обо всём по порядку...

Число подключённых устройств и множество приложений, которым в совокупности необходима большая полоса пропускания под нарастающие объёмы данных, продолжает увеличивать потребность в оборудовании, которое всё это умеет. На страницах журнала уже рассматривались перспективные технические характеристики будущего стандарта Wi-Fi 7, который, как ожидалось, улучшит общее взаимодействие с пользователем, предлагая более высокие скорости, большую ёмкость и улучшенную производительность. Что касается дальности действия сетей Wi-Fi, то её давно хотелось увеличить, для чего шли работы над стандартом HaLow. И вот это время настало.

Ниже приведена краткая история предыдущих "серий" семейства Wi-Fi.

Wi-Fi 4 — 802.11n, который на сегодня уже устарел. Максимальная скорость на канал — 150 Мбит/с. Такие модели рассматривать к покупке уже не стоит, даже ради экономии. На рынке полно вариантов с поддержкой более новых стандартов за те же деньги.

Wi-Fi 5 — 802.11ac. Самый распространённый, пусть и не новый стандарт. Большинство дешёвых и среднебюджетных маршрутизаторов используют именно его. Максимальная скорость — 433 Мбит/с на канал.

Wi-Fi 6 — 802.11ax. Один из самых современных стандартов. Маршрутизаторы с поддержкой Wi-Fi 6 не такие дешёвые, как в предыдущем поколении, но их возможностей хватит с запасом на несколько лет вперёд. Этот стандарт отличается применением новых для него технологий: модуляцией 1024-QAM и частотным мультиплексированием OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiple Access или множественный доступ с ортогональным частотным разделением), а также MU-MIMO, что означает Multi-User Multiple Input Multiple Output.

Точка доступа Wi-Fi 6 использует группы поднесущих в радиочастотном канале одновременно для нисходящего канала, тогда как раньше она отправляла данные последовательной серией пакетов, занимая всю полосу радиочастотного канала. Несколько клиентов одновременно передают данные в направлении восходящего канала, при этом их сигналы поступают в точку доступа на различных поднесущих, что обеспечивает параллельный приём. При передаче данных по сети Wi-Fi происходит довольно слож-

ное взаимодействие электрических сигналов и каналов связи в части скорости и мощности передачи, чувствительности приёма и уровня шума, пропускной способности канала и др. OFDMA позволяет оптимизировать эти параметры для каждой передачи порции информации и каждого клиента, а затем группировать их в различных комбинациях.

Технология OFDMA, используемая в 802.11ax, делит канал 20/40/80/160 МГц на несколько единиц ресурсов (RU — Resource Unit). Для канала 20 МГц RU может состоять из 26, 52, 106 или 242 поднесущих, что соответствует RU с полосой пропускания приблизительно 2 МГц, 4 МГц, 8 МГц и 20 МГц. Данные клиента переносятся на каждом RU, поэтому, с точки зрения общих временно-частотных ресурсов, в каждом временном срезе данные могут быть отправлены нескольким клиентам одновременно. Результатом является более высокая пропускная способность.

Технология позволяет получить максимум из всего радиочастотного ресурса в любой момент времени. Данные по сети передаются пакетами, и новый тип модуляции вмещает больше информации в одном пакете благодаря динамическому изменению фазы и амплитуды радиоволн.

Благодаря технологии OFDMA увеличилась ёмкость сети: можно передавать данные одновременно восьми устройствам без потери скорости. Задержка данных стала меньше на две трети, до 10 мс, а различные устройства при подключении через Wi-Fi 6 потребляют на треть меньше энергии.

В свою очередь, технология MU-MIMO позволяет точке доступа не только передавать сигнал одновременно нескольким устройствам, но и позволяет нескольким антеннам взаимодействовать только с одним устройством. Это повышает эффективность передачи данных в беспроводной сети и сокращает время ожидания терминалов на временной последовательности. Поэтому технология может лучше удовлетворять требованиям при передаче "тяжёлого" трафика и обеспечения низкой задержки в таких приложениях, как видео или аудио.

В идеальных условиях скорость передачи данных в одном потоке может достигать 1200 Мбит/с — вдвое больше, чем у Wi-Fi 5. Все преимущества Wi-Fi 6 доступны только на совместимых устройствах, а со старыми смартфонами и ноутбуками маршрутизатор переключается на менее эффективные стандарты связи прошлых поколений. Большинство актуальных смартфонов и компьютеров уже поддерживают Wi-Fi 6, но лучше это проверить заранее.

Wi-Fi 6E — доработанная версия 802.11ax, работающая на новой частоте 6 ГГц. Стоят такие маршрутизаторы недёшево, но уже продаются. В основном сверхвысокая скорость и высокая стабильность при подключении множества устройств сразу не нужны в обычной квартире. Поэтому в быту вы можете пользоваться Wi-Fi 5 и не замечать ограничений в скорости.

Wi-Fi 7 — 802.11be. Стандарт наступившего будущего, и устройства с его поддержкой уже продаются на мировом рынке. Протокол также работает на частотах 2,4 ГГц, 5 ГГц и 6 ГГц и позволяет совместить сигналы двух провайдеров внутри маршрутизатора, что ускоряет доступ в Интернет. Инженеры Wi-Fi Alliance обещают, что Wi-Fi 7 (802.11be) позволит сделать гибридную реальность ближе, а промышленность — точнее и быстрее.

Благодаря своим революционным технологическим достижениям Wi-Fi 7 обещает стать самым быстрым за всю историю, обеспечивая беспрецедентную скорость в цифровом мире. Благодаря внедрению инновационных технологий он позволяет получить более высокую пропускную способность, меньшую задержку и расширенный радиус покрытия. Он не только отвечает требованиям сегодняшнего потребления полосы пропускания, но также ускоряет разработку новых технологий, таких как AR/VR, онлайн-игры и искусственный интеллект. В 2024 г. официальная поддержка Wi-Fi 7 появится на различном оборудовании, предлагая значительный прирост скорости по сравнению с Wi-Fi 6E.

Wi-Fi Alliance отмечает, что Wi-Fi 7 работает лучше существующих стандартов в таких приложениях, как потоковые трансляции с высокой пропускной способностью и игры с малой задержкой — это имеет значение в свете набирающих популярность систем виртуальной реальности и более требовательных рабочих приложений. На рынке уже присутствуют поддерживающие Wi-Fi 7 маршрутизаторы — их выпустили, в частности, Netgear, TP-Link и Eero. Собственно, девайсы с поддержкой протокола Wi-Fi 7 многие ведущие производители электроники начали выпускать ещё в прошлом году.

Сертификация гаджетов со стороны организации Wi-Fi Alliance никак не повлияет на их работу — она лишь даст гарантию, что устройства на 100 % совместимы с другими устройствами с Wi-Fi 7. Это оборудование может и не проходить сертификацию, но наличие таковой позволяет производителям гарантировать полную совместимость с другими устройствами.

Как отмечалось выше, стандарт Wi-Fi 7 отличает расширенная полоса пропускания канала — 320 МГц по сравнению со 160 МГц, которые предлагают Wi-Fi 5, Wi-Fi 6 или Wi-Fi 6E, что означает двукратный рост пропускной способности и огромный рост реальной скорости загрузки данных. Максимальная скорость для этого стандарта составляет 46 Гбит/с или 5,75 Гбайт/с. Игру объёмом 100 Гбайт теоретически можно будет скачать всего за 20 с.

Wi-Fi 7 использует модуляцию 4K QAM, упаковывая больше данных (до 12 бит на символ), что даёт дополнительный прирост на 20 % при более высоких пиковых скоростях передачи данных.

Обеспечивается поддержка функций Multi-Link Operation и Multi-RU Puncturing, которые обеспечивают более эффективное и надёжное бес-

проводное соединение. При использовании многоканального режима данные передаются в разных диапазонах и каналах, за счёт этого возрастает пропускная способность устройства, а уровень задержек при передаче информации снижается. Технология RangeBoost Plus повышает стабильность сигнала и зоны покрытия, что может оказаться важным для людей, проживающих в больших домах.

Функция Multi-Link Operation (MLO) представляет собой агрегацию беспроводных каналов, при этом соединения распределяются по двум или трём диапазонам — 2,4 ГГц, 5 ГГц и 6 ГГц. Это означает высокую скорость передачи данных и высокую стабильность связи: выход за пределы действия одного из диапазонов больше не требует переключения в другом. Например, при подключении на частоте 6 ГГц доступна скорость 1,5 Гбит/с, а на частоте 5 ГГц — 0,5 Гбит/с. С MLO не придётся выбирать, получится ли загрузить данные со скоростью 2 Гбит/с. И это, не говоря уже о том, что в работу можно подключить и диапазон 2,4 ГГц для получения максимальной скорости.

MLO также позволяет сократить задержку. Обычно маршрутизатору приходится циклически обходить все устройства в очереди на отправку пакетов по сети, но теперь все три диапазона доступны одновременно, и пакеты с высокой вероятностью передаются немедленно. Для сравнения, поддерживающие прошлые протоколы маршрутизаторы позволяют устанавливать лишь по одному подключению на устройство.

Wi-Fi 7 увеличил число пространственных потоков MU-MIMO с 8×8 до 16×16. Это значит, что новый стандарт позволяет обмениваться информацией сразу с 16 гаджетами одновременно, а не с восемью, как это предлагает, к примеру, Wi-Fi 6E. Как итог, Wi-Fi 7 может обеспечить максимальную скорость до 5,8 Гбит/с против 2,4 Гбит/с у предшественника.

В декабре 2022 г. в РФ было одобрено использование стандарта Wi-Fi 6E в закрытых помещениях, выделив под его нужды частоты в диапазоне 5,9...6,4 ГГц. Это произошло спустя два года после разработки протокола. Ожидается, что уже в этом году будет выпущено 233 млн устройств с поддержкой Wi-Fi 7, а к 2028 г. — 2,1 млрд. При этом первые образцы гаджетов с поддержкой Wi-Fi 7 появятся и в России.

Ранее высказывались предположения, что признание Wi-Fi 7 в РФ произойдёт не скоро. Однако, по сообщениям Российской газеты, пресс-служба Минцифры России заявила, что "дополнительных решений ГКРЧ (Государственной комиссии по радиочастотам) для использования канала в 320 МГц не требуется, частотная сетка и диапазоны не отличаются от стандарта Wi-Fi 6E, который может использоваться внутри помещений согласно решению ГКРЧ от 23 декабря 2022 г. (протокол N 22-65)".

Поскольку Wi-Fi 7 показал огромный прирост максимальной скорости передачи данных по сравнению с Wi-Fi 6E —



479 %, или 46 Гбит/с, в сравнении с предыдущими 9,6 Гбит/с, возникают вопросы, кому и зачем это будет нужно.

Проблема ещё и в том, что скорости передачи данных от типового провайдера будет слишком мало. Во-первых, стандартное оптоволокно, которое на данный момент используется в сетях фиксированной связи, обычно пропускает не более 10 Гбит/с. Во-вторых, вы попросту не сможете найти подходящий тариф у провайдера. Повысить скорость можно лишь по индивидуальному запросу, что будет дорого и, возможно, всё равно недостаточно.

Кому и зачем тогда нужна скорость 46 Гбит/с? Вкупе с многопоточным режимом нового поколения и при учёте потерь беспроводного соединения такая сеть будет применима в коммерческих заведениях, общественных местах с большой проходимостью, офисах. Она отлично подойдёт для создания локальных сетей, где необходима быстрая передача в едином пространстве без лишних проводов и оборудования. Также маршрутизаторы с поддержкой Wi-Fi 7 пригодятся для использования AR/VR гарнитур, которые испытывают определённые проблемы из-за необходимости компрессии разрешения при недостаточной скорости обмена. В общем, поживём — увидим.

Но вот чего Wi-Fi всегда не хватало, так это дальности действия. Несмотря на повсеместное распространение Wi-Fi 4, Wi-Fi 5 и Wi-Fi 6, быстрый рост "Интернета вещей" (Internet of Things — IoT) заставил переосмыслить традиционный Wi-Fi. Эта переоценка выявила технологические пробелы и изменила роль, которую протоколы 802.11 должны играть в современном мире беспроводных устройств IoT со сверхмалым энергопотреблением. Повышенные требования к подключению на большие расстояния и одновременно требования к низкому энергопотреблению приложений IoT и межмашинного взаимодействия (machine-to-machine, M2M) вызывают потребность в другом типе Wi-Fi, оптимизированном для приложений IoT.

Протокол Wi-Fi HaLow заполняет эти пробелы, предоставляя беспроводное решение со сверхнизким энергопотреблением, которое подключает множество IoT-устройств на гораздо больших расстояниях и с гораздо меньшим энергопотреблением, чем традиционный Wi-Fi. Протокол ратифицирован рабочей группой IEEE 802.11ah в 2016 г. и получил от Wi-Fi Alliance название Wi-Fi HaLow. Сегодня он становится востребованным.

По сути, Wi-Fi HaLow — это маломощная, дальноточная и более универсальная версия Wi-Fi, работающая в нелицензируемом спектре частот, лежащем ниже частоты 1 ГГц (фактически протокол 802.11ah использует лицензионную полосу частот в субгигагерцевом ISM-диапазоне 900 МГц, но конкретная частота будет зависеть от страны и региона). Собственно, чем ниже частота, тем больше дальность распространения. Уникальное сочетание стандарта Wi-Fi HaLow с энергоэффективностью, возможностью работы

на больших расстояниях, низкой поддержкой, высокой скоростью передачи данных с качеством HD-видео, функциями безопасности и встроенной поддержкой IP делает его оптимальным протоколом для беспроводных устройств IoT с питанием от батареи.

Wi-Fi HaLow обеспечивает исключительную энергоэффективность для чувствительных к энергопотреблению устройств IoT. Различные сложные режимы сна, определённые IEEE 802.11ah, позволяют устройствам HaLow оставаться в состояниях с очень низким энергопотреблением в течение длительных периодов времени, сохраняя при этом энергию батареи:

- Target wake time (TWT) — целевое время пробуждения. Эта опция позволяет станции (STA) и точке доступа (AP) заранее назначить время, когда спящая STA будет просыпаться и прислушиваться к сигналам маяков;

- Restricted access window (RAW) — окно ограниченного доступа. AP может предоставлять привилегии подмножеству STA для передачи их данных, в то время как другие вынуждены переходить в спящий режим, буферизовать несрочные данные или выполнять и то и другое;

- Extended maximum basic service set (BSS) — расширенный максимальный набор базовых услуг в режиме ожидания. Этот режим увеличивает допустимый период простоя STA до пяти лет;

- Hierarchical traffic indication mapping (TIM) — иерархическое отображение индикации трафика — более эффективное кодирование TIM по группам позволяет экономить эфирное время радиомаяков;

- Short MAC headers — короткие заголовки MAC. Эта опция сокращает накладные расходы заголовка, время в эфире и энергопотребление, а также освобождает спектр;

- Null data PHY protocol data units (NPD) — блоки данных протокола PHY с нулевыми данными. Эта опция встраивает MAC-подобные ACK/NAK на PHY уровне для уменьшения времени передачи и сокращает потребление энергии;

- BSS coloring — раскраска BSS. Присвоенные цвета указывают группы BSS для конкретной точки доступа, в то время как STA может игнорировать другие цвета;

- Bidirectional TXOP (BDT) (ранее известный как скоростные кадры) — двунаправленный TXOP. Эта опция уменьшает число обращений к среде передачи, когда STA просыпается, чтобы обнаружить наличие кадров восходящего и нисходящего каналов для передачи. BDT использует индикацию ответа в поле сигнала (SIG) блока данных протокола физического уровня (PPDU), чтобы увеличить защиту продолжительности TXOP от сторонних передач STA.

Эффективные режимы сна и управления питанием протокола IEEE 802.11ah обеспечивают многолетнюю работу от батареи для IoT-устройств, а также широкий спектр гибких вариантов организации питания и выбора типоразмера батареи от устройств IoT с малым

радиусом действия, работающих на батареях типа "таблетка", до более мощных и больших батарей, которые могут обеспечить связь на расстояние до 1 км.

В результате для чипа Wi-Fi HaLow, по сравнению с обычным чипом Wi-Fi, требуется значительно меньше электропитания. В то время как более высокие скорости передачи данных традиционного Wi-Fi позволяют пользователям передавать потоковую передачу видео высокой чёткости и быстро загружать большие файлы, используя широкие каналы в диапазонах 2 ГГц, 4 ГГц, 5 ГГц и 6 ГГц, эффективная дальность действия для этих подключений Wi-Fi невелика, и они быстро разряжают свои батареи.

В целом стандарт 802.11 охватывает необычайно широкий диапазон частот, от субгигагерцевого до диапазона миллиметровых волн (mmWave). Однако HaLow — это первый стандарт Wi-Fi, работающий конкретно в нелицензируемой части спектра субгигагерцевого диапазона частот. Он предлагает скорости передачи данных от сотен килобит до десятков мегабит в секунду.

Сигналы Wi-Fi HaLow с частотой, лежащей ниже 1 ГГц, используют более узкополосные каналы шириной от 1 МГц и выше по сравнению с самыми узкими каналами 20 МГц, предназначенными для традиционного Wi-Fi. Это 20-кратное уменьшение ширины радиоканала благодаря более низкому тепловому шуму в канале приводит к увеличению отношения сигнал/шум в канале на 13 дБ. По сравнению с традиционным Wi-Fi в полосе 2,4 ГГц частоты, лежащие между 750 МГц и 950 МГц, уже по своей природе, сами по себе, обеспечивают дополнительные 8...9 дБ бюджета линии связи, что связано со снижением потерь при их распространении в свободном пространстве. Кроме того, в протокол Wi-Fi HaLow добавлены оптимизированная по диапазону схема модуляции и новые методы кодирования (MCS10), что дополнительно увеличивает энергетику канала ещё на 3 дБ.

В целом Wi-Fi HaLow, по сравнению с традиционным 2,4 ГГц IEEE 802.11n (Wi-Fi 4), обеспечивает улучшение энергетики канала до 24 дБ. Это преимущество ещё больше увеличивается по сравнению с протоколами Wi-Fi 5 и Wi-Fi 6/6E.

Сказанное объясняет, почему без использования сетевых ретрансляторов-расширителей сигналы Wi-Fi HaLow распространяются в десять раз дальше, чем традиционный Wi-Fi. Теперь камеры с батарейным питанием можно разместить в более удобных местах за пределами стен дома или гаража. Системами освещения можно управлять с одной точки доступа, независимо от того, находится светильник в помещении или на улице в саду.

Существует общее правило: чем ниже частота, тем дальше распространяется электромагнитная волна и тем лучше она проникает сквозь преграды. Сигналы Wi-Fi HaLow с частотой менее 1 ГГц могут проходить сквозь стены и другие препятствия легче, чем это воз-

можно при использовании спектра частот традиционного Wi-Fi.

Одна точка доступа Wi-Fi HaLow может адресовать до 8191 устройства, что более чем в четыре раза больше, нежели может предложить традиционная точка доступа Wi-Fi. Этого достаточно для подключения каждой светодиодной лампы в отдельности, переключателя света, интеллектуального дверного замка, моторизованной оконной шторы, термостата, детектора дыма, солнечной панели, камеры безопасности или любого мыслимого устройства "умного" дома в обозримом будущем.

Типичные домашние маршрутизаторы Wi-Fi обычно поддерживают лишь десятки устройств, в то время как одна точка доступа Wi-Fi HaLow может стать масштабируемой платформой для установки тех или иных дополнительных устройств, организации служб безопасности и управления коммунальными услугами.

Как и традиционный Wi-Fi, работающий в диапазонах частот 2,4 ГГц, 5 ГГц и 6 ГГц, Wi-Fi HaLow позволяет конечным пользователям владеть своим оборудованием и применять нелицензи-

руемый спектр радиочастот субгигагерцевого диапазона в диапазоне 750...950 МГц. Этот спектр обеспечивает для Wi-Fi HaLow максимальную мощность передачи и рабочие циклы, но варьируется в зависимости от той или иной страны мира. Например, доступный диапазон HaLow для Северной и Южной Америки составляет 902...928 МГц, а для Европы — это 863...868 МГц (на территории РФ диапазон 900 МГц частично отдан сотовым операторам).

Работая в диапазоне ISM (ISM — Industrial, Scientific and Medical, то есть промышленность, наука и медицина), Wi-Fi HaLow может использовать различные полосы пропускания каналов: 1 МГц, 2 МГц, 4 МГц, 8 МГц и 16 МГц. Чем уже полоса пропускания, тем дальше могут распространяться сигналы. Данные передаются в пакетах, распределённых по множеству подканалов с использованием, как уже было сказано, модуляции OFDM, что повышает производительность в сложных радиочастотных средах, особенно при сильных помехах от других радиоустройств. Кодирование с прямым испрвлением

ошибок (Forward error-correction, FEC) также создаёт дополнительную защиту и возможность для восстановления пакетов, обеспечивая надёжные соединения.

Сеть Wi-Fi HaLow может сосуществовать с сетями Wi-Fi 4, Wi-Fi 5 и Wi-Fi 6, не влияя на их радиочастотные характеристики.

Эксперты компании Morse Micro провели практический эксперимент, в ходе которого проверили возможности технологии HaLow. В ходе испытаний исследователям удалось установить соединение между устройствами, отдалёнными друг от друга на 2,9 км. Для обычных разновидностей Wi-Fi это недостижимый показатель.

Остаётся ожидать, что радиоинженеры придумают ещё...

По материалам

wi-fi.org, webznam.ru, cnews.ru, pcnews.ru, tomshardware.com, wireless-e.ru, habr.com, journal.tinkoff.ru, hi-tech-obzor.ru, rg.ru

НОВОСТИ ВЕЩАНИЯ

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

АЛТАЙСКИЙ КРАЙ. В Барнауле открылась новая цифровая студия радиостанции "Вести ФМ". Студию оснастили современным цифровым оборудованием, а интерьер выполнили в узнаваемой стилистике радиостанции. Региональное вещание "Вестей ФМ" на частоте 101,5 МГц началось в Барнауле в 2013 г., позже оно появилось в Бийске и Рубцовске (источник — URL: https://vk.com/teleradio22?w=wall-76916936_82581 (23.05.24)).

БЕЛГОРОДСКАЯ ОБЛ. В Белгороде на частоте 103,6 МГц начала вещание радиостанция "Хит FM" (источник — URL: https://vk.com/radio.tv_31?w=wall-83427404_27133 (23.05.24)).

ВОРОНЕЖСКАЯ ОБЛ. На частоте 88,8 МГц с 19 апреля 2024 г. в Воронеже начала вещание радиостанция Like FM. Мощность передатчика — 1 кВт (источник — URL: <https://www.gpmradio.ru/news-page/uid/36366> (23.05.24)).

С 1 мая 2024 г. жители и гости Воронежа могут услышать радиостанцию "Гордость" на частоте 96,8 МГц (источник — URL: https://vk.com/fmtv36?w=wall-24158102_7263 (23.05.24)).

ЗАПОРОЖСКАЯ ОБЛ. "Дорожное радио" начало вещание в Бердянске на частоте 95,5 МГц (источник — URL: <https://forum.vcfm.ru/viewtopic.php?>

[f=2&t=2269&p=179274&hilit=%D0%B1%D0%B5%D1%80%D0%B4%D1%8F%D0%BD%D1%81%D0%BA#p179274](https://forum.vcfm.ru/viewtopic.php?f=2&t=2269&p=179274&hilit=%D0%B1%D0%B5%D1%80%D0%B4%D1%8F%D0%BD%D1%81%D0%BA#p179274) (23.05.24)).

ИВАНОВСКАЯ ОБЛ. В г. Шье начало вещать "Радио Дача". Частота вещания — 92,8 МГц (источник — URL: <http://www.krutoymedia.ru/news/12386.htm> (23.05.24)).

ИРКУТСКАЯ ОБЛ. В крупном центре лесной и угледобывающей промышленности — городе Тулуне начало своё вещание "Радио Родных Дорог". Частота вещания — 105,2 МГц (источник — URL: https://onair.ru/main/enews/view_msg/NMID_88927/ (23.05.24)).

КАЛИНИНГРАДСКАЯ ОБЛ. 22 апреля 2024 г. филиал РТПС Калининградский ОРТПЦ, совместно с вещателем ООО "Компания Новое радио", начал в регионе трансляцию радиостанции "Новое радио" на частоте 91,7 МГц (источник — URL: <https://kaliningrad.rtrs.ru/tv/radioveshchanie/rtrs-nachal-translyatsiyu-radio-gordost-v-kaliningradskoy-oblasti/> (23.05.24)).

К сети вещания Love Radio присоединился г. Светлогорск, частота вещания — 88,1 МГц (источник — URL: <http://www.krutoymedia.ru/news/12382.htm> (23.05.24)).

КЕМЕРОВСКАЯ ОБЛ. 3 мая 2024 г. филиал РТПС Кемеровский ОРТПЦ начал УКВ-трансляцию радиостанции "Гордость" в Кемерово на частоте 106,2 МГц. Вещание — круглосуточное, мощность передатчика — 0,2 кВт

(источник — URL: <https://kemerovo.rtrs.ru/tv/radioveshchanie/v-kemerovo-nachalas-translyatsiya-radiokanala-radio-gordost/> (23.05.24)).

КОСТРОМСКАЯ ОБЛ. С 15 апреля 2024 г. в Костроме на частоте 98,5 МГц заработала радиостанция "Гордость" (источник — URL: <https://kostroma.rtrs.ru/tv/radioveshchanie/rtrs-nachal-translyatsiyu-radiostantsii-gordost-v-kostromskoy-oblasti/> (23.05.24)).

КРАСНОДАРСКИЙ КРАЙ. 15 апреля 2024 г. в Сочи на частоте 97,6 МГц официально начало вещание "Радио Monte Carlo" (источник — URL: <https://sochi.top24.news/obshestvo/v-sochi-nachala-veshhanie-radiostantsiya-monte-carlo/?ysclid=lv0o4ws915543688487> (23.05.24)).

В Архипо-Осиповке на частоте 103,8 МГц запущено вещание радиостанции "Радио Кавказ Хит" (источник — URL: https://vk.com/tvfm23?w=wall-206132844_1837 (23.05.24)).

В крупном городе-курорте на Черноморском побережье России — Геленджике с 26 апреля 2024 г. на частоте 103,8 МГц запущено вещание радиостанции Relax FM (источник — URL: <https://www.gpmradio.ru/news-page/uid/36479> (23.05.24)).

КРАСНОЯРСКИЙ КРАЙ. В Красноярске на частоте 99,5 МГц запущено вещание радиостанции "Гордость" (источник — URL: <https://krasnoyarsk.rtrs.ru/tv/radioveshchanie/rtrs-nachal-fm-translyatsiyu-radio-gordost-v-krasnoyarske/> (23.05.24)).

В Шарыпово с 26 апреля 2024 г. началось вещание радиостанции "Авторadio". Частота вещания — 106,8 МГц (источник — URL:

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

<https://www.gpmradio.ru/news-page/uid/36511> (23.05.24)).

КРЫМ. 23 апреля 2024 г. в Симферополе начало вещание "Радио Monte Carlo" на частоте 99,1 МГц. В Запрудном начали вещание "Радио Крым" на частоте 92 МГц и "Радио Море" на частоте 94,6 МГц (источник — URL: https://vk.com/crimea_tvradio?w=wall-18594521_472422Fall (23.05.24)).

КУРГАНСКАЯ ОБЛ. "Новое радио" с 19 апреля 2024 г. начало своё вещание в Кургане на частоте 89,7 МГц (источник — URL: https://vk.com/kuradiotv?z=photo-19704386_457239207%2Fallbum-19704386_00%2Frev (23.05.24)).

ЛИПЕЦКАЯ ОБЛ. 28 апреля 2024 г. началось вещание "Детского радио" в Липецке на частоте 100 МГц (источник — URL: https://vk.com/fmtv48?w=wall-109318878_2457%2Fall (23.05.24)).

МОСКВА и МОСКОВСКАЯ ОБЛ. 22 апреля 2024 г. на частоте 89,9 МГц "Радио ТВ" ("Твоя Волна") было заменено на радиостанцию Radio Record. Последнее ранее вещало в столичном УКВ-эфире на протяжении 4 лет (с 1 декабря 2011 г. по 30 ноября 2015 г. на частоте 98,4 МГц, на которой сейчас транслируется радиостанция "Новое Радио") (источник — URL: https://vk.com/tvradiomsk?w=wall-194965312_10046 (23.05.24)).

В Краснозаводске (Сергиево-Посадский городской округ) на частоте 89,7 МГц вместо радиостанции "Радио Дача" запущена радиостанция "Радио 1" (источник — URL: https://vk.com/tvradiomsk?w=wall-194965312_10426 (23.05.24)).

В начале мая 2024 г. вещание радиостанций "Юмор FM" и Радио ENERGY в Талдоме (частоты вещания — 99 МГц и 102,4 МГц соответственно) было переведено с Радиocентра № 3 (Северный в Талдомском городском округе) на объекты вещания в соседнем г. Дубне (источник — URL: https://vk.com/tvradiomsk?w=wall-194965312_10448 (23.05.24)).

МОРДОВИЯ. "Наше Радио" начало своё вещание 1 мая 2024 г. в городе Саранске. Частота вещания — 88 МГц (источник — URL: https://vk.com/radio_i_tv?w=wall-208243619_3581 (23.05.24)).

НИЖЕГОРОДСКАЯ ОБЛ. Администрацией городского округа г. Выкса было принято решение о закрытии радиостанции "Пионер ФМ", вещавшей на частоте 102,1 МГц (источник — URL: https://vk.com/radionnov?w=wall-24242046_7180%2Fall (23.05.24)).

НОВОСИБИРСКАЯ ОБЛ. 15 апреля 2024 г. филиал РТРС Сибирский РЦ начал трансляцию программ федеральной музыкально-патриотической радиостанции "Гордость" в Новосибирске. Частота вещания — 93,2 МГц, мощность передатчика — 1 кВт, высота подвеса передающей антенны — 174 м (источник — URL: <https://novosibirsk.rtrs.ru/tv/radioveshchanie/v-novosibirske-nachala-veshchat-patrioticheskaya-radiostantsiya-gordost/> (23.05.24)).

ОРЕНБУРГСКАЯ ОБЛ. 19 апреля 2024 г. в Орске состоялся торжественный запуск "Детского радио", частота вещания — 93,5 МГц (источник — URL: <https://www.gpmradio.ru/news-page/uid/36381> (23.05.24)).

ПЕРМСКИЙ КРАЙ. 19 апреля филиал РТРС Пермский КРТПЦ начал УКВ-трансляцию радиостанции "Комсомольская правда" в г. Перми. Трансляция ведётся круглосуточно на частоте 96,6 МГц с главной телебашни Перми высотой 275 м (источник — URL: <https://perm.rtrs.ru/tv/radioveshchanie/radio-komsomolskaya-pravda-pereekhalo-na-telebashnyu-rtrs-v-permi/> (23.05.24)).

РЯЗАНСКАЯ ОБЛ. 14 апреля 2024 г. радиостанция "Радио Monte Carlo" начала своё вещание в г. Рязани на частоте 87,5 МГц (источник — URL: <https://rmg.ru/news/radio-monte-carlo-zazvuchalo-v-ryazani> (23.05.24)).

Также на частоте 92,3 МГц в Рязани в круглосуточном формате запущено вещание радиостанции "Комсомольская правда" (источник — URL: <https://www.kp.ru/online/news/5765096/> (23.05.24)).

СТАВРОПОЛЬСКИЙ КРАЙ. С 29 апреля 2024 г. в Изобильном на частоте 98,2 МГц началось вещание радиостанции "Радио Дача" вместо радиостанции "Своё ФМ" (источник — URL: <http://www.krutoymedia.ru/news/12386.htm> (23.05.24)).

ТВЕРСКАЯ ОБЛ. В посёлке Селижарово с 11 апреля 2024 г. начала вещание радиостанция "Хит FM". Частота вещания — 96,9 МГц, мощность передатчика — 0,5 кВт (источник — URL: https://vk.com/radioitv?w=wall-90495469_15249 (23.05.24)).

ТУЛЬСКАЯ ОБЛ. В апреле филиал РТРС Тульский ОРТПЦ начал УКВ-трансляцию федеральной музыкально-патриотической радиостанции "Гордость" в Туле на частоте 89,2 МГц. Вещание круглосуточное (источник — URL: <https://tula.rtrs.ru/tv/radioveshchanie/rtrs-nachal-translyatsiyu-patrioticheskoy-radiostantsii-gordost-v-tule> (23.05.24)).

УДМУРТИЯ. 1 мая 2024 г. филиал РТРС Удмуртский РРТЦ начал УКВ-трансляцию радиостанции "Гордость" в Ижевске. Вещание ведётся ежедневно, круглосуточно на частоте 92,8 МГц (источник — URL: <https://udmurtiya.rtrs.ru/tv/radioveshchanie/rtrs-nachinaet-translyatsiyu-radiostantsii-gordost-v-izhevske/> (23.05.24)).

ИНТЕРНЕТ РАДИО

Всероссийский проект "Родники" собрал более ста тысяч певцов, поэтов, композиторов и музыкантов по всей стране. Создана уникальная творческая среда, которая объединила авторов и исполнителей новых русских песен. В День радио, 7 мая 2024 г., начало своё вещание новое народное радио "Родники". Радиостанция будет знакомить своих слушателей не только с главными хитами российской эстрады, но и с лучшими песнями малоизвестных

авторов. Баллады и рок-н-ролл, поп-музыка и хип-хоп. В планах радиостанции — появление в УКВ-диапазоне российских городов, а также в пакетах спутникового вещания (источник — URL: https://onair.ru/main/enews/view_msg/NMID_88967/ (23.05.24)).

ЗАРУБЕЖНОЕ ВЕЩАНИЕ

ВЕЛИКОБРИТАНИЯ. По последним данным о прослушивании радио, онлайн-прослушивание впервые обошло (источник — URL: <https://radiotoday.co.uk/2024/05/online-overnakes-fm-and-am-radio-listening-for-the-first-time-in-the-latest-rajarr-listening-figures/> (23.05.24)).

ИНДИЯ. Из-за сильного циклонического шторма, который обрушился на несколько районов столичного региона Нэшнл, из-за обширных повреждений в антенной башне средневолнового диапазона временно приостановлено вещание на средневолновой частоте 1143 кГц. Работы по устранению повреждений ведутся в круглосуточном режиме, и в ближайшее время передатчик снова выйдет в эфир (источник — URL: <https://mediumwave.info/2024/05/11/india-103/> (23.05.24)).

ИРАК/РОССИЯ. Информационное агентство и радио Sputnik и Иракское информационное агентство INA договорились об обмене контентом на английском и арабском языках. Для Sputnik соглашение стало вторым партнёрским документом, подписанным со СМИ Ирака (источник — URL: https://onair.ru/main/enews/view_msg/NMID_89029/ (23.05.24)).

ИСПАНИЯ. 90 лет "Радио Сеуты" в испанском эксклаве на побережье Марокко. 9 мая — годовщина первого выхода в эфир старейшей радиостанции Сеуты. Радиостанция EAJ-46 принадлежала компании Mas, Bernaola y Cotrasna, а затем в 1954 г. была продана вместе с "Радио Мелилья" компании Торреса Кеведо. Торрес Кеведо хотел развивать радио в Северной Африке, создав "Радио Сеута", "Радио Мелилья" и "Радио Дерса" в Танжере. Благодаря своим трём передатчикам радиостанция охватывала всё побережье Марокко и часть побережья Алжира. Обретение Марокко независимости в 1956 г. положило конец этому масштабному проекту в 1963 г. "Радио Дерса" прекратило своё вещание, а Торрес Кеведо продал две другие свои радиостанции. В 1960-х годах, когда радиостанция испытывала трудности, она была частью сети испанской радиовещательной компании SER. Именно благодаря программам Cadena SER стало возможным возобновить вещание радиостанции. Вначале "Радио Сеуты" вещало на средних волнах на частоте 1409 кГц и мощностью всего 200 Вт. Его передатчик был расположен на вершине горы Хако. Студия находилась в здании, ныне не существующем, на улице Салуд Теджеро.

Если это была первая радиостанция, вещавшая из Сеуты, то сегодня она делит эфир с четырьмя частными станциями: Onda Cero, Radio Solidaria, Onda

Color, Radió и двумя религиозными станциями (источник — URL: <https://mediumwave.info/2024/05/12/spain-ceuta/> (23.05.24)).

12 мая отмечается столетие со дня выхода в эфир первых регулярных радиопрограмм в Испании. Это весьма спорный юбилей, поскольку в тот день Radio Iberica SA ("Радио Иберика") вещало без лицензии. Она была основана двумя компаниями и ещё в 1922 г. одна из них уже продавала приёмники для приёма концертов и радиотелеграфных и радиотелефонных прослушиваний, транслируемых из-за рубежа. Отдельные испытания были проведены в 1923 г. и начале 1924 г. У "Радио Иберика" был большой соблазн стать первой радиостанцией, вышедшей в эфир. Дело дошло до того, что передатчик был введён в эксплуатацию, как только было объявлено, что это будет разрешено законом. Быстрый старт, не дожидаясь публикации королевского указа и даже не отправляя запрос на

получение лицензии. Эти трансляции были незаконными, учитывая, что королевский указ был опубликован только 14 июня 1924 г. Таким образом, только с этого момента будущие частные радиостанции смогли подать заявку на получение лицензии на вещание. Первыми зарегистрированными станциями были EAJ-1 Radio Barcelona, EAJ-2 Radio España, EAJ-4 Radio Castilla и др. "Радио Иберика" получило позывной EAJ-6. Затем в 1925 г. был создан Радиосоюз EAJ-7 (источник — URL: <https://mediumwave.info/2024/05/12/spain-40/> (23.05.24)).

СЛОВЕНИЯ. Вещательный отдел словенского радио и телевидения (RTV) ещё 1 января 2024 г. планировал отключить средневолновой передатчик в Немчавчине (частоты вещания — 558 кГц и 648 кГц), который транслирует программы MMR (Muravidéki Magyar Rádió — Венгерское радио Прекмутье) на частоте 558 кГц. В результате MMR потеряет значительную часть своей

аудитории: частично в приграничном районе Прекмутье и в основном в графствах Зала и Ваш. Передатчик не был выключен, но проблема до сих пор не устранена. Сегодня в Словении работают два средневолновых передатчика: "Бели Криж" на побережье (национальные итальянские программы) и "Немчавчи" в Прекмутье, откуда MMR вещает на частоте 558 кГц с 2002 г. (ранее вещание велось на частоте 648 кГц, но было перенесено из-за помех со стороны BBC). Средневолновое вещание в Немчавцах обеспечивает приём для слушателей, которым может быть недоступен приём передач на частоте 87,6 МГц (передатчик в Печаровцах) или 92,7 МГц (передатчик в пригороде Любляны) (источник — URL: <https://www.nepusag.net/muravidek/15691-meddig-foghat%C3%B3k%C3%B6z%C3%A9phull%C3%A1m-naz-mm.html> (23.05.24)).

Хорошего приёма и 73!

УКВ-блок с увеличенным динамическим диапазоном для радиоприёмников "Океан" и Selena

Часть 1

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

Проблема разработки качественного радиовещательного УКВ-приёмника ещё с конца 1970-х годов беспокоит радиолюбителей. Оглянувшись назад, можно увидеть, что энтузиазм унёс нас в затратные и громоздкие проекты, и чаще всего это делалось для стационарной аппаратуры без особых ограничений по питанию, габаритам, массе и стоимости. Переносная или карманная аппаратура всегда была в стороне, для неё разработаны простые и экономичные решения с мелкими улучшениями стандартных схем. Представленный в этой статье материал предлагает для переносных приёмников "Океан" и Selena решение для качественного УКВ-приёма, причём с хорошей повторяемостью.

Автор в своём долгосрочном проекте модернизации приёмников "Океан"/Selena после разработки новой главной платы (УВЧ/УПЧ) столкнулся с

тем, что радиотракт приобрёл почти идеальную канальную селективность в УПЧ, но при радиоприёме это не реализовалось в условиях тяжело загруженного столичного радиоэфира. Причиной оказалась ограниченная линейность УКВ-блока, в том числе нового универсального УКВ-блока, представленного в предыдущих номерах журнала [1, 2].

Поэтому назрела необходимость разработки УКВ-блока с увеличенным динамическим диапазоном (ДД), причём при строгих ограничениях по энергопотреблению, массе и габаритам. При поиске подходящего схемного решения автор, по традициям этого проекта, пересмотрел схемотехнику последних 80 лет и нашёл подсказку в радиолитературе середины 20-го века. Полупроводниковые приборы с конца 1980-х годов и современная измерительная техника позволили разработать УКВ-блок с предсказуемым отличным

результатом, несложным налаживанием, малым энергопотреблением и снова без микросхем.

Из универсального УКВ-блока были заимствованы схемы УВЧ и гетеродина, так как они не ухудшали качество и показали достойные результаты. Коренным образом менялся смеситель, он стал пассивным на полевом СВЧ-транзисторе (GaAs), поэтому в составе УКВ-блока появился малошумящий буферный УПЧ. В первых двух частях статьи предлагается описание УКВ-блока для радиоприёмников с минусовым питанием –5,6 В (выпуск до 1984 г.)

1. Введение

При модернизации приёмников "Океан-209" и Selena B-210—Selena B-212 с новым трактом УВЧ/УПЧ реализуются отличная канальная селективность и высокая чувствительность. Последствием этого улучшения было то, что доработанный заводской УКВ-блок на двух транзисторах серии ГТ313 смог показать свою состоятельность в целом, чем и удивил. Однако в условиях столичного радиоэфира он оказался тем слабым узлом, который никак не даёт вести УКВ-радиоприём высокого качества. Также и ранее описанный универсальный УКВ-блок [1, 2] в большинстве случаев обеспечит отличный приём, но и он не справляется с загруженным радиоэфиром мегаполиса при штатной работе со встроенной телескопической антенной. Часто приходится полностью задвигать телескопическую антенну, но и это не всегда устраняет проблему.

В связи с этим вспомнилось огромное число публикаций затратных проектов для УКВ-блоков за последние 40 лет, к тому же были и собственные продвинутые попытки в этом направлении. Отечественная промышленность в конце 1980-х годов также старательно

продвинула схемотехнику УКВ-приёмников высшей категории. Всё это шло в сторону усложнения и утяжеления, что точно не приемлемо для переносной аппаратуры. Характерным направлением развития было увеличение числа перестраиваемых контуров в УВЧ для "безнаказанного" наращивания усиления в УВЧ в надежде на высокую предельную чувствительность. Однако это было эффективно только до тех пор, пока радиоэфир был заполнен "через канал" или ещё реже. Как только в 1990-е годы началось плотное заполнение эфира по частотной сетке, да ещё с сигналами из соседнего региона, даже УВЧ на трёх-четырёх контурах пропускает несколько сигналов на смеситель, и все они мощные. На редкость в смесителе найдётся этой проблеме вполне достойное решение. Все прекрасные измерения интермодуляции (если их вообще проводили) старательно велись за полосой пропускания фильтров после УВЧ, и выставленные на рекламу цифры относятся только к самому УВЧ с входным фильтром. Если провести те же измерения IM_3 внутри полосы пропускания фильтра между УВЧ и смесителем, чаще всего придётся печалиться. Результат по мере роста усиления в УВЧ становился хуже. Если УВЧ имеет усиление 10...20 дБ и в смесителе работает транзистор такой же категории, то интермодуляционный фон (от IM_3) в таком случае будет на 30...60 дБ (!) выше, чем в УВЧ в отдельности. Именно поэтому многие радиоприёмники премиум класса прошлого века при полной исправности в наше время в мегаполисе ведут себя не лучше простых радиоприёмников. Заявленное 70 лет назад качество УКВ-радиовещания не так просто обеспечить в большом городе с избыточным УКВ-радиоэфиром.

2. Хорошо — это сколько и чего?

В условиях мегаполиса у нас не должно быть вариантов самообмана с "хитрым" измерением ДД для получения "красивого" результата. Все измерения нужно провести внутри полосы пропускания УВЧ до входа смесителя, а ещё лучше, до входа первого УПЧ, если фильтр ПЧ после смесителя не имеет полноценной канальной селективности. Допустим, если у активного смесителя коэффициент преобразования $K_{пр} = 16$ дБ, а последующий за ним фильтр ПЧ (два LC-контура) ослабит соседний канал всего на 12 дБ (это не редкость), тогда на входе первого каскада УПЧ ситуация на 4 дБ сложнее, чем на входе смесителя, интермодуляционный фон может быть больше на 12 дБ, и в нём "потонут" сигналы, которые вроде должны приниматься, судя по параметрам в отдельности взятого УКВ-блока.

Поэтому при модернизации УКВ-приёмников в современной обстановке нужно в первую очередь избавиться от перегрузки первый каскад УПЧ. В фильтре после смесителя нужно обеспечить подавление соседнего канала больше, чем усиление УКВ-блока. Однако это подходит для ситуации, когда все сигналы в эфире примерно одинаковые по

уровню. К этому требованию нужно добавить ещё ожидаемую разницу между сигналами самой слабой станции и самой мощной соседней станцией. Поэтому подавление соседнего канала на солидные 40 дБ на входе первого каскада УПЧ подойдёт далеко не для всех ситуаций в радиоэфире мегаполиса. В таких условиях качество приёма ограничит не $K_{ш}$ и не боковой шум гетеродина, решением проблемы легко может быть допущение дополнительного затухания сигнала в ПЧ-фильтре с хорошей АЧХ между выходом смесителя и

транзисторах КТ3108В, КТ399А, КТ3120А и током покоя 1,8 мА усилит сигнал размахом 2×50 мВ на антенном входе (75 Ом) с образованием $IM_3 = -40$ дБ. Получается, что такой УВЧ в отдельности обеспечит ДД 82 дБ в целом при умеренно заполненном эфире, но не рядом с радиопередающим центром, или 96 дБ над тепловым шумом (при $K_{ш} = 6$ дБ) в слабо заполненном радиоэфире. В перерасчёте уровень интермодуляции IM_3 от двухтонального сигнала 2×5 мВ_{пп} (размах на антенном входе) будет ниже уровня шума УВЧ, с

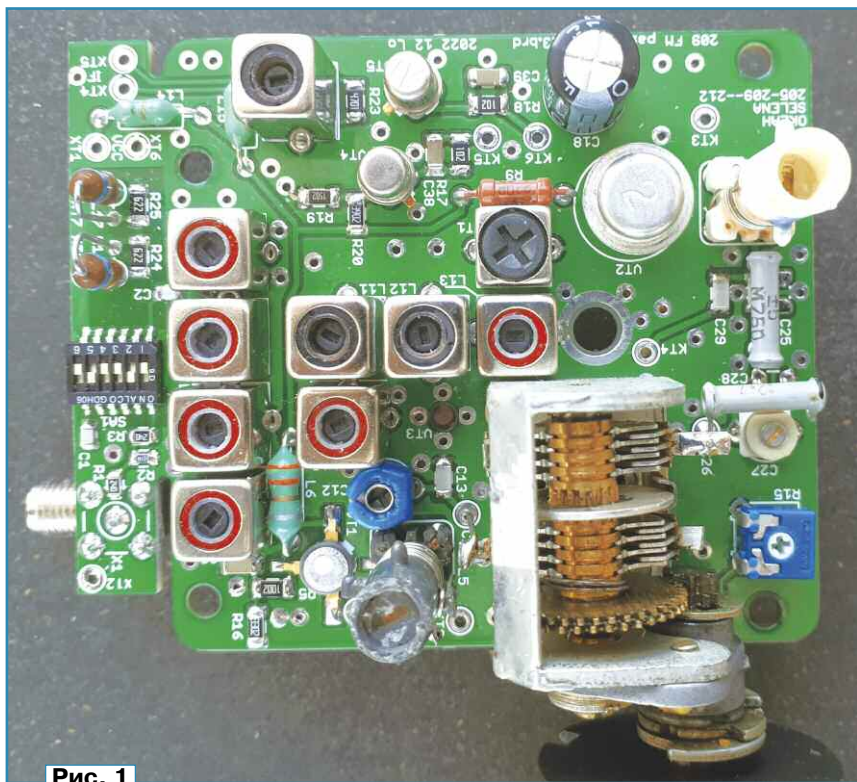


Рис. 1

входом первого каскада УПЧ в пользу канальной селективности. На пике использования КВ-эфира в 1980-х годах конструкторы КВ-аппаратуры пришли к этому выводу и предлагали различные решения, одно из них — знаменитые roofing filter (защитные фильтры) в сочетании с малошумящим УПЧ (МШУПЧ).

Если предполагать качественный приём при полосе пропускания ПЧ 280 кГц и антенном импедансе 75 Ом, то входной тепловой шум составит -119 дБмВт или 307 нВэфф или 870 нВ_{пп} по размаху (для упрощения в перерасчёте как для синусоидального сигнала). Чтобы приёмник с $K_{ш} = 6$ дБ принимал ЧМ-сигнал с разборчивым качеством, сигнал должен быть на 14 дБ больше, итого выходит превышение 20 дБ над тепловым шумом — это выполняется для синусоидального сигнала размахом 8 мкВ. У "лучшего" приёмника ($K_{ш} \approx 0$ дБ) потребуется входной сигнал размахом 4 мкВ для надёжного и не раздражающего приёма, а это 1,3 мВэфф, и подобное найдём в описаниях хороших приёмников. Далее, УВЧ из универсального УКВ-блока [1] на

надеждой, что смеситель затем это не испортит.

При использовании в УВЧ каскада по схеме с ОБ и током коллектора 1,8 мА получится свободный от интермодуляции ДД около 62 дБ для умеренно принимаемого сигнала и при умеренно заполненном эфире, в котором на свободных от местных сигналов каналах слышны слабые дальние станции. Это значение в последующих узлах в тракте радиоприёмника в лучшем случае только сохраняется, но точно не улучшается. Если в смесителе установить такой же каскад с ОБ, а усиление УВЧ будет 18 дБ, то свободный от интермодуляции ДД рухнет до 44 дБ. А если в смесителе работает бюджетная микросхема серии ТА7358, то в лучшем случае ДД будет до слёз мал — всего 38...40 дБ.

Если усиление УВЧ будет 10 дБ по мощности (от антенного входа ко входу смесителя), смеситель должен преобразовать двухтональный сигнал размахом 2×150 мВ при импедансе 75 Ом, чтобы не ухудшить качество сигнала на выходе такого УВЧ. Подобные цифры мы обычно связываем со сложными

затратными схемами, простые диодные смесители могут этому уже не соответствовать.

Однако эфирная ситуация на практике более разнообразная, и не зря некоторые виды связанной аппаратуры тестируются многотональными сигналами. Указанный выше допустимый двухтональный антенный сигнал 2×50 мВпп для $IM_3 = -40$ дБ "размазывается" для полностью заполненного УКВ-эфира на 50(20) сигналов по 2(5) мВпп каждый, без учёта законов статистики и векторного сложения случайных сигналов. И если ещё учесть селективность фильтра между УВЧ и смесителем, то можно было немного ослабить требования к смесителю, как посоветовал бы заводской экономист, глядя на цены подходя-

щих УКВ-блока. Всё это было описано ранее в [1, 2]. Главным новшеством является пассивный смеситель (транзистор VT3 в середине платы на рис. 2), который обеспечивает хорошую линейность для усиленного в УВЧ сигнала. Чтобы сигнал после пассивного смесителя не утонул в шумах, в схеме появился маломощный УПЧ (МШУПЧ) на транзисторах VT4 и VT5 (вверху). Его возможная перегрузка устраняется полосовым фильтром после смесителя на катушках индуктивности L11 и L12 (в центре платы на рис. 1).

3. Схема УКВ-блока

Самым трудным моментом при разработке предлагаемого УКВ-блока было достижение высокой селективности в

решаются глобальные мегаполисные проблемы для УВЧ. Помехи из радиовещательного диапазона OIRT (65...73 МГц) в наше время уже не критичны, осталось очень мало сигналов в этом диапазоне, даже в Москве по мощности они уже не межрегиональные. Поэтому в новом УКВ-блоке, схема которого показана на рис. 3, появилось много моточных изделий для безупречного решения задач по согласованию, селективности, снижению интермодуляционных искажений и подавлению наводок.

3.1. Напряжение питания

Штатный УКВ-блок рассчитан на питание напряжением $-5,6$ В, и нет смысла это переделывать на меньшее напряжение для работы с заводским УПЧ, который даже после обширной доработки не соответствует категории представленного УКВ-блока. Однако модификациями в цепях смещения транзисторов можно адаптировать этот УКВ-блок и для других приёмников и проектов с напряжением питания в интервале $-6...-9$ В, но только с условиями хорошей абсолютной стабильности напряжения без пульсаций и медленными перепадами не более 10 мВ. Питание поступает через дроссели L6, L14, L15 с блокировочными конденсаторами. Дроссель L6 подобран по собственному резонансу в области УКВ.

3.2. Входной полосовой фильтр

На входе установлен трёхконтурный полосовой фильтр с плоской вершиной АЧХ в диапазоне 87...109 МГц, который эффективно подавит сигналы диапазона OIRT 65...73 МГц и среднего КВ-диапазона 10...12 МГц. Но основная ставка была сделана по подавлению сигналов авиадиапазона 118...135 МГц и различной УКВ- и СВЧ-радиосвязи. Поэтому контуры связаны между собой с помощью заземлённых конденсаторов C3 и C5 сравнительно большой ёмкости. Сигналы мобильных сетей на частотах 450...2000 МГц подавлены не менее чем на 60 дБ на входе УВЧ (VT1), что позволит в городских условиях работать и с внешней антенной на "обставленной" различным радиооборудованием крыше.

3.3. УВЧ

В УВЧ нужно обязательно применить качественный транзистор по усилению и по шуму, у которого имеется явно выраженное низкое сопротивление легированных зон кристалла. В документации подсказка о "хорошем" транзисторе найдётся в указании входного импеданса в интервале 34...3 Ом при токе эмиттера 1...10 мА в схеме с ОБ. При токе покоя 1,8 мА с подобными транзисторами получается входное сопротивление 18 Ом, если его граничная частота при таком токе в схеме с ОЭ не менее 600 МГц. На выходе коллекторная нагрузка от LC-контура со смесителем составляет примерно 800 Ом. Усиление по напряжению — 33 дБ от эмиттера к коллектору, а по мощности —

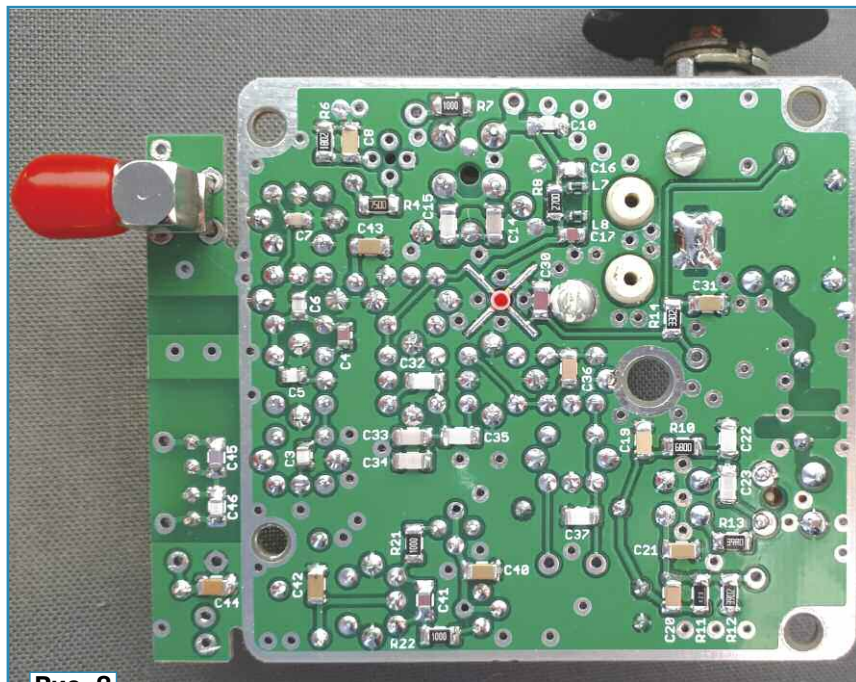


Рис. 2

щих смесителей и блока питания для них. Однако не стоит этого делать, так как случай поступления двух крайне мощных сигналов в смеситель имеет высокую вероятность в мегаполисе. Разумеется, что интермодуляционное подавление радиоприёма обязательно будет касаться слабого сигнала вашей любимой радиостанции. То есть в мегаполисе нет смысла работать с вероятностями по уровню сигналов и их распределением по диапазону.

Решением проблем оказался новый УКВ-блок с увеличенным ДД, его реализация показана на рис. 1 и рис. 2. Высокая степень экранировки обеспечит качественную работу в условиях перегруженного мегаполисного эфира, присутствия других мощных излучений и "цифровых" помех. И в этом УКВ-блоке применяется заводской двухсекционный КПЕ и УКВ-КПИ, гетеродин остался на германиевом транзисторе с улучшенной термокомпенсацией, УВЧ собран на качественном транзисторе КТ3120А (слева внизу). Переключение антенного входа и антенный диплексер остались в проверенном виде из универсального

пользу ДД, несмотря на скромный двухсекционный КПЕ. Так как этому КПЕ по конструкции не нашлось замены из других приёмников высокой категории с тремя или четырьмя секциями, пришлось изначально смириться с одним перестраиваемым LC-контуром в УВЧ и обеспечить качество за счёт линейности и общей селективности. Система связи больших авиаузлов мегаполиса даёт мощные помехи в диапазоне 118...138 МГц (зеркальный канал приёма), радиолюбительский диапазон 2 метра интенсивно используется, да и ещё развивающаяся система радиовещания DAB в диапазоне 174...240 МГц "грозит" приёмом на второй гармонике гетеродина. Соответственно один перестраиваемый контур в УВЧ решает всего лишь задачу уменьшения числа мощных радиовещательных УКВ-сигналов, поступающих на смеситель, поэтому этот контур должен иметь высокую добротность и подавлять 80 % сигналов при усилении в УВЧ 14 дБ (по мощности от антенны до смесителя). А с помощью качественного входного полосового фильтра для диапазона 87,5...108 МГц

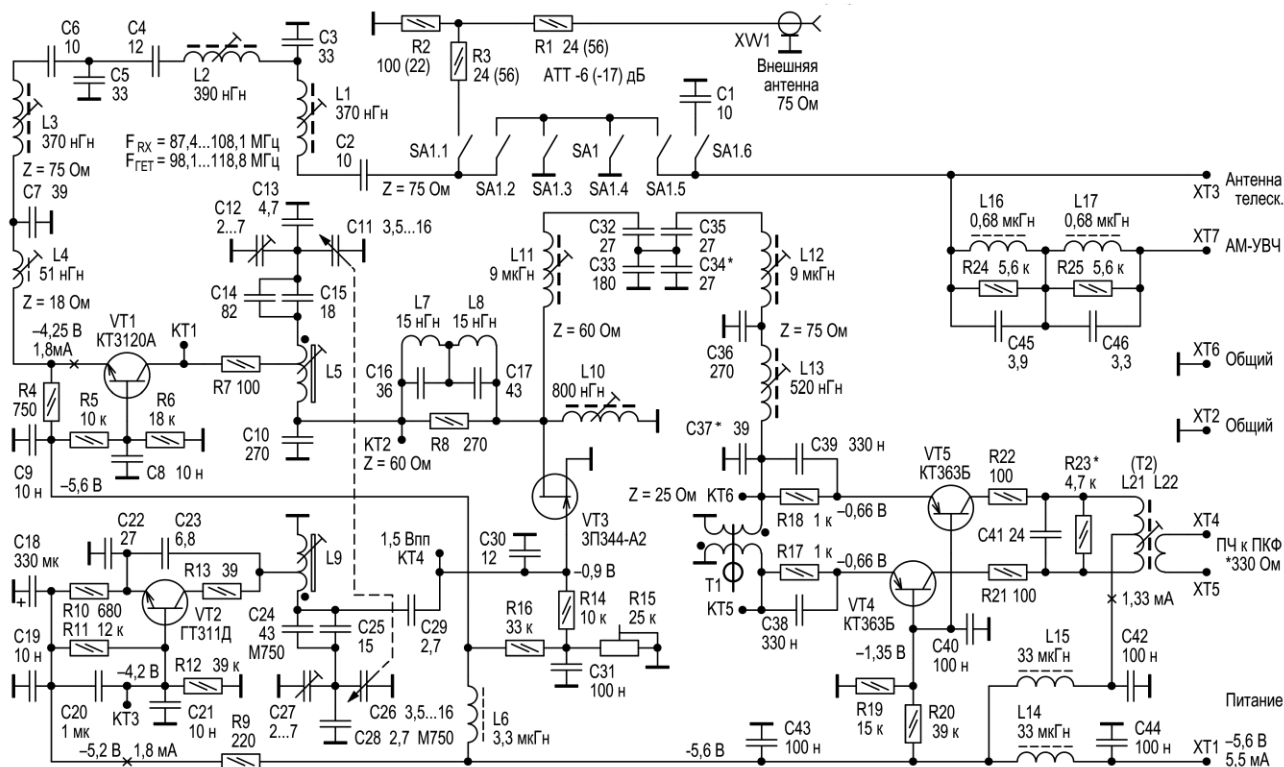


Рис. 3

примерно 17 дБ. Это хороший компромисс для достаточно малого шума всего приёмника и предотвращения перегрузки смесителя и буферного каскада УПЧ.

3.4. Перестраиваемый контур в УВЧ

Высокие требования к единственному перестраиваемому LC-контур выполняются за счёт отбора сигнала на смеситель с помощью ёмкостного делителя. В отличие от привычных схем, здесь отбор сигнала осуществляется с участием почти всей контурной ёмкости (конденсаторы C11—C15), что правильно, если контур перестраивается КПЕ. Конденсатор C10 совместно с конденсаторами C11—C15 образует ёмкостный делитель с низкоомным выходом на смеситель, заземление КПЕ этому не преграда. С ростом частоты не изменяющийся импеданс смесителя трансформируется в контур с растущим сопротивлением, поэтому при уменьшении общей контурной ёмкости добротность контура практически не деградирует. Нагруженная добротность LC-контура составляет 45...52, и полоса пропускания УВЧ получается практически постоянной — около 2 МГц при перестройке по всему диапазону. Это в целом в два раза лучше, чем в заводских УКВ-блоках и в универсальном УКВ-блоке [1, 2]. Как и входной фильтр, этот контур особо хорошо подавляет сигналы на частотах выше резонансной частоты из-за большого номинала конденсатора C10.

3.5. Смеситель, историческая справка

Пассивный смеситель в виде однофазного коммутатора сигнала на общий провод (в нашем УКВ-блоке это транзистор VT3) — вовсе не новое изобретение, этому принципу уже более 100 лет, и любопытный читатель может ознакомиться с синхронным детекторным приёмником на основе колеса Гольдшмидта. Позже, с появлением диодов, стабильно работающих на диапазоне ВЧ и СВЧ, этот же принцип был применён в радиолокаторах, в серийных изделиях до конца 1980-х годов. Суть работы такого диодного СВЧ-смесителя состоит в том, что диод размещается в торцевой части СВЧ-волновода на электрическом расстоянии $\lambda/4$ от закрытого торца. Один электрод диода непосредственно соединён с широкой стенкой волновода, а второй электрод диода выходит через другую стену волновода напортив. При этом узкий зазор между корпусом диода и стенкой волновода не мешает СВЧ-волнам распространяться внутри волновода. С учётом фазы (180°) отражённого от торца волновода сигнала диод находится в точке максимальной напряжённости Е-поля сигнала. Однако из-за небольшого уровня радиосигнала выпрямительный эффект не особо выражен, и по отношению к нему диод ведёт себя как управляемый ток резистор. Через направленный ответвитель в тот же волновод подаётся сигнал от местного гетеродина (в те годы часто отражательный клинстрон) и поступает на диод. Гетеродин

работает с отстройкой на несколько десятков мегагерц от полезного радиосигнала. Диод тем самым "рубит" полезный СВЧ-сигнал в ритме гетеродинной частоты. На выведенном электроде СВЧ-диода с импедансом несколько сотен ом образуется напряжение ПЧ-сигнала, которое поступает на входной фильтр последующего УПЧ. Характерным элементом налаживания такого диодного СВЧ-смесителя был переменный резистор "ток диода", с помощью которого устанавливали наилучший $K_{пер}$ смесителя.

Если колесо Гольдшмидта ввиду идеального качества контактов и невысоких частот (СДВ и ДВ) имело в наших современных представлениях огромный ДД, то с диодным смесителем дело сложнее. Зависимость сопротивления диода от протекающего тока далека от линейного вида, что, с одной стороны, способствовало частотному преобразованию, но, с другой стороны, портило линейную передачу сигналов. Но на СВЧ в середине 20-го века с помехами было не так проблемно, и относительно малый ДД такого смесителя не мешал его применению. Радиолокатор почти всегда работал в односигнальном режиме и интермодуляцию "не знал".

Годы шли, транзисторы и микросхемы вытесняли такие диодные смесители, и про них чуть ли не стали забывать, как и про колесо Гольдшмидта. Но развитие идёт по спирали, и с развитием бюджетных GaAs-транзисторов, да ещё и GaAs-микросхем разработчики к концу 1990-х годов вернулись к этому принципу, на этот раз уже под реклам-

ным названием Y-mixer, и не обязательно в "слесарном" волноводном исполнении, а на печатных платах. Популярным и недорогим смесителем с ключом на GaAs-транзисторе стали импортные микросхемы серий CMY211, HMC333, ADL5350 для диапазона от УКВ до 2...5 ГГц. Для более удобного применения этих микросхемных смесителей в составе промышленной аппаратуры на том же чипе находятся буферный усилитель для гетеродинного сигнала и цепь смещения затвора полевого транзистора (bias). Отличные свойства GaAs-СВЧ-ключей позволили совместить огромный ДД колеса Гольдшмита с быстройдействием СВЧ-полупроводников, и эти СВЧ-смесители показывают впечатляющие результаты при сравнительно малом энергопотреблении. Однако их широкополосный драйвер для гетеродинного сигнала имеет доминирующее энергопотребление, и для проекта радиовещательного переносного "долгоиграющего" приёмника только "слабую" микросхему CMY211 можно кое-как применить. К тому же драйвер на частотах ниже 200...300 МГц уже может не работать оптимально из-за малых ёмкостей на чипе. В нашем случае есть элегантный выход из ситуации — гетеродин в схеме с ОБ вырабатывает сигнал с большим размахом по напряжению (несколько вольт на коллекторе) да ещё с неплохой нагрузочной способностью при отличной частотной стабильности, и на горячем конце контура практически отсутствуют гармоники. Это идеально стыкуется с короткой ВАХ широко распространённых маломощных GaAs полевых СВЧ-транзисторов с барьером Шоттки (ПТШ), их ещё в середине 1980-х годов стали выпускать по всему миру и в СССР, и до сих пор они актуальны.

3.5.1. Выбор транзистора для смесителя

В смесителе предлагаемого УКВ-блока идеально подходит транзистор серии 3П344 из текущего производства, а в редких исключениях можно напрямую заменить его транзистором серии 3П324. Но чаще всего придётся установить два транзистора серии 3П324 параллельно (монтаж друг над другом) с тем же отличным результатом. Для предварительного отбора изделий надо проверить сопротивление канала при нулевом напряжении на затворе. При замыкании затвора на исток сопротивление канала сток—исток должно быть 12...18 Ом, у транзисторов серии 3П324 это обычно 32 Ом. Из импортных классических GaAs ПТШ подходят многие (например, серии MGF1302, MGF1402, MGF1502), у них должны быть крутизна в интервале 55...80 мА/В при нулевом напряжении на затворе и напряжение отсечки в интервале -0,8... -1,8 В.

С транзисторами серии 3П324 выявилась интересная особенность, он оказался фоточувствительным. При налаживании смеситель работал неудовлетворительно, поэтому транзистор был чуть ли не списан как негодный, пока не заметили странное исправление дефекта тенью от руки. Нанесение чёрного лака

на керамический корпус устранило этот эффект. Но это можно не считать дефектом, ведь по описанию эти транзисторы 40 лет назад разрабатывались для работы в составе гибридных микросборок, внутри которых царит темнота.

Для обращения с этими чувствительными к статике транзисторами в домашней обстановке лучше переупаковать эти транзисторы в алюминиевую фольгу. При проверке сопротивления канала тогда это можно сделать просто и безопасно. Три вывода транзистора — исток, затвор и исток останутся в фольге замкнуты электрически. Сток остаётся свободным, и очень удобно можно измерить сопротивление канала при нулевом напряжении. После измерения транзистор полностью упаковывается в фольгу и наносит надписи с результатом.

3.5.2. Схема смесителя

Полевые GaAs СВЧ ПТШ с n-каналом из прошлого века требуют на затворе минусового напряжения смещения, допускается также нулевое напряжение и захождение сигнала на несколько десятков милливольт в положительную область ВАХ. Поскольку в радиоприёмнике "Океан-209" имеется минусовое питание, такой смеситель идеально впишется в концепцию, обвязка у ПТШ крайне простая, исток (два вывода) можно напрямую заземлять, напряжение смещения на затворе можно получить с помощью резистивного делителя напряжения.

Смеситель получает на затвор транзистора VT3 от гетеродина сигнал размахом 1500 мВ, в результате на стоке получается усреднённый за период гетеродинного сигнала импеданс 60 Ом. Мгновенное значение сопротивления транзистора меняется от 15 Ом до сотен ом. У транзистора серии 3П344 минимальное сопротивление канала может быть даже 6...8 Ом, но при налаженной работе это не используется столь глубоко. Оптимальный перепад по сопротивлению устанавливают напряжением смещения с помощью резистора R15 по выраженному признаку лучшей передачи сигнала, и это легко определить, всё делают, как 60 лет назад со смесительным диодом.

Из-за крайне малых собственных ёмкостей транзистора (менее 0,2 пФ) практически отсутствует влияние мощного радиосигнала на частоту гетеродина. К тому же гетеродин совсем слабо нагружается, и отбирать большое напряжение не вызывает проблем по стабильности и шуму гетеродина. Как бы всё это ни звучало простым делом для реализации, всплывают своеобразные и критические моменты, о которых пишут в документации вышеуказанных ИМС. Причина всех хлопот — это то, что сток транзистора VT3 является одновременно входом и выходом смесителя, отсюда и название Y-mixer. Наличие двух выводов у выше указанных микросхем улучшает свойства на СВЧ, и простым измерением сопротивления мы определим между ними прямое соединение. Нужно разделить потоки сигналов по направлению, не нарушив согласование

на входе, выходе и оставив транзистор в выгодном режиме, а также правильно нагрузить УВЧ и правильно отдавать сигнал в УПЧ.

Конденсатор C10 в обычных схемах является блокировочным с номиналом более 10 нФ. В представленной варианте при номинале 270 пФ он входит в состав выходного УВЧ-контура, и печатные проводники ёмкостью около 12 пФ на плате на этот раз не вредят. То есть со стороны УВЧ к смесителю имеем на частоте приёма отсутствие реактивного импеданса и максимум активного импеданса со значением около 60 Ом. На частотах выше резонанса импеданс источника низкий и ёмкостный, а сам УВЧ стремительно теряет усиление. На частотах ниже резонанса импеданс нагрузки для УВЧ стремительно приравняется к импедансу смесителя (60 Ом), и этим импедансом нагружается непосредственно коллектор транзистора VT1. Поэтому усиление для УКВ-сигнала и для КВ-помех на частоте 10700 кГц разнятся в 15 раз (на 24 дБ) по коллекторной нагрузке (800 Ом и 60 Ом).

Отбору сигнала ПЧ в сторону УПЧ мешает конденсатор C10, у него реактивное сопротивление около 55 Ом при номинальном импедансе 60 Ом этого узла. Можно было бы конденсатор C10 включить в состав выходного ПЧ-фильтра (L12, L13), например, в ёмкостном делителе с конденсатором C32. Так это было сделано на макете прототипа и хорошо сработало, при этом схема смесителя получалась крайне простой. Но это создаёт много сложностей при расчёте и измерении параметров и не даст в отдельности оптимизировать все параметры УВЧ-контура и фильтра ПЧ с лучшим режимом смесителя, к тому же при этом ещё имели место странная интермодуляция и кроссмодуляция.

По этим причинам была добавлена катушка индуктивности L10, которая образует с конденсатором C10 резонанс на частоте 10700 кГц, чем этот конденсатор исчезает из схемы в области ПЧ. Точнее, на частоте 10700 кГц к конденсатору C10 ещё добавляются конденсаторы от УВЧ-контура и ёмкость около 12 пФ печатных проводников, итоговая результирующая ёмкость составляет около 300 пФ на частоте 10700 кГц. Последующий ПЧ-фильтр (на катушках L12, L13) можно адаптировать с "чистого листа" исключительно на основе активного импеданса смесителя и УПЧ. К тому же через катушку L10 протекает коллекторный ток транзистора VT1, и это оказалось важным моментом. Так как в смесителе при изменении сопротивления канала присутствуют нелинейные составляющие, возникает интермодуляция второго порядка. Она образуется из спектров соседних мощных УКВ-сигналов, удалённых до 1 МГц с учётом селективности УВЧ-контура. Этими вредными сигналами на низких частотах образовалось бы смещение выходной ВАХ транзистора в околонулевой части омического сопротивления в первом и третьем квадрантах. Этот эффект нам известен как кроссмодуляция, когда сигналы повлияют на смещение рабочей точки полупроводникового

прибора или радиолампы. Выраженным закорачивающим действием катушки L10 на частотах 0...1 МГц этот вредный спектр IM₂ подавляется, и кросс-модуляция практически не наблюдается. Этим существенно отличается этот смеситель от однодиодного "антиквариата", в котором диод работал со смещением предпочтительно в самой криевой части ВАХ.

Выходной LC-контур УВЧ (на катушке индуктивности L5) хорошо подавляет сигналы на частоте гетеродина, однако эта внутренняя наводка образовалась бы на стоке транзистора VT3 постоянное синхронное напряжение. И этот эффект дополнительно подавляется катушкой L10 и существенно упорядочивает работу смесителя при наличии широкополосных импульсных помех несимметричной формы.

3.5.3. Куда девать энергию?

Полосовой ПЧ-фильтр на катушках индуктивности L11 и L12 со стороны смесителя работает как расширенный последовательный контур, и это важный момент для таких смесителей. Этот фильтр отразит назад все сигналы вне полосы ПЧ, он отбирает у смесителя сигнальную энергию исключительно в области частоты 10700 кГц. В описаниях ИМС Y-mixer найдём полезную подсказку, что к выходным портам лучше всего подключать исключительно последовательные контуры. Самая частая ошибка в подобных смесителях делается насчёт "забытой" зеркальной ПЧ ($F_{\text{сиг}} + F_{\text{гет}}$). Эти сигналы образуются с той же энергетикой, как и полезные на разностной ПЧ. В радиовещательном УКВ-блоке зеркальная ПЧ образуется в диапазоне частот 185...225 МГц. Если не установить заграждающий фильтр L7L8C16C17, энергия сигналов на зеркальной ПЧ уходит в короткое замыкание в конденсатор C10. Это равносильно тому, что примерно 15 % сигнальной энергии от УВЧ израсходовать напрямую, что увеличило бы K_ш этого смесителя примерно на 1 дБ. К тому же транзистор VT3 испытывал бы при этом спектрально повышенную токовую нагрузку с нелинейными эффектами. Резистор R8 обеспечит умеренное поглощение сигнала зеркальной ПЧ. В результате заботы о судьбе зеркальной ПЧ улучшает эффективность смесителя и его ступеньки с УВЧ на 2 дБ (20 %). Попутно этот заграждающий фильтр подавляет вторую гармонику при возникновении нелинейных искажений в УВЧ в области частоты 200 МГц. Умеренное поглощение энергии зеркальной ПЧ даст увеличение ДД примерно на 2 дБ и снижение интермодуляционного шума примерно на 6 дБ. Дополнительно получим для большинства DAB-сигналов затухание 8 дБ, в мегаполисе это точно полезно.

3.5.4. Нелинейность смесителя

При макетировании этого смесителя на стенде при двухтональном УКВ-сигнале размахом 2×150 мВ он показал уровень интермодуляционных искажений IM₃ = -40 дБ. Это не хуже, чем у про-

двинутых диодных балансных смесителей, которым нужны большая мощность гетеродинного сигнала и сложные трансформаторы. Таким образом, этот смеситель хорошо сочетается с предложенным УВЧ и одним перестраиваемым УВЧ-контуром.

3.6. Фильтр ПЧ

По полосе пропускания выходной УВЧ-контур и фильтр ПЧ должны совпадать, чтобы весь попадающий на смеситель спектр далее поступал в линейный УПЧ и не забивал смеситель избытком напряжения. Также фильтр ПЧ должен иметь малое затухание, чтобы после пассивного смесителя излишне не терять сигнал и не испортить соотношение С/Ш. Фильтр ПЧ собран на катушках индуктивности L11 и L12 высокого качества с высокой добротностью и при полосе пропускания 1,5 МГц имеет малое затухание — 1,5...2 дБ. Сигнал ПЧ поступает на низкоомный вход буферного УПЧ на транзисторах VT4 и VT5. Для правильной работы очень важно, чтобы на входе и выходе этого фильтра не было поперечных компонентов самого фильтра, т. е. фильтр подключается на своих портах исключительно последовательно. Ёмкостная связь между LC-контурами (C33, C44) при малом импедансе особенно хорошо подавляет помехи УКВ-диапазона.

3.7. Согласование с УПЧ

Г-образное LC-звено C36L13 трансформирует входной импеданс УПЧ (около 25 Ом) и обеспечивает выходу фильтра ПЧ расчётную нагрузку 75 Ом. На частотах выше 20 МГц это звено работает как ФНЧ и обеспечивает дополнительное подавление внеполосных сигналов. Несмотря на относительную широкополосность этой цепи, для неё требуется катушка индуктивности L13 с высокой добротностью, чтобы потери полезного сигнала были малы.

3.8. УПЧ и выход на ПКФ

При макетировании было испытано много вариантов усилителей УПЧ, чтобы найти хороший компромисс между малым шумом, отличной линейностью и малым энергопотреблением, да ещё и "удобной" схемотехникой при минусовом напряжении питания. В итоге был выбран симметричный УПЧ в схеме с ОБ без элементов ООС. Несмотря на свою простоту, этот вариант имеет один огромный плюс — в идеале его входной импеданс (и усиление) не меняется от мгновенного значения сигнала, что указывает потенциально на высокую линейность, причём это можно получать при малых токах покоя.

Суть линеаризации состоит в том, что входной трансформатор при идеальном исполнении выводит транзисторы на встречно-параллельное подключение к входу. То есть на них поступают одинаковые по амплитуде, но противофазные сигналы. Если проанализировать строго встречно-параллельные входные ВАХ двух транзисторов в схеме с ОБ, при противофазном распределе-

нии сигнальных токов между ними их входные (параллельные) сопротивления образуют почти неизменное входное сопротивление всего усилителя. Условие этому — идеальный трансформатор, идеальные конденсаторы C38, C39 и идеальные ВАХ (логарифмические) у транзисторов. Этим особо славится транзистор KT3108В, хорошо с этим у транзисторов KT368А, KT326Б, KT3108А и, на удивление, у ГТ322Б на частотах до 11 МГц. На частотах 465 кГц хорошо работают транзисторы серии KT3102, KT3129, KT3130 и транзисторная сборка K159НТ1В. Очень важно, чтобы и сопротивление базы в кристалле было маленьким, о чём подсказывает низкий шум на НЧ. Неравномерное "кривое" распределение токов между транзисторами при строго встречном изменении напряжений эмиттеров можно измерить на коллекторах при их отдельном подключении к нагрузкам. Но как только происходит сложение коллекторных токов в общем качественном трансформаторе, на выходе будет сигнал с таким же чистым спектром, как на входе, только с усиленным уровнем. Параллельное включение двух транзисторов при хорошем режиме по усилению ещё приведёт к снижению K_ш примерно на 30 % по сравнению с K_ш шума одного транзистора. На транзисторах KT3108В (ГТ322Б) легко можно получить K_ш не более 2(3) дБ.

При токе покоя 0,66 мА каждый транзистор (VT4, VT5) в отдельности имеет входной импеданс 50 Ом, и после сложения трансформатором Т1 это проявится в KT5 или KT6 импедансом 25 Ом или между KT5 и KT6 импедансом 100 Ом. Усиление по напряжению составляет от KT5 к подключённому ПКФ (контакты XT4 и XT5) — около 18 дБ внутри полосы пропускания ПКФ. По линейности получается хорошая картина, при двухтональном сигнале размахом 2×25 мВ при Z = 25 Ом на KT5 (или KT6) противофазно образуется IM₃ = -40 дБ, что имеет место быть при размахе двухтонального сигнала ПЧ 2×41 мВ на выходе смесителя (сток транзистора VT3), и это образуется при размахе УКВ-сигнала 2×150 мВ на конденсаторе C10. Таким образом, с учётом селективности полосового фильтра ПЧ этот простой буферный УПЧ не особо ухудшает интермодуляционное качество всего блока в реальной обстановке радиоприёма, когда только один радиодетектор находится близко с разномом на несколько мегагерц между своими сигналами. При сигнале размахом 2×8 мВ на KT5 интермодуляционные искажения остаются на уровне менее -60 дБ. С транзистором KT3108В или KT3108А при h₂₁₃ > 100 сигналы могут быть размахом на 20 % больше, если трансформатор Т1 качественный.

Во многих ВЧ-усилителях на месте блокировочных конденсаторов C38 и C39 установлены конденсаторы ёмкостью 10...33 нФ, которые якобы достаточны для работы на частоте 10700 кГц. Однако при многосигнальной ситуации в спектре разностных частот (это есть IM₂) возможны значительные уровни, и ёмкость конденсаторов должна им соответствовать. Для случая этого МШУПЧ

интермодуляционный спектр начинается от 100 кГц, и при импедансе эмиттера 50 Ом для ёмкости конденсатора 33 нФ формировался бы спад –3 дБ, но этого недостаточно для устранения выпрямительного эффекта. При ёмкостях этих конденсаторов 330 нФ будет хорошее подавление IM_2 и кроссмодуляции. Для AM-SSB-CW-приёмников эти конденсаторы надо составить из комбинации керамического конденсатора ёмкостью 100 нФ и оксидного конденсатора на десятки микрофард, и это стоит делать даже в УВЧ.

Конденсатор C37 совместно с индуктивностью трансформатора T1 формирует резонанс на частоте 10700 кГц, чем обеспечивается вход УПЧ, свободный от реактивных составляющих, что существенно улучшает стабильность УПЧ и симметричность его работы, убирает фазовые ошибки полезного сигнала, а фильтр ПЧ выходит на симметричную АЧХ.

Резистор R23 определяет в области частоты 10700 кГц выходной импеданс у обмотки связи трансформатора T2 (L22). С учётом выходного импеданса транзисторов, резонансного сопротивления LC-контура (L21C41), коэффициента передачи трансформатора T2 и резистора R23 на выходе буферного УПЧ (XT4, XT5) формируется импеданс 270...360 Ом, подобранный для конкретного ПКФ. Последующий ПКФ на-

гружает выход своим входным импедансом 240...400 Ом внутри полосы пропускания. То есть внутри полосы пропускания ПКФ имеется штатное усиление, а за полосой ПКФ усиление в УПЧ может быть максимально в два раза больше, что может вызвать перегрузку по напряжению на коллекторах. Это часто не учитывают в каскадах с малым напряжением питания, здесь резерв напряжения на коллекторах хватает на сигнальное напряжение размахом по 6 В на каждом, и коллекторные узлы не участвуют в искажениях, даже при импульсных помехах.

3.9. Гетеродин

Гетеродин оставлен без изменений [1, 2], на затворе транзистора VT3 должен быть сигнал размахом 1500 мВ при напряжении размахом 10...12 В на горячем конце контура гетеродина. С учётом ёмкости печатных проводников это реализуется при весьма малой ёмкости конденсатора связи C29. Сопротивление резистора R14 (не более 10 кОм) для подачи напряжения смещения на затвор транзистора VT3 служит для снижения НЧ-шума GaAs ПТШ, и этот резистор является основной резистивной нагрузкой для гетеродина. Сначала был установлен резистор номиналом 33 кОм, что при подробном анализе показало недопустимый боковой НЧ-шум гетеродина-

ного сигнала. Цепи смещения для GaAs ПТШ должны быть с малым сопротивлением по НЧ и постоянному току. Для узкополосной связанной аппаратуры вместо резистора R14 лучше бы установить дроссель с оптимальной частотой собственного резонанса и последовательный резистор сопротивлением не более 1 кОм, а ёмкость конденсатора C31 надо увеличить в несколько раз.

4. Заключение

В следующем разделе будет приведено описание монтажа и налаживания УКВ-блока с учётом наработок при изготовлении универсального УКВ-блока [1, 2].

ЛИТЕРАТУРА

1. Лохни Х. Универсальный УКВ-блок для радиоприёмников "Океан"/Selena — Радио, 2024, № 5, с. 14—22.
2. Лохни Х. Универсальный УКВ-блок для радиоприёмников "Океан"/Selena. Монтаж и налаживание. — Радио, 2024, № 6, с. 13—22.

От редакции. Дополнительный справочный материал находится по адресу <http://ftp.radio.ru/pub/2024/07/ukv-dd.zip> на нашем FTP-сервере.

Двухканальный индикатор уровня звукового сигнала

А. КУЗЬМИНОВ, г. Москва

В статье приведено описание двухканального индикатора уровня звукового сигнала на основе микроконтроллера EFM8LB12F32, двух ОУ и цветного TFT-дисплея 0,96" с контроллером ST7735 и IPS-матрицей, на котором отображаются два столбика высотой, пропорциональной уровню сигнала каждого канала. Частота обновления экрана дисплея — не менее 500 Гц. Такой индикатор можно установить на передней панели аудиоусилителя.

Индикаторы уровня звукового сигнала, используемые в аудиоусилителях, как правило, бывают трёх типов. Первый тип основан на нескольких (до десяти) светодиодах либо на светодиодных матрицах (до полутора десятков светодиодов), которые загораются в зависимости от уровня звукового сигнала в усилителе. Преимущество таких индикаторов в их дешевизне. Их стои-

мость, как правило, — не более 200...500 руб. Недостаток — низкая разрешающая способность: даже по полутора десяткам светодиодов об уровне сигнала можно судить лишь приблизительно. Кроме того, такие индикаторы имеют довольно большие габариты, в связи с чем они не всегда помещаются на лицевой поверхности корпуса усилителя, если их расположить вер-

тикально, а горизонтальное их расположение не особенно эстетично.

Второй тип — стрелочные индикаторы. Их преимущество в том, что по отклонению стрелок можно довольно точно следить за уровнем звукового сигнала. Такие индикаторы раньше часто использовались в магнитофонах, а сейчас также продолжают использоваться в усилителях в стиле "ретро" с

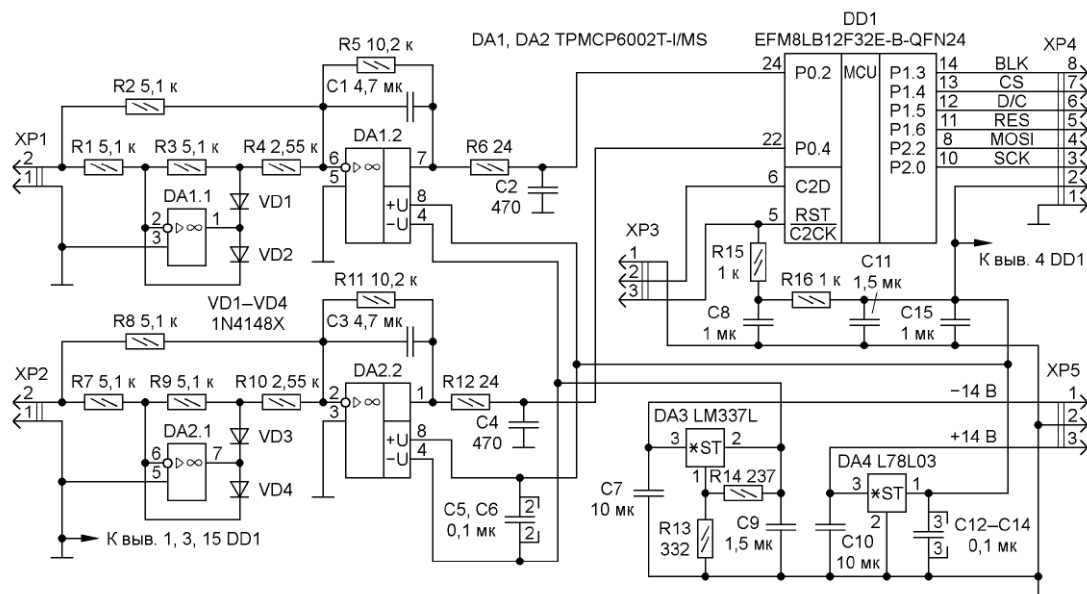


Рис. 1

подсветкой миниатюрными лампами накаливания. С эстетической точки зрения такие индикаторы смотрятся неплохо, однако они довольно дороги: два таких индикатора с платой сопряжения можно приобрести за 1600 руб. и более. Кроме того, такие индикаторы также занимают достаточно много места как на лицевой панели усилителя, так и внутри него из-за габаритной платы сопряжения.

Третий тип — дисплейные индикаторы. На дисплее отображаются либо уровни звукового сигнала в виде гистограмм, либо даже в виде спектра. Их преимущества — небольшие габариты и довольно высокое разрешение. Кроме того, они эстетически идеально смотрятся на лицевой панели корпуса усилителя. Часто такие индикаторы используются в аудиоплеерах. Однако такие индикаторы ещё дороже стрелочных: они стоят уже от 2000 руб. и выше.

В то же время подобный дисплейный индикатор, который по стоимости не будет превышать 400...500 руб., можно изготовить своими силами. Описание такого дисплейного индикатора и предлагается в этой статье.

Схема индикатора (рис. 1), как можно убедиться, не отличается особой сложностью. Вкратце функционирование устройства сводится к следующему.

Два входных сигнала через разъёмы XP1 и XP2 поступают на входы двух двухполупериодных выпрямителей на основе двух сдвоенных ОУ DA1 и DA2 (TPMCP6002T-I/MS). Конденсаторы C1 и C3, включённые в цепь обратной связи выходных ОУ, превращают их в ФНЧ, сглаживающие выходные напряжения. Далее через RC-цепи R6C2 и R12C4 эти выходные напряжения поступают на два входа АЦП микроконтроллера (МК), который измеряет эти напряжения, а результат измерений выводит на дисплей, соединённый с МК по высокоскоростному интерфейсу SPI. На дисплее строятся два столбика, высота которых пропорциональна входным напряжениям.

Теперь более подробно рассмотрим схему на ОУ DA1.1, представляющую собой прецизионный однополупериодный выпрямитель. Эта прецизионность обусловлена тем, что диоды VD1 и VD2 включены в обратную связь ОУ DA1.1, за счёт чего их прямое падение напряжения (0,6 В — падение напряжения на обычном диоде) не влияет на выходное детектируемое напряжение. Здесь необходимо добавить, что диоды должны быть именно обычными выпрямительными, поскольку диоды Шоттки (например, PMEG1010) существенно искажают форму выходного сигнала. Применены ставшие уже классическими диоды серии 1N4148, которые благодаря современным технологиям сейчас выпускают в корпусе SOD523, и они занимают место на плате примерно такое же, как, например, резистор типоразмера 0603.

Однополупериодный выпрямитель работает так. Пусть на вход ОУ DA1.1 подаётся синусоидальный сигнал. При отрицательной полуволне синусоиды, за счёт того что ОУ включён в инверсном режиме работы, диод VD2 открывается и замыкает цепь ООС (VD1 при этом закрыт), выходное напряжение ОУ становится близким к нулю.

При положительной полуволне на входе на выходе ОУ будет отрицательный потенциал, поэтому диод VD2 закрывается, VD1 открывается, и на аноде диода VD1 будет инвертированный сигнал, т. е. отрицательная полуволна входного напряжения.

Таким образом, вышеизложенное в компактном виде можно записать в виде выражения

$$U_{VD1} = \begin{cases} 0, & U_{IN} \leq 0 \\ -U_{IN}, & U_{IN} \geq 0 \end{cases} \quad (1)$$

Другими словами, получаем однополупериодный выпрямитель, при этом выпрямленное напряжение U_{VD1} находится в отрицательной области, т. е. состоит из отрицательных полуволн.

Второй ОУ DA1.2 включён как суммирующий инвертирующий усилитель с точкой суммирования входного напряжения U_{IN} и напряжения на аноде диода VD1 на его инвертирующем входе. За счёт того что входное напряжение проходит в точку суммирования через резистор R2, а напряжение с анода диода VD1 — через резистор R4, сопротивление которого в два раза меньше и ток через который от этого в два раза больше, в точке суммирования это напряжение будет удвоено: $U_{SUM} = U_{IN} + 2U_{VD1}$.

Таким образом, учитывая (1), получаем

$$\text{при } U_{IN} \leq 0 \quad U_{SUM} = U_{IN} + 2U_{VD1} = U_{IN} + 0 = U_{IN};$$

$$\text{при } U_{IN} \geq 0 \quad U_{SUM} = U_{IN} + 2U_{VD1} = U_{IN} - 2U_{IN} = -U_{IN},$$

что также можно записать в виде выражения

$$U_{SUM} = \begin{cases} U_{IN}, & U_{IN} \leq 0 \\ -U_{IN}, & U_{IN} \geq 0 \end{cases} \quad (2)$$

которое в более компактном виде выглядит так:

$$U_{SUM} = |U_{IN}|. \quad (3)$$

Другими словами, получаем в точке суммирования сигнал как у двухполупериодного выпрямителя входного напряжения, состоящий из отрицательных полуволн.

Коэффициент усиления КУ инвертирующего усилителя DA1.2 равен отношению сопротивления резистора R5 к сопротивлению резистора R2. Если бы сопротивление резистора R5 было бы равно сопротивлению R2, то $K_Y = -1$, и на выходе ОУ DA1.2 (вывод 7) мы бы получили напряжение, инверсное по отношению к входному напряжению $U_{OUT} = -U_{SUM}$, или сигнал, как у двухполупериодного выпрямителя положительных полуволн входного сигнала. Такая схема хорошо известна (см., например, [1], рис. 25.10). Но, как видно из рис. 1, сопротивление резистора R5 в два раза больше, поэтому $K_Y = -2$, и выходное напряжение ОУ DA1.2 $U_{OUT} = -2U_{SUM}$, т. е. соответствует удвоенному входному

напряжению. Учитывая формулу (3), получаем

$$U_{OUT} = -2U_{SUM} = -2(-|U_{IN}|) = 2|U_{IN}|. \quad (4)$$

Таким образом, получаем двухполупериодный выпрямитель с удвоенным входным напряжением. Если, например, входное напряжение синусоидальное с амплитудой 1 В, то выходное выпрямленное напряжение будет иметь амплитуду 2 В.

Если не включать конденсатор C1, то такой двухполупериодный выпрямитель будет идеально работать вплоть до частоты входного сигнала 10 кГц, а при дальнейшем увеличении частоты форма сигнала будет уже несколько искажаться. Это автор проверял осциллографом. Роль конденсатора C1 состоит в том, что, поскольку он включён в обратную связь ОУ DA1.2, то совместно с этим ОУ образует интегратор или ФНЧ. Узлы с таким конденсатором даже в настоящее время используются в мультиметрах или вольтметрах переменного напряжения (на рис. 25.10 в [1] такой конденсатор

Программирование МК осуществляется по интерфейсу C2 сигналами RST/C2CK и C2D, которые вместе с общим проводом подаются на плату на трёхштырьковый разъём XP3 (PLL-03). К этому разъёму ответным гнездом подключают выходную кабель от адаптера USB DEBUG, который сопряжён с компьютером по интерфейсу USB (подробности — в [3]). RC-цепь R15R16C8 предназначена как для программирования МК, так и для его сброса (Power On Reset) при включении питания.

Питание на плату (2×14 В и общий провод) поступает на трёхштырьковый разъём XP5 (PSLM-03). К этому разъёму ответным гнездом подключают трёхпроводный кабель, который своим вторым концом подключают к соответствующим напряжениям усилителя, описанного в [2].

Для получения стабилизированного напряжения +3 В используется стабилизатор DA4 (L78L03), для получения напряжения 3 В — стабилизатор DA3 (LM337L). Как известно, его выходное

напряжение зависит от соотношения сопротивлений резисторов R13, R14 и внутреннего напряжения: $U_{ВЫХ} = -1,25 \text{ В} \times (1 + R13/R14) = -1,25 \text{ В} \times (1 + 332/237) = -3,001 \text{ В} \approx -3 \text{ В}$. При этом сопротивление резистора R14 не должно превышать 240 Ом.

Сопряжение МК с дисплеем организовано по интерфейсу SPI с помощью сигналов MOSI и SCK, помимо которых, в дисплей также передаются сигналы RES, D/C, CS и BLK. Все дисплейные сигналы (вместе с напряжением +3 В и общим проводом) поступают на восьмিশтырьковый разъём XP4 (PLS-08). Этот разъём вставляют в ответный разъём PLSF-08, распаянный на плате дисплея.

Конденсаторы C5—C7, C9—C15 — блокировочные.

Все резисторы и конденсаторы (кроме C7 и C10) — для поверхностного монтажа типоразмера 0603, C7 и C10 — типоразмера 0805. Все конденсаторы — керамические и рассчитаны на напряжение 50 В.

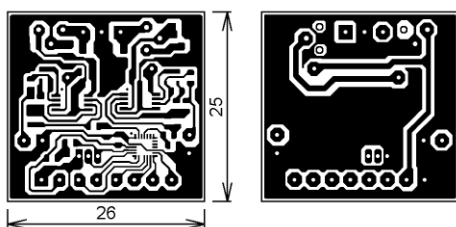


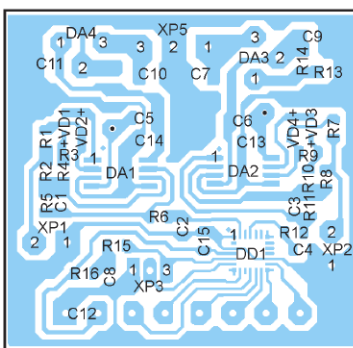
Рис. 2

показан штриховой линией). При ёмкости конденсатора C1 4,7 мкФ ВЧ-составляющая входного сигнала обрезается, другими словами, он является своего рода демпфером сродни инерционности стрелочных индикаторов уровня звукового сигнала. Хотя, как будет видно из дальнейшего изложения, инерционность предлагаемого дисплейного индикатора уровня сигнала существенно ниже стрелочных.

Как было упомянуто выше, выходной сигнал с ОУ DA1.2 через RC-цепь R6C2 подаётся на первый вход АЦП МК (ADC0.1, вывод 24 DD1). Эта цепь — необходимый стандартный атрибут, устанавливаемый перед входом АЦП.

Второй двухполупериодный выпрямитель-интегратор на ОУ DA2 устроен аналогично. Разница состоит только в том, что оба ОУ поменялись местами. Это сделано исключительно ради удобства разводки платы. Его выход подключается ко второму входу АЦП МК (ADC0.2, вывод 22 DD1). Вывод 23 МК (P0.3) используется для подключения внешнего генератора, поэтому как вход АЦП недоступен.

Входные сигналы поступают на плату соответственно на двухконтактные штырьевые цанговые разъёмы XP1 и XP2 (PSLM-02). К этим разъёмам ответными частями (цанговыми гнездами SIP-2) подключают экранированные кабели, вторые концы которых такими же гнездами соединяют с выходным разъёмом предварительного усилителя, описанного в [2].



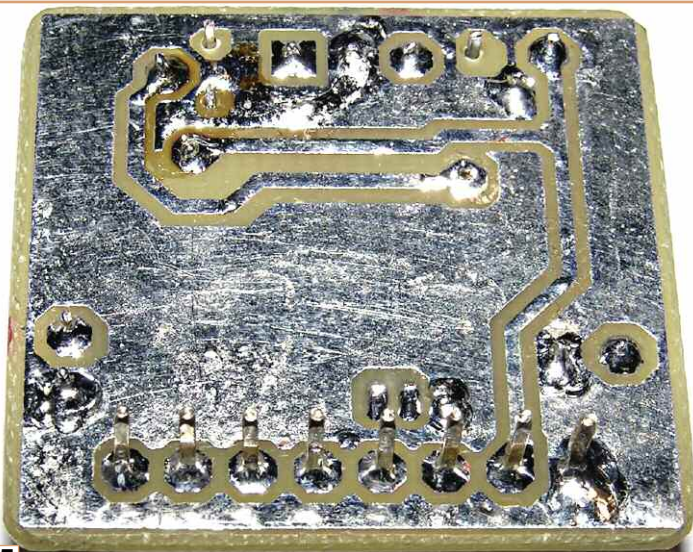


Рис. 5

ОУ TPMCP6002T-I/MS — в корпусе MSOP-8, МК — в корпусе QFN24, стабилизаторы — в корпусе TO-92, диоды 1N4148X — в корпусе SOD-523.

Индикатор собран на плате из фольгированного с двух сторон стеклотекстолита толщиной 1,5 мм. Чертеж платы показан на рис. 2, а размещение элементов в масштабе 2:1 — на рис. 3. В отверстия, отмеченные чёрными точками на рис. 3, необходимо вставить тонкий лужёный провод и пропаять его с двух сторон платы. Все контакты разъёмов и выводы стабилизаторов, для которых предусмотрены контактные площадки на обратной стороне платы, также пропаивают с двух сторон платы. Собранная плата показана на рис. 4, рис. 5.

Программирование МК проводилось в среде Simplicity Studio v.4.0 на языке C51 (Keil 8051 v.9.54.0). В общем меню настроек (рис. 6) необходимо выбрать только те устройства, которые отмечены галочками.

Перед тем как настраивать АЦП (рис. 7), отмеченный галочкой в самом верху слева общего меню (см. рис. 6), необходимо настроить

внутренний генератор на частоту 72 МГц (рис. 8), выбрать системную тактовую частоту, соответствующую частоте этого генератора (рис. 9), и указать, что чтение памяти необходимо производить при частоте менее 75 МГц (рис. 10).

В настройках АЦП (см. рис. 7) необходимо обратить внимание, что используется внутренний источник образцового напряжения 1,65 В. Коэффициент усиления внутреннего ОУ перед АЦП следует установить 0,75, чтобы максимальное входное напряжение было равно 2,2 В. Также необходимо выбрать первый вход АЦП как ADC0.1 (P0.2), указать, что аналоговая "земля" подаётся в АЦП с P0.1/AGND pin, установить делитель системной тактовой частоты на 4 и, таким образом, тактировать АЦП частотой 18 МГц. В этом случае общее время аналого-цифрового преобразования равно 1,167 мкс.

В настройках интерфейса SPI (рис. 11) необходимо разрешить SPI (Enabled), выбрать коэффициент деления тактовой частоты равным 0, что даёт частоту тактового сигнала SCK 36 МГц,

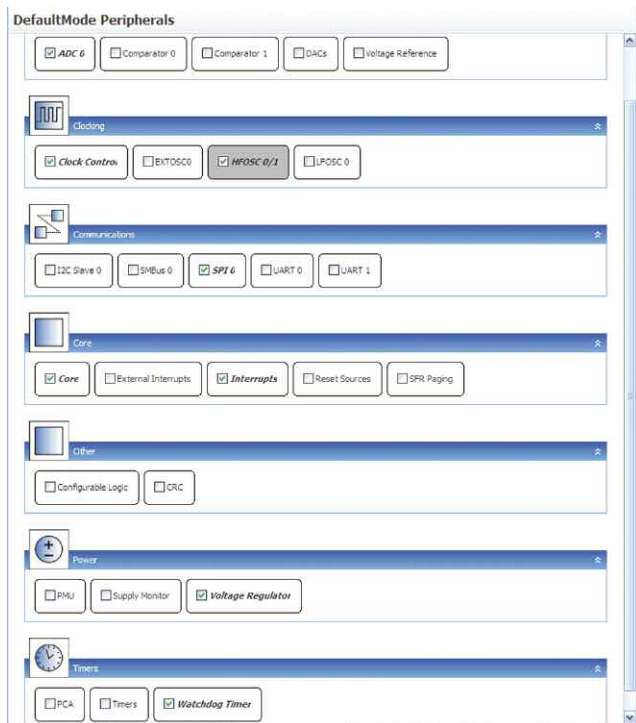


Рис. 6

Properties of ADC 0

Property	Value
View	
View	Advanced
Enable	
Enable ADC	Enabled
Control	
Start of Conversion	Write to 1 of ADBUSY
Resolution	14-Bit mode
Result Shift and Justify	Right justified
Input Selection	
Positive Input Selection	ADC0.1 (P0.2)
Analog Ground Reference	P0.1 / AGND pin
Enable Temperature Sensor	Disabled
Voltage Reference	
Select Voltage Reference	Internal VREF
Reference Voltage	1.65
Gain Control	0.75x gain
Full Scale Voltage	2.200
Clock Configuration	
Select ADC Clock	SYSCLK
ADC Clock Divider	4 (0x4)
SARCLK Frequency	18.000 MHz
Power Control	
Enable Low Power Mode	Disabled
Enable Idle Powered-off	Always on
Throughput	
Conversion Time	833.333 ns
Conversion Tracking Time Setting	4 (0x4)
Conversion Tracking Time (Actual)	222.222 ns
Minimum Tracking Time	0 s
Total Conversion Time	1.167 us
Maximum Throughput	857.143 kcps
Accumulator Configuration	
Repeat Count	1 conversion
Enable Preserve Accumulator	Disabled
Window Compare	
Greater-Than Value	65535 (0xFFFF)
Less-Than Value	0 (0x0)

Рис. 7

Properties of HFOSC 0/1

Property	Value
High Frequency Oscillator Control	
24.5 MHz Oscillator (HFOSC0)	On When Needed
72 MHz Oscillator (HFOSC1)	Always On

Рис. 8

Properties of Clock Control

Property	Value
Clock Select	
SYSClk	72.000 MHz
Select Clock Source	Internal High Frequency Os..
Clock Source Divider	SYSClk / 1

Рис. 9

Properties of Core

Property	Value
Prefetch Engine Control	
Flash Read Timing	SYSClk is below 75 MHz

Рис. 10

Properties of SPI 0

Property	Value
View	Advanced
Control	
SPI Enable	Enabled
Bus Mode (Master)	Master 3-wire mode
Configuration	
SPI Mode	Master
Clock Phase	Data sample on first edge
Clock Polarity	Low in idle state
Clock Rate	
SYSClk	72.000 MHz
SPI Clock Frequency (Actual)	36.000 MHz
SYSClk Divider Coefficient (SPI0CKR)	0 (0x0)
SPIO Pin Configuration	
Select Master Data Input	Crossbar
Select Slave Clock Input	Crossbar
Select Slave Data Input	Crossbar

Port I/O Mapping

DefaultMode : CROSSBAR0

UART 0	☐ Data	UART0_TX	
		UART0_RX	
SPI 0	☒ Clock / Data	SPIO_SCK	P2.0
		SPIO_MISO	P2.1
		SPIO_MOSI	P2.2
		SPIO_NSS	

Рис. 11

Mode Transitions

RESET ☐ DefaultMode

DefaultMode

Peripherals

Port I/O

CROSSBAR0

PB3

Properties of PBCFG_0

Port Config

Property	Value
Settings	
Disable Port I/O Weak Pullup	Pull-ups enabled
Enable Crossbar	Enabled
Port 0 Drive Strength	High drive
Port 1 Drive Strength	High drive
Port 2 Drive Strength	High drive
Port 3 Drive Strength	High drive

Рис. 12

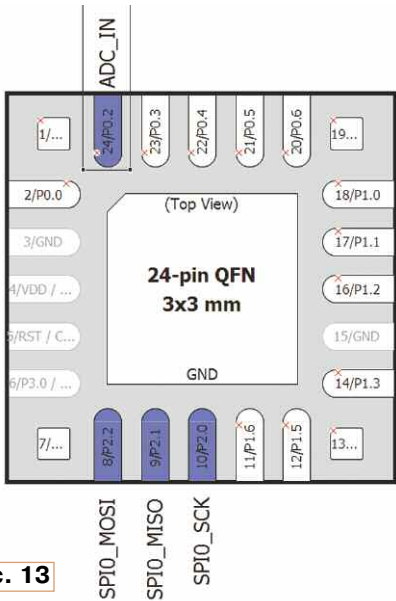


Рис. 13

Properties of P0.2

Property	Value
Settings	
IOMode	Analog I/O
Latch	High
Mask Value	Ignored
Match Value	High
Skip	Skipped
Label	

Рис. 14

и выбрать трёхпроводный режим master. Кроме того, необходимо поставить галочку в поле Clock/Data, чтобы сигналы SPI выводились в соответствующие порты МК.

Properties of P2.2

Property	Value
Settings	
IOMode	Digital Push-Pull Output
Latch	High
Mask Value	Ignored
Match Value	High
Skip	Not skipped
Label	

Рис. 15

Properties of P2.1

Property	Value
Settings	
IOMode	Digital OpenDrain I/O
Latch	High
Mask Value	Ignored
Match Value	High
Skip	Not skipped
Label	

Рис. 16

Далее, чтобы вся конструкция работала, необходимо разрешить матрицу соединений — Enable Crossbar (рис. 12).

В остальных трёх опциях, отмеченных галочками на рис. 6, необходимо установить следующие настройки: Interrupts — запретить, Voltage Regulator — разрешить, Watchdog Timer — запретить.

После этого необходимо переключиться в режим Default Mode Port I/O, в результате чего на экран выведется корпус МК со всеми портами (рис. 13). Прежде всего, необходимо с помощью команд skip, которые отмечены красными крестиками, передвинуть сигналы SPI в нижнюю часть корпуса, чтобы их можно было проще соединить с разъёмом дисплея.

Порты P0.1 (аналоговая "земля"), P0.2 (аналоговый вход 1-го канала, ADC0.1) и P0.4 (аналоговый вход 2-го канала, ADC0.2) настраивают как аналоговые входы/выходы — Analog I/O (пример — на рис. 14). Порты сопряжения МК с дисплеем P2.2 (MOSI), P2.0 (SCK), P1.6 (RES), P1.5 (D/C), P1.4 (CS) и P1.3 (BLK) настраивают как цифровые выходы — Digital Push-Pull Output (пример — на рис. 15). Порт P2.1 (MISO) и все остальные неиспользуемые порты настраивают как цифровые входы — Digital OpenDrain I/O (пример — на рис. 16).

После того как все настройки сделаны, необходимо нажать на кнопку двойной дискеты в верхней левой области экрана, чтобы записать всю конфигурацию на диск. При этом на C51 автоматически сгенерируется файл подпрограммы инициализации устройств InitDevice.c, которая подключится к основной программе, т. е. в самом начале основной программы (Main) будет обращение к подпрограмме InitDevice.c: enter_DefaultMode_from_RESET();.

Теперь по поводу самих подпрограмм. Таких подпрограмм три.

Первая — инициализация и заполнение всего экрана дисплея тёмно-синим цветом. Поскольку об этом подробно описано в [4], чтобы не повторяться, эта подпрограмма не приводится.

Вторая — подпрограмма аналого-цифрового преобразования. Эта подпрограмма uint16_t ACP(uint8_t NK) организована в виде функции, аргументом которой является номер канала (1 или 2), аналого-цифровое преобразование которого необходимо произвести, а полученный результат — это 16-разрядное (uint16_t) значение самой функции. Вначале подпро-

грамм умножается на 2200 мВ (1,65 В/0,75) и делится на 16383 ($2^{14} - 1$), поскольку разрядность АЦП — 14 бит. С погрешностью в один бит в качестве делителя можно использовать число 16384 (2^{14}). Другими словами, вместо деления, которое производится достаточно долго, можно использовать простой сдвиг результата на 14 разрядов вправо. Обращение к этой подпрограмме очень простое. Например, чтобы измерить напряжение первого канала U1, необходимо написать U1 = ACP(1);.

Для приблизительной оценки времени аналого-цифрового преобразования двух каналов, с учётом восьмикратного измерения по каждому каналу, необходимо учесть, что максимальное время одного аналого-цифрового преобразования равно 1,167 мкс (см. рис. 7). Умножив это время на 8 и учитывая, что каналов два, получим $T_{\text{АЦП}} = 1,167 \text{ мкс} \times 8 \times 2 = 18,672 \text{ мкс} \approx 20 \text{ мкс}$.

Подпрограмма с комментариями приведена в табл. 1. Эта подпрограмма взята из одного из примеров работы с АЦП в Simplicity Studio, поэтому некоторые комментарии оставлены в оригинальном виде.

Третья подпрограмма — вывод гистограммы на дисплей. Но прежде

Таблица 1

```
//-----
uint16_t ACP(uint8_t NK) {
    uint32_t accumulator = 0; // accumulator for averaging
    uint32_t result, mV; // mV - measured voltage in mV
    uint16_t rez=0;
    uint8_t measurements; // = 8 measurement counter
    ADC0MX = (NK == 1) ? ADC0MX_ADC0MX_ADC0P1 : ADC0MX_ADC0MX_ADC0P2;
    //NK=1/2 => ADC0MX=ADC0MX_ADC0MX_ADC0P1/ADC0MX_ADC0MX_ADC0P2
    for (measurements = 0; measurements < 8; measurements++) {
        ADC0CN0_ADINT = 0; // clear ADC0 conv. complete flag
        ADC0CN0_ADBUSY = 1; // Start a conversion by setting ADBUSY
        while (!ADC0CN0_ADINT); // wait conversionComplete
        accumulator += ADC0; // DATA 0BDH : ADC0 Data Word
    }
    //result = accumulator / 8;
    result = accumulator >> 3;

    // Vref (mV)/gain(=0,75)
    // measurement (mV) = ----- * result (bits)
    // (2^14)-1 (bits)
    // Vref = 1,65 V = 1650 mV
    // 1650 mV / 0,75 = 2200 mV
    // (2^14)-1 = 16384-1=16383

    //mV = (result * 2200) >> 14;
    mV = (result * 2200)/16383;
    rez = mV;
    return (rez);
}
//-----
```

Таблица 2

```
//-----
#define BLACK 0x0000
// #define BLUE 0x001F //ярко-синий
#define BLUE 0x001c //синий
// #define RED 0xF800
#define RED 0xF8E0 //ярко-красный
#define GREEN 0x07E0
#define CYAN 0x07FF
#define MAGENTA 0xF81F
#define YELLOW 0xFFE0
#define WHITE 0xFFFF
//-----
```

грамма выясняет, какой канал необходимо подключить, и устанавливает значение мультиметра на этот канал (т. е. подключает АЦП к нужному каналу), а затем производит восьмикратное измерение напряжения по этому каналу и усредняет это напряжение. Далее, поскольку в качестве образцового используется внутренний источник напряжения 1,65 В и коэффициент усиления внутреннего ОУ, равный 0,75 (см. рис. 7), резуль-

чем её описывать, сделаем некоторое отступление.

Дисплей имеет разрешение 80 пикселей по вертикали и 160 пикселей по горизонтали. В каждый пиксел требуется вывести два байта, определяющих его цвет.

Вначале о расположении двух столбиков. Имеет смысл их ширину принять равной 25 пикселей, а сами столбики расположить симметрично относительно центра дисплея по горизонтали. Тогда левый столбик будет расположен с 108-го по 132-й пиксел, а правый — с 27-го по 51-й пиксел (отсчёт производится справа налево). Здесь необходимо отметить, что отсчёт по горизонтали в этом дисплее производится не с нуля, а с единицы, в связи с чем расположение левого столбика будет со 109-го по 133-й пиксел, а правого — с 28-го по 52-й.

Получаем, что каждый столбик будет иметь 25 пикселей по горизонтали и максимум 80 пикселей по вертикали, т. е. состоять из $25 \times 80 = 4000$ пикселей, в каждый из которых необходимо вывести по два байта цвета: $4000 \times 2 = 8000$ байт. А два столбика будут состоять из 16000 байт. Подсчитаем, сколько для этого потребуется времени. Как видно из рис. 11, скорость вывода информации по SPI составляет 36 Мбод (автор начал с 9 Мбод, проверил работу дисплея на 12 Мбод, 18 Мбод и пришёл к выводу, что дисплей прекрасно работает на 36 Мбод): $36000000/8 = 4500000$ байт/с. Теперь разделим 8000 байт на 4500000 байт/с: $8000/4500000 = 1,77$ мс $\approx 1,8$ мс, т. е. 8000 байт будут выводиться за 1,8 мс. Обновление информации на дисплее будет производиться с частотой $1/1,8$ мс = 555,55 Гц, т. е. не менее 500 Гц. Но это без учёта времени аналого-цифрового преобразования напряжений по каждому из двух каналов. Однако это время не более 20 мкс, что ничтожно мало по сравнению с 1,8 мс, поэтому это время можно не учитывать. В современных телевизорах и мониторах частота обновления экрана — около 100 Гц (в редких случаях 200 Гц), поэтому частота обновления информации на дисплее 500 Гц вполне приемлема.

Теперь по поводу высоты столбиков и её связи с напряжением. Как видно из рис. 7, при выборе внутреннего источника образцового напряжения 1,65 В максимальное напряжение, которое способен измерить АЦП, равно 2,2 В или 2200 мВ. Выясним, сколько милливольт будет приходиться на один

Таблица 3

```
// Определение области экрана для заполнения
void SetWindow(uint8_t startX, uint8_t startY,
uint8_t stopX, uint8_t stopY) {
    outcmd(0x2A);
    outdat(0x00);
    outdat(startX);
    outdat(0x00);
    outdat(stopX);
    outdat(0x00);
    outcmd(0x2B);
    outdat(0x00);
    outdat(startY);
    outdat(0x00);
    outdat(stopY);
}

//-----
// Заполнение области экрана определённым
// цветом
//-----
void FillWin(uint8_t startX, uint8_t startY,
uint8_t stopX, uint8_t stopY, uint16_t color) {
    uint16_t i,j;
    SetWindow(startX, startY, stopX, stopY);
    outcmd(0x2C);
    j=((stopX - startX)+1)*((stopY-startY)+1);
    for (i = 0; i < j; i++) {
        outdat16(color);
    }
    outcmd(0x2C); // запись в память дисплея
}

// Вывод гистограмм на экран
//-----
void outUL(uint16_t UL, uint8_t NK) {
    //UL - показание АЦП в мВ
    uint8_t XS,XE,YS,YE,NPX;
    if (NK==1)// левая гистограмма
    { YS=109;
      YE=133;
    }
    else
    { YS=28; // правая гистограмма
      YE=52;
    }
    //-----
    NPX=UL/28;
    if (NPX<64)
    {
        if (NPX<4)
        { XS=26;
          XE=105;
          FillWin(XS,YS,XE,YE,BLUE);
        }
        else {
          XS=26;
          XE=NPX+26;
          FillWin(XS,YS,XE,YE,GREEN);
          XS=NPX+1+26;
          XE=79+26;//80
          FillWin(XS,YS,XE,YE,BLUE);
        }
    }
    else
    { XS=26;
      XE=63+26;
      FillWin(XS,YS,XE,YE,GREEN);
      XS=64+26;
      XE=NPX+1+26;
      FillWin(XS,YS,XE,YE,RED);
      XS=NPX+2+26;
      XE=79+26;
      FillWin(XS,YS,XE,YE,BLUE);
    }
}

//-----
} // конец п/п
```

пиксел высоты столбика: $2200 \text{ мВ} / 80 = 27,5 \approx 28 \text{ мВ}$. Если принять, что один пиксел "содержит" 28 мВ, то 80 пикселей будут отражать $28 \times 80 = 2240 \text{ мВ}$, т. е. дисплей способен вывести напряжение даже больше, чем требуется.

Далее определим верхнюю границу, при которой уровень звукового сигнала находится в штатном режиме, определим это напряжение в пикселях. Если выбрать эту границу равной 64 пикселя, то это будет $64 \times 28 \text{ мВ} = 1792 \text{ мВ}$. Учитывая, что коэффициент усиления ОУ в выпрямителе (см. рис. 1) равен 2, это напряжение необходимо разделить на 2: $1792 \text{ мВ} / 2 = 896 \text{ мВ} \approx 0,9 \text{ В}$. Если такое напряжение, точнее, амплитуду синусоидального сигнала, подать на вход мощного ОУ LM4780 ([2]), имеющего коэффициент усиления, равный 10, то получим 9 В, что будет соответствовать примерно мощности в 40 Вт на нагрузке 4 Ом, и при этом ОУ будет находиться в области минимального КНИ (см. справочный листок на LM4780). Кстати, у пик-детектора в [2] эта граница принята равной 0,95 В, при превышении которой зажигаются красные светодиоды перегрузки.

Теперь относительно цветов столбиков. При работе в штатном режиме цвет столбика принят зелёным (GREEN), при превышении 64-го пикселя и вплоть до 79-го цвет столбика принят красным (RED), а цвет фона дисплея — тёмно-синим (BLUE). Здесь следует напомнить, что два байта цвета (16 бит) распределены следующим образом: пять старших бит определяют красный цвет (0xF800), пять младших бит — синий цвет (0x001F), а шесть средних бит (0x07E0) — зелёный. Но это их максимальные значения, при которых цвет самый интенсивный. Интенсивность цвета можно снизить, уменьшая соответственно значение этих чисел. Если вместо числа 0x001F установить меньшее число 0x001c, то цвет вместо ярко-синего будет тёмно-синим, что будет существенно контрастировать с зелёным. Кроме того, цвета можно смешивать. Если к красному цвету (0xF800), который отдаёт в коричневый, добавить немного зелёного, то получим ярко-красный 0xF8E0. В табл. 2 приведены цвета, используемые в программе.

Теперь по поводу вывода самой гистограммы.

Таблица 4

```

//-----
// main() Routine
// -----
int main(void) {
// Call hardware initialization routine
    enter_DefaultMode_from_RESET();
//-----
    CLS(); // Инициализация ЖКИ
    CS = 1;
//-----

    A:
    U1 = ACP(1);
    DEL2US();
    U2 = ACP(2);
    U1 = U1 * 3; //2-Ку ИУ;
// 2-Ку ОУ выпрямителя (10,2К);
    U2 = U2 * 3; //0,75-Ку АЦП МК. 2*2*0,75=3.
    outUL(U1, 1); // левый канал
    outUL(U2, 2); // правый канал
    goto A;
}

```

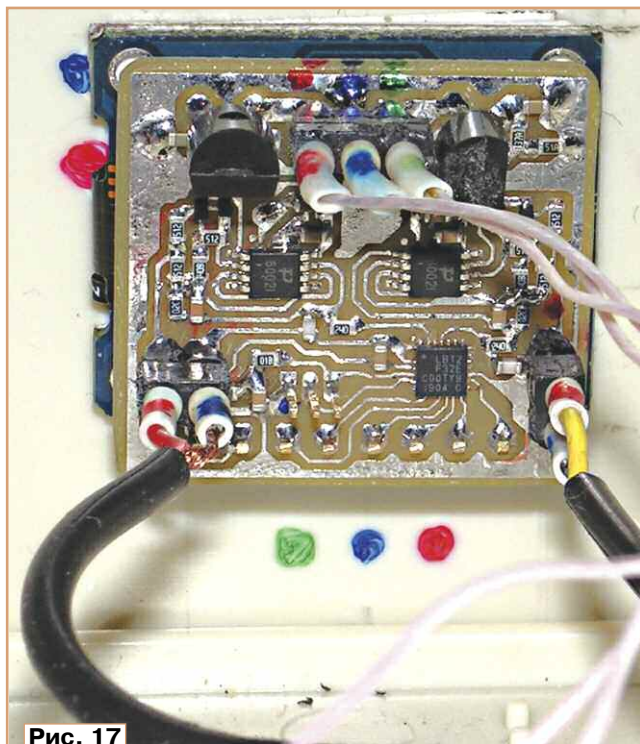


Рис. 17

Таблица 5

```

Program Size: data=35.1 xdata=0 const=0 code=1369
LX51 RUN COMPLETE. 0 WARNING(S), 0 ERROR(S)
Finished building target: EFM8LB12F32E-C-QFN24.omf

```

После того как получено напряжение с помощью АЦП (UL), необходимо выяснить, сколько (NXP) и каких пикселей потребуется для вывода гистограммы. Для этого это напряжение необходимо разделить на 28 мВ: $NXP = UL/28$.

Если $NXP < 64$, начиная с нижней границы экрана (0) по NXP, выводится зелёный (GREEN) цвет, далее с $NXP + 1$ по верхнюю границу экрана (79) выводится синий (BLUE) цвет.

В противном случае, начиная с 0 по 63-й, выводится зелёный цвет, с 64-го по NXP выводится красный цвет, сигнализирующий, что уровень звукового сигнала выше предельного, а с $NXP + 1$ по 79-й выводится синий цвет.

Подпрограмма вывода гистограммы `outUL(uint16_t UL, uint8_t NK)` также оформлена в виде функции, аргументами которой являются входное напряжение (UL) и номер канала АЦП (NK). Для обращения к ней необходимо указать напряжение (например, U1) и номер канала (например, 1). Например, для вывода столбика левого канала необходимо написать: `outUL(U1,1)`.

Эта подпрограмма с комментариями приведена в табл. 3, и учитывая предыдущее объяснение, её несложно понять.

В подпрограмме используется вспомогательная подпрограмма заполнения области экрана определённым цветом `FillWin(...)`, которая, в свою очередь, использует вспомогательную подпрограмму определения области экрана для заполнения `SetWindow(...)`. Обе эти подпрограммы приведены в табл. 3 перед подпрограммой `outUL(...)`.

С учётом предыдущих подпрограмм основная программа (`main(...)`) очень проста. Она измеряет напряжение



Рис. 18

каждого канала и выводит на дисплей оба столбика гистограммы. Здесь следует заметить, что для того чтобы получить реальные напряжения из значений, полученных от АЦП, эти значения необходимо умножить на коэффициент, равный 3. Этот коэффициент получен из следующих соображений. Во-первых, коэффициент усиления ИУ предварительного усилителя, описанного в [2], чуть больше 2 ($\approx 2,15$), во-вторых, коэффициент усиления ОУ выпрямителя также равен 2, и, наконец, в-третьих, коэффициент усиления встроенного в МК ОУ перед АЦП равен 0,75 (Gain Control, рис. 7). Перемножив эти значения, получим: $2 \times 2 \times 0,75 = 3$. Программа приведена в табл. 4 ниже. Как можно заметить, программа зациклена, её последний оператор `goto A`.

После трансляции всей программы в среде Simplisity Studio внизу экрана появляется сообщение (табл. 5).

Из этого сообщения следует, что программа использует менее 30 % (всего 35 байт) внутренней оперативной памяти с прямой адресацией ($data=35.1$), размер которой 128 байт, внешняя дополнительная оперативная память с косвенной адресацией размером 2304 байт не используется вообще ($xdata=0$), размер кодовой части программы составляет всего 1369 байт ($code=1369$), что соответствует чуть более 4 % от максимального размера программной памяти для этого МК, равного 32 кБ. В связи с этим в этом устройстве можно использовать МК EFM8LB11F16 или EFM8LB10F16 (они дешевле EFM8LB12F32) с программной памятью 16 кБ. Программа использует

так называемую small-model, где все данные располагаются в памяти с прямой адресацией (data) и которая работает наиболее быстро.

К верхней части платы дисплея тонкой лентой с двухсторонним липким слоем приклеена прямоугольная пластиковая пластина шириной 4 мм, длиной, равной ширине платы дисплея, и толщиной 1,5 мм. К нижней части платы дисплея по углам той же лентой приклеены две пластиковые пластины размерами 4×4×1,5 мм. Толщина пластин приблизительно на 0,2 мм больше толщины самого дисплея (около 1,3 мм), и, таким образом, дисплей не касается внутренней поверхности лицевой панели корпуса усилителя, что предотвращает его повреждение в результате приклеивания. Все три пластины, в свою очередь, приклеены той же лентой к внутренней поверхности лицевой стенки корпуса усилителя. В контакты платы дисплея вставлена плата устройства и достаточно прочно на них держится. Провода питания и сигналов

своими разъёмами вставлены в соответствующие контакты разъёмов платы устройства (рис. 17).

По общему виду лицевой поверхности корпуса работающего усилителя (рис. 18) о реальной работе устройства можно судить только косвенно по фотографии, т. е. в статике. Из нескольких фотографий автор выбрал ту, у которой сигнал одного из каналов зашкаливает (левый столбик с верхней частью красного цвета).

Однако для того чтобы реально убедиться в работе устройства, в дополнительных материалах к статье приведены два видеофайла со звуком (Old brown shue.mov и It's probable me.mov), снятых фотокамерой при воспроизведении усилителем соответствующих звуковых (*.mp3) файлов и являющихся их четырёх-пятисекундными фрагментами. Эти композиции имеют мировую известность, и представлять их нет необходимости. При этом регулятор громкости на усилителе и движок громкости на телефоне были установлены почти на максимум.

ЛИТЕРАТУРА

1. Титце У., Шенк К. Полупроводниковая схемотехника: Справочное руководство. — М.: Издательство "Мир", 1982.
2. Кузьминов А. Усовершенствованный УМЗЧ на основе двух LM4780TA в мостовом включении. — Радио, 2024, № 3, с. 25—32.
3. Кузьминов А. Ю. Связь между компьютером и микроконтроллером. Современные аппаратные и программные средства. — М.: Издательство "Перо", 2018.
4. Кузьминов А. НЧ-генератор синусоидальных сигналов на базе DDS AD9837A, микроконтроллера EFM8SB10 и цветного дисплея 0,96" с батарейным питанием. — Радио, 2023, № 9, с. 22—32.

От редакции. Файл для программирования микроконтроллера, чертёж печатной платы и демо-ролики находятся по адресу http://ftp.radio.ru/pub/2024/07/ind_urovnja_zvuka.zip на нашем ftp-сервере.

Доработка AC SVEN SPS-606 для работы с радиомикрофоном

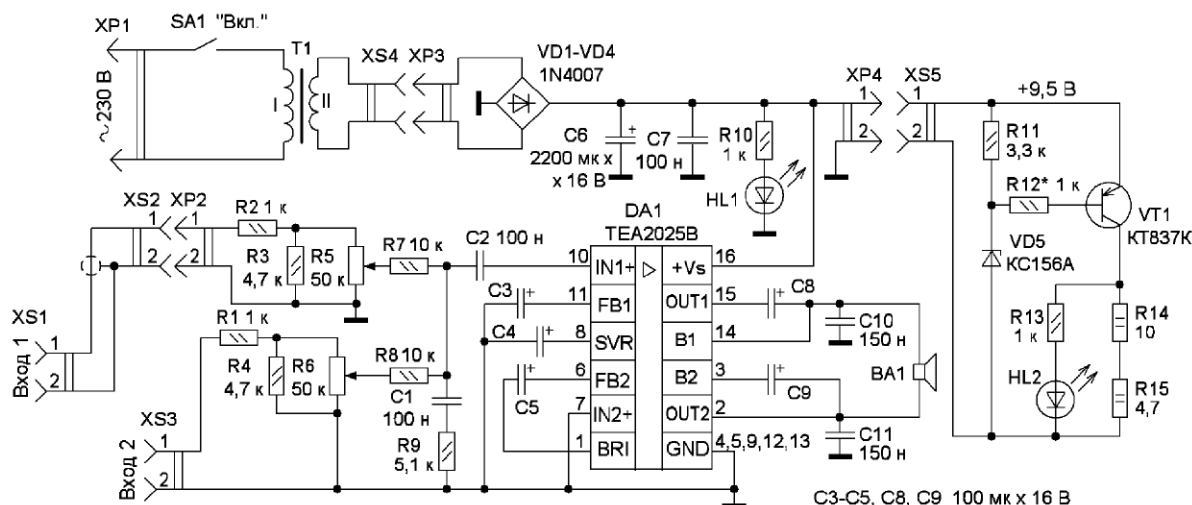
А. ПАНЬШИН, г. Москва

В статье приводится описание доработки одной из колонок AC SVEN SPS-606 для работы с приёмником радиомикрофона SVEN МК-710. Эта AC состоит из двух колонок, одна из которых активная и содержит блок питания и стереофонический УМЗЧ, а вторая — пассивная. У активной AC не работал один канал по причине выхода из строя сдвоенного переменного резистора регулятора громкости 16T2-B 50K. Было решено провести доработку, переведя

микросхему TEA2025B, применённую в УМЗЧ, в монофонический режим с мостовым включением выходных каскадов [1, 2]. Схема доработанной колонки приведена на рис. 1. Обозначения элементов на схеме — новые.

Были проведены следующие доработки. Корпус колонки с платой усилителя был разобран. Разъём провода, соединяющего выход усилителя с пассивной колонкой, был удалён, и колонки были разъединены. Выключатель

напряжения питания, установленный на плате после выпрямительного моста и конденсаторов фильтра С6, С7, был удалён, его контакты заменены перемычками. К первичной обмотке трансформатора был подключён провод с выключателем SA1 и сетевой вилкой XP1. Причиной этой переделки следующие. Трансформатор Т1 при выключенном питании AC постоянно подключён к сети 230 В и заметно гудит. Другая причина — возможное перегорание обмо-



C3-C5, C8, C9 100 мк x 16 В

Рис. 1



Рис. 2

ток трансформатора Т1. Дело в том, что при выключенных колонках напряжение на конденсаторах фильтра может быть более 16 В, поэтому возможен пробой конденсатора С6. Ток КЗ на выходе выпрямителя превышает 1,2 А, что вызывает перегорание обмоток трансформатора.

Вилка входного акустического стереоразъёма mini-jack 3,5 мм с проводом и гнездовая часть подключённого к нему разъёма были удалены. На правой стенке корпуса установлена розетка разъёма jack 6,3 мм (XS1), у которой сигнальный и общий контакты соединены в режиме "Моно" экранированным проводом с гнездом XS2 (рис. 2). Были перерезаны печатные проводники на плате УМЗЧ, ведущие к выходному гнезду mini-jack 3,5 мм (XS3), расположенному на передней стенке колонки. Это гнездо стало входным в режиме "Моно" и было подключено к резистору R1. Назначение второго входа — подключение к УМЗЧ другого источника аудиосигнала. Печатные проводники на плате УМЗЧ, ведущие к неисправной части переменного резистора R5, регулятора громкости, были перерезаны. На место удалённого штатного выключателя устанавливают переменный резистор R6 так, чтобы его ось проходила в отверстие корпуса, предназначенное для удалённого выключателя питания. На ось переменного резистора в качестве ручки управления была надета кнопка от удалённого выключателя. Выходы обоих входных регуляторов громкости через резисторы R7 и R8 соединены с конденсатором C2 — входом УМЗЧ на микросхеме DA1. На плате было изменено подключение выводов микросхемы для её работы в мостовом монофоническом режиме.

К сожалению, после проведения доработки УМЗЧ проработал недолго, и микросхема TEA2025B вышла из строя. Причиной этого было то, что микросхема TEA2025B, включённая по мостовой схеме с динамической головкой сопротивлением 4 Ома, работала при напряжении питания более 9 В [3].

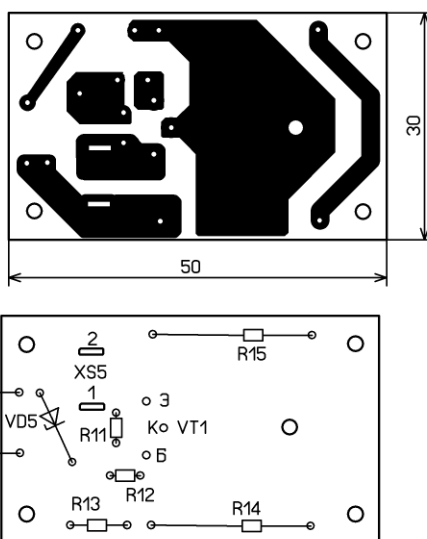


Рис. 3

Из-за того что в блоке питания применён маломощный понижающий трансформатор, напряжение питания

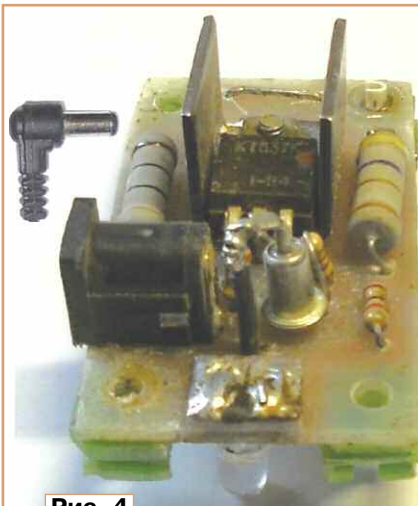


Рис. 4



Рис. 6

существенно уменьшается при увеличении выходной мощности УМЗЧ. В такой ситуации применение последовательного стабилизатора напряжения может быть неоправдано, поскольку он заметно снижает напряжение питания УМЗЧ. Поэтому было решено применить параллельный ограничитель напряжения на транзисторе VT1 и стабилитроне VD5. Для уменьшения тепловой нагрузки транзистора применены гасящие резисторы R14, R15.

При токе через ограничитель 400 мА напряжение на выходе выпрямителя уменьшается до 9,5 В. При этом токе трансформатор Т1 не гудит. На транзисторе VT1 и резисторах R14, R15 выделяется мощность 4 Вт, из-за чего они нагреваются до температуры около 60 °С. Индикатором включения стабилизатора служит светодиод HL2 белого свечения. При увеличении выходной мощности УМЗЧ рассеиваемая на ограни-

Рис. 5



чителе мощность уменьшается. При уменьшении напряжения питания до 8 В ток коллектора VT1 становится менее 100 мА и светодиод HL2 гаснет. Это соответствует выходной мощности 1 Вт, что достаточно для озвучивания небольшого помещения. При напряжении питания меньше 6,5 В, когда УМЗЧ работает на максимальную мощность 2 Вт, ограничитель напряжения отключается.

Чертёж платы показан на **рис. 3**. Применены импортные резисторы, светодиод — любой маломощный, цвет свечения может быть любым. Транзистор установлен на теплоотвод площадью 10 см² (**рис. 4**). Транзистор VT1 крепится к теплоотводу и к плате винтом М3 с гайкой, между теплоотводом и транзистором помещена

теплопроводящая паста. Ограничитель подключают параллельно выходу выпрямителя с помощью вилки ХР4 (угловая вилка DC разъёма 5,5/2,1) и гнезда XS5 (DC 5,5/2,1), установленного на плате стабилизатора. Плата ограничителя закреплена на внутренней поверхности корпуса с помощью двух винтов-саморезов. После изготовления платы её прикладывают снаружи к левой стенке колонки, отмечают и сверлят два отверстия для крепления платы ограничителя диаметром 3 мм и отверстие для корпуса светодиода HL2 диаметром 3...4 мм. Плату нужно крепить ближе к задней стенке колонки, чтобы разъём ХР5 не касался динамической головки. Доработанная АС показана на **рис. 5** и **рис. 6**, она проработала несколько месяцев на

максимальной громкости, при этом отказов не было.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сухопяткин И. Г. Энциклопедия ремонта. Вып. 7. Микросхемы современных зарубежных усилителей низкой частоты. — М.: ДОДЭКА, 1998, 282 с.

2. Энциклопедия ремонта. Вып. 17. Микросхемы для аудио- и радиоаппаратуры-2. — М.: ДОДЭКА-XXI, 2001, с.

3. Усилитель звука на микросхеме TEA2025B. — URL: <https://dzen.ru/a/YdrLI7WGEi0msEMr> (14.05.24).

От редакции. Чертёж печатной платы находится по адресу <http://ftp.radio.ru/pub/2024/07/as.zip> на нашем FTP-сервере.

Миллиомметр

А. МОИСЕЕВ, г. Новосибирск

Предлагаемый вниманию читателей миллиомметр дополняет широко распространённые мультиметры серий х830х, одним из недостатков которых является невозможность измерения сопротивления низкоомных резисторов (1 Ом и менее) с высокой точностью. С помощью миллиомметра можно измерить сопротивление резисторов от 1 мОм до 2,25 Ом. Погрешность измерения зависит от погрешности модуля вольтметра, параметров применённых элементов и точности налаживания.

В качестве стабилизированного блока питания использовано ЗУ с максимальным выходным током 2 А. В стабилизаторе тока использована микросхема КР142ЕН22. Ток стабилизации I_{CT} зависит от образцового напряжения микросхемы U_{OCP} и сопротивления резистора R1 [1]: $I_{CT} = U_{CT}/R1$. Но следует учесть, что при номинальном $U_{OCP} = 1,25$ В его значение может быть в интервале 1,238...1,262 В, поэтому потребуется точная подборка резистора R1. Был выбран ток стабилизации $I_{CT} = 1$ А (при $R1 = 1,25$ Ом), при этом значение изме-

изяемого напряжения и чёрный — общий). Внешний вид используемого модуля вольтметра показан на **рис. 2** и **рис. 3**.

Модуль цифрового вольтметра рассчитан на максимальное входное напряжение 33 В с тремя знаками после десятичной точки во всём интервале и погрешностью измерения 0,03 %. Фактически на используемом пределе измерения напряжения (до 2,25 В) задействовано только четыре разряда вольтметра из пяти. Старший пятый разряд используется при большем измеряемом напряжении. Напряжение питания самого модуля — 3,5...30 В.

Конденсатор C1 обеспечивает устойчивую работу стабилизатора, можно применить металлоплёночные или керамические конденсаторы ёмкостью 0,1...1 мкФ. Кнопка SB1 — любая низковольтная с самовозвратом, рассчитанная на коммутацию тока не менее 1 А.

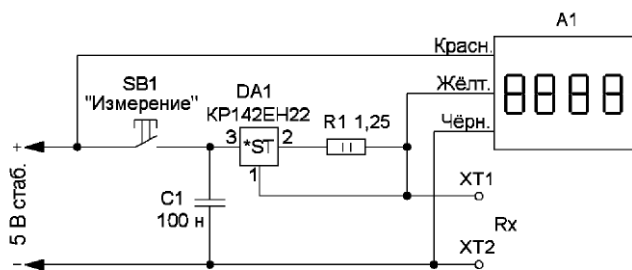


Рис. 1

Схема приставки показана на **рис. 1**. Функционально прибор состоит из стабилизированного блока питания с выходным напряжением 5 В (на схеме не показан), стабилизатора постоянного тока на микросхеме DA1 и резисторе R1, а также модуля встраиваемого цифрового вольтметра повышенной точности (торговое обозначение — digital voltmeter 0.36" 3Wires 5Digit).

ряемого сопротивления R_x в миллиомах будет соответствовать напряжению, индицируемому модулем вольтметра A1. Например, при $R_x = 1$ Ом = 1000 мОм вольтметр покажет 1.000 В = 1000 мВ.

Модуль вольтметра имеет клеммную колодку с тремя проводами (красный — питание вольтметра, жёлтый — вход



Рис. 2

Микросхему КР142ЕН22 можно заменить микросхемой КР142ЕН22А или LT1083, LT1084, LT1085 [2]. Можно также использовать микросхему КР142ЕН12А [3], но тогда стабилизированный источник питания должен иметь выходное напряжение не менее 7 В.

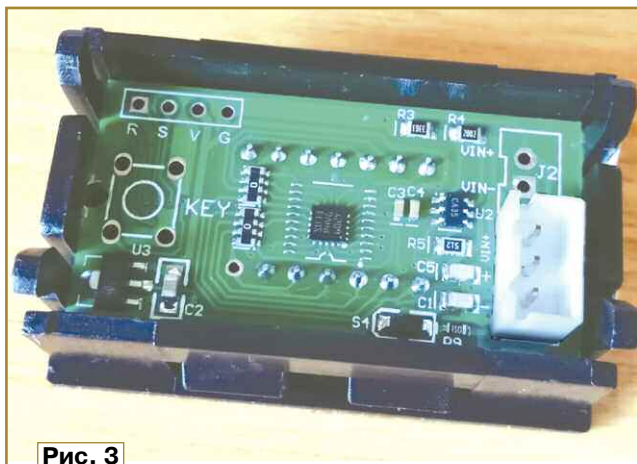


Рис. 3

Внешний вид миллиомметра в самодельном корпусе показан на рис. 4. Печатная плата не разрабатывалась. Монтаж элементов выполнен на макетной плате из одностороннего стеклотекстолита, изготовленной с помощью резака. При монтаже микросхемы необходимо обеспечивать изоляцию корпуса от соединённых с общим проводом и других токопроводящих элементов аппаратуры, имеющих потенциал, отличный от выходного напряжения. Все соединения стабилизатора тока надо выполнять толстым медным проводом минимально возможной длины, а микросхему надо расположить как можно ближе к выходу.

Максимальная рассеиваемая мощность на микросхеме KP142EH22 (при $R_x = 0 \text{ Ом}$) будет около 3,75 Вт, поэтому её надо установить на теплоотвод площадью не менее 60 см². При использовании микросхемы KP142EH12A потребуется напряжение источника питания 7...8 В, поэтому на микросхеме будет рассеиваться мощность не менее 6,5 Вт, что потребует теплоотвода площадью от 100 см².

При исправных деталях и безошибочном монтаже приставка начинает работать сразу. Потребуется лишь

соответствует максимальная величина правильно измеряемого сопротивления (2250 мОм). Более высокие показания цифрового вольтметра свидетельствуют о выходе стабилизатора тока из режима стабилизации.



Рис. 4

точный подбор сопротивления резистора R1. Можно составить его из двух последовательно соединённых резисторов C5-16MB сопротивлением 1 Ом и 0,22 Ом, мощностью рассеяния 2 Вт и 1 Вт соответственно, возможны и другие комбинации, например, два резистора сопротивлением по 0,47 Ом и один сопротивлением 0,3 Ом. Для налаживания к выходу приставки подключают мультиметр в режиме измерения тока и подборкой резисторов устанавливают ток 1 А. Чем точнее будет установлен ток, тем будет меньше погрешность измерения.

При подключении блока питания на индикаторе модуля цифрового вольтметра выводятся нулевые показания четырёх младших разрядов (рис. 4). Измеряемый резистор R_x подключают к контактам XT1 и XT2. При нажатии на кнопку SB1 "Измерение" на индикаторе вольтметра появится значение падения напряжения на резисторе R_x в милливольтах, которое в цифровом выражении будет точно соответствовать сопротивлению резистора в миллиомах. Следует отметить, что напряжению 2,25 В

Следует обратить особое внимание на минимальную длину соединительных проводов, задействованных непосредственно в цепи измерения, сечение которых должно быть не менее 1 мм². Некоторые гнёзда, первоначально установленные в конструкцию, имели неприемлемое сопротивление контактов (от 20 мОм и выше), значительно снижающее точность показаний прибора. Такие же проблемы были при использовании стальных зажимов типа "крокодиль". Проблема была устранена после замены гнёзд медными контактными площадками с впаянными медными проводами вышеуказанного сечения (рис. 4).

ЛИТЕРАТУРА

1. Перебаскин А. В., Бахметьев А. А., Петров М. Ю. Интегральные микросхемы. Микросхемы для линейных источников питания и их применение. — М.: Додэка, 1998.
2. LT1083/LT1084/LT1085. — URL: <https://click.ru/3AV7LD> (06.05.24).
3. KP142EH12A, KP142EH12B. — URL: <https://click.ru/3AV7TE> (06.05.24).

Зарядное устройство с асимметричным током

В. КАЛАШНИК, г. Лиски Воронежской обл.

Хорошие эксплуатационные характеристики свинцово-кислотной аккумуляторной батареи достигаются при её зарядке асимметричным током. В случае такой зарядки глубоко разряженных аккумуляторов и батарей происходит десульфатация пластин и восстановление номинальной ёмкости. Схема зарядного устройства (ЗУ) для таких аккумуляторов и батарей показана на рис. 1.

Предположим, что на верхнем выводе вторичной обмотки трансформатора T1 действует положительный полупериод напряжения. Пока мгновенное

напряжение не превышает напряжения стабилизации и прямого падения напряжения на стабилитронах VD1, VD2, они закрыты, ток через них не протекает. Напряжение на стабилитронах и на переменных резисторах R2, R3 равно нулю, полевые транзисторы VT1, VT2 закрыты. Как только мгновенное напряжение вторичной обмотки трансформатора станет больше напряжения стабилизации и прямого паде-

ния напряжения на стабилитронах, они открываются. Ток будет протекать через стабилитрон VD1 (падение напряжения на нём приблизительно 1 В), резистор R1, стабилитрон VD2 (напряжение на нём — 12 В). Часть стабилизированного напряжения с переменного резис-

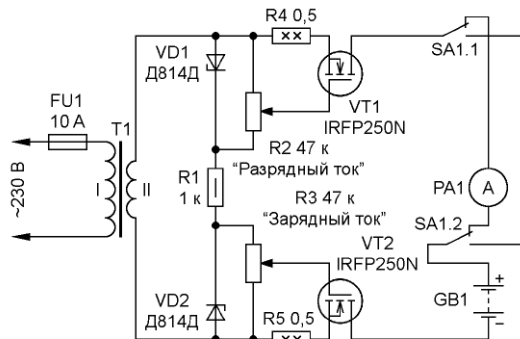


Рис. 1

тора R3 поступает на затвор полевого транзистора VT2, работающего как ограничитель тока, значение которого зависит от сопротивления резистора R5 и напряжения на затворе транзистора VT2. Зарядный ток будет протекать через резистор R4, защитный диод полевого транзистора VT1, нормально замкнутые контакты переключателя SA1.1, амперметр PA1, аккумуляторную батарею GB1, транзистор VT2, резистор R5. Этот ток заряжает батарею.

Пусть на верхнем выводе вторичной обмотки трансформатора действует отрицательный полупериод сетевого напряжения. Пока мгновенное напряжение не превышает напряжения стабилизации и прямого падения напряжения на стабилитронах VD1, VD2, они закрыты, ток через них не протекает. Напря-

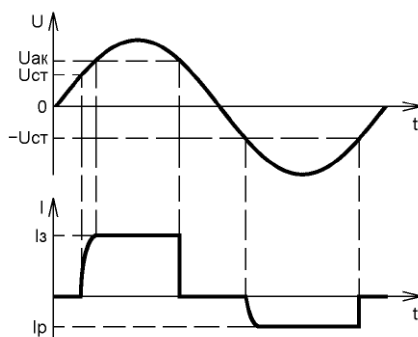


Рис. 2

жение на стабилитронах и на переменных резисторах R2, R3 равно нулю, полевые транзисторы VT1, VT2 закрыты. Когда мгновенное напряжение вторичной обмотки трансформатора станет больше напряжения стабилизации и прямого падения напряжения на стабилитронах, они открываются. Ток будет протекать через стабилитрон VD2 (падение напряжения на нём равно 1 В), резистор R1, стабилитрон VD1 (падение напряжения на нём — 12 В). Часть стабилизированного напряжения с переменного резистора R2 подаётся на затвор полевого транзистора VT1, который работает как ограничитель тока. Этот ток зависит от сопротивления резистора R4 и напряжения на затворе транзистора VT1. Разрядный ток протекает через резистор R5, защитный диод транзистора VT2, нормально замкнутые контакты переключателя SA1.2, амперметр PA1, аккумуляторную батарею GB1, транзистор VT1, резистор R4. Этот ток разряжает аккумулятор.

На рис. 2 показаны упрощённые временные зависимости напряжения на вторичной обмотке трансформатора и тока через аккумуляторную батарею, где $U_{ак}$ — напряжение на аккумуляторной батарее, $U_{ст}$ и $-U_{ст}$ — напряжение стабилизации и прямое падение напряжения на стабилитронах VD1, VD2, I_z — зарядный ток, I_p — разрядный ток. Зарядный ток, как правило, выбирают в десять раз больше разрядного тока. ЗУ обладает двумя преимуществами — зарядный и разрядный ток можно регулировать независимо друг от друга, при отсутствии сетевого напряжения тран-

зисторы закрыты и через батарею ток не протекает.

Как заряжать аккумуляторные батареи таким ЗУ. Подключают аккумуляторную батарею. Переменными резисторами R2 и R3 устанавливают нулевое напряжение на затворах полевых транзисторов. Переключателем SA1 подключают амперметр PA1. Переменным резистором R3 устанавливают ток зарядки аккумуляторной батареи исходя из её ёмкости, а затем переменным резистором R2 уменьшают его на значение разрядного тока.

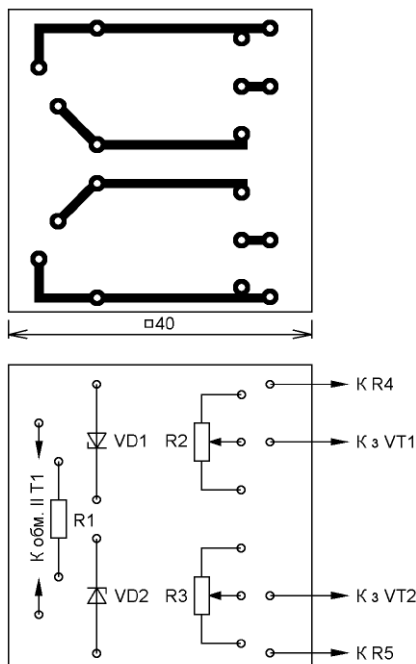


Рис. 3

Амперметр используется только при первоначальной настройке ЗУ. После чего переключатель SA1 переводят в противоположное положение, поскольку измерять ток уже нет необходимости.

Используемые транзисторы имеют внутреннее сопротивление канала в открытом состоянии, равное 0,075 Ом, и могут рассеивать до 214 Вт выделяемой на них мощности. Максимальное напряжение сток—исток — 200 В, максимальный постоянный ток стока — 30 А. Эти транзисторы выпускают в корпусе TO-247AC, их необходимо поставить на теплоотвод из расчёта 10 см² площади на 1 Вт рассеиваемой мощности. Максимальное пороговое напряжение между истоком и затвором этих транзисторов — 4 В при токе стока 0,25 мА.

Зарядный и разрядный ток грубо устанавливают сопротивлением резисторов R4 и R5 (их сопротивление определяет максимальное значение тока), а точно — переменными резисторами R2, R3. На месте R2 и R3 желательно использовать многооборотные переменные резисторы.

Максимальный ток зависит от мощности применённого сетевого трансформатора. Например, для тока 20 А мощность трансформатора должна

быть примерно 360...400 Вт. Напряжение на вторичной обмотке трансформатора должно находиться в пределах 17...20 В. Монтаж можно сделать навесным способом. В авторском варианте некоторые детали размещены на печатной плате из фольгированного с одной стороны стеклотекстолита толщиной 1,5 мм. Её чертёж приведён на рис. 3.

С помощью предлагаемого ЗУ автор заряжал не только свинцово-кислотные автомобильные аккумуляторные батареи и батареи для компьютерных источников бесперебойного питания, но и никель-кадмиевые батареи для пылесоса и шуруповёрта.

От редакции. Зарядка асимметричным током оправдана для свинцово-кислотных аккумуляторных батарей, поскольку в этом случае более интенсивно происходят десульфатация пластин и повышение ёмкости находящихся длительное время в эксплуатации батарей. Достоверной информации о положительном эффекте зарядки подобным методом аккумуляторов и батарей других электрохимических систем нет.

Вышла в свет новая книга



**Захаркин С. В.,
Иванов В. А.,
Конышев М. Ю.,
Шишкин Н. В.**

Мобильные системы связи. Учебное пособие для вузов. / С. В. Захаркин, В. А. Иванов, М. Ю. Конышев и др. — М.: Горная линия — Телеком, 2023. — 408 с.: ил. ISBN 978-5-9912-1050-8

Представлена информация об основных принципах формирования сотовых систем мобильной радиосвязи. Рассмотрены общие особенности структуры и организации сотовых систем мобильной радиосвязи, системы мобильной радиосвязи второго поколения 2G стандартов GSM и IS-95, системы мобильной радиосвязи третьего поколения 3G стандартов CDMA-2000 и UMTS, системы мобильной радиосвязи четвертого поколения 4G стандарта LTE, системы мобильной радиосвязи пятого поколения стандарта 5G, а также беспроводные системы связи стандартов IEEE 802. Материал изложен последовательно, от простого к сложному.

Для студентов вузов, обучающихся по специальности 10.05.02 — «Информационная безопасность телекоммуникационных систем», студентов других инфокоммуникационных и радиотехнических специальностей, а также докторантов, аспирантов (адъюнктов), профессорско-педагогического и научного состава. Будет полезна специалистам в области мониторинга телекоммуникационных систем.

Адрес издательства в Интернет
WWW.TECHBOOK.RU

Прецизионный источник напряжения

С. БИРЮКОВ, г. Москва

Для проверки и калибровки измерительных приборов удобно иметь прецизионный источник напряжения. Фирма Analog Devices выпускает микросхемы серии AD584, являющиеся практически готовыми устройствами, не требующими калибровки при использовании для указанной цели.

На рис. 1 приведена схема включения микросхемы AD584 для получения напряжений 10, 7,5, 5 и 2,5 В. Штрихпунктирной линией обведена упрощённая структура микросхе-

таблице обозначений микросхем определяют конструктивное оформление: Н — круглый металлический корпус; N — восьмивыводный пластмассовый DIP.

К сожалению, в последних datasheet наиболее точной микросхемы AD584 с индексом L нет, что означает прекращение её выпуска.

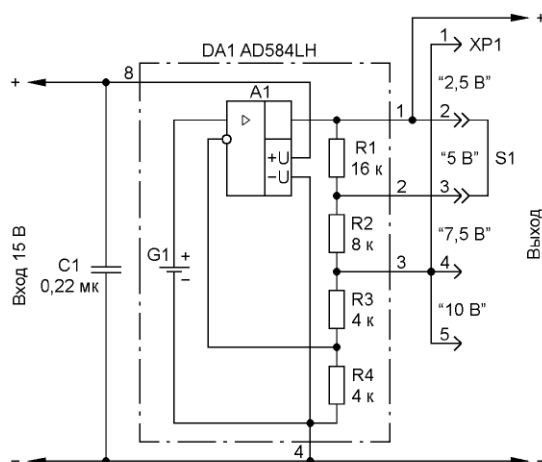


Рис. 1

мы, которая содержит следующие узлы: G1 — высокостабильный источник напряжения, близкого к 1,25 В, ОУ A1 и резисторный делитель напряжения R1—R4. Номинальное напряжение питания микросхемы — 15 В, реальный интервал — от 13 до 25 В.

ОУ совместно с делителем напряжения работает так, что на выводах 1, 2 и 3 микросхемы формируются стабильные напряжения 10, 5 и 2,5 В соответственно. Установкой переключки S1 для замыкания между собой указанных контактов можно получить выходные напряжения, дополнительно к указанным ещё и 7,5 В. Пара контактов "10 В" служит, фактически, лишь для хранения переключки.

При изготовлении микросхемы производится лазерная подгонка сопротивлений резисторов для обеспечения точных значений выходных напряжений.

В табл. 1 (фрагмент из datasheet) приведены возможные погрешности выходных напряжений микросхем с разными буквенными индексами при выпуске. Индексы после указанных в

таблице обозначений микросхем определяют конструктивное оформление: Н — круглый металлический корпус; N — восьмивыводный пластмассовый DIP.

Для сборки источника напряжения можно использовать печатную плату размерами 28×16 мм из фольгированного с одной стороны стеклотекстолита толщиной 1,5 мм, чертёж которой пока-

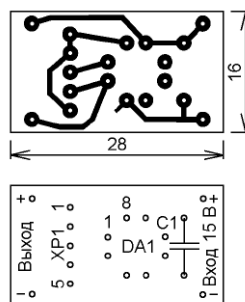


Рис. 2

зан на рис. 2. При монтаже микросхемы в металлическом корпусе следует иметь в виду, что её ключ находится напротив вывода 8, а не 1, что было бы более логично.

Автор собрал устройство на отрезке (примерно тех же размеров) макетной печатной платы с металлизированными отверстиями с шагом 2,54 мм, общее число отверстий — 10×6 (рис. 3). Расположение деталей и проводников соответствовало в основном рис. 2. Для подключения источника питания и контролируемого прибора были впаяны штырьки диаметром 1 мм от разъёма 2PM, а для установки выходного напряжения — отрезок штырьковой линейки с пятью контактами, в качестве переключки S1 использован стандартный "джампер".

Собранный источник напряжения вполне пригоден для проверки любых вольтметров с числом знаков 3½, например, М-830 или описанный в статье автора "Вольтметр из миллиомметра" в "Радио" № 5 за 2024 г. на с. 37—39. Чтобы проверять вольтметры с большим числом знаков, следует точным прибором измерить выходные напряжения источника и табличку с их значениями наклеить на плату, как это и показано на рис. 3.

При проверке изготовленного источника напряжения мультиметром Agilent Technologies 34405A с разрешающей способностью 5½ знаков (максимальное число отсчётов — 120000) погрешность была меньше приведённой в таб-

Таблица 1

Обозначение микросхемы	Погрешность выходного напряжения, мВ, при выходном напряжении, В			
	10	7,5	5	2,5
AD584L	5	4	3	2,5
AD584K, AD584T	10	8	6	3,5
AD584J, AD584S	30	20	15	7,5

лице из datasheet, кроме выходного напряжения 5 В, для которого она оказалась равной 4,3 мВ. Здесь следует иметь в виду, что погрешность использованного мультиметра на пределе 10 В равна 3 мВ при измерении напряжения 10 В и 2,75 мВ — при измерении напряжения 5 В, так что погрешности мультиметра и микросхемы имеют один порядок, и вполне возможно, что выходные напряжения микросхемы соответствуют её нормам из datasheet.

При проверке прецизионного источника напряжения или при проверке с его помощью вольтметра с сетевым источником для питания источника следует использовать батарею, например, свежезаряженный аккумулятор на 14,4 В от шуруповёрта. Если блоки питания прецизионного источника и вольтметра сетевые, уровень шумов может существенно превышать разрешающую способность вольтметра, и его показания будут нестабильными.

Интересно отметить, что микросхема поддерживает на выводе 3 точное напряжение 2,5 В, независимо от того, подключена или нет к выводам 1, 2 или 3 нагрузка, если она не превышает долей миллиампера для выводов 2 и 3 или нескольких миллиампер для вывода 1. Поэтому, если нагрузка на микросхему невелика, например, вольтметр с

Таблица 2

Тип мультиметра	Число знаков	Число отсчётов N	Ig N
M-830	3½	2000	3,3
AN8002	3¾	6000	3,8
RM303	4½	20000	4,3
34405A	5½	120000	5,1

входным сопротивлением 10 МОм, напряжение 5 или 2,5 В можно снимать непосредственно с её выводов 2 и 3, не замыкая их с выводом 1 (с выходом ОУ).

В datasheet AD584 описано много вариантов включения этой микросхемы, например, в качестве высокоточного двухвыводного стабилитрона на 5, 7,5 или 10 В, мощного точного стабилизатора напряжения, двухвыводного стабилизатора тока.

Обычно для цифровых измерительных приборов указывают число его знаков в виде цифры и дробной части, но не всегда это делается аккуратно. Что-

бы придерживаться, с одной стороны, привычных обозначений, а с другой — формализовать их, будем считать числом знаков измерительного прибора десятичный логарифм максимального числа отсчётов N, округлённый до одной десятой.

В табл. 2 приведены результаты расчёта для четырёх типов мультиметров, доступных автору, и с различной заявленной разрядностью. Широко распространённый M-830 реально имеет

немного меньшее число знаков — 3,3 вместо заявленных 3½, аналогично и RM303. Для AN8002 совпадение практически точное, а вот у 34405A фирмы Agilent Technologies число знаков существенно завышено — 5½ вместо реальных 5,1.

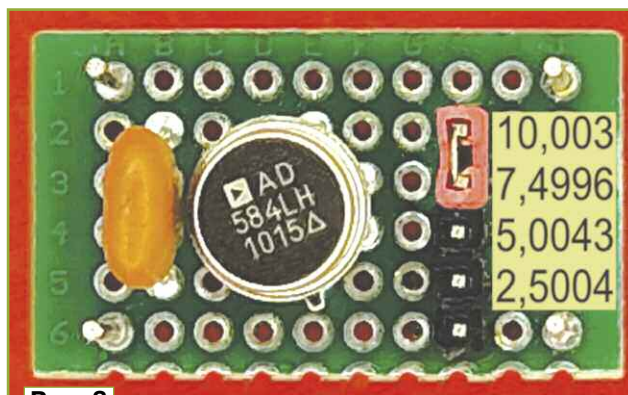


Рис. 3

Автогенераторный импульсный понижающий стабилизатор напряжения

В. КАПЛУН, с. Можняковка, ЛНР

Внимание читателей предлагается описание автогенераторного импульсного понижающего стабилизатора напряжения, в котором можно применить накопительный дроссель с различными параметрами. Схема стабилизатора представлена на рис. 1. Работает он следующим образом. При открывании ключа на транзисторе VT1 линейно нарастающий ток через силовой дроссель L1 заряжает выходной конденсатор C2. Ключ закрывается, когда напряжение на конденсаторе C2 достигает заданного значения (определяется суммой прямых напряжений диода VD5, эмиттерного перехода транзистора VT5 и напряжения стабилизации стабилитрона VD11) или ток через ключ достигает максимального значения (определяется положением движка переменного резистора R8 и сопротивлением открытого ключа VT1). При закрывании ключа ЭДС самоиндукции дросселя L1 замыкается через диод VD2, поддерживая ток через конденсатор C2 и нагрузку. Управление драйвером ключевого транзистора VT1, собранным на двухтактном эмиттерном повторителе на транзисторах VT3 и VT4, осуществляется транзистором VT2. Ключ удерживается закрытым как минимум на время протекания тока через дроссель L1, пока вследствие уменьшения выходного напряжения не закроется транзистор VT5. Во время закрытого состояния ключа через диод VD1 происходит зарядка конденсатора C1, от которого запитан драйвер ключа. Максимальное напряжение на выходе драйвера

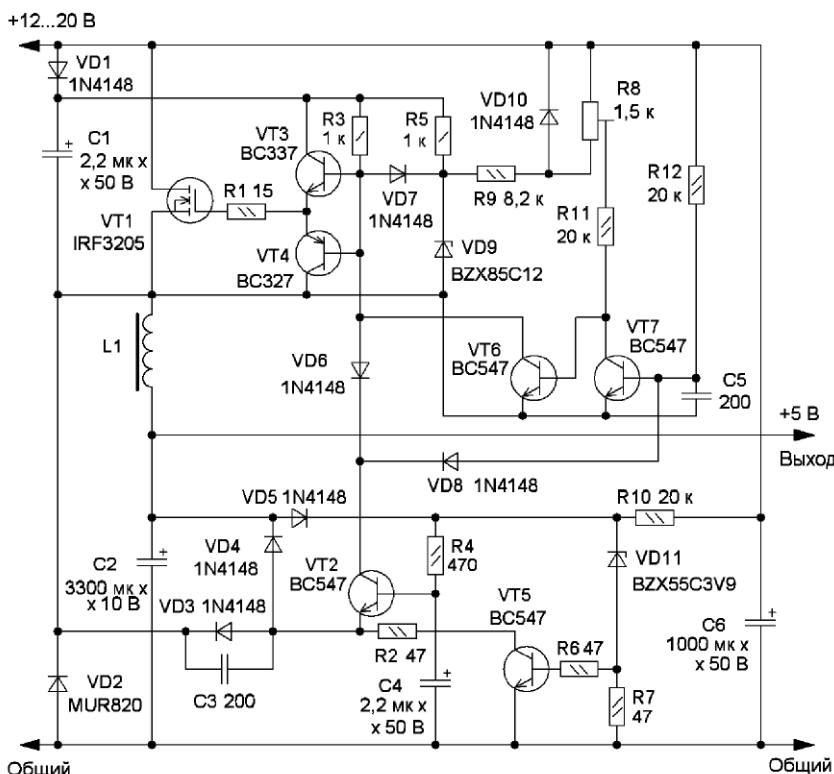


Рис. 1

ограничивается диодом VD7 и стабилизатором VD9.

Во время открытого состояния ключа к подстроечному резистору R8 прикладывается прямое напряжение около 0,6 В открытого диода VD10. С движка этого резистора напряжение через резистор R11 поступает на базу транзистора VT6. На его эмиттер поступает напряжение с истока ключа. Транзистор VT7 закрыт и не ограничивает прохождение тока через базу транзистора VT6. Когда вследствие падения напряжения на сопротивлении открытого ключа VT1 в сумме с напряжением на движке резистора R8 напряжение между базой и эмиттером транзистора VT6

обратная связь через конденсатор C3 обеспечивает более чёткий и быстрый переход ключа из открытого в закрытое состояние, и обратно. Конденсатор C4 обеспечивает условия для перехода стабилизатора в рабочее состояние после подачи на него напряжения питания (задерживает прохождение базового тока транзистора VT2 через резисторы R10, R4 и диод VD4). Конденсатор C6 сглаживает пульсации напряжения, возникающие при открывании ключа.

Для стабилизатора была разработана печатная плата из одностороннего фольгированного стеклотекстолита толщиной 1,5...2 мм. Её чертёж и схема установок на ней элементов показаны на рис. 2. Элементы VT1 и VD2 при необходимости устанавливают на теплоотвод.

Стабилизатор при относительной простоте обладает высоким КПД и обеспечивает большой выходной ток. Благодаря жёсткой привязке циклов работы стабилизатора к процессам перемагничивания магнитопровода дросселя в устройстве автоматически устанавливаются оптимальные для применённого дросселя, тока нагрузки и разности входного и выходного напряжений частота и скважность импульсов на выходе ключа.

Использованный в устройстве способ ограничения тока ключа позволяет отказаться от использования отдельного датчика тока и ограничивать ток в зависимости от сопротивления открытого ключа, которое, в свою очередь, зависит от типа применённого транзистора, температуры его кристалла и напряжения на затворе. Это позволяет избежать ситуации с переходом ключа в линейный режим с большим выделением тепла на кристалле, ограничивать ток на максимально возможном для него, в конкретных условиях, уровне и повысить надёжность устройства. При прочих равных условиях при проведении испытаний стабилизатор устойчиво работал при изменении числа витков и магнитопровода дросселя в широких пределах на частотах от единиц килогерц до 500 кГц. Однако оптимальные параметры устройства обеспечиваются при работе на частотах 20...100 кГц, что необходимо учитывать при выборе числа витков дросселя. При наличии выбора лучше использовать кольцевой магнитопровод с большим объёмом.

Минимальное входное напряжение стабилизатора — 12 В, но оно может быть снижено вдвое при применении в качестве ключа полевого транзистора с логическими уровнями управления. Максимальное напряжение на ключе и транзисторе VT3 не превышает входного напряжения, на транзисторе VT2 оно может превышать входное напряжение стабилизации стабилизатора VD11, на остальных не превышает 12 В, что необходимо учитывать при выборе транзисторов. Транзисторы VT3 и VT4 желательно выбрать с максимально допустимым током коллектора не менее 0,5 А. Диод VD2 должен быть с минимальными временем восстановления

обратного сопротивления и прямым напряжением, а также с допустимым обратным напряжением не менее входного и соответствующим максимальным прямым током. Хорошим вариантом будет применение подходящих по току и напряжению быстродействующих диодов Шоттки. Выходное напряжение может быть изменено при применении стабилизатора VD11 с другим напряжением стабилизации. Оно должно быть примерно на 1 В меньше выходного напряжения.

При налаживании движок подстроечного резистора R8 устанавливают в нижнее по схеме положение, и затем при максимальном выходном токе устанавливают его в положение, при котором срабатывает защита по току. При необходимости можно применить ключевой транзистор с меньшим сопротивлением канала в открытом состоянии или применить параллельное соединение нескольких транзисторов, установив для каждого из них резистор в цепи затвора, а при необходимости и более мощные транзисторы VT3 и VT4.

Параметры стабилизатора

при входном напряжении 13,5 В
и выходном напряжении 5 В

КПД при выходном токе 2 А	0,75
КПД при выходном токе 4 А	0,68
Размах пульсаций выходного напряжения при токе 2 А, мВ	50
Размах пульсаций выходного напряжения при токе 4 А, мВ	100
Максимальный выходной ток, А	20

В этом стабилизаторе дроссель L1 содержит 18 витков обмоточного провода диаметром 1 мм на "жёлтом" магнитопроводе из расплывённого железа (от дросселя групповой стабилизации напряжения компьютерного блока питания) размерами 22х12х10 мм.

Существенные потери в стабилизаторе возникают на диоде VD2, через который протекает ток дросселя при закрытом ключе. КПД стабилизатора повышается при уменьшении разности между входным и выходным напряжениями, когда скважность импульсов на выходе ключа изменяется так, что большую часть времени ток дросселя протекает через ключ, и меньшую часть — через диод.

Так как стабилизатор обеспечивает большой выходной импульсный ток, позволяющий ему уверенно стартовать со "сложной" нелинейной нагрузкой, например, лампой накаливания с сопротивлением нити в холодном состоянии около 0,3 Ом, для уверенного срабатывания защиты от короткого замыкания необходимо для подключения нагрузки применять провода минимальной длины площадью сечения медной жилы не менее 1 мм².

От редакции. Чертёж печатной платы в программе Sprint-Layout находится по адресу <http://ftp.radio.ru/pub/2024/07/stab.zip> на нашем FTP-сервере.

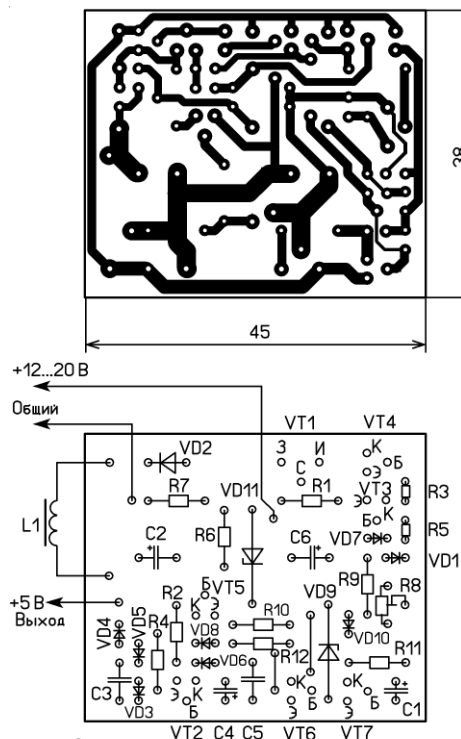


Рис. 2

станет достаточным для его открывания, ключ закрывается, и ток через него ограничивается. После закрывания ключа с временной задержкой, определяемой постоянной времени цепи R12C5, открывается транзистор VT7, а транзистор VT6 закрывается. Ключ остаётся закрытым до момента, когда закроются диоды VD2, VD3 и вследствие снижения выходного напряжения уменьшится ток через цепь VD5VD11, закроются транзисторы VT5 и VT2. Напряжение через резистор R3 поступает на эмиттерный повторитель VT3VT4, который и открывает ключ. Далее начинается новый цикл работы стабилизатора.

При возникновении короткого замыкания или уменьшении сопротивления нагрузки ниже предельного значения выходное напряжение будет снижаться, и в определённый момент напряжение на конденсаторе C4 станет достаточным для удержания транзистора VT2 в открытом состоянии. В результате транзистор VT1 останется в закрытом состоянии до момента устранения перегрузки (короткого замыкания). Положительная

Регулируемый линейный БП

А. ПУРЫНЫЧЕВ, г. Владивосток

Используя импульсный БП в своей лаборатории, мне не удалось полностью избавиться от помех, которые часто мешают при ремонте измерительной или звуковоспроизводящей аппаратуры. На осциллографе заметны помехи или срывы синхронизации,

связи с этим при максимальном выходном напряжении 24 В выходной ток не должен превышать 0,1 А, а максимальный выходной ток 0,8 А будет при выходном напряжении менее 14 В и допустимом низком напряжении сети (–10 %) 210 В.

регулировку при большом выходном напряжении слишком грубой. Максимальное выходное напряжение делителя R8R14R16 равно 3 В.

Аналогично сделана плавная регулировка ограничения выходного тока. Минимальный выходной ток ограничения — около 20 мА, его устанавливают резистором R11. Шунт R26 совместно с ОУ DA1.2 преобразуют выходной ток БП 0,8 А в напряжение 3 В. Коэффициент усиления задаётся резистором R7. В режиме стабилизации выходного тока включается светодиод HL1 красного свечения. Для исключения из показаний амперметра, в качестве которого использован вольтметр PV1, тока потребления вольтметра PV2 реализовано смещение нуля ОУ DA1.2 с помощью резисторов R4 и R5. Показания индика-

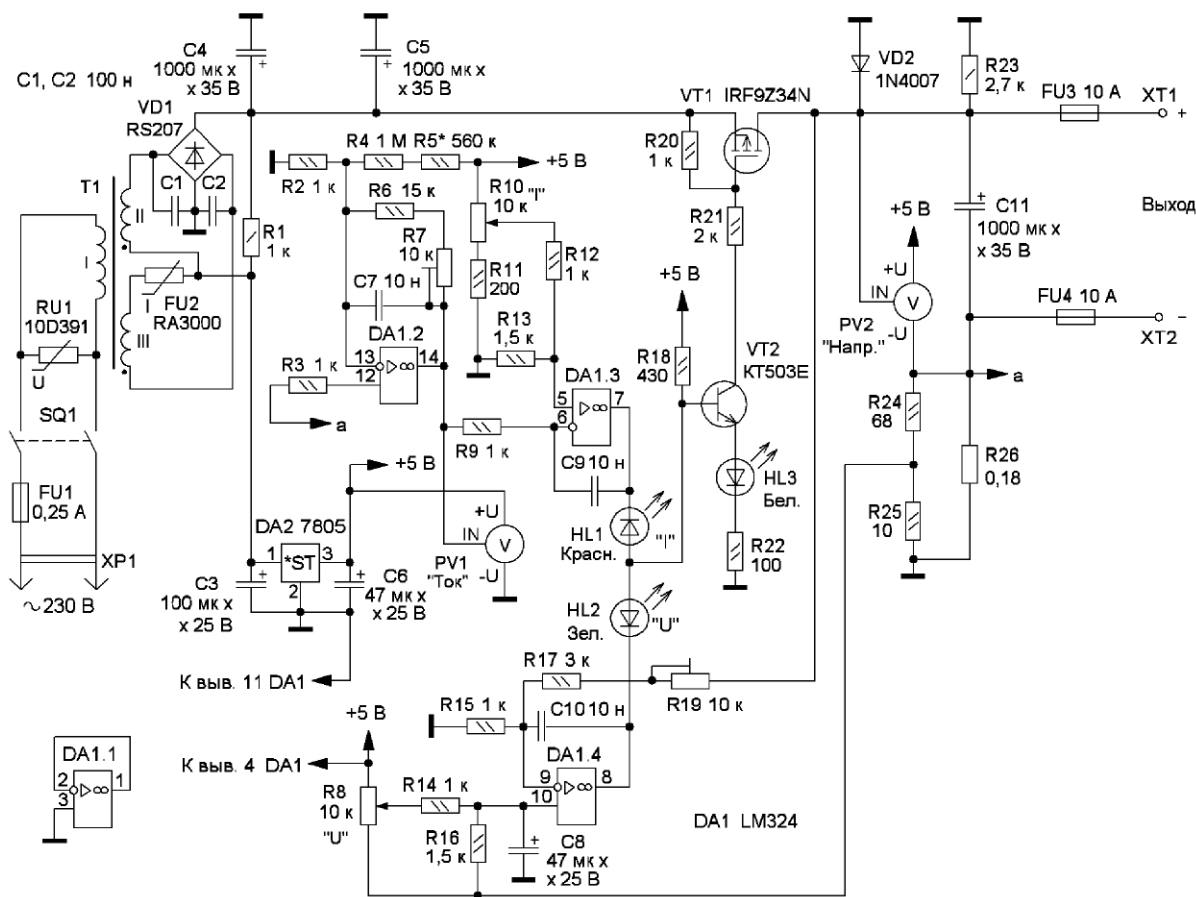


Рис. 1

бывает, что даже помехи от внутреннего импульсного БП осциллографа мешают работе. Поэтому импульсный БП был использован для мощных нагрузок, а для маломощных был изготовлен линейный БП.

Изначально предполагалось сделать "правильный", на мой взгляд, линейный БП с выходным регулируемым напряжением 0...24 В и ограничением по току от 0,02 до 0,8 А. Но в этом случае был нужен трансформатор мощностью около 40 Вт, масса которого была слишком большой. Поэтому был использован трансформатор мощностью 22 Вт. В

Схема БП показана на рис. 1. На резисторах R8, R14, R16 реализован плавный регулятор выходного напряжения с помощью одного переменного резистора без применения двух регуляторов "Грубо" и "Точно", так как при большом выходном напряжении практически не требуется устанавливать его точное значение. Так, например, среднее положение движка переменного резистора R8 с линейной зависимостью соответствует выходному напряжению 6 В, а не 12 В. Применение переменного резистора с обратнологарифмической зависимостью делает

тора без нагрузки должны быть около 00,5 мА, это не даст "уплыть" показаниям в минусовое значение при температурном дрейфе неprecизионного ОУ LM324.

Стабилизатор выходного напряжения реализован на ОУ DA1.4 и транзисторах VT1, VT2. Максимальное выходное напряжение задаётся резистором R19. В режиме стабилизации напряжения светит светодиод HL2 зелёного свечения. Если в режиме стабилизации напряжения этот светодиод не светит, это значит, что мощности трансформатора недостаточно при текущем

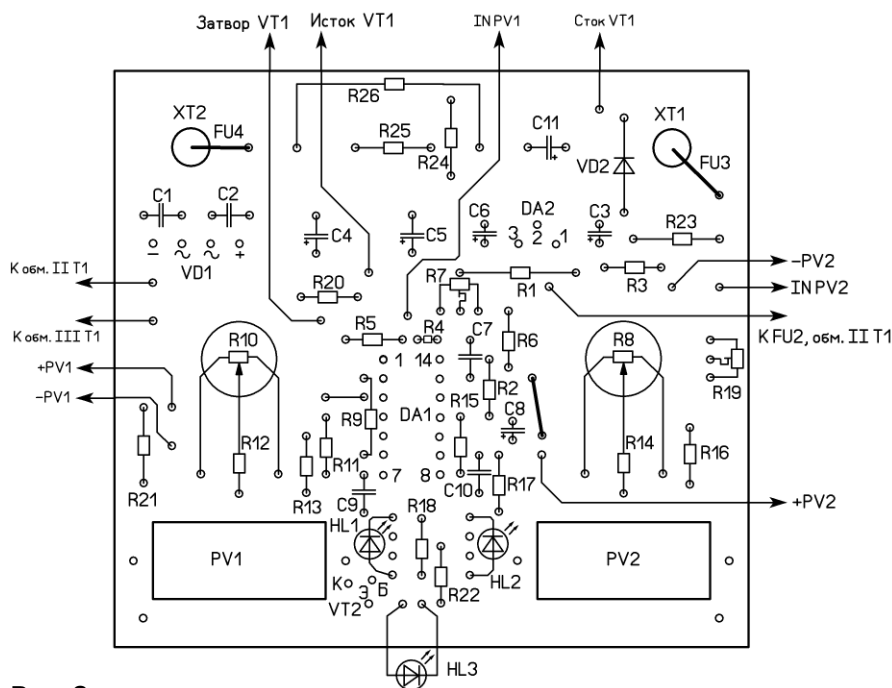
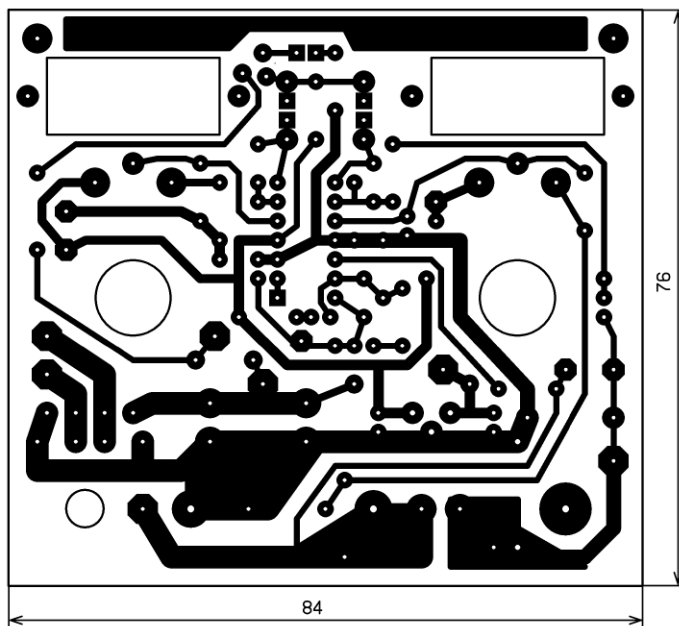


Рис. 2

токе. Для компенсации падения напряжения на шунте R26 введена положительная обратная связь с делителя R24/R25, при этом коэффициент деления $R24/R25 = 7$. Для компенсации падения напряжения на подключённых к БП проводах нужно уменьшить сопротивление резистора R24.

Стабилизатор DA2 используется для питания ОУ LM324 и задания образцового напряжения, он запитан от среднего вывода вторичной обмотки, резистор R1 нужен для разрядки конденсаторов C4, C5 после выключе-

ния БП. Если у трансформатора одна вторичная обмотка, микросхема DA2 будет запитана через резистор R1, при этом потребуется его подборка (около 200 Ом), чтобы на нём было падение напряжения — примерно 8 В, а его мощность должна быть 0,5 Вт. Этот резистор уменьшает входное напряжение микросхемы DA2 до допустимого.

Резистивный делитель R20/R21 ограничивает напряжение на затворе VT1, близкое к допустимому. Светодиод HL3 используется в каче-

стве стабилитрона на напряжение 3 В и на переднюю панель не выводится. Дiode VD2 и предохранители FU3, FU4 защищают выход БП при подключении аккумулятора в неправильной полярности. В качестве FU3, FU4 используются залуженные провода диаметром 0,16 мм от многожильного провода, припаянные между печатными проводниками на плате и клеммами XT1, XT2.

Применены дешёвые модули 0,28" цифровых вольтметров (PV1, PV2) на максимальное напряжение 100 В с индикаторами красного свечения. Ток потребления каждого из них — около 15 мА. Применение сдвоенного индикатора (вольтметр+амперметр) оказалось неудовлетворительным из-за слишком большой дискретности на малых токах.

Чертёж печатной платы и размещение на ней элементов показаны на рис. 2. Применены постоянные резисторы МЛТ, С2-23 или импортные. Переменные резисторы R8 и R10 — WH148-1A-2 В с линейной характеристикой (маркировка В10К), подстроечные резисторы R7, R19 — многооборотные 3296W,



Рис. 7



Рис. 3

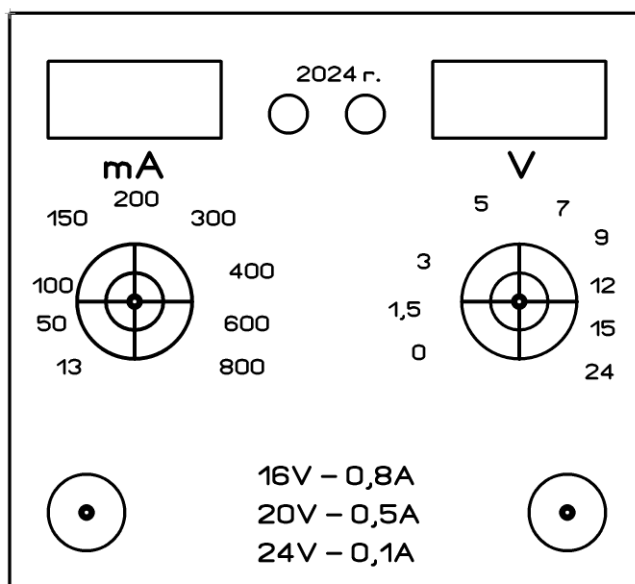


Рис. 4

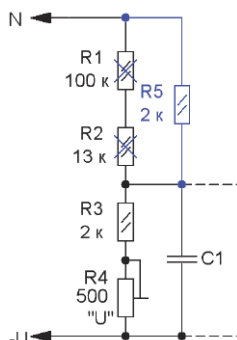


Рис. 5

шунт R26 — проволоочный, кратковременно выдерживающий ток не менее 10 А. Конденсаторы C7, C9, C10 — плёночные серии K73 или импортные. Све-



Рис. 8

Рис. 6



одиоды — любого типа соответствующего свечения с диаметром корпуса 5 мм. Трансформатор может быть мощностью от 22 Вт до 40 Вт с двумя вторичными обмотками по 9 В или одной на 18 В. Применён Ш-образный теплоотвод размерами 90×80×25 мм, он используется в качестве задней стенки. С внутренней стороны на него приклеен картон для теплоизоляции. Смонтированная плата показана на рис. 3. Лицевая панель распечатана на лазерном принтере, её чертёж показан на рис. 4, сверху она закрыта оргстеклом от контейнера для DVD.

Один из вольтметров переделан для индикации тока до 1 А. Схема доработки его входной цепи показана на рис. 5 (нумерация элементов условная). Вольтметр должен показывать 800 (т. е. 800 мА) при входном напряжении 3 В, для этого резисторы R1 и R2 заменены резистором R5 сопротивлением 2 кОм, а точная установка проведена подстроечным резистором R4. Также нужно показания "умножить" на 10, для этого у индикатора нужно перерезать вывод др. Светодиод для поверхностного монтажа красного свечения (новая десятичная точка) надо припаять между выводами DIG1 (вывод 12) и др (вывод 3) светодиодного индикатора вольтметра (анодом к выводу DIG1). В корпусе индикатора делают пропил на месте точки "00.0" для этого светодиода и фиксируют его. На рис. 3 этот вольтметр находится в левом верхнем углу.

Внешний вид внутреннего монтажа БП показан на рис. 6 и рис. 7. На рис. 8 показан внешний вид БП.

От редакции. Чертежи печатной платы и передней панели находятся по адресу <http://ftp.radio.ru/pub/2024/07/bp.zip> на нашем FTP-сервере.

Устройство было собрано на стандартной макетной плате (**рис. 2**) размерами 50×70 мм (на АлиЭкспресс (<https://www.aliexpress.ru>) она имеет наименование 5×7cm Double Side

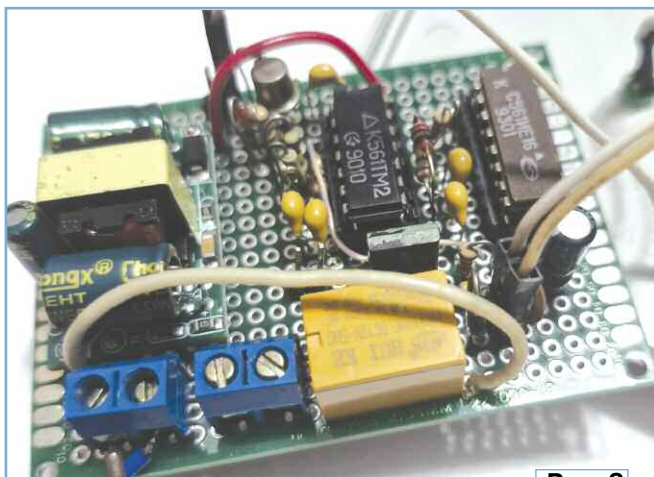


Рис. 2

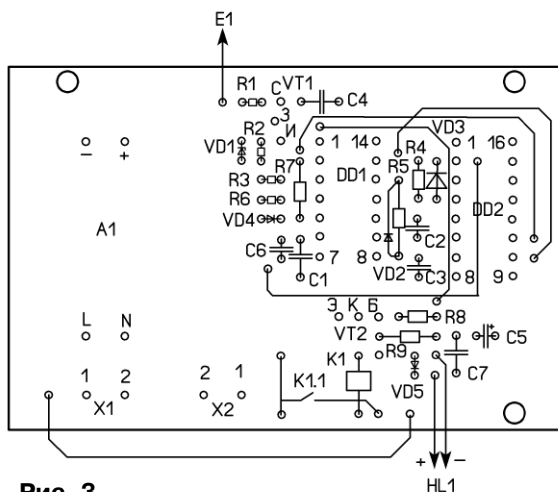
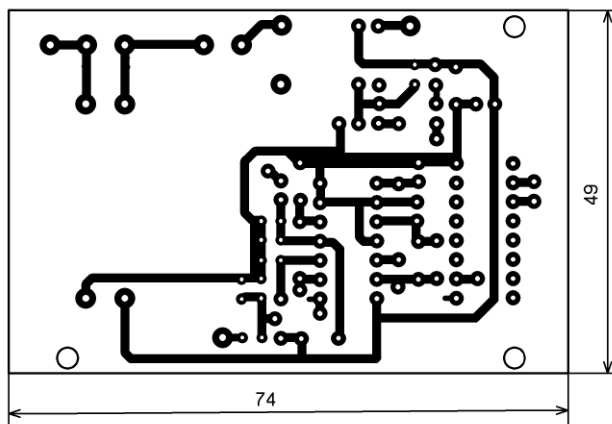


Рис. 3

транзистора ГТ403. X1 и X2 — винтовые клемники (на АлиЭкспресс их наименование KF128-2Pin 5.0 Spacing Terminal Screw Type PCB).

3. Карпачев А. И снова о сенсорном выключателе... — Радио, 2017, № 10, с. 45—47.

От редакции. Чертеж печатной платы находится по адресу <http://ftp.radio.ru/pub/2024/07/sensor.zip> на нашем FTP-сервере.

Рис. 4

Prototype PCB Universal Board). Для желающих повторить устройство разработана печатная плата, чертёж которой и схема размещения элементов показаны на рис. 3. Часть соединений, которые показаны тонкими линиями, сделана проводом соответствующего сечения со стороны деталей.

Применены постоянные резисторы МЛТ, С2-23 или импортные, оксидный конденсатор — К50-35 или импортный, остальные — керамические К10-17. Стабилитрон можно применить любой маломощный на напряжение 10...12 В, остальные диоды — серий КД522, КД510, 1N4148. Транзистор VT1 — КП305А, транзистор 2N7000 работает хуже. Транзистор VT2 — любой из серий КТ815, КТ817, 2N2222. Микросхемы можно заменить импортными аналогами. Реле — НК4100F-DC12V или другое, соответствующее напряжению питания и мощности нагрузки. Модуль питания приобретён на АлиЭкспресс с наименованием AC-DC 12V Precision Buck Converter AC 220v to 12v DC. Вместо указанного модуля питания можно применить менее мощные с выходным напряжением 12 В. Сенсором E1 служит корпус

Налаживание может сводиться к подборке конденсатора С4 для надёжного сброса триггера DD1.2 при включении питания и конденсатора С6 для срабатывания реле времени (автору наладивание не потребовалось).

Плата была установлена в распределительную коробку (рис. 4), отверстия заклеены, одно из них полупрозрачным пластиком, чтобы можно было видеть индикацию включения устройства. На крышку выведены сенсор E1 и светодиод HL1, которые закреплены термоклеем. Плата закреплена в коробке с помощью шайб 3 мм, капроновых винтов с гайками М3.

Работу устройства можно увидеть по ссылке <https://youtu.be/cEpzag-1HzU?si=5wrSEGAui9ii4mPT>.

ЛИТЕРАТУРА

1. Горчук Н. Сенсорный выключатель освещения. — Радиоконструктор, 2017, № 6, с. 26, 27.
2. Шелестов И. П. Радиолюбителям полезные схемы. Кн. 2. — М.: Солон-Р, 2000, с. 31.

МОДУЛЬНАЯ РЕКЛАМА

Радиодетали от классических до экзотических!

www.radiodetali.perm.ru

Тел: 8-800-201-75-54

* * *

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

Занятия проводятся по электронной почте или с помощью программы Skype.

Обучение может быть направлено на решение стоящей перед вами задачи.

www.electroniclab.ru/courses.htm
т. +7-912-619-5167



Эта статья — предварительная для серии статей, которые продолжат цикл по проекту "КРИСС СР/М — современный восьмиразрядный компьютер" [1—6]. В этих статьях будут рассмотрены задачи практического применения компьютера в различных прикладных задачах. Современный компьютер — это не только "картинка на экране", но и управление реальными устройствами во "внешнем мире", большой и малой периферией. КРИСС в этом плане почти не имеет ограничений — богатый набор внешних интерфейсов (RS-232, UART, GPIO, I²C, Ethernet) даёт большие возможности. А если чего-то не хватает, то всегда есть возможность аппаратного расширения. В дальнейшем будет рассказано о применении компьютера в системах управления освещением, взаимодействии с простыми и сложными внешними модулями, опубликовано описание платы компьютера в версии без периферийных устройств, приведены примеры внутренних плат расширения для версий 6.* и многое другое.

В предлагаемой статье описана новая версия программируемого контроллера для бытовых задач [7]: управляющая плата модернизирована для работы с интерфейсом Ethernet и обеспечения возможности подключать несколько модулей в режиме расширения. Размеры корпуса и расположение управляющих элементов сохранены.

В последующих статьях будут обсуждены вопросы построения протокола обмена и пошагово описаны базовые принципы создания полноценной управляющей программы для компьютера КРИСС СР/М для прикладной задачи управления освещением, что и является условным целевым проектом. Прошивка — не универсальная, а будет обеспечивать функциональность в контексте данной задачи. Желющие могут написать свою прошивку, реализовав ту функциональность, которая нужна.

Схема управляющей платы новой версии контроллера приведена на рис. 1. Устройство особенностей не имеет, блоки собраны по схемам, полностью аналогичным тем, что использованы в КРИСС, индикаторная часть собрана на специализированной микросхеме TM1637. Но есть нюансы. Контроллер сделан "универсальным", т. е.

не только для этого проекта, но и для возможных других, поэтому на схеме и плате есть избыточность, внимательно прочитайте статью перед сборкой.

Плата управления собрана на плате из фольгированного с двух сторон стеклотекстолита толщиной 1,5 мм. Её чертёж показан на рис. 2, а расположение деталей — на рис. 3. Фотография собранной платы приведена на рис. 4.

Напомним, что контроллер состоит из двух плат — платы управления и исполнительной платы, объединённых в одном корпусе, предназначенном для монтажа на DIN-рейку. Платы соединены четырёхпроводным шлейфом, который подключают на плате управления к разъёму XP2 и соединяют разъёмом с исполнительной платой, шина управления — I²C. Питание на плату управления передаётся обычно с исполнительной (про исключения см. далее).

Несколько замечаний по элементам платы управления.

Резисторы R1, R2 — вспомогательные, на тот случай, когда к контроллеру подключают датчики 1-Wire, в этом проекте их нет, поэтому эти резисторы можно не устанавливать.

Светодиоды HL4—HL19 служат для индикации состояния контроллера, их число и расположение зависит от числа каналов управления на исполнительной плате и от пожеланий разработчика, как их использовать. Если индикация не нужна, то микросхему DD2, светодиоды HL4—HL19, резисторы R15, R16 устанавливать не нужно.

Четырёхвыводный разъём XP3, как и в первоначальной версии, служит для возможности связи нескольких устройств по какому-нибудь внутреннему протоколу. В этой версии полная совместимость с первоначальной версией потеряна, поскольку оставлен только один разъём, но на него выведены входы INTO/INT1 микроконтроллера (МК). В текущем проекте эта связь не используется.

Интерфейс Ethernet в этом проекте основной и обязательный, но если будет своя прошивка, то опциональный. Резисторы R20—R24 — для поверхностного монтажа типоразмера 0805, нужных номиналов среди выводных у меня не нашлось, дроссель L1 устанавливают с обратной стороны платы, так удобнее, конденсатор C9 — аналогич-

но, можно использовать керамический конденсатор для поверхностного монтажа на напряжение 6,3 В.

МК унифицирован с КРИСС, использован Atmega328P-PU. В этом проекте он работает на частоте 8 МГц, используя встроенный RC-генератор, поэтому кварцевый резонатор ZQ1 и конденсаторы C3, C4 можно не устанавливать. Но если для других проектов будет нужна большая производительность, можно будет поднять рабочую частоту до 20 МГц.

Управление по последовательному порту. В зависимости от потребности, возможны следующие конфигурации сборки:

- управления по последовательному порту нет (как в этом проекте) — в этом случае микросхему DD3 и элементы обвязки C10—C13, R5—R7 не устанавливают;

- управление есть, уровень сигнала 5 В (например, КРИСС) — в этом случае микросхему DD3 и элементы обвязки C10—C13, R3 не устанавливают, сопротивление резистора R7 — 100 Ом;

- управление есть, уровень сигнала 3,3 В (например, Raspberry Pi) — в этом случае микросхему DD3 и конденсаторы C10—C13 не устанавливают, резисторы R7 и R5 образуют делитель напряжения выходного сигнала;

- управление есть, уровень сигнала соответствует стандарту RS-232 — в этом случае микросхему DD3 и конденсаторы C10—C13 устанавливают, резисторы R5—R7 не устанавливают.

Установочные позиции резисторов R6, R7 совмещены с посадочным местом микросхемы DD3 (см. рис. 3). Резистор R11 служит для программирования устройства, об этом чуть дальше.

Оксидные конденсаторы C6 и C16 должны быть высотой не более 6 мм или их можно установить с обратной стороны платы, их номинальное напряжение — 10 В. Фильтрующие конденсаторы около разъёма XP1 лучше устанавливать с обратной стороны платы и использовать их для поверхностного монтажа типоразмера 0805. Кнопка SB1 — стандартная тактовая для монтажа в отверстие высотой 6 мм. Светодиоды устанавливают на стойки высотой 4 мм. Цвета светодиодов HL20

(PWR) — зелёный, HL2 (TxD) — красный, HL1 (ACT) — синий, HL3 (MSTR) — жёлтый, светодиоды состояния — красные. При их установке лучше использовать монтажную оснастку. Все резисторы — мощностью 0,125 Вт или 0,25 Вт.

Расширение числа каналов управления. Предлагаемая управляющая плата ориентирована на работу с исполнительными платами, опубликованными ранее:

- восемь каналов управления (симисторы), 12 дискретных входов, два выхода по схеме с открытым коллектором, один выход с оптической развязкой, питание от сети 230 В от встроенного преобразователя [7];

- восемь каналов управления (реле), 12 дискретных входов, два выхода по схеме с открытым коллектором, один выход с оптической развязкой, питание

от сети 230 В от встроенного преобразователя [8].

Важная особенность устройства — предусмотрена возможность сборки в формате ведомого, когда один контроллер (ведущий) управляется по сети, а ещё два (ведомые) — по общей шине управления ведущим. В этом случае интерфейс последовательного управления отсутствует, но на плате устанавливаются переключки S1, S2 (рис. 5), сигналы шины I²C в этом случае оказываются подключёнными к разъёму XP1 на передней панели (контакты 4, 6).

Контроллеры, которые будут ведомыми, собирают на такой же плате, устанавливая только разъём XP1, конденсаторы C16, C17 и блок индикации — микросхему DD2, светодиоды HL4—HL19, резисторы R15, R16. На плате устанавливают переключки S1, S2 для

передачи сигнала I²C на исполнительную плату, а для того, чтобы головной контроллер мог управлять индикаторными светодиодами, в первом ведомом контроллере устанавливают переключки между контактными площадками выводов 12, 15 и выводов 11, 16 МК DD1, а сам МК не устанавливают. У второго ведомого контроллера переключки устанавливают между выводами 12, 17 и 11, 18 МК. Естественно, если индикация не нужна, то и эти переключки тоже не нужны. Рекомендуется установить также резистор R18 и светодиод HL20 (PWR) для индикации наличия напряжения питания. Если контроллер не имеет своего блока питания, на место диода VD1 необходимо установить переключку.

Ведущий и ведомые контроллеры соединяют десятижильным шлейфом,

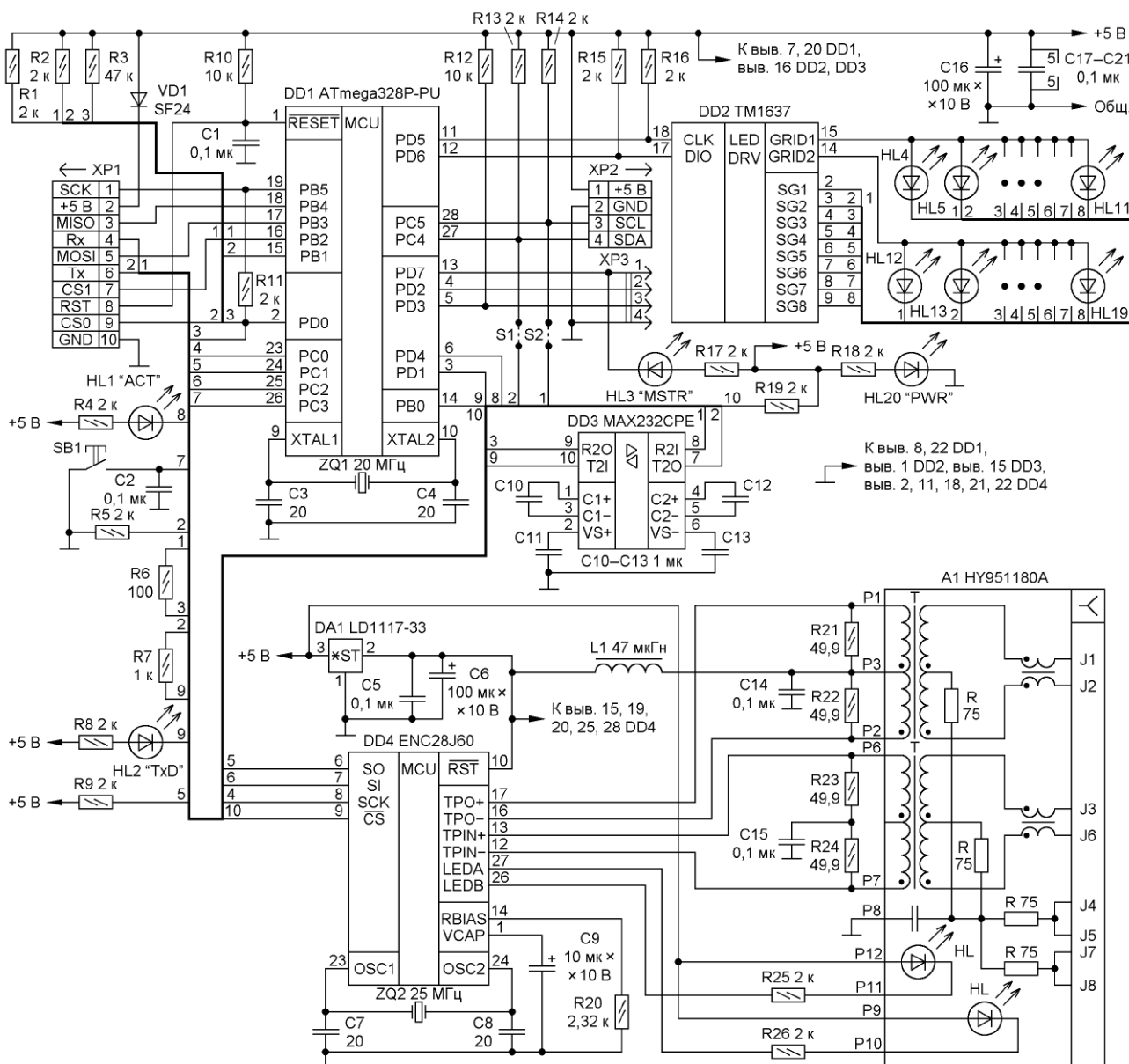


Рис. 1

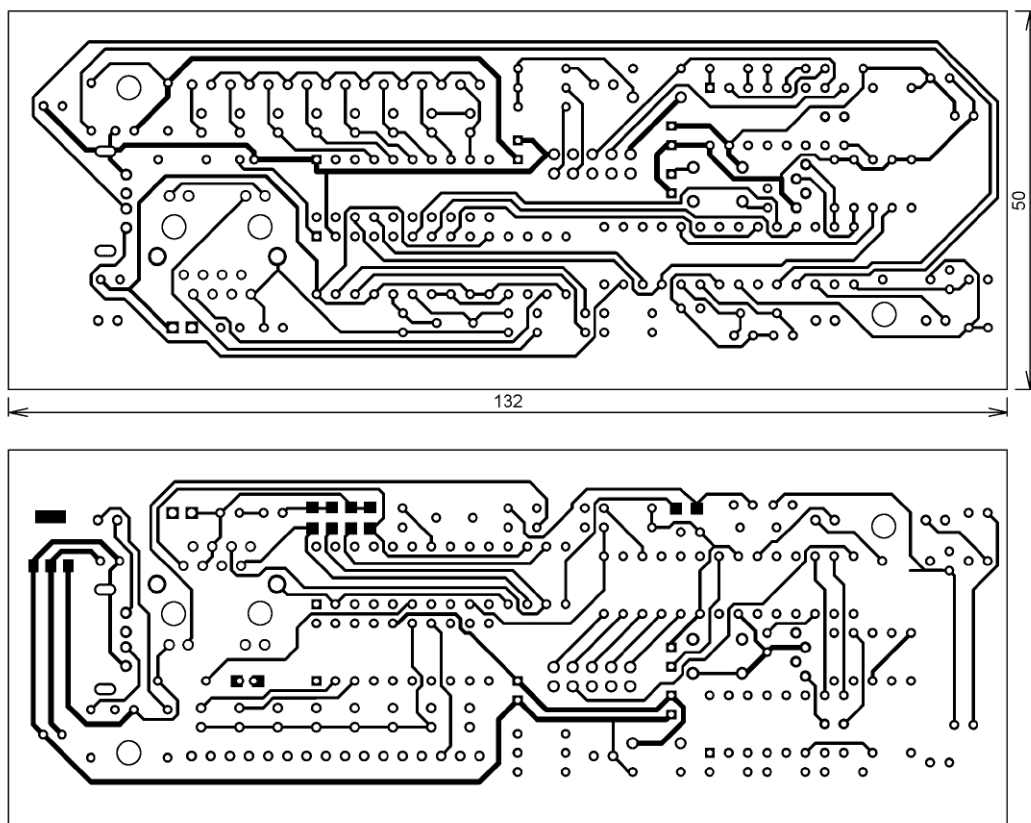


Рис. 2

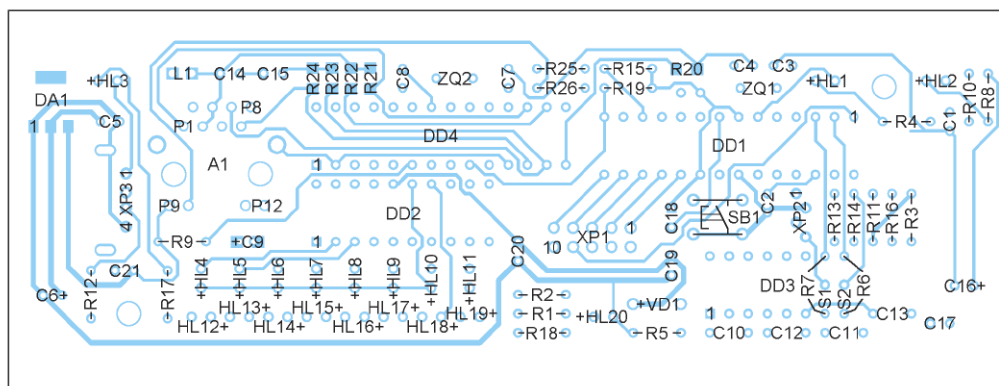


Рис. 3

разъём XP1 — десятиконтактный IDC, например KLS1-202-10-S-B, шлейф с шагом 1,27 мм и стандартный разъём, например KLS1-204-10-B, легко это обеспечивает (рис. 6). Обратите внимание, что на шлейф добавлен разъём IDC-10-M, чтобы облегчить программирование устройства.

При сборке исполнительных плат важно обеспечить, чтобы адреса всех I²C-расширителей были разные. В опубликованных ранее вариантах исполнительных плат использовались микросхемы PCF8574, они бывают с индексом A и без него, такие микросхемы

отличаются адресом, кроме того, у каждой микросхемы есть три адресных входа A0—A2, задающих уникальный номер. К сожалению, опубликованные ранее платы не поддерживали настройку адреса, поэтому, если у вас есть уже готовые платы, придётся немного поработать скальпелем и поставить несколько перемычек. Опубликованные ранее платы имеют по три расширителя, но если хотя бы один оставить в конфигурации "восемь силовых выходов + восемь дискретных входов", можно обойтись двумя, поэтому три контроллера (ведущий и два ведомых) потребуют

восемь различных адресов, что можно легко сделать.

Теоретически можно даже использовать платы блоков реле с управлением по шине I²C, которые есть в формате установки на DIN-рейку, их легко купить на Алиэкспрессе. В следующих номерах журнала планируется опубликовать версии исполнительных плат с питанием от источника постоянного тока и версию с 16 каналами управления, использующую 16-канальные расширители. Управляющая плата универсальна для всех типов исполнительных плат.

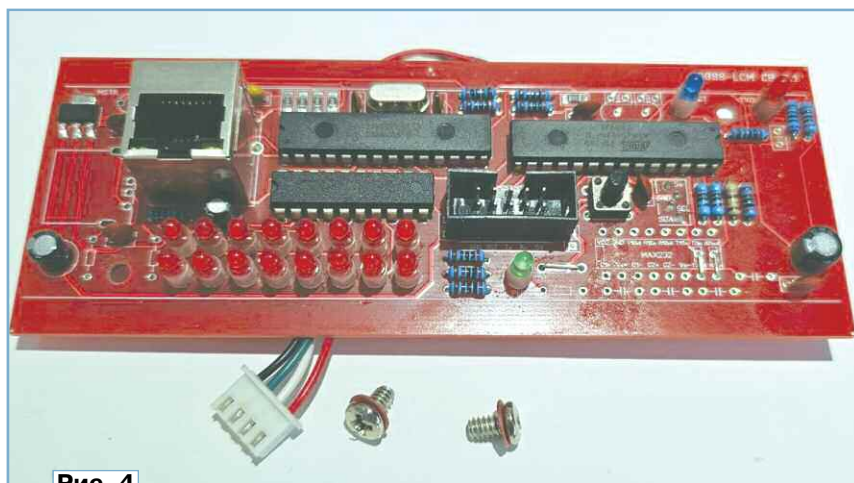


Рис. 4

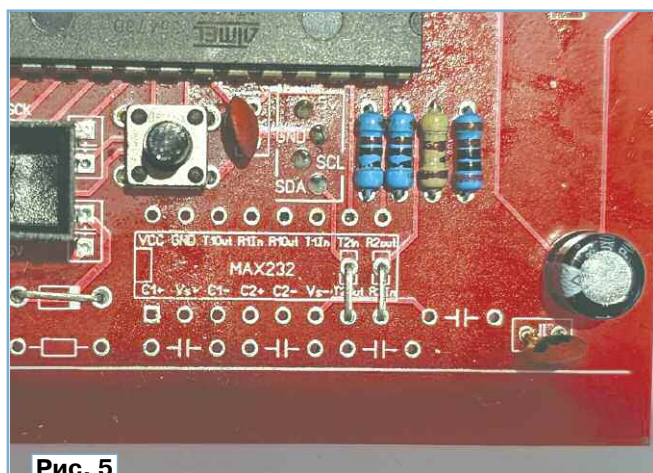


Рис. 5

Схема с тремя контроллерами выбрана исключительно для примера, она не является максимальной конфигурацией, можно, например, сделать сборку из пяти контроллеров, что суммарно даст до 72 каналов (16×4+8) управления устройствами с питанием от сети 230 В. Программное ограничение текущей прошивки — 128 точек управления, т. е. входов, выходов, индикаторных светодиодов, но есть возможность это число увеличить.

Программирование МК осуществляется в два шага: сначала стандартным ISP-программатором (все необходимые линии выведены на разъём XP1) записывают бутлоадер и устанавливают биты настроек (фьюзы), далее через переходник USB-UART загружают основную прошивку. Для этого служит контакт 1 разъёма XP1, который через резистор R11 соединён с входом RxD (линия порта PDI) МК, к этому выводу подключают провод Tx переходника, Rx не используется. Резистор R3 служит для устранения паразитных сигналов на входе RxD МК.

Программирование выполняют специальной программой, работающей в ОС MS Windows, есть версия под КРИСС. Если будет нужна возможность программирования из ОС Linux, напишите запрос в редакцию. Для загрузки прошивки необходимо подать питание

и в течение одной секунды после этого запустить программу прошивки: `m328upl.exe [ComPort] [Mode] [File.bin]`

Значение Mode равно 0 для прошивки и 2 для конфигурации (EEPROM). Процесс сопровождается миганием (по факту не очень ярким) светодиода HL2 (TxD).

Значения фьюз-битов настройки: Ext: 0xFC, High: 0xD6, Low: 0xE2.

В текущей версии прошивки вся функциональность сводится к тому, чтобы обеспечить взаимодействие с расширителями, выполнить команду внешнего сервера и отправить ему сообщение, если изменилось состояние на дискретных входах. Логика работы верхнего уровня, предполагается, будет реализована программными

инструментами компьютера КРИСС СР/М.

Важным этапом является конфигурирование головного контроллера для корректной работы с исполнительными платами. Конфигурация записана в EEPROM и записывается в МК аналогично загрузке основной прошивки. Набор некоторых стандартных конфигураций будет выложен на сайте журнала, для других комбинаций необходимо будет настроить файл конфигурации вручную. Подробная инструкция по настройке EEPROM будет опубликована в продолжении статьи. Прошивку следует записать в МК до загрузки основной прошивки.

Протокол обмена. Библиотека работы с контроллером Ethernet унифицирована с КРИСС, IP и MAC-адреса устройства и сервера (управляющий компьютер) фиксированы (прописаны



Рис. 6

в конфигурации) в текущей прошивке. Протокол обмена — UDP, поддерживается ARP, и контроллер отвечает на PING-запросы. DHCP не поддерживается.

ЛИТЕРАТУРА

1. Решетников И. КРИСС: восьмиразрядный компьютер для широкого спектра задач. — Радио, 2021, № 1—6, 9.
2. Решетников И. КРИСС СР/М — работа с периферийными устройствами. — Радио, 2022, № 1, с. 21—25.
3. Решетников И. КРИСС СР/М — плата версии 3.19. — Радио, 2023, № 4, с. 35—37.

4. Решетников И. КРИСС СР/М — поддержка цвета. — Радио, 2023, № 7, с. 52—58.
5. Решетников И. КРИСС СР/М — формирование видеоконтента. — Радио, 2023, № 11, с. 34—38.
6. Решетников И. КРИСС СР/М с поддержкой цвета — варианты реализации. — Радио, 2023, № 12, с. 30—32.
7. Решетников И. Программируемый логический контроллер для бытовой автоматики. — Радио, 2020, № 11, с. 36—41; № 12, с. 38.

8. Решетников И. Программируемый логический контроллер для бытовой автоматики. — Радио, 2021, № 9, с. 41, 42.

От редакции. Gerber-файлы платы, программа для прошивки и бутлоадер для программирования МК находятся по адресу http://ftp.radio.ru/pub/2024/07/plc_ethernet.zip на нашем ftp-сервере.

(Продолжение следует)

Бортовой подкал для калильной свечи модельного двигателя внутреннего сгорания

О. ИЛЬИН, г. Казань

В двигателях внутреннего сгорания (ДВС) с калильным зажиганием, применяемых в авиа-, авто- и судомоделлизме [1—4], воспламенение топливовоздушной смеси в камере сгорания происходит от установленной на головке цилиндра миниатюрной свечи с накаливаемой спиралью [5, 6]. Во время пуска двигателя к свече подключают посредством быстроразъемного контактного приспособления источник питания, обеспечивающий разогрев спирали свечи током 3...5 А до светло-красного цвета каления. После начала устойчивой работы двигателя источник питания от свечи отключают, спираль же свечи остаётся раскалённой благодаря высокой температуре газов в цилиндре двигателя.

Частоту вращения вала ДВС радиоуправляемых моделей можно регулировать дистанционно посредством установленного на двигателе карбюратора специальной конструкции [3, 7, 8], в котором положение воздушной заслонки во всасывающем патрубке и иглы малого газа в жиклере задаются угловым положением механически сопряжённой с ними качалки сервопривода, управляемого модулированными по длительности импульсами, поступающими на его вход с соответствующего выхода дешифратора радиоприёмника модели.

Для стабильной работы ДВС с калильным зажиганием необходимо, чтобы спираль свечи была разогрета до температуры, обеспечивающей воспламенение топливовоздушной смеси в цилиндре двигателя, однако температура спирали свечи существенно изменяется в зависимости от числа оборотов двигателя. На малых оборотах двигателя, особенно у ДВС с большим

рабочим объёмом цилиндра, температура спирали свечи при продувке цилиндра — процессе заполнения цилиндра свежей топливовоздушной смесью и движении сгоревших газов к выпускным окнам — понижается, условия для воспламенения топливовоздушной смеси ухудшаются, вследствие чего двигатель работает неустойчиво или останавливается.

Одно из решений этой проблемы — дополнительный разогрев спирали калильной свечи находящимся на борту модели источником питания, подключаемым к свече на малых оборотах ДВС специальным устройством, — бортовым подкалом.

Предлагаю свой вариант бортового подкала для калильной свечи модельного ДВС. В отличие от производимых зарубежными фирмами устройств аналогичного назначения [9], он проще в эксплуатации и может быть использован как с импортными калильными свечами [10], для которых напряжение накала спирали равно 1,2...1,5 В, так и с менее дорогостоящими отечественными калильными свечами [3, 5, 6], для которых необходимо напряжение накала спирали, равное 1,5...3 В. Бортовой подкал выполнен на доступной элементной базе, прост в налаживании и стабилен в работе.

Основные технические характеристики

Напряжение питания, В	12
Потребляемый ток, мА, не более	55
Напряжение накала калильной свечи, В	1,2...3
Ток накала калильной свечи, А, не более	5

Функциональная схема бортового подкала для калильной свечи модельного ДВС представлена на рис. 1, где А1, А2 — компараторы напряжения; А3 — усилитель мощности; D1 — логический элемент 2И; ЕК1 — калильная свеча; G1, G2 — формирователи пороговых напряжений; G3 — источник питания калильной свечи; K1 — электромагнитное реле; U1 — интегратор; X1 — контактное приспособление для подключения к калильной свече. На рис. 2 представлены временные диаграммы напряжений в характерных точках этой функциональной схемы (для наглядности масштаб по осям абсцисс и ординат не соблюден).

Бортовой подкал для калильной свечи модельного ДВС работает так. С выхода дешифратора аппаратуры радиоуправления, подключённого к регулирующему обороты ДВС сервоприводу, на вход бортового подкала поступает последовательность прямоугольных импульсов напряжения $U_{вх.1}$, период следования которых равен T , а их длительность Δt изменяется в зависимости от углового положения рукоятки радиопередатчика, которой регулируют число оборотов ДВС. Интегратор U1 преобразует эту последовательность импульсов в пропорциональное их длительности Δt постоянное напряжение $U_{вх.1}$.

Пусть на интервале времени от t_1 до t_5 обороты ДВС регулируют от максимального до минимального значений, а в момент t_5 двигатель останавливают путём перекрытия сервоприводом воздушной заслонки всасывающего патрубка карбюратора.

В момент t_1 напряжение $U_{вх.1}$ на инвертирующем входе компаратора А1 и на неинвертирующем входе компаратора А2 превышает формируемые функ-

циональными узлами G1, G2 соответственно пороговое напряжение $U_{\text{порог.1}}$, подаваемое на неинвертирующий вход компаратора A1, и пороговое напряжение $U_{\text{порог.2}}$, подаваемое на инвертирующий вход компаратора A2. В результате этого на выходе компаратора A1 формируется напряжение $U_{\text{вых. A1}}$ низкого уровня, а на выходе компаратора A2 — напряжение $U_{\text{вых. A2}}$ высокого уровня.

В момент t_2 обороты ДВС снижаются до значения, при котором к калильной свече EK1 необходимо подключить источник питания G3. В этот момент напряжение $U_{\text{вых. U1}}$ на выходе интегратора U1 и соответственно на инверсном входе компаратора A1 становится

калильной свечи EK1 не требуется, отключение источника питания G3 от её спирали происходит в момент превышения напряжением $U_{\text{вых. U1}}$ порогового напряжения $U_{\text{порог.1}}$.

Схема бортового подкала для калильной свечи модельного ДВС представлена на рис. 3. Электронный ключ на транзисторе VT1, резисторы R1—R5 и конденсаторы C3, C4 образуют интегратор (U1 на рис. 1), преобразующий поступающие на его вход модулированные по длительности прямоугольные импульсы напряжения $U_{\text{вх.1}}$ следующие с периодом $T = 20$ мс, в пропорциональное их длительности $\Delta t = 1...2$ мс постоянное на-

жается через резистор R3. При низком уровне напряжения $U_{\text{вх.}}$ транзистор VT1 закрывается, вследствие этого конденсатор C3 разряжается через резистор R4. В результате периодического повторения этих процессов на конденсаторе C3 формируется постоянное напряжение, пропорциональное длительности Δt управляющих импульсов, а следовательно, и числу оборотов ДВС. Пульсации этого напряжения, не превышающие по амплитуде 50 мВ, сглаживает интегрирующая цепь R5C4.

Делитель напряжения R7R9R11 и фильтрующий конденсатор C6 — формирователь порогового напряжения $U_{\text{порог.1}}$ (G1 на рис. 1), а делитель напряжения R8R10R12 и фильтрующий конденсатор C7 — формирователь порогового напряжения $U_{\text{порог.2}}$ (G2 на рис. 1).

Элементы DA2.1 и DA2.2 — компараторы напряжения (A1, A2 на рис. 1) с открытым коллектором. Подключение выходов этих компараторов к общему нагрузочному резистору R13 реализует операцию логического умножения, которую на рис. 1 выполняет логический элемент D1.

Электронный ключ на транзисторе VT2, задающие ток его базы резисторы R14, R17 и конденсатор C8 образуют усилитель мощности (A3 на рис. 1), нагрузкой которого служит

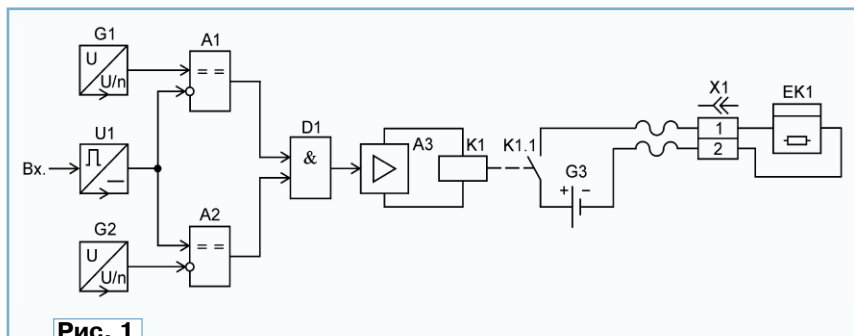


Рис. 1

меньше порогового напряжения $U_{\text{порог.1}}$, в результате чего на выходе компаратора A1 формируется напряжение $U_{\text{вых. A1}}$ высокого уровня.

Напряжения $U_{\text{вых. A1}}$, $U_{\text{вых. A2}}$ поступают на соответствующие входы логического элемента D1. Поскольку в момент t_2 на обоих входах логического элемента D1 присутствуют напряжения высокого уровня, на его выходе формируется напряжение $U_{\text{вых. D1}}$ также высокого уровня.

Это напряжение поступает на вход усилителя мощности A3, нагрузкой которого служит реле K1. Реле срабатывает, его контакты K1.1 замыкаются и в момент t_2 подключают к калильной свече EK1 накаливающий её спираль источник питания G3.

В момент t_3 воздушная заслонка карбюратора полностью перекрывает всасывающий патрубок, и двигатель останавливается. В этот момент напряжение $U_{\text{вых. U1}}$ на выходе интегратора U1 и соответственно на прямом входе компаратора A2 становится меньше порогового напряжения $U_{\text{порог.2}}$, в результате чего на выходе компаратора A2 формируется напряжение $U_{\text{вых. A2}}$ низкого уровня, которое подаётся на вход логического элемента D1, вследствие чего на его выходе формируется напряжение $U_{\text{вых. D1}}$ низкого уровня.

Это напряжение поступает на вход усилителя мощности A3, при этом реле K1 обесточивается, его контакты K1.1 размыкаются и отключают от калильной свечи EK1 источник питания G3.

Если после подключения источника питания G3 к калильной свече EK1 двигатель по команде, поступившей на сервопривод, увеличивает обороты и они достигают значения, при котором дополнительный разогрев спирали

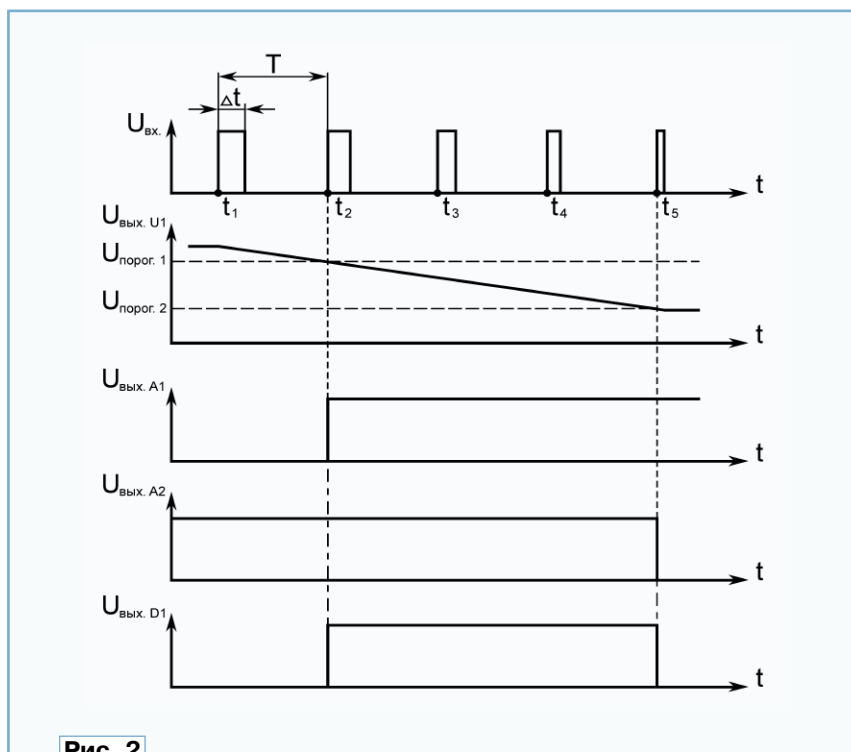


Рис. 2

пряжение $U_{\text{вых. U1}} = 0,95...1,53$ В. Резистор R1 ограничивает ток базы транзистора VT1, резистор R2 обеспечивает закрытое состояние транзистора VT1 при отсутствии сигнала на входе интегратора.

Когда на вход интегратора поступают импульсы напряжения $U_{\text{вх.}}$ высокого уровня, транзистор VT1 открывается, в результате чего конденсатор C3 заря-

реле K1. Интегрирующая цепь R14C8 исключает возможность многократного переключения транзистора VT2 в момент формирования компараторами DA2.1, DA2.2 перепадов напряжения.

Диод VD1 защищает транзистор VT2 от пробоя импульсами напряжения самоиндукции обмотки реле K1. Токоограничивающий резистор R15 и све-

диод HL2 образуют узел индикации (на рис. 1 не показан), оповещающий свечением светодиода HL2 о срабатывании реле K1. Когда реле K1 срабатывает, его замыкающие контакты 1, 3 подключают к калильной свече EK1 накаливающий её спираль источник питания — аккумулятор G1 (G3 на рис. 1). Плавкая вставка FU1 защищает калильную свечу EK1 от перегрузки по току.

Монтаж бортового подкала выполнен навесным способом на макетной плате. От неё к калильной свече идёт пара гибких изолированных медных подводящих проводов сечением $0,5 \text{ мм}^2$ длиной 100...150 мм, оканчивающихся быстротсъемным контактным приспособлением.

В бортовом подкале применены оксидные алюминиевые конденсаторы K50-35 и керамические конденсато-

Налаживание бортового подкала заключается в установке подстроечными резисторами R9, R10 пороговых напряжений $U_{\text{порог } 1}$, $U_{\text{порог } 2}$ компараторов DA2.1, DA2.2. В авторском экземпляре бортового подкала $U_{\text{порог } 1} = 1,2 \text{ В}$, $U_{\text{порог } 2} = 1 \text{ В}$, при этих значениях пороговых напряжений подключение к калильной свече EK1 накаливающего её спирали аккумулятора G1 происходит, когда длительность Δt управляющих импульсов напряжения

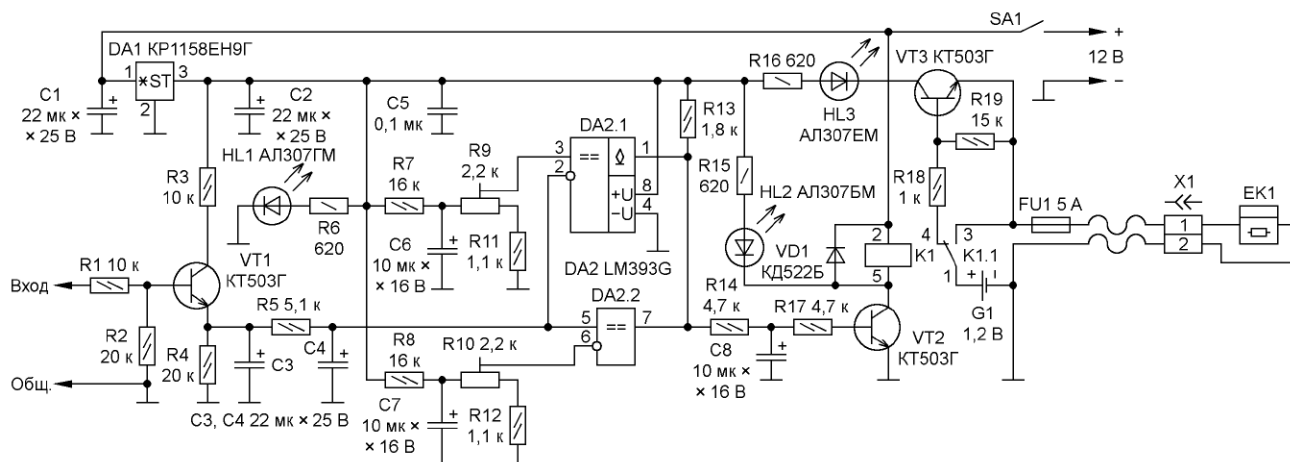


Рис. 3

Электронный ключ на транзисторе VT3, светодиод HL3 и резисторы R16, R18, R19 образуют узел индикации (на рис. 1 не показан), оповещающий свечением светодиода HL3 об отсутствии обрыва в цепи накала калильной свечи EK1.

Когда замкнуты контакты 1 и 4 реле K1, к эмиттерному переходу транзистора VT3 через делитель напряжения R18/R19, плавкую вставку FU1, подводящие провода, контактное приспособление X1, спираль калильной свечи EK1 подключается аккумулятор G1, при этом транзистор VT3 открывается и подключает через токоограничивающий резистор R16 к источнику напряжения +9 В светодиод HL3, что вызывает его свечение. При наличии обрыва в цепи накала калильной свечи EK1 размыкается и цепь протекания тока через светодиод HL3, поэтому он не светит.

При срабатывании реле K1 и подключении его замкнутыми контактами 1, 3 к калильной свече EK1 аккумулятора G1 напряжение между соединёнными через резистор R19 базой и эмиттером транзистора VT3 становится равным нулю, в результате чего транзистор VT3 закрывается, а светодиод HL3 гаснет.

Микросхема DA1 и фильтрующие конденсаторы C1, C2, C5 образуют источник стабилизированного напряжения +9 В, которым питаются функциональные узлы бортового подкала. Резистор R6 ограничивает ток через светодиод HL1, который при замыкании контактов выключателя SA1 информирует о подключении к бортовому подкалу напряжения питания +12 В.

ры K10-17-1а, вместо которых можно использовать импортные аналоги. Постоянные резисторы — C2-33, возможная замена — C2-23, МЛТ, ОМЛТ. Подстроечные резисторы — многооборотные импортные, вместо них можно использовать отечественные РП1-48, СПЗ-39 или другие подходящие. Импортное электромагнитное реле HJR-3FF-12VDC-S-Z допустимо заменить другим подобным, например, TRA1L-12VDC-S-Z с учётом различия в габаритных размерах и назначении выводов.

Диод КД522Б заменим диодом этой же серии или других серий, например КД512, КД521. Светодиоды серии АЛ307 заменимы другими, подходящими по цвету и яркости свечения. Транзисторы КТ503Г допустимо заменить транзисторами этой же серии или любыми другими подходящими п-р-п транзисторами.

Импортный двоемный компаратор напряжения LM393G заменим отечественным аналогом КР1040СА1. Интегральный стабилизатор напряжения КР1158ЕН9Г можно заменить другим этой же серии с номинальным выходным напряжением +9 В. Выключатель питания и плавкая вставка — любые подходящие.

Источник питания калильной свечи — NiMH аккумулятор Turnigy LSD AA 1,2В 2550 mAh. Допустимо использовать и другие аккумуляторы, подходящие по электрическим характеристикам. Если для накаливания спирали калильной свечи требуется более высокое напряжение, аккумуляторы соединяют последовательно в батарею.

$U_{\text{вх}}$ находится в интервале 1,1...1,4 мс, что соответствует отклонению от начального положения регулирующей число оборотов ДВС рукоятки управления радиопередатчика приблизительно на 5...30 % от её максимального расхода, когда число оборотов ДВС наибольшее.

ЛИТЕРАТУРА

1. Филиппычев А. В. Поршневые моторы летающих моделей. — М.: Оборонгиз, 1951, с. 36, 37.
2. Гаевский Ю. К. Авиамодельные двигатели. — М.: ДОСААФ, 1958, с. 7—14, 145—149, 181—184.
3. Зуев В. П., Камышев Н. И., Качурин М. Б., Голубев Ю. А. Модельные двигатели. — М.: Просвещение, 1973, с. 10—12, 43—51, 117—120, 122—130.
4. Калина И. Двигатели для спортивного моделизма / Пер. с чешск. С. И. Грачева. — М.: ДОСААФ, 1983, с. 86—90.
5. Камышев Н., Качурин М. Калильные свечи для микродвигателей. — Моделист-конструктор, 1966, № 6, с. 40—42.
6. Пальянов В., Огарков Р. Калильные свечи. — Моделист-конструктор, 1971, № 3, с. 38, 39; № 4, с. 28.
7. Потапов В. Н., Хухра Ю. С. Пилотажные радиоуправляемые модели самолётов. — М.: ДОСААФ, 1965, с. 41—43.
8. Климченко В. "Малый газ" для "Ритма". — Моделист-конструктор, 1974, № 7, с. 34, 35.
9. Бортовые накалы свечи. — URL: <https://www.globalhobby.ru/category/electronics/glow-plug-driver/> (06.04.24).
10. Свечи накаливания для радиоуправляемых моделей. — URL: <https://hobbycenter.ru/svechi/> (06.04.24).

Приставка к мультиметру для измерения температуры

С. СЕМИХАТСКИЙ, г. Ейск Краснодарского края

Многие цифровые мультиметры, находящиеся в эксплуатации у радиолюбителей, имеют режим измерения температуры, в большинстве из них в качестве датчика температуры используется термопара. Поэтому измерение температуры проводится с существенной погрешностью. Приставка к мультиметру, описание которой приводится далее, была специально раз-

работана для применения в двух конкретных случаях — дистанционное измерение и контроль температуры в инкубаторе при аварийном отключении питающей сети 230 В и измерение температуры корпусов мощных транзисторов и теплоотводов, на которых они установлены, в УМЗЧ, блоках питания, а также в другой силовой электронике. Но, конечно, она может использоваться и в других случаях, где необходим точный контроль температуры. Основная абсолютная погрешность измерения температуры не превышает $\pm 0,6^\circ\text{C}$, а дискретность отсчёта — $0,1^\circ\text{C}$. Интервал измеряемых температур определяется параметрами применённого датчика температуры. В авторском варианте этот интервал — от -60°C до $+150^\circ\text{C}$.

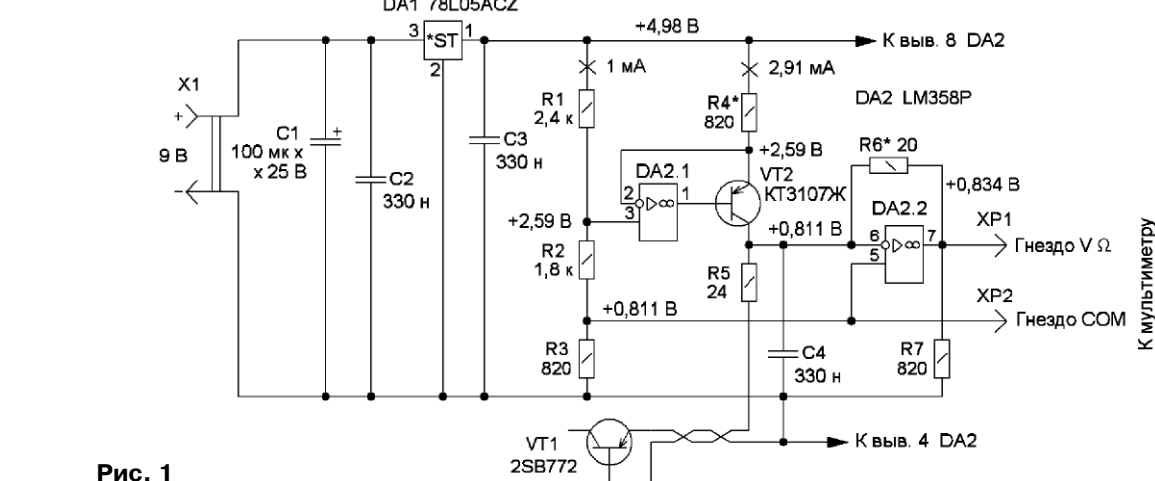


Рис. 1

Схема приставки показана на рис. 1. Для получения точных результатов измерения при воздействии различных дестабилизирующих факторов все узлы приставки питаются стабилизированным напряжением +5 В, которое обеспечивает стабилизатор на микросхеме DA1. Делитель напряжения на резисторах R1—R3 формирует образцовые напряжения и

20 мА [1], а это даёт возможность изменять в цепи обратной связи низкоомные резисторы.

Стабилизатор тока на ОУ DA2.1 и транзисторе VT2 задаёт постоянный ток около 3 мА для датчика температуры на транзисторе VT1. Для уменьшения дополнительных погрешностей на месте транзистора VT2 выбран транзистор серии КТ3107, обладающий большим $h_{21э}$ (в авторском варианте $h_{21э} = 210$) и малыми обратными токами $I_{к60} = 0,1 \text{ мкА}$, $I_{э60} = 0,1 \text{ мкА}$ [2]. Ток 3 мА выбран по двум причинам. Во-первых, это позволяет в измерительных цепях применить низкоомные резисторы, что очень важно при удалённом измерении температуры (меньше уровень паразитных наводок из-за того, что выходное сопротивление датчика температуры на транзисторе VT1 вместе с длинной линией фактически равно сопротивлению R5). Во-вторых, у выбранного в качестве датчика температуры транзистора 2SB772 удобный пластиковый корпус КТ-27/SOT-32/TO-126 и простота крепления к исследуемому объекту измерения, а обратный ток перехода эмиттер—база при токе коллектора, равном нулю, не превышает 10 мкА.

При этом ток стабилизатора в 300 раз больше [3]. Но у такого датчика есть и недостаток — относительно большие размеры и масса, вследствие чего он обладает некоторой тепловой инерционностью. Конденсатор C4 — помехоподавляющий, устраняет наводки на линию, соединяющую датчик с платой устройства. Резистор R7 является нагрузкой для ОУ DA2.2 и обеспечивает стабильную работу выходного каскада, поэтому не возникает проблем при калибровке устройства при 0°C и при измерении отрицательных температур.

Приставку можно питать от батареи 6F22 ("Крона-ВЦ", "Корунд") напряжением 9 В. Потребляемый ток — 10 мА. Учитывая, что интервал входных напряжений микросхемы 78L05ACZ от 7 В до 30 В [4], то можно применить различные сетевые блоки питания с выходным напряжением 20 В (с учётом номинального напряжения конденсатора C1), в

том числе и нестабилизированные. В авторском варианте использован блок питания ПУ-1М. В качестве измерительного устройства использован цифровой мультиметр DT9208A в режиме измерения напряжения на пределе 200 мВ, который и определяет основную погрешность. Его входное сопротивление равно 10 МОм, что также не вносит дополнительной погрешности в результат измерений. Постоянные напряжения, указанные на схеме, измерены мультиметром DT9208A при температуре окружающей среды $22,9^\circ\text{C}$.

Большинство деталей устройства установлены на печатной плате из фольгированного с двух сторон стеклотекстолита толщиной 1,5 мм, чертёж которой приведён на рис. 2. Монтаж выполнен на обеих сторонах платы (рис. 3, рис. 4). Сверлят всего 11 отверстий, остальное — контактные площадки. Применены резисторы — МЛТ, С2-23 с допуском $\pm 5\%$; оксидный конденсатор — К50-35 или аналогичный импортный; остальные конденсаторы — К73-17, К10-17 либо аналогичные импортные, малогабаритные. Микросхему 78L05ACZ можно заменить отечественной микросхемой КР1181ЕН5А или ана-

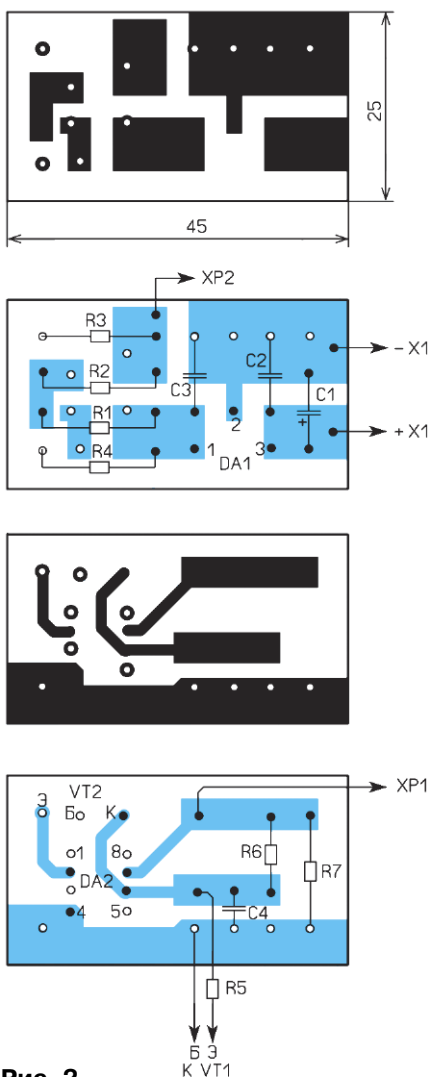


Рис. 2

логичными, но следует обратить внимание на возможные различия в цоколёвках. Микросхему LM358Р можно заменить отечественными аналогами КР1040УД1, КР1401УД5. Вместо транзистора КТ3107Ж можно применить его импортный аналог — BC557. Для соединения приставки с мультиметром

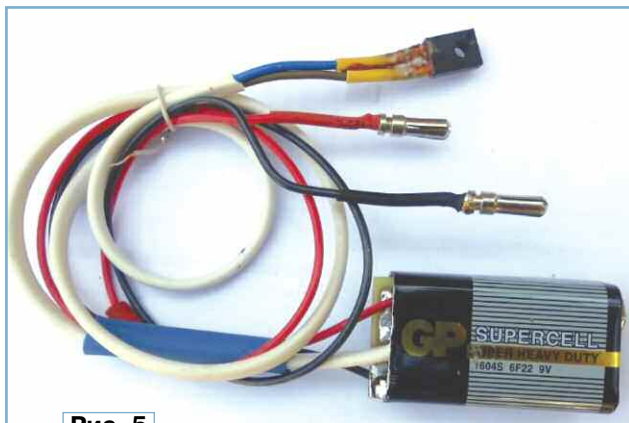


Рис. 5

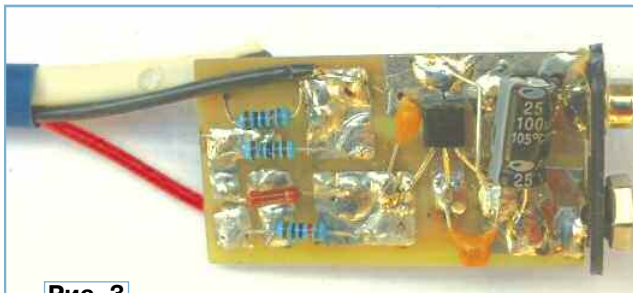


Рис. 3

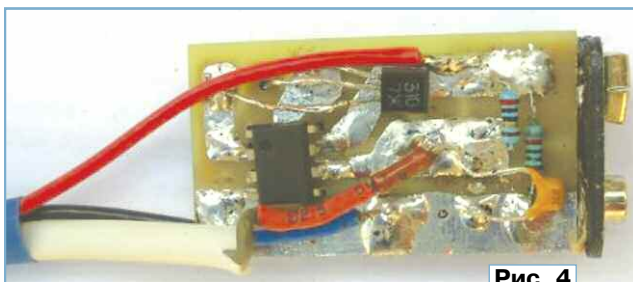


Рис. 4

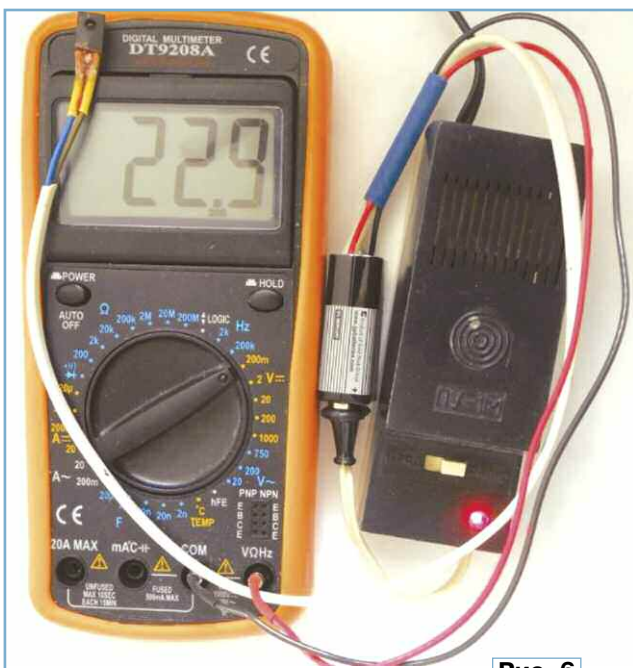


Рис. 6

использованы штыри от вышедших из строя щупов. Практически все радио-детали устанавливаются параллельно печатной плате из-за малого объема корпуса приставки, выполненного из вышедшего из строя элемента питания "Крона-ВЦ" (рис. 5). В первую очередь устанавливают микросхему DA2, затем DA1. В последнюю очередь — соединительную колодку X1 и конденсатор C1.

Вид готовой приставки вместе с мультиметром показан на рис. 6.

Калибровка приставки производится с использованием воды, поэтому выводы датчика температуры (транзистора VT1) тщательно изолируют любым водостойким клеем. Более подробно процесс калибровки таким способом приведён в [5]. Подборкой резистора R4 устанавливают нулевые показания мультиметра, а подборкой резистора R6 — показания 100,0 мВ при закипании воды. Поскольку в авторском варианте приставка применяется для дистанционного контроля температуры, для соединения датчика с приставкой использовался электрический провод ШВВП 2×0,5 длиной 15 м. Сопротивление одного погонного метра этого провода — 0,035 Ома, отрезка длиной 15 м — 0,525 Ом, а двух жил, которые соединяются последовательно с датчиком температуры, — 1,05 Ома. А это сопротивление уже будет вносить заметную дополнительную погрешность в результат измерений. Поэтому калибровка производится вместе с проводом, к которому подключён транзистор VT1.

ЛИТЕРАТУРА

1. <https://www.st.com/resource/en/datasheet/lm158.pdf>.
2. Транзисторы серии КТ3107. Справочный листок. — Радио, 1980, № 8, с. 59, 60.
3. <https://www.st.com/resource/en/datasheet/cd00062866.pdf>.
4. <https://www.st.com/resource/en/datasheet/i781.pdf>.
5. Семихатский С. Приставка-термометр к цифровому мультиметру. — Радио, 2010, № 4, с. 51, 52.

От редакции. Чертёж печатной платы находится по адресу <http://ftp.radio.ru/pub/2024/07/termo.zip> на нашем FTP-сервере.

РАДИО

E-mail: mail@radio.ru

о связи

ЖУРНАЛ В ЖУРНАЛЕ



Мемориал А. С. Попова 2024 —

ИТОГИ

В этом году мы получили 159 отчётов, на 47 отчётов меньше, чем в прошлом году. Таким образом, можно считать, что в соревнованиях в личном и командном зачётах приняли участие чуть менее 200 спортсменов.

В группе MIXED на первом месте — Сергей Карabut (R7AW), ст-ца Выселки Краснодарского края. На второе место, как и в прошлом году, вышел Сергей Сиберт (RN9N) из г. Омска, а на третье — Николай Орехов (RL4A), с. Каменный Брод Волгоградской обл. В прошлом году он был победителем в этой группе.

В группе участников, работавших телеграфом, лучшим, как в прошлом и в позапрошлом годах, стал Анатолий Медов (R3EC), д. Жуковка Орловской обл. Второе место занял Александр Волобуев (RK3ER) из г. Орла. Третьим в этой группе был Сергей Сергеев (R7MM), г. Таганрог Ростовской обл.

У тех, кто работал SSB, победил Александр Чуркин (RM4HZ), с. Новый Буй Самарской обл. Второе место в этой группе занял Сергей Куку (UA1ORK), г. Коряжма Архангельской обл. В прошлогодних соревнованиях он был победителем в этой группе. На третьем месте — Владимир Жуков (R4FCJ), г. Кузнецк Пензенской обл.

Среди радиостанций с несколькими операторами лучшей была команда радиостанции ДОСААФ RC9J, г. Радужный Ханты-Мансийский АО—Югра. В неё входили Алексей Зотов (R9JR) и Денис Рукинов (UA8J). Второе место — у команды радиостанции R0AK МБУ ДО "Центр творчества и развития "Планета талантов" из г. Ачинска Краснояр-



Рабочее место RC9J.

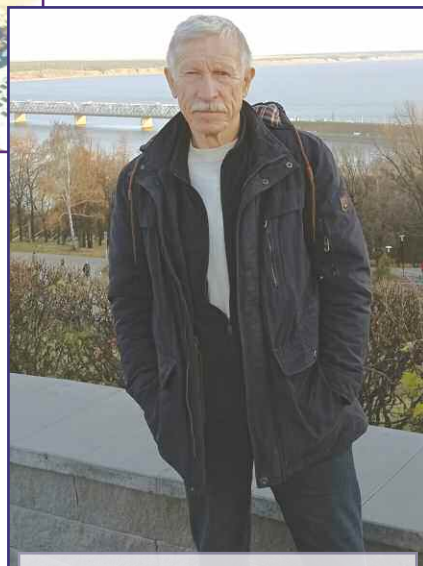
ского края, в составе которой участвовали Фёдор Брызгин и Алексей Клундук. Третье место заняла команда радиостанции R3VR, г. Александров Владимирской обл., в состав которой входили Владимир Блинков, Сергей Павлов, Виталий Порохня и Павел Тихонов.

Команда коллективной радиостанции R0AK МБУ ДО "Центр творчества и развития "Планета талантов" из г. Ачинска Красноярского края, как и в прошлом году, была лучшей в молодёжной группе коллективных радиостанций. В составе этой команды участвовали Фёдор Брызгин и Алексей Клундук. Тренирует команду Александр Иванович Смахтин (R0AA). На втором месте в этой группе — команда радиостанции RK4W Дворца детского (юношеского)

творчества г. Ижевска, в составе которой были Сергей Коробко, Тимофей Гореев, Александра Дерюгина и Александра Дерюшева. Тренер команды — Павел Анатольевич Коробко (R4WX). Третье место заняла команда радиостанции EW2ZC, г. Слуцк Минской обл., Беларусь. В неё входили Илья Лях, Никита Майнулов и Александр Григорьев.

В группе музейных участвовали две радиостанции. Лучший результат показала радиостанция музей-квартиры А. С. Попова RK1B из г. Санкт-Петербурга. Второе место заняла радиостанция R9DMP Мемориального музея А. С. Попова, г. Красноуральск Свердловской обл.

В этих соревнованиях участвовали пять наблюдателей. На первое



Александр Чуркин (RM4HZ) — победитель в группе SINGLE-OP SSB.

место вышел Борис Иванов (RA3XEV_SWL) из г. Обнинска Калужской обл. На втором месте — Юрий Сапожников (R3D-204), г. Дмитров Московской обл. Третье место, как и в прошлогодних соревнованиях, занял Евгений Пашанин (UA3123SWL), г. Арзамас Нижегородской обл.

В этом году в мемориале были представлены все федеральные округа страны. Лучшие результаты по федеральным округам среди радиостанций с одним оператором (группа MIXED) и с несколькими операторами показали:

— RA1M и R1ZM (Северо-Западный федеральный округ);

— RA3DSV и R3VR (Центральный федеральный округ);

— R7AW и UR6GZL (Южный федеральный округ);

— RN9N и R0AK (Сибирский федеральный округ);

— RC9A и RC9J (Уральский федеральный округ);

— RA9SF и RK4W (Приволжский федеральный округ);

— UA6HLN (Северо-Кавказский федеральный округ);

— R0JD (Дальневосточный федеральный округ).

У иностранных участников этих соревнований лучшими оказались EW2R и

коллектив EW2ZC.

Российские радиостанции, показавшие лучшие результаты по федеральным округам страны, и лучшие среди иностранных радиостанций будут отмечены памятными плакетками Минкомсвязи РФ и ФГУП "ГРЧЦ".

В таблице приведены итоги всех участников (место, позывной, число заявленных связей, заявленный результат, число подтвержденных связей, окончательный результат), кроме того, итоги размещены по адресу http://www.radio.ru/cq/contest/result/popov_mem_2024_tab_site.pdf на нашем сайте.

SINGLE-OP MIXED

1	R7AW	347	15087	334	14783
2	RN9N	317	14467	310	14230
3	RL4A	280	12021	273	11868
4	RC9A	243	10991	235	10658
5	RA9SF	184	8153	182	8067
6	R4ACY	178	8274	170	7976
7	UA6HLN	181	7562	171	7526
8	RV9CVA	145	6211	142	6108
9	UA9CU	134	6044	129	5852
10	RA1M	126	5607	122	5564
11	RL3T	128	5258	123	5238
12	UA6GO	113	5133	110	5027
13	RK6FA	122	5793	109	4829
14	RA7R	108	4694	108	4694
15	EW2R	103	4263	103	4263
16	RN4SC	97	4240	95	4161
17	R1QE	99	4147	98	4091
18	RA3DSV	101	3870	100	3822
19	R9AB	79	3550	76	3431
20	R2BP	83	3233	79	3085
21	RA3Y	63	2660	56	2424
22	R0JD	62	2448	57	2405
23	RL2H	61	2492	51	2229
24	UA9SMU	50	2183	50	2183
25	RA4CCK	47	1902	45	1854
26	RT2P	42	1794	42	1794
27	RK0SC	43	1701	34	1353
28	RA3VE	24	980	22	957
29	UA3DSN	14	555	13	521
30	OK2JF	4	174	3	130

SINGLE-OP CW

1	R3EC	261	11812	257	11704
2	RK3ER	236	10098	231	10047
3	R7MM	205	9318	202	9209
4	RA3AN	214	9119	208	9031
5	UA3QGT	184	8525	180	8426
6	UA6Y	181	8430	176	8281
7	R7TW	178	8144	175	8004
8	R9OK	167	7857	166	7803
9	UD8A	147	6964	145	6887
10	OK4RQ	157	7253	149	6859
11	RN4SS	162	6825	150	6722
12	RA9JM	154	6618	144	6412
13	RW3AI	144	6500	141	6325
14	R8XF/P	146	6467	139	6263
15	YL2TD	139	6324	137	6251
16	RN4HAB	157	6637	139	6076
17	RN9RF	129	5911	123	5766
18	OK1VK	125	5769	123	5697
19	RD1T	125	5636	124	5599
20	RA4Y	125	5304	122	5280
21	RX7T	116	5343	114	5234
22	R7AT	115	5067	114	5062
23	R3LA	111	4991	110	4991
24	RC0CD	121	4986	110	4797
25	RN4AO	105	4672	104	4626
26	UA4FCO	101	4673	99	4571
27	RA4CL	99	4437	98	4385

28	EW8OM	99	4523	95	4364
29	EW8G	98	4174	99	4342
30	R9XS	100	4471	96	4186
31	R8WO	93	4309	90	4146
32	RORG	94	4049	91	3962
33	RA3NC	91	4107	87	3903
34	UA3YFL	88	3956	87	3901
35	RA4NCC	76	3480	76	3480
36	UG4A	72	3139	72	3139
37	UT8MZ	76	3546	70	3121
38	R8MB/1	65	2929	65	2929
39	RL9U	58	2777	57	2733
40	RA9DZ	55	2592	55	2592
41	I1RJP	58	2548	58	2548
42	UN7CAW	61	2685	58	2542
43	LZ2MP	55	2494	53	2396
44	UA4FDL	50	2316	50	2316
45	RA3TT	50	2218	49	2180
46	R1ND	54	2464	46	2160
47	RV3ZN	50	2153	48	2076
48	R9QQ	50	2122	49	2075
49	UA4LCC	49	2072	48	2072
50	UA3RFT	49	1935	48	1929
51	R2HL	49	2121	45	1929
52	R4BZ	45	2199	42	1909
53	RA1AGJ	43	1921	42	1869
54	R4WAE	43	1816	42	1780
55	R3RU	21	1604	20	1552
56	UA4AQL	37	1581	35	1521
57	RD3FT	37	1555	36	1505
58	RA9AMC	33	1469	32	1447
59	UN8PT	30	1275	29	1232
60	RA3BQ	26	1190	24	1112
61	UA4LKU	25	1059	24	1034
62	RL3F	28	1194	24	1016
63	R1LB	21	988	21	988
64	UA3SDN	24	943	23	943
65	RA3AL	21	857	21	857
66	UK8IQ	20	884	16	762
67	UA0SBQ	20	849	17	703
68	RA3WUG	17	718	15	651
69	RA3XCZ	13	611	12	559
70	LZ2PEP	9	394	9	394
71	RNOCW	9	432	8	381
72	UA0LDY	5	272	5	272
73	RA3AGF	5	200	5	200
74	R8QAT	7	279	3	136

SINGLE-OP SSB

1	RM4HZ	132	5110	124	4766
2	UA1ORK	123	4567	120	4513
3	R4FCJ	107	4041	100	3850
4	RU8W	91	3679	90	3632
5	RT1S	93	3624	92	3619
6	R8QAU	89	3497	87	3485
7	UA9URI	80	3366	80	3366
8	RD8B	86	3461	83	3309
9	R5AP	79	3091	77	3040
10	R3AAA	81	3022	78	3011
11	RT7Y	76	3003	76	3003

12	RK3E	74	2908	71	2867
13	R9YAY	67	2792	64	2712
14	UA4FDK	68	2667	67	2662
15	R0AH	70	2657	70	2657
16	RW3YB	55	2493	55	2493
17	R5EJ	55	2266	53	2220
18	RYOA	58	2253	57	2088
19	R2EL	50	1879	47	1875
20	EU2DL	52	1834	49	1782
21	RW9UET	37	2510	35	1500
22	RT9YT	37	1485	37	1485
23	SQ8MK	30	1249	28	1156
24	R0SCZ	32	1145	32	1145
25	UA3OO	33	1189	31	1127
26	UA1ABJ	25	1087	25	1087
27	ES1AMI	14	722	13	709
28	R03F	12	511	12	511
29	UB4FFB	13	391	11	345
30	R1BLV	7	295	7	295
31	R2BOE	8	256	8	256
32	UB0JBY	2	88	1	32

MULTI-OP

1	RC9J	278	12669	273	12618
2	R0AK	257	11127	243	10898
3	R3VR	210	9095	190	7816
4	RK4W	171	7510	169	7302
5	R1ZM	146	6612	143	6469
6	EW2ZC	150	6207	141	5945
7	RM3X	124	5214	122	5120
8	UR6GZL	106	4258	104	4150
9	RL9M	100	4085	100	4085
10	RA8T	67	2820	66	2764
11	RZ1AWD	62	2334	47	1921
12	RC9FC	48	1764	42	1541
13	RY1QWX	50	1772	42	1390
14	UB3T	32	1044	31	1044

MULTI-OP JUNIOR

1	R0AK	257	11127	243	10898
2	RK4W	171	7510	169	7302
3	EW2ZC	150	6207	141	5945
4	RM3X	124	5214	122	5120
5	UR6GZL	106	4258	104	4150
6	RC9FC	48	1764	42	1541
7	UB3T	32	1044	31	1044

POPOV MUSEUM

1	RK1B	110	4619	99	4334
2	R9DMP	112	4292	107	4224

CHECKLOG

1	R5QQ
2	SM2FIJ

SWL

1	RA3XEV_SWL	1345812	126	5475	
2	R3D-204	122	5442	109	4809
3	UA3123SWL	123	5490	100	4595
4	R4F-85	21	705	15	506
5	R0L-045	6	230	6	230

Коллективная радиостанция RA9MF МБОУ "Павлоградская гимназия им. В. М. Тытаря"

Александр ЩЕРБИНА (R8ME), рп Павлоградка Омской обл.

В августе 2023 г. при поддержке Главы Павлоградского муниципального района Омской обл. А. В. Сухоносова, председателя комитета образования Г. А. Петровой, директора МБОУ "Павлоградская гимназия

образования "Точка роста", но со своим отдельным помещением.

Для возможности работы в эфире открыта коллективная радиостанция первой категории RA9MF. Школьники, имеющие навыки и опыт работы в эфире

R9M-037, Мария Калинина — R9M-038, Илья Цибориус — R9M-039, Артём Махно — R9M-040, Елена Мирошниченко — R9M-041, Валерия Богомолова — R9M-042, Салия Базарова — R9M-043.



У радиостанции Аблайхан Базаров.

В гостях на радиостанции из соседнего Одесского района. Олег Геннадьевич Поветин (RS9MG) вместе с Марией Калининой и Аблайханом Базаровым во время работы специальным позывным.



Валерия Богомолова (R9M-042), Елена Мирошниченко (R9M-041), Салия Базарова (R9M-043) — 9А класс в эфире.



Четвероклассник Лев Шкель (R9M-032) и пятиклассник Александр Калинин (R9M-035) — самые увлечённые радисты, охотники за дипломами.

им. В. М. Тытаря" В. И. Попруги был создан радиоклуб. Цели и задачи определены как развитие технической направленности в сфере дополнительного образования в области радио, электроники и компьютерных технологий. Радиоклуб вошёл в состав центра

ре, получили позывные наблюдателей: Вячеслав Саюн — R9M-030, Иван Лысенко — R9M-031, Лев Шкель — R9M-032, Максим Щербина — R9M-033, Илья Евтушенко — R9M-034, Александр Калинин — R9M-035, Аблайхан Базаров —

В связи со столетием со дня рождения Героя Советского Союза Владимира Марковича Тытаря, имя которого носит гимназия, подана заявка на участие в мемориале "Победа-79".



Ребята из Логиновской школы (сетевое взаимодействие) осваивают навыки пайки и монтажа.



Самый юный оператор Лев Шкель (4-й класс) уверенно проводит QSO и ведёт аппаратный журнал.



Групповой снимок 7 мая 2024 г., операторы RA9MF: сидят — Артём Махно (R9M-040), Аблайхан Базаров (R9M-037), Илья Цибориус (R9M-039), руководитель коллективной радиостанции RA9MF Александр Григорьевич Щербина (R8ME), Максим Щербина (R9M-033); стоят — Лев Шкель (R9M-032), Мария Калинина (R9M-038), Валерия Богомолова (R9M-042), Елена Мирошниченко (R9M-041), Салия Базарова (R9M-043).

Получен специальный позывной RP79TVM.

Было проведено более 2300 связей. Имя нашего героя-земляка, выпускника нашей школы, с честью представили операторы-школьники — молодое поколение. В планах на будущее — улучшение технической базы и антенного хозяйства радиостанции, участие в соревнованиях и, конечно, в будущем мемориале "Победа-80".

Направления работы радиоклуба: радиосвязь, радиоконструирование, аппаратное обеспечение компьютерных технологий.

Как всегда, наше радиолюбительское сообщество не осталось в стороне от нашего начинания. Хочу выразить большую признательность и благодарность коллегам за поддержку как в техническом, так и методическом плане, персонально — Геннадию Колмакову (UA9MA), Виталию Мартынычеву (UA9MKW), Дмитрию Сафарову (R9MK), Владимиру Кучеренко (R9MO).



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

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



+7 (495) 775-43-19



radial@radial.ru



www.radial.ru

Активная роль начальника Крымского радиоклуба М. К. Зозули в радиолобительском движении Крыма

Леонид ПУЗАНКОВ (R7KA), г. Симферополь, Крым

Крымский радиоклуб был создан, как и многие радиоклубы в нашей стране, в 1946 г. Первый период для радиоклуба характеризовался становлением и началом деятельности его структур. Необходимо было решить многие задачи и проблемы. Это поиск помещения для коллективной радиостанции, оснащение необходимой аппаратурой и сооружение антенн, а также оформление паспорта этой общественной организации. Как факт, в начальный период происходила частая смена руководителей Крымского радиоклуба и коллективной радиостанции UA6KSA, а с 1954 г. — UB5KKA. В этот же период формировалась техническая политика радиоклуба и обозначались проблемы и вопросы, которыми должен заниматься радиоклуб. В конце 1953 г. в журнале "Радио" появилась критическая статья [1] о неудовлетворительной работе крымского радиоклуба. Большие претензии предъявлялись к начальнику радиоклуба Зуеву и членам совета радиоклуба. Отмечалось, что "в 1953 г. радиоспециалисты нашей области не прочитали ни одной лекции или доклада на радиотехнические темы для радиолобителей. В ряде первичных организаций ДОСААФ области плохо



Михаил Константинович Зозуля.

работают радиотехнические кружки для молодежи". Кстати, статью в жур-

нал написал сам член совета радиоклуба М. Вишневский!

После Зуева Крымский областной радиоклуб ДОСААФ возглавил прибывший в Крым с Дальнего Востока на постоянное местожительство Михаил Константинович Зозуля (21.08.1918—15.01.1979). М. К. Зозуля — участник боевых действий в Великой Отечественной войне. Он с высокой ответственностью подошёл к руководству Крымским областным радиоклубом, учёл все замечания и недочёты в деятельности предыдущих руководителей на этом поприще [2] и за короткий срок превратил радиоклуб в образцово-показательный.

Следует сразу отметить, что Михаил Константинович всегда старался участвовать во всех спортивных и общественных мероприятиях радиоклуба (соревнования, радиовыставки и др.). В Крыму впервые стали проводиться Всесоюзные и Республиканские соревнования по радиоспорту. За чёткую организацию и судейство различных соревнований ему было присвоено звание "Судья Всесоюзной категории по радиоспорту". Он был тренером нашего земляка Юлия Евгеньевича Черкасова, который впоследствии стал чемпионом СССР.



Участники и члены судейской коллегии на чемпионате Крыма по спортивной радиотелеграфии. Третий справа во втором ряду — М. К. Зозуля.



М. К. Зозуля даёт старт участникам соревнований по "Охоте на лис".

С началом руководства М. К. Зозулей Крымским областным радиоклубом резко повысилась активность работы кол-

ной радиостанции. До этого использовались бланки карточек, присылаемых из Центрального радиоклуба СССР.



М. К. Зозуля с курсантами и членами комиссии после экзаменов в походе по местам боевой славы крымских партизан в период ВОВ.



Начальник крымского радиоклуба М. К. Зозуля во главе колонны спортсменов на 5-й Всесоюзной спартакиаде по военно-техническим видам спорта.

лективной радиостанции UB5KKA, она стала активно работать во многих КВ и УКВ-соревнованиях, часто занимая призовые места. Впервые была опечатана цветная карточка-квитанция коллектив-

Во времена М. К. Зозули в Крыму значительно увеличилось число индивидуальных и коллективных КВ- и УКВ-радиостанций. К началу XXI века в Автономной Республике Крым насчитыва-

лось более 1000 любительских КВ- и УКВ-радиостанций.

С началом строительства телевизионной вышки и телецентра в 50-х годах прошлого века в Симферополе, благодаря инициативе начальника радиоклуба, были организованы лекции по основам телевидения для всех желающих и членов радиоклуба (радиоконструкторов и коротковолнников). Лекции читал опытный инженер, радиолюбитель В. П. Зеленский (RB5AGF).

Михаил Константинович, являясь опытным руководителем, старался участвовать практически во всех мероприятиях, проводимых под эгидой радиоклуба:

- проведение различных чемпионатов и соревнований по радиоспорту, конкурсов, радиовыставок;
- судейство первенств, конкурсов, очных соревнований в Крыму;
- организация итоговых зачётов и экзаменов курсантов клуба;
- участие в туристических походах курсантов по горам Крыма.

В мае 1959 г. крымских спортсменов пригласили участвовать в международных соревнованиях на УКВ между Украиной и Венгрией. Команды этих стран должны были размещаться в пределах своих государственных границ в горах Карпатах. Для поездки в район соревнований команде Крыма были выделены два грузовых автомобиля ГАЗ-51 из штата крымской автошколы ДОСААФ. Необходимо было прибыть в пункт назначения — г. Мукачево, Закарпатье. Пришлось проезжать через ряд городов Украины, в которых члены команды останавливались для отдыха и посещения достопримечательностей. Команду Крыма возглавил начальник радиоклуба Михаил Константинович. Задачу поездки и участия в этих соревнованиях он, как руководитель, выполнил блестяще. По итогам международных соревнований победила команда Украины, в составе которой были и крымчане.

Большой успех в Крым пришёл на VII чемпионате СССР, который проходил в сентябре 1970 г. в рамках 5-й Всесоюзной спартакиады по военно-техническим видам спорта, посвящённой 100-летию со дня рождения В. И. Ленина. Возглавить колонну спортсменов доверили начальнику нашего радиоклуба М. К. Зозуле. Чемпионом страны и победителем спартакиады на УКВ стал мастер спорта СССР Юлий Черкасов.

В заключение хочется сказать, что Михаил Константинович Зозуля проработал в должности начальника крымского радиоклуба 25 лет и оставил заметный след в радиолюбительском движении Крыма.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вишневский М. В Крыму плохо организуют работу с радиолюбителями. — Радио, 1953, № 10, с. 8, 9.
2. Пузанков Л. История радиолюбительского движения и радиоспорта в Крыму. — ООО "Форма", Симферополь, 2023.

Примечание: Все фотографии к статье из архива автора статьи.

Учись играя. Игровой автомат

"Камень, ножницы, бумага"

К. ЖЕЛТОВ, г. Иркутск

Часть 1

В этой статье будет приведено описание разработки цифрового автомата, реализующего игру "Камень, ножницы, бумага". Такой цифровой автомат преобразует комбинацию входных сигналов под воздействием управляющих сигналов и (или) внутреннего состояния в определённую комбинацию сигналов на выходе. Цифровой автомат переходит из одного состояния в другое согласно правил, которые заносят в таблицы истинности. Будут разработаны два цифровых автомата, одним из них будет выступать само устройство, внутри которого будет создан ещё один автомат.

Для создания правильных управляющих сигналов необходимо напомнить правила игры. В игру "Камень, ножницы, бумага" обычно играют два игрока. В проектируемом устройстве вторым игроком будет выступать цифровой автомат.

Выбор игрового действия демонстрируют жестами, обозначающими предметы. Если игроки выбирают одинаковые предметы, ход заканчивается

ничью. Если игроки выбирают разные предметы, победитель хода определяется исходя из следующих условий:

- ножницы режут бумагу;
- бумага покрывает камень;
- камень тупит ножницы.

Сравнение жестов игроков и определение победителя будет выполнять спе-

циальный блок — комбинационный цифровой автомат (простой вид цифровых автоматов, состояние выходов которого будет зависеть от комбинации входных сигналов).

Таблица 1

Первый игрок	Второй игрок		
	Ножницы	Бумага	Камень
Ножницы	0	1	-1
Бумага	-1	0	1
Камень	1	-1	0

Для разработки комбинационного автомата необходимо реализовать матрицу поведения. Зададим вес значений матрицы: 0 — предметы совпали; 1 — выигрывает очко первый игрок, второй игрок проигрывает; -1 — выигрывает очко второй игрок, первый игрок проигрывает. В табл. 1 приведена матрица возможных состояний (Паскалев Ж. Электронные игры. — М.: Радио и связь, 1983. — 112 с.: ил.).

Далее определим наименования входов для первого игрока, проектируемого блока, например, Ni — ножницы, Bi — бумага, Ki — камень. Выход состояния автомата для игрока назовем Qi. Соответственно так же сделаем

циальный блок — комбинационный цифровой автомат (простой вид цифровых автоматов, состояние выходов которого будет зависеть от комбинации входных сигналов).

Таблица 2

Входные сигналы						Выходные сигналы	
Ki	Ni	Bi	Ka	Na	Ba	Qi	Qa
0	0	1	0	0	1	0	0
0	0	1	0	1	0	0	1
0	0	1	1	0	0	1	0
0	1	0	0	0	1	1	0
0	1	0	0	1	0	0	0
0	1	0	1	0	0	0	1
1	0	0	0	0	1	0	1
1	0	0	0	1	0	1	0
1	0	0	1	0	0	0	0

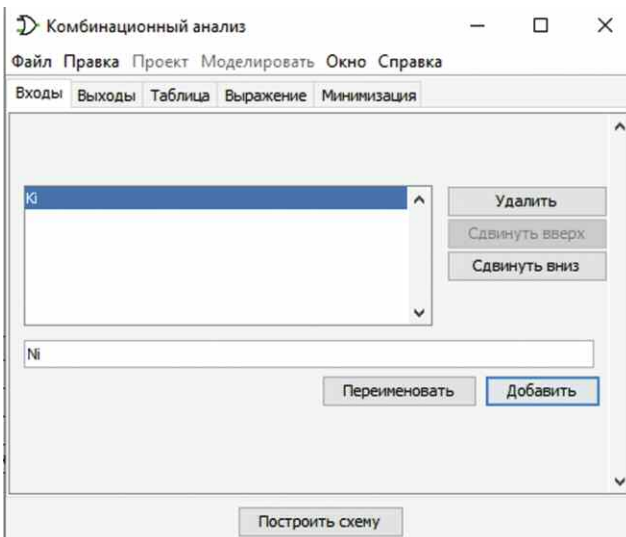


Рис. 1

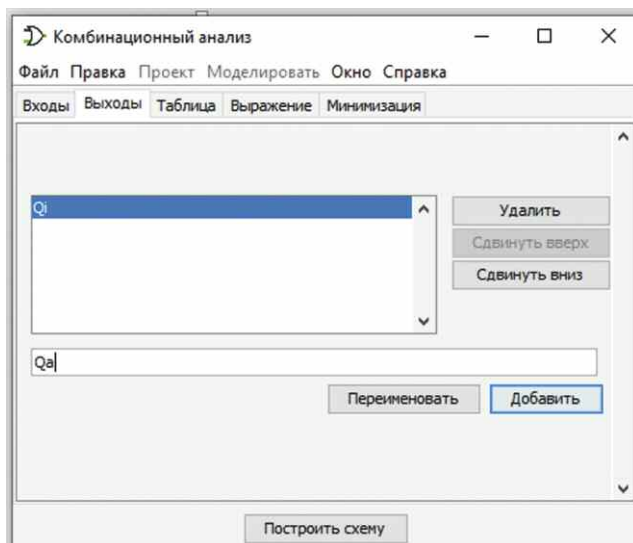


Рис. 2

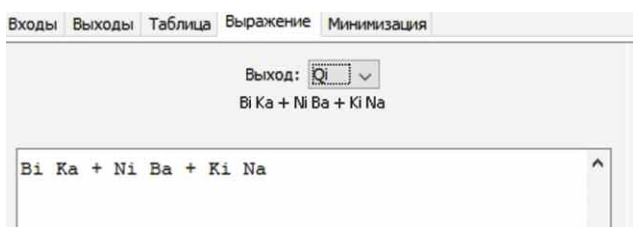


Рис. 4

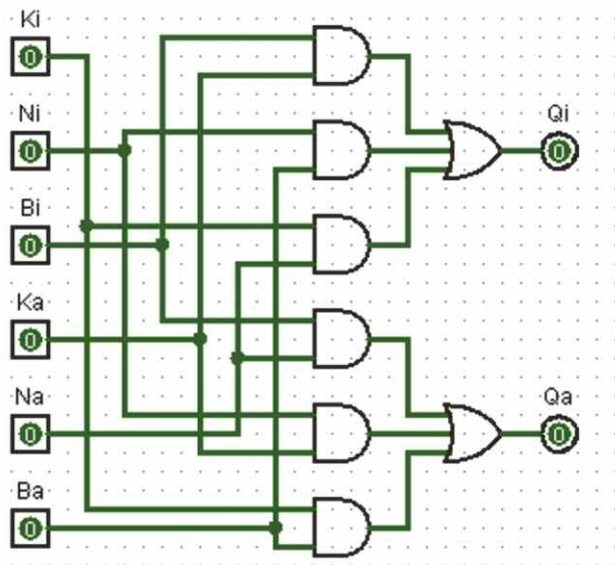


Рис. 6

с наименованием входных и выходных сигналов для второго игрока. Входы поименуем Ka, Na, Ba, а выход — Qa. Проектировать данный блок будем, осваивая новый инструмент среды Logisim — "Комбинационный анализ". Первоначально сделаем таблицу истинности (табл. 2) для этих сигналов (0 — нет сигнала, 1 — есть сигнал).

Всё готово для начала проектирования. В новом файле проекта выберем в главном меню "Окно" — "Комбинационный анализ". В открывшемся окне во

Ki	Ni	Bi	Ka	Na	Ba	Qi	Qa
0	0	0	0	0	0	x	x
0	0	0	0	0	1	x	x
0	0	0	0	1	0	x	x
0	0	0	0	1	1	x	x
0	0	0	1	0	0	x	x
0	0	0	1	0	1	x	x
0	0	0	1	1	0	x	x
0	0	0	1	1	1	x	x
0	0	1	0	0	0	x	x
0	0	1	0	0	1	0	0
0	0	1	0	1	0	0	1
0	0	1	0	1	1	x	x
0	0	1	1	0	0	x	x
0	0	1	1	0	1	x	x
0	0	1	1	1	0	x	x

Рис. 3

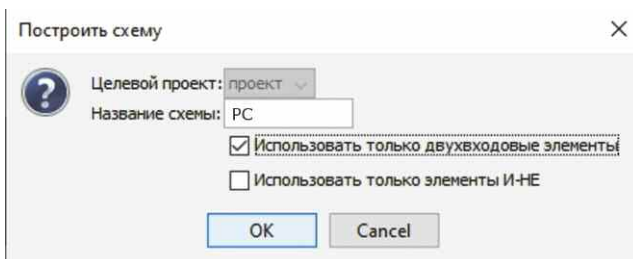


Рис. 5



Рис. 7

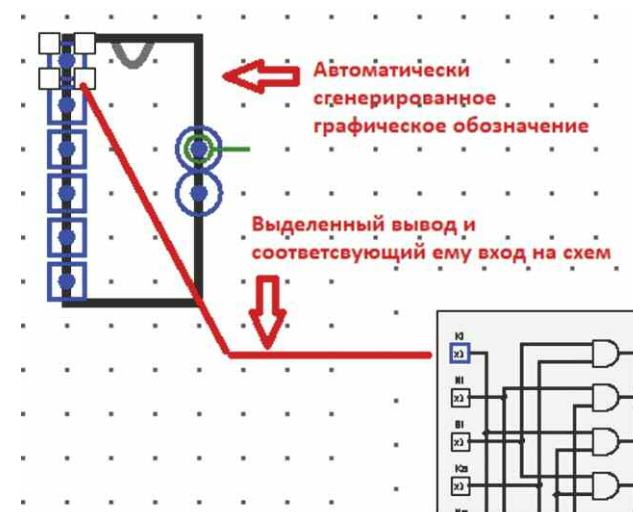


Рис. 8



Рис. 9

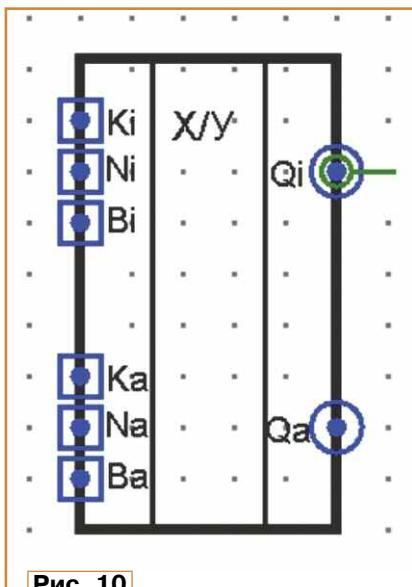


Рис. 10

вкладке "Входы" поочередно введём в поле, как показано на рис. 1, наименования входов. Каждый раз после ввода нажимают на кнопку "Добавить". При вводе наименования входов можно менять порядок размещения, нажимая на кнопки "Сдвинуть вверх" или "Сдвинуть вниз", что повлияет на таблицу истинности, создаваемую средой. Как только мы ввели все входы, перейдём во вкладку "Выходы" и введём имена выходов (рис. 2). Далее переходим во вкладку "Таблица". Система выстроила полную таблицу входных значений в интервале от 000000 до 111111. Щёлкая по полям соответствующих строк выходов Qi и Qa, необходимо добиться повторения состояний из табл. 2. Стоит отметить, что все остальные строки надо оставить неизменными, с символами x, которые являются необработываемым состоянием или запрещённым, т. е. комбинация входных сигналов не формирует сигналов на выходе. На рис. 3 показана таблица, а также выделены состояния выходов, которые соответствуют выпадению у игроков одинаковых жестов и срабатывание при комбинации бумага, ножницы (в архиве на сайте журнала приведены скриншоты этой таблицы для сверки).

После заполнения таблицы можно построить схему автоматически, нажав на кнопку "Построить схему", а можно дополнительно попереключать вкладки "Выражение" и "Минимизация", чтобы посмотреть логические выражения,

сформированные средой Logisim (рис. 4). При нажатии на кнопку "Построить схему" среда предложит ввести имя блока, который был спроектирован. Введём имя **РС** и установим метку "Использовать только двухходовые элементы", как показано на рис. 5. На рис. 6 приведена автоматически сгенерированная схема. Она располагается в иерархии проекта сразу под име-

ции (ЕСКД). Для этого дважды кликнем по элементу РС и в меню инструментов выберем "Редактировать внешний вид просматриваемой схемы" (рис. 7). На рис. 8 приведён редактор внешнего вида. Инструменты рисования достаточно просты и характерны для большинства графических редакторов. На панели инструментов рисования, приведённой на рис. 9, цифрами обозначены: 1 — указатель, для выделения, копирования и перемещения; 2 — добавление и редактирование текста; 3 — создание отрезка прямой линии; 4 —

Таблица 3

Сброс	Ход	Q(DD1)	Q(DD2)	Q(DD3)	R(DD1)	R(DD2)	R(DD3)
1	x	x	x	x	1	1	1
0	1	x	x	x	1	1	1
0	0	1	0	0	0	1	1
0	0	0	1	0	1	0	1
0	0	0	0	1	1	1	0

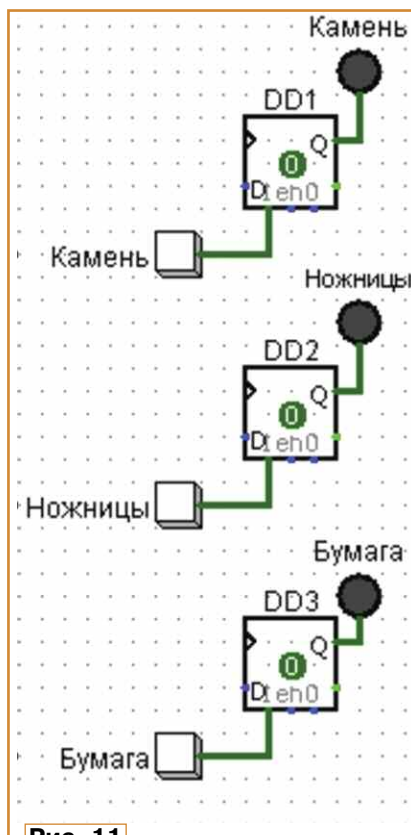


Рис. 11

нем main, т. е. является подчинённой в проектируемом устройстве. Щёлкая по входам, убедитесь, что схема работает верно, согласно условиям. Перейдя в main и выбрав спроектированный блок РС, следует переместить компонент на схему, он готов к использованию.

Мы не станем использовать автоматически созданное графическое обозначение блока, а попробуем оформить его в стиле отечественного единого стандарта конструкторской документа-

рисование кривой Безье; 5 — соединение множества точек (вершин); 6 — рисование прямоугольника; 7 — рисование прямоугольника с закруглёнными углами; 8 — рисование овала; 9 — рисование многоугольника.

Итак, можно приступить к изменению внешнего вида. Заметим, что слева расположены входы, справа — выходы. Выбирая входы или выходы, наблюдаем в углу уменьшенную версию схемы. Это необходимо, чтобы при рисовании не перепутать функционал выводов. Расставим прямоугольник и разнесём входы и выходы. Внутри разместим ещё один прямоугольник, используя советующий инструмент рисования. Вверху в центре, используя инструмент, напомним X/Y, предварительно установив размер шрифта на 8 пт. По аналогии с центральным полем подпишем входы и выходы. Полученный вариант условного графического обозначения приведён на рис. 10. Стоит отметить, что рисование графического обозначения является достаточно трудоёмким процессом в силу специфичности графического редактора.

Вернёмся в главное окно редактора схем. Необходимо добавить на холст схемы и соединить между собой три D-триггера. Они необходимы для хранения жеста игрока 1. Меткам триггеров дадим обозначения DD1, DD2 и DD3. К прямым выходам Q триггеров подключим светодиоды. Цвет можно выбрать как один для всех, так и свой для каждого. Для светодиодов надо задать следующие общие свойства: направление — юг, направление метки — север. Текст меток должен быть соответствующий для каждого светодиода "Камень", "Ножницы", "Бумага". К входам триггеров "Установка ..." — S подключают кнопки. Меткам кнопок надо присвоить аналогичный текст.

На рис. 11 приведён проектируемый блок. Следующим этапом необходимо спроектировать блок блокировок и сброса триггеров. Блокировка нужна для того, чтобы игрок не мог менять выбранный жест во время хода. Также нам необходимо предусмотреть кнопку "Ход", которая активирует каждый последующий шаг игроков и кнопку "Сброс" игры (автомата) в начальное состояние.

Составим таблицу истинности для проектируемого блока блокировок и сброса триггеров (табл. 3), в неё будут сведены кнопки сброса и хода. Выходы

состояние выходов Q). Проведя анализ и минимизацию этой таблицы, получим, что для проектирования необходимо применить три элемента ИЛИ с четырьмя входами и выстроить связи между ними. Читатель может самостоятельно попробовать спроектировать этот блок через инструмент "Комбинационный анализ". Разместим элементы и присвоим им обозначения DD4, DD5, DD6. Один вход всех элементов ИЛИ объединим с кнопкой "Ход", вторые входы всех элементов объединим с кнопкой "Сброс". К двум входам DD4 подключим выходы Q триггеров DD1, DD3. Выход

Два входа DD5 подключим к выходам Q триггеров DD1, DD2. Выход этого элемента подведём к входу R триггера DD3. У элемента DD6 входы будут подключены соответственно к выходам Q DD2, DD3, а выход подключим к входу R DD1.

Теперь можно подключить ранее спроектированный блок РС. Для этого щёлкнем указателем по этому блоку и разместим его на холсте. Значению метки присвоим DD7. Подведём к нему выводы с выходов Q триггеров DD1—DD3. Полученный блок игрока 1 приведён на рис. 12.

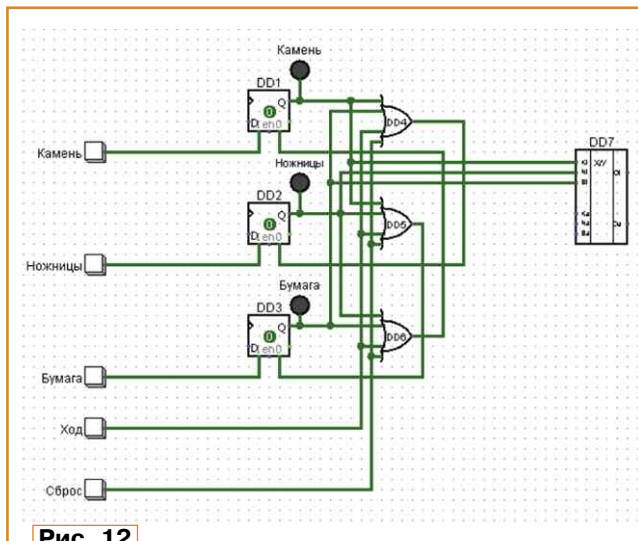


Рис. 12

же будут подключаться к входам "Очистка" — R триггеров (в таблице символом х обозначено игнорируемое

этого элемента подведём к входу R триггера DD2.

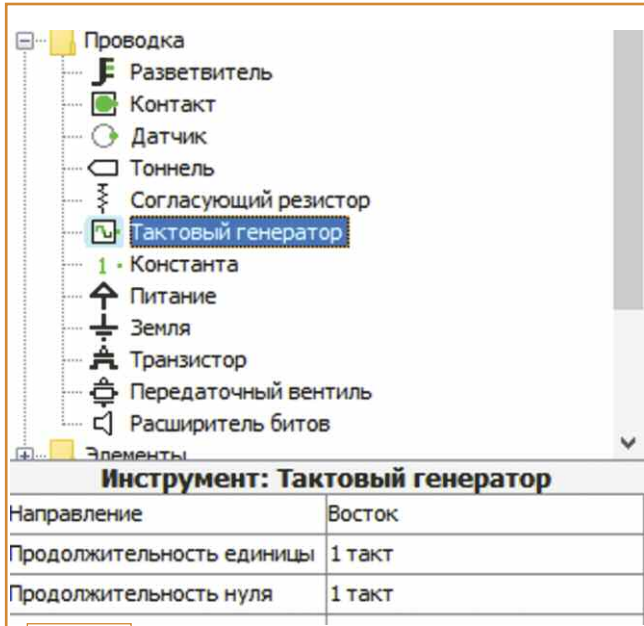


Рис. 13

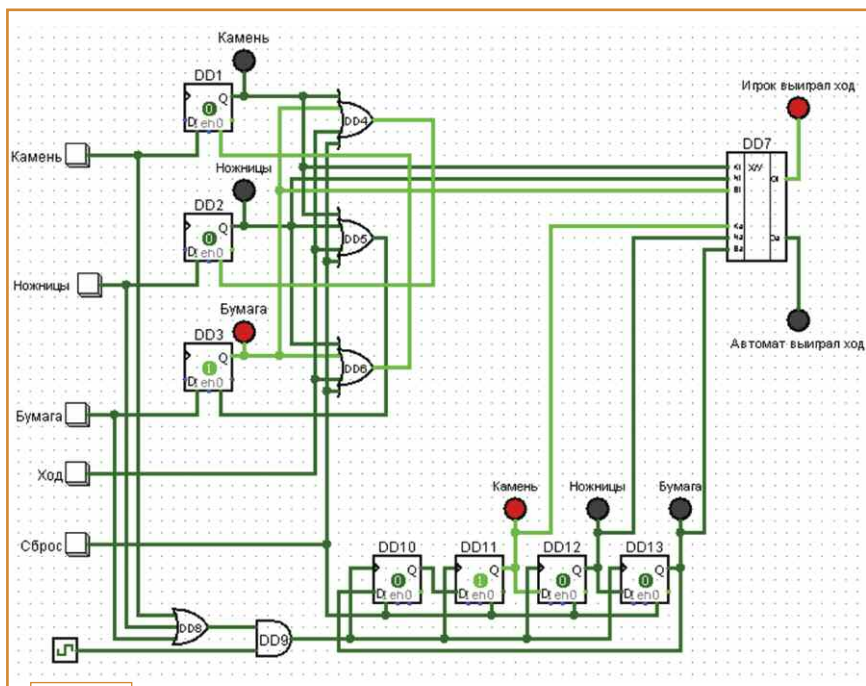


Рис. 14

На следующем этапе приступим к проектированию блока игрока 2, который будет автоматически "случайно" выбирать свой жест. Для начала необходимо ввести следующие условия:

— ход "автомата" будет осуществляться при нажатии любой из кнопок "жестов" игрока 1;

— случайность выбора будет определяться работой генератора синхросигналов.

Для реализации этих условий дополним схему следующими элементами: трёхвходовым элементом ИЛИ (присвоим обозначение DD8), объединяющим сигналы с кнопок игрока 1. Выход этого элемента будет подключён к двухвходовому элементу И (присвоим наименование DD9). Второй вход элемента необходимо подключить к компоненту "Тактовый генератор", который будет осуществлять синхронизацию устройства. Этот блок находится в разделе "Проводка" панели элементов (рис. 13). В свойствах тактового генератора можно изменять длительность лог. 1 и лог. 0 (оставим данные пара-

метры неизменными). Основная настройка тактового генератора осуществляется в разделе меню "Моделировать" — "Тактовая частота", где можно задать тактовую частоту от 0,25 Гц до 4,1 кГц. Включается и выключается этот блок в меню "Моделировать". Для этого необходимо кликнуть по строке "Такты включены" или нажать на комбинацию "горячих клавиш" **Ctrl+K**.

Следующим шагом разместим четыре D-триггера для хранения жестов автомата, но, в отличие от триггеров игрока 1, эти триггеры объединим между собой последовательно, организовав кольцевой четырёхразрядный регистр, который строится на триггерах. Кольцевой регистр — особый вид регистров, где выход последнего триггера подключён к информационному

выходу первого. Обозначим триггеры DD10—DD13, их входы сброса объединим между собой и подключим к кнопке "Сброс", а у триггера DD10 к этой кнопке подключим вход установки в лог. 1 — вход S. Это необходимо для занесения в регистр лог. 1, которую будем сдвигать во время игры. По аналогии с триггерами первого игрока выходы Q триггеров DD11—DD13 подключим к светодиодам и к соответствующим входам Ka, Na, Ba блока DD7. Входы синхронизации триггеров DD10—DD13 объединим и подключим к выходу элемента DD9. На **рис. 14** приведён спроектированный блок.

К выходу Qi элемента DD7 подключим светодиод, его метке присвоим значение "Игрок выиграл ход", также поступим и с выходом Qa, но значению

метки второго светодиода присвоим "Автомат выиграл ход".

Итак, основной блок игры построен, и можно поиграть. Для этого настраиваем тактовую частоту генератора и включаем его. Для достижения максимального эффекта "случайности" рекомендуется выбрать частоту тактового генератора выше 8 Гц. Далее нажимаем на кнопку "Сброс" для активации игрока автомата. Щёлкаем по любому жесту первого игрока (не удерживая кнопку). Игрок-автомат в это время выбирает свой. Наблюдаем за работой игры и играем.

От редакции. Файлы проекта и таблицы истинности находятся по адресу <http://ftp.radio.ru/pub/2024/07/logisim3.zip> на нашем FTP-сервере.

Пульсации освещённости — на экране смартфона

И. НЕЧАЕВ, г. Москва

Качество осветительных ламп различных конструкций волнует многих людей. В первую очередь интерес представляет уровень пульсаций яркости свечения. Для их оценки или измерения предложены различные способы. Чтобы просто определить наличие пульсаций, предлагается использовать смартфон в режиме фотоаппарата, и по изменению яркости экрана (наличию полос разной яркости) можно судить о наличии пульсаций и их уровне [1]. Для более точной оценки как уровня пульсаций, так и их частоты предложены простые измерители-индикаторы в виде приставки к мультиметру [2, 3]. Но частота пульсаций яркости может быть большой, да и спектр пульсаций не ограничен только одной частотой, если, например, лампа питается от преобразователя напряжения. В таком случае интерес представляет не только уровень пульсаций яркости, но и их частота. Более точные и, самое главное, наглядные измерения не только уровня пульсаций яркости, но и их частоты, можно провести с помощью смартфона. Как это сделать, рассказано в этой статье. Кроме того, так можно измерить частоту, на которой работают различные экраны, индикаторы и т. д.

Современные смартфоны обладают сравнительно большой вычислительной мощностью, и для них разработано множество различных игровых и при-

кладных программ. В связи с рассматриваемой задачей в первую очередь интерес представляют программы анализатора спектра. Есть несколько таких программ с разными интерфейсами и возможностями, их выбор предоставим читателям [4].

Чтобы использовать такую программу для измерения уровня и частоты пульсаций освещённости, к смартфону можно подключить внешний фотодатчик. Конечно, в смартфоне присутствуют несколько встроенных видеокамер и датчик освещённости, который можно использовать, например, как измеритель освещённости [5]. Наверное, существуют и программы для использования этих элементов для выполнения нашей задачи. Но использовать эти, встроенные в смартфон элементы, неудобно. Гораздо удобнее дистанционно разнести смартфон, как измерительный прибор, и фотодатчик, сделать который не составит большого труда.

Упомянутые программы-анализаторы спектра [4] предназначены для работы в диапазоне звуковых частот, поэтому фотодатчик несложно подключить к микрофонному входу смартфона (гнездо для гарнитуры). Но при этом возникают две проблемы. Первая — какой фотодатчик применить, и вторая — как его подключить. Для фотодатчика можно применить фотодиод, фототран-

зистор или фоторезистор. Но фоторезисторы в большинстве случаев не обладают требуемым быстродействием, из-за этого их лучше не применять. Поэтому подойдут фотодиоды или фототранзисторы. При этом следует учесть, что в смартфоне на внешний микрофон, как правило, электретьный, поступает питающее напряжение 1...2,5 В.

В качестве фотодатчика можно применить фототранзистор видимого спектра, например, отечественный ФТ-1К. На первый взгляд, этому способствует наличие напряжения на микрофонном выходе смартфона, поэтому фототранзистор будет работать в штатном режиме (плюсовое напряжение на коллекторе). Но тут есть одна неприятность. Дело в том, что при большом освещении фототранзистор входит в режим насыщения, при этом существенно снижается его чувствительность к пульсациям, что является причиной большой погрешности и неоднозначности в измерении пульсаций. Этот эффект приводит к тому, что при приближении к источнику света измеряемый уровень пульсаций будет уменьшаться. Такой эффект наблюдается и у датчика с фотодиодом, но только он менее выражен из-за его меньшей чувствительности.

Самыми доступными являются фотодиоды, но они должны быть рассчитаны для работы в видимом световом

диапазоне 0,38...0,78 мкм. Подходящими будут фотодиоды серии ФД263, предназначенные для работы в диапазоне 0,4...1 мкм и имеющие постоянную времени не более 0,02 мкс [6]. Именно они и были выбраны в качестве фотодатчиков. Фотодиод ФД263 имеет металлический корпус и предназначен для работы в фотогенераторном (фотовольтаическом) режиме, а ФД263-01 в пластмассовом корпусе предназначен для работы в фотодиодном режиме. При этом принципиальной разницы между ними нет.

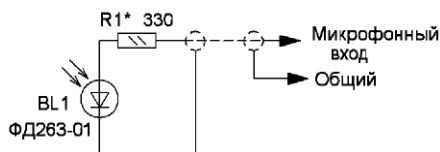


Рис. 1

Поэтому в качестве фотодатчика был выбран фотодиод, но непосредственное подключение к микрофонному входу смартфона может не дать желаемого результата. Дело в том, что смартфон автоматически определяет подключение внешнего микрофона, и если он не определит его наличия, микрофонный вход не будет включён и система работать не будет. Чтобы смартфон определил подключение нашего микрофона (фотодатчика), в его цепи должен протекать определённый ток. На обработку в программу анализатора спектра будет поступать только переменная составляющая сигнала, т. е. пульсации.

Схема первого варианта подключения фотодиода показана на рис. 1. Здесь он работает в фотовольтаическом режиме. Он открыт, поскольку на него поступает прямое напряжение, которое в данном случае зависит от освещённости. Но в этом случае потребуется установка последовательно резистора R1. Дело в том, что с помощью штатной гарнитуры можно управлять некоторыми функциями смартфона, для этого предназначены одна или несколько кнопок, при нажатии на которые закорачивается (кнопка ответа) или шунтируется цепь (регулировка громкости) микрофона. Поэтому, если напряжение на фотодатчике будет небольшим, смартфон воспримет это как нажатие на кнопку и может выйти из программы анализатора спектра. Чтобы это исключить, нужен резистор R1. Его сопротивление должно быть минимальным, гарантированно устраняющим указанный эффект.

Схема второго варианта подключения фотодиода показана на рис. 2. Здесь на фотодиод поступает обратное

напряжение, поэтому он работает в фотодиодном режиме, и ток через него зависит от освещённости. Резистор R2 нужен для того, чтобы смартфон воспринял фотодатчик как гарнитуру с микрофоном и работал в штатном режиме. Для разных типов смартфонов его потребуется подобрать, при этом на экране смартфона должен появиться соответствующий знак. Предпочтение следует отдать резистору с максимальным сопротивлением, при котором устанавливается этот режим. Необходимость установки резистора R1 (как и на схеме на рис. 1) может возникнуть по причине, указанной выше.

С первой проблемой разобрались, теперь надо взяться за вторую — как подключить фотодатчик к конкретному смартфону. У большинства смартфо-

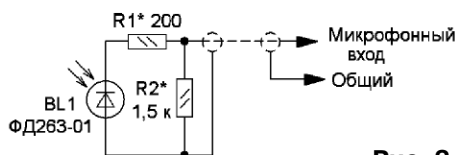


Рис. 2

английских названий его контактов 1 — Tip (наконечник, острй), 2 и 3 — Ring (кольцо), 4 — Sleeve (гильза). В настоящее время в большинстве случаев используется следующая комбинация. Контакт 2 — выход правого канала УЗЧ, контакт 3 — общий, контакт 4 — микрофон. Но это желательно проверить. Для этого используют штатную или совместимую гарнитуру и мультиметр в режиме измерения сопротивления. Общий провод мультиметра соединяют с контактом 3 и измеряют сопротивления между ним и контактами 1 и 2, оно

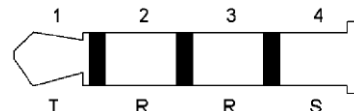


Рис. 3

должно быть несколько десятков ом, а сопротивление между контактами 1 и 2 должно быть в два раза больше. Затем



Рис. 4



Рис. 5

нов для подключения гарнитуры с микрофоном имеется четырёхконтактное гнездо 3,5 мм, а гарнитура снабжена соответствующим четырёхконтактным штырём, который называют TRRS [7]. Его конструкция показана на рис. 3, нумерация контактов — условная. Название этого разъёма происходит от

измеряют сопротивление микрофонной цепи (общий провод мультиметра соединён с контактом 3), оно должно быть несколько килоом (в авторском варианте 1,5 кОм). Если у гарнитуры есть кнопка, при нажатии на неё сопротивление должно уменьшиться до нескольких ом или десятков ом. В этом

случае фотодатчик подключают к контактам 3 (общий) и 4 (микрофонный вход). Было использовано подключение фотодиода, показанное на схеме на рис. 2.

Теперь о конструкции фотодатчика. Она может быть произвольной. Для корпуса подойдёт пластмассовый ци-

МГТФЭ-0,12) проводят через отверстие в заглушке и припаивают к фотодиоду, на его выводах монтируют резистор (МЛТ, С2-23). Проверяют работоспособность фотодатчика вместе со смартфоном, после этого фотодиод и соединительный провод фиксируют с помощью термоклея. После этого

надёжно зафиксированы, а фотодиод будет "утоплен" в корпусе примерно на 10 мм (рис. 7). Это обеспечит его защиту от боковой засветки и механических воздействий. Такая конструкция позволяет быстро разобрать датчик и при необходимости внести требуемые изменения.



Рис. 6



Рис. 7

линдрический, обязательно непрозрачный корпус от фломастера или другого изделия подходящего диаметра. Соединительный провод должен быть обязательно экранированным. Авторский вариант показан на рис. 4. Для его изготовления был использован держатель (рис. 5) от газонного светильника, который состоит из пластмассовой трубки 1 длиной 117 мм, внешним диаметром 17 мм и штыря 2, с помощью которого газонный светильник вставляют в землю. От штыря с помощью резака отделяют правую часть 3, из которой сделана заглушка для корпуса, через которую выведен соединительный экранированный провод (см. рис. 4). Оставшуюся часть штыря укорачивают с острого конца (см. рис. 5) так, чтобы его длина вместе с заглушкой была примерно на 20 мм меньше длины корпуса (трубки).

Фотодиод размещают на широкой оставшейся части штыря, чтобы выводы были между рёбрами (рис. 6). Провод (экранированный



Рис. 9



Рис. 10

сначала в корпус вставляют штырь (фотодиодом вперёд), затем заглушку. В результате все элементы будут

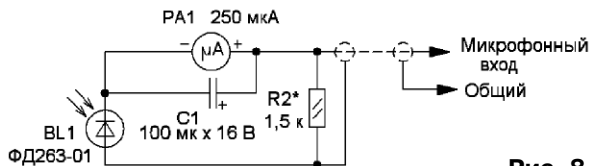


Рис. 8

Испытания датчика были проведены вместе с программой анализатора спектра Spectroid. Её преимуществами являются возможность установки автоматических маркеров с указанием частоты и уровня сигнала (пульсаций), а также оперативные изменения диапазона анализируемых частот и интервала индицируемого уровня непосредственно с помощью сенсорного экрана. Но, конечно, можно использовать и другую подходящую программу. Общим недостатком таких программ является ограниченный диапазон частот, который реально не превышает 20 кГц.

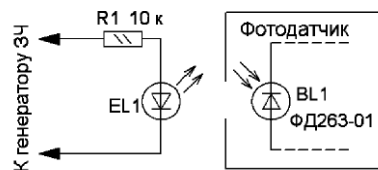


Рис. 11

Для измерения датчик подносят к источнику света (можно и вплотную) и на экране смартфона наблюдают спектр пульсаций. Предварительно надо затемнить фотодатчик и убедиться, что на экране нет помех, превышающих уровень шума. При этом следует учесть следующие факторы. Во-первых, чем больше мощность (излучаемая, а не потребляемая) источника света, тем больше абсолютный уровень пульсаций. Во-вторых, приближать фотодатчик к источнику света надо постепенно с расстояния 20...30 см, наблюдая при этом за уровнем пульсаций. Если в какой-то момент он станет уменьшаться, значит, фотодиод входит в насыще-

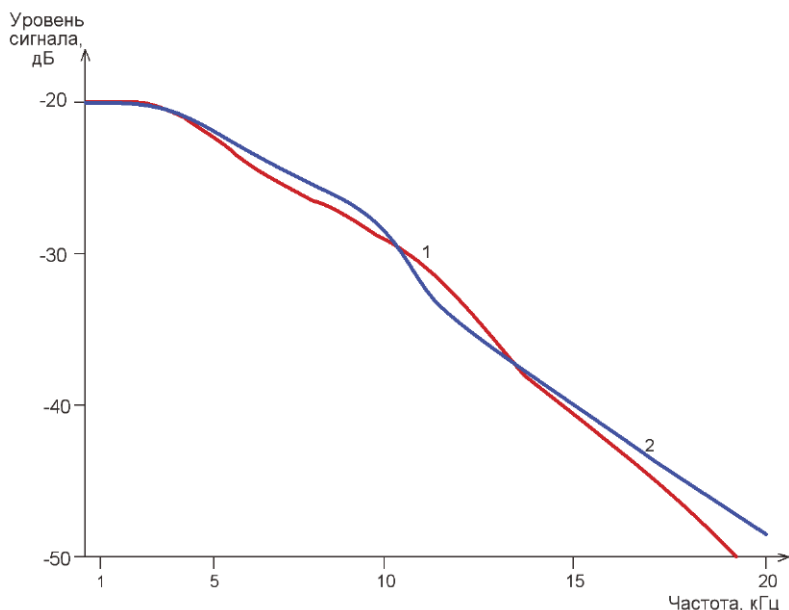


Рис. 12

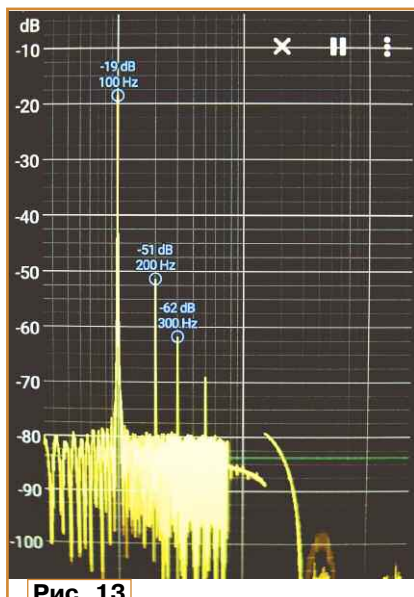


Рис. 13

ние и фотодатчик следует немного удалить. Поэтому будет корректно сравнивать осветительные лампы с одинаковым световым потоком и на одинаковом расстоянии от них или ламп с разным световым потоком на разных расстояниях.

Для упрощения такой задачи в фотодатчик можно ввести дополнительный элемент. Суть его заключается в том, чтобы контролировать ток через фотодиод и проводить сравнение различных ламп при одинаковом токе через него, т. е. приблизительно одинаковой освещенности, что будет более корректным. Чтобы не использовать дополнительный источник питания, ток можно контролировать с помощью стрелочного микроамперметра. Такой вариант

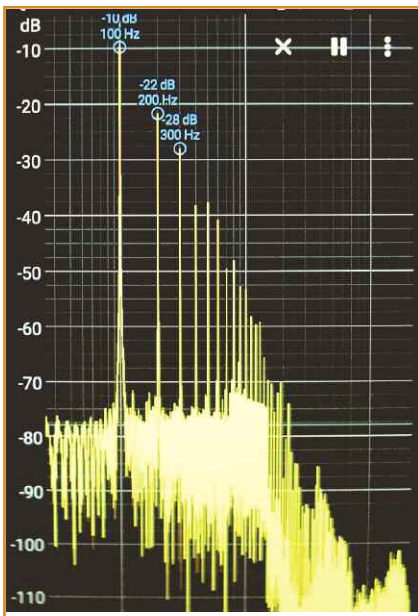


Рис. 14

схемы фотодатчика показан на рис. 8. Здесь последовательно с фотодиодом установлен микроамперметр, который зашунтирован конденсатором С1, чтобы не потерять чувствительности фотодатчика.

Для этого фотодатчика был использован микроамперметр М68501 [8] с током полного отклонения 250 мкА, предназначенный для использования в индикаторе уровня записи магнитофона. Конечно, можно применить и другие малогабаритные микроамперметры с таким током полного отклонения стрелки. Все элементы размещены в пластмассовом корпусе размерами 29×48×75 мм (рис. 9). Если корпус

прозрачный, фотодиод надо установить в пластмассовую непрозрачную трубку (корпус от фломастера). Применён проводной объёмный монтаж, все элементы закреплены внутри корпуса с помощью термоклея (рис. 10).

С помощью фотодатчика с микроамперметром можно легко разбраковать лампы одного класса. По стрелке микроамперметра можно оценить их яркость, а по спектрограмме — уровень пульсаций. Кстати, пользоваться этим фотодатчиком можно и без смартфона, в этом случае фотодиод будет работать в фотовольтаическом режиме, а стрелочный индикатор будет показывать освещённость. Но чувствительность его будет невысока.

Однако, чтобы более корректно оценивать уровень пульсаций, надо знать амплитудно-частотную (АЧХ) и амплитудную (АХ) контролирующего прибора, т. е. смартфона. Были проверены два смартфона в режиме анализатора спектра разного класса и разных производителей. Для проверки АХ на микро-

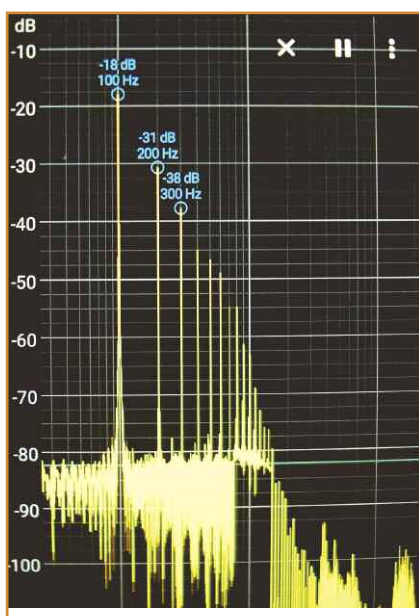


Рис. 15

фонный вход был подан сигнал от генератора на частоте 1 кГц. Оказалось, что максимальный уровень входного сигнала, при котором сохраняется линейность АХ, — 7...10 мВ. При этом на экране смартфона индицируется уровень -20...-15 дБ. При увеличении амплитуды входного сигнала наблюдается компрессия, т. е. плавное ограничение. Поэтому при проведении сравнительных измерений для уменьшения погрешности желательно этот уровень не превышать.

АЧХ микрофонного тракта двух смартфонов была проверена двумя способами. Первый — подача сигнала от генератора на микрофонный вход, и

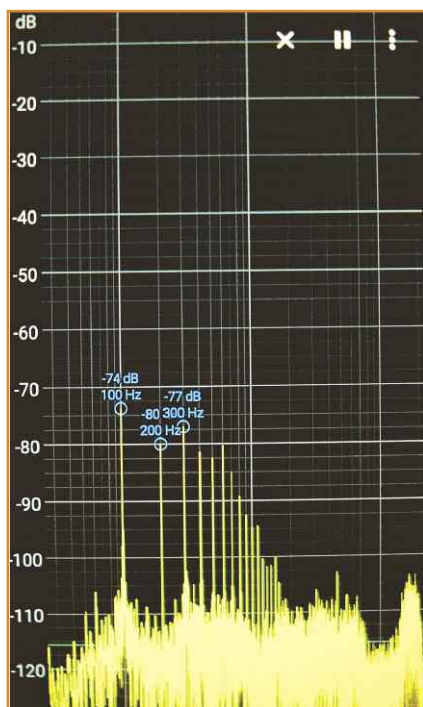


Рис. 16

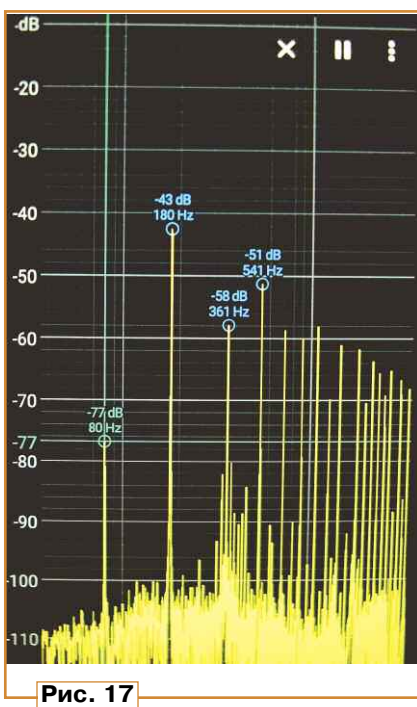


Рис. 17

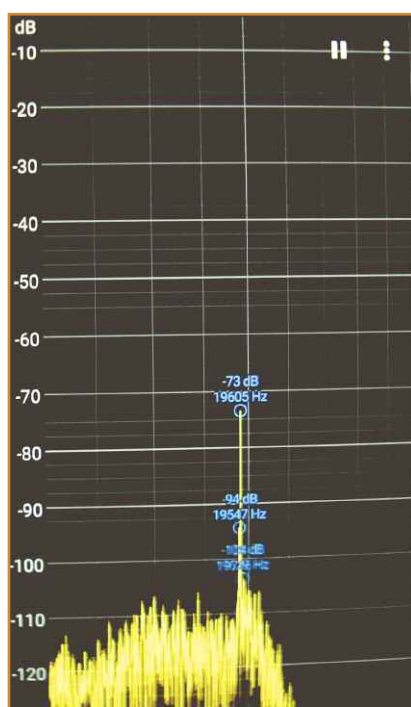


Рис. 18

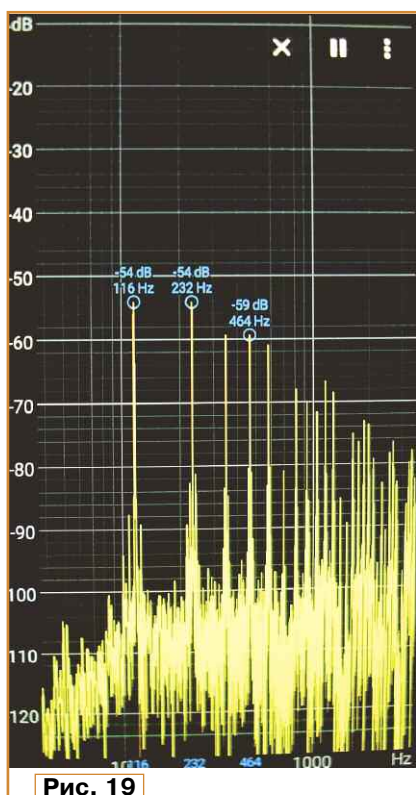


Рис. 19

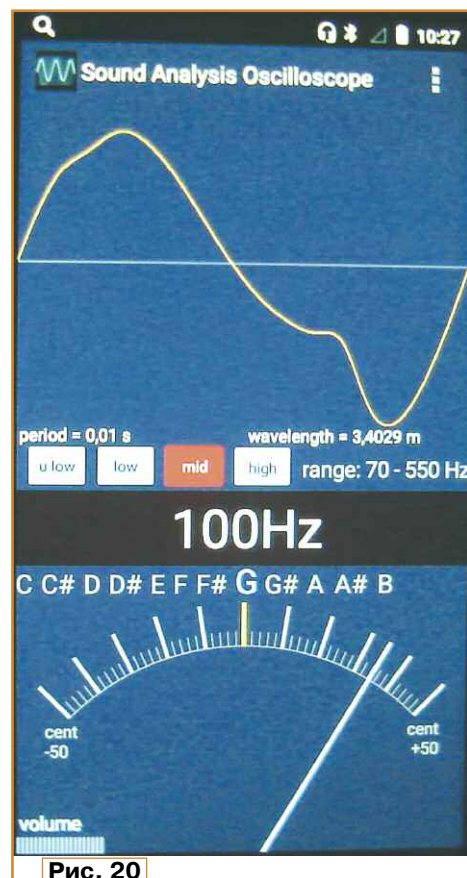


Рис. 20

второй — с применением фотодатчика и источника света. Схема второго варианта показана на рис. 11. На светодиод EL1 (сверхяркий белого свечения) через токоограничивающий резистор R1 был подан сигнал от генератора ЗЧ амплитудой не более 5 В. Светодиод установлен вплотную к фотодиоду, и

они защищены от внешней подсветки. При использовании обоих способов на частоте 1 кГц была установлена амплитуда сигнала генератора, при которой на экране смартфона будет уровень -20 дБ. Результаты измерения АЧХ

одного из смартфонов показаны на рис. 12. У второго смартфона АЧХ схожая. Эти результаты следует учитывать при измерении уровня пульсаций.

Далее для примера приведены спектрограммы пульсаций некоторых источников света. На рис. 13 показана спектрограмма пульсаций лампы накаливания мощностью 40 Вт, на рис. 14 — спектрограмма пульсаций светодиодной лампы мощностью 6 Вт торговой марки "Онлайт", на рис. 15 — КЛЛ мощностью 9 Вт. Можно сделать вывод, что уровень пульсаций у них примерно одинаков. А вот светодиодная лампа мощностью 9 Вт торговой марки "Онлайт" показала гораздо лучший результат, её спектрограмма показана на рис. 16. Существенно меньший уровень пульсаций обусловлен тем, что в ней применён драйвер с линейным стабилизатором тока и сглаживающим конденсатором после выпрямителя.

С помощью этой конструкции можно определить частоты пульсаций яркости также и других источников света. Например, спектрограмма для экрана монитора показана на рис. 17, для экрана телевизора — на рис. 18, а на рис. 19 — спектрограмма пульсаций яркости светодиодного индикатора напряжения сетевого блока питания (присутствует динамическая индикация).

Кроме программы спектроанализатора, для измерения пульсаций можно использовать и другие, например, программу Sound Analysis Oscilloscope

(осциллограф с измерителем частоты уровня). Схема фотодатчика при этом не изменяется. Осциллограмма на **рис. 20** — для светодиодной лампы, спектрограмма которой показана на **рис. 14**. Однако с этой программой высокой чувствительности не получить. Но, к счастью, есть много других аналогичных программ, с которыми можно провести эксперименты. Тут есть широкое поле деятельности для радиолюбителей.

Следует отметить, что без калибровки к этому устройству нельзя полностью относиться как к измерительному, но оно

очень эффективно как устройство сравнения и индикатор частоты пульсаций яркости различных источников света.

ЛИТЕРАТУРА

1. Увидеть пульсацию. — URL: <https://habr.com/ru/companies/lampptest/articles/416349/> (15.05.24).
2. **Нечаев И.** Индикатор пульсаций яркости осветительных ламп. — Радио, 2015, № 12, с. 41, 42.
3. **Нечаев И.** Измеритель частоты пульсаций яркости осветительных ламп-приставка к мультиметру. — Радио, 2016, № 4, с. 49, 50.

4. Лучшие Spectrum Spectrogram Analyzer альтернативы для Android. — URL: https://apkpure.com/ru/similar/github.bewantbe.audio_analyzer_for_android (15.05.24).
5. Смартфон вместо приборов. Люксметр. — URL: <https://dzen.ru/a/YKzXMSbaZE4vZ3k4> (15.05.24).
6. ФД-263, ФД-263-01. — URL: <https://static.chipdip.ru/lib/009/DOC006009-973.pdf> (15.05.24).
7. Разъём TRS. — URL: <https://click.ru/3AaT5E> (15.05.24).
8. Индикатор уровня сигнала типа M68501. — URL: <https://www.quartz1.com/price/PIC/720Q0676600.pdf> (15.05.24).

Дистанционное управление игрушкой-танкеткой на колёсах Mecanum

Д. МАМИЧЕВ, п. Шаталово Смоленской обл.

Предлагаемая вниманию читателей статья продолжает тему, начатую в [1] и посвящённую колёсной игрушке с поворотной башней и различными вариантами движения. В статье пойдёт речь о вариантах управления танкеткой с помощью различных пультов на дистанции до 10...15 м на основе Bluetooth-модуля HC-05.

Первый вариант пульта реализован на игровом джойстике [2] — приспособлении в виде рычага-рукоятки с двумя степенями свободы, укреплённого на шаровом шарнире и независимо меняющим положение движков двух встроенных переменных резисторов (**рис. 1**). Такой управляющий механизм позволяет осуществлять управление

игрушкой одной рукой, выполнив конструкцию пульта, например, в виде рукоятки. Джойстик размещают в её носовой части, а манипуляции рычажком производят большим пальцем.

Схема первого пульта показана на **рис. 2**. Модуль A1 использован из варианта управления, описанного в [1], и не требует никаких новых перестроек. В качестве модуля A2 можно использовать Arduino Uno, Arduino Pro mini 328. Модуль A4 повышает напряжение питания до 5 В. У автора экземпляр Bluetooth-модуля HC-05 работал неустойчиво при напряжении питания менее 4,5 В. При использовании других экземпляров Bluetooth-модуля, возможно, модуль A4 не потребуется. Выходы модуля джойстика VRx и VRy подключены к аналоговым входам A1, A2 модуля A2. При манипуляциях с джойстиком напряжения, поступающие в микроконтроллер (МК) модуля A2, оцифровываются и изменяются от 0 до 1023 в соответствии с **рис. 3**. Красные точки указывают положения рычага для передачи команд управления на танкетку. По порядку нумерации — это движение вперёд, разворот по часовой стрелке, боковое движение вправо, поворот башни по часовой стрелке, движение назад, поворот башни против часовой стрелки, боковое движение влево, разворот против часовой стрелки. Центральная точка — нейтраль, при которой все движения игрушки прекращаются. Внешне эффектно выглядят движения при последовательности передачи команд, например, 0—1—2—3—0 или



Рис. 1

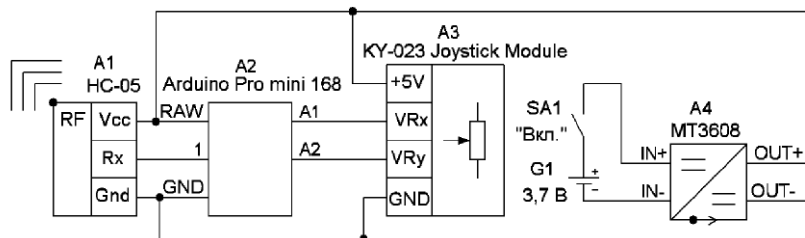


Рис. 2

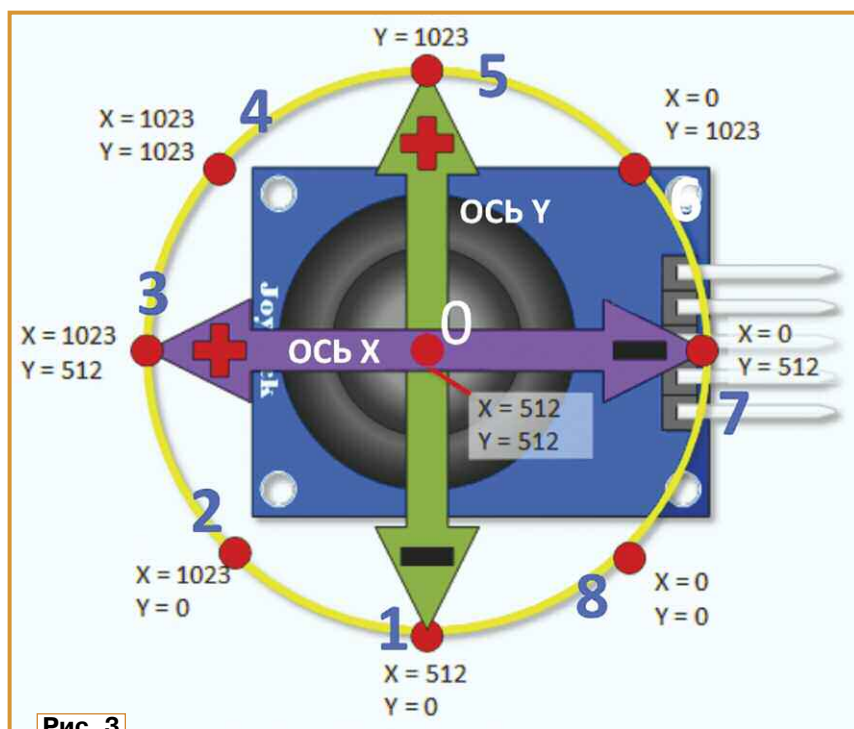


Рис. 3

0—5—6—5—4—0. При написании варианта управляющего скетча (pult_djst_3) для гарантированной программной идентификации положе-



Рис. 4

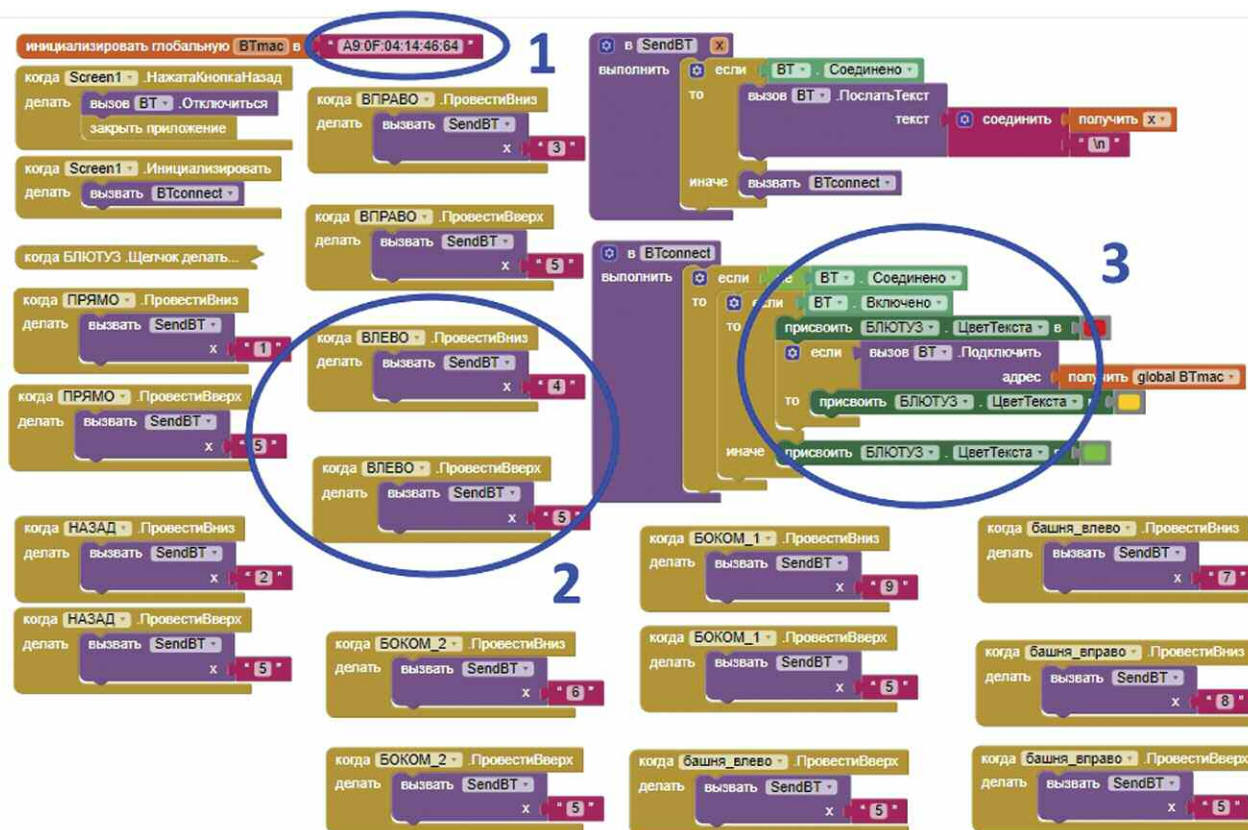


Рис. 5

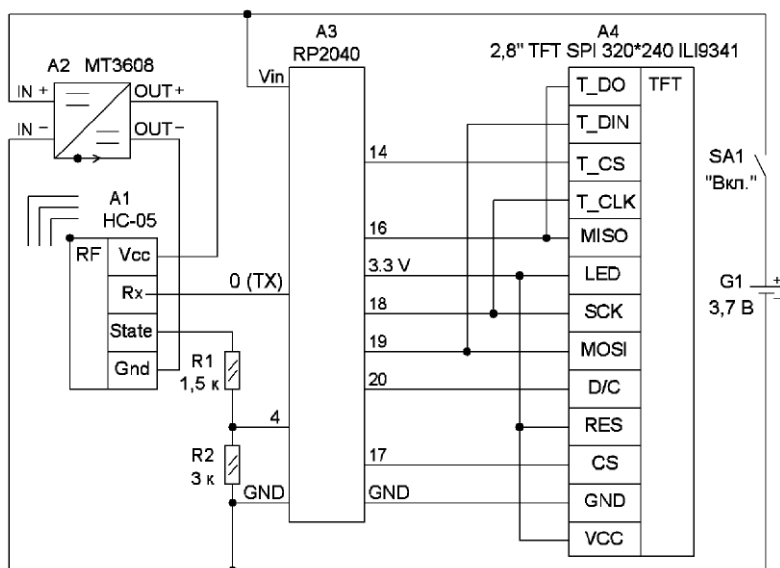


Рис. 6

ний рычага конкретного джойстика были выбраны пороговые значения для переменных **porog1 = 250;** и **porog2 = 750;**. К примеру, чтобы определить положение рычага в точке 0, потребуется проверка на истинность выражения: **X>porog1&& X<porog2&&Y>porog1&& Y<porog2.**

Использование неравенств и порогов связано с тем, что переменные X, Y в точках 0—8 постоянно меняют свои значения в некоторых интервалах. Их размер зависит от экземпляра джойстика, а также носит случайный характер при манипуляции. Переменная FLAG позволяет исключить последовательность повторных отсылок команд при удержании рычага в одной из точек 1—7. После включения питания игрушки и пульта необходимо выждать время пока между модулями связи установится соединение, при этом частота мигания сигнального светодиода модуля HC-05 уменьшится.

Второй вариант пульта управления (рис. 4) реализован на основе смартфона с помощью приложения для него. Связь реализуется с помощью встроенного Bluetooth-модуля смартфона. Рабочий экран содержит девять кнопок, восемь из них — для управления движением игрушки и одна — для принудительного подключения Bluetooth-соединения с голосовым оповещением. Выполнение той или иной команды движения происходит

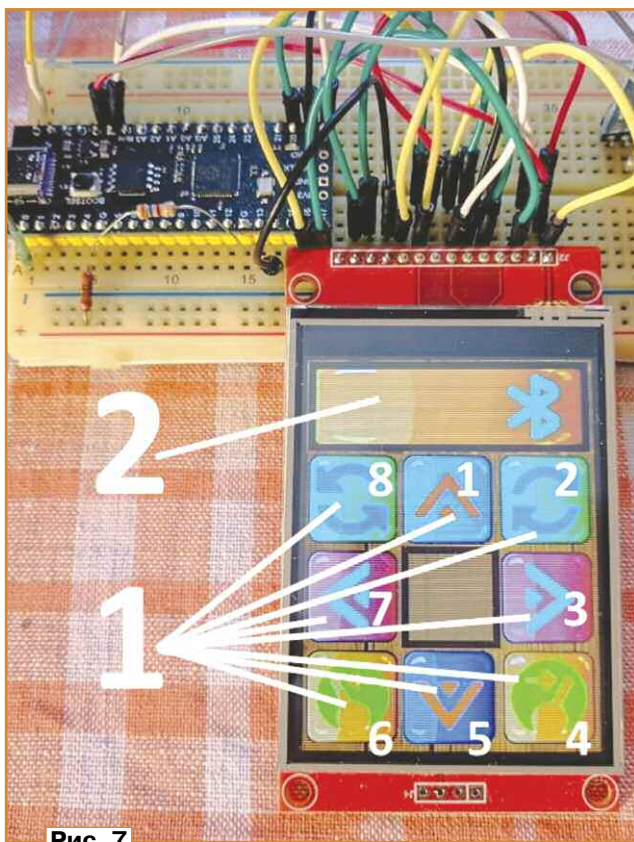


Рис. 7

при нажатии и удержании соответствующей кнопки. Нумерация команд соответствует показанным на рис. 3 и выделена красным цветом на экране в окне приложения. Программная часть реализована с помощью среды MIT App Inventor 2. Блоки программы изображены на рис. 5. При повторении этого варианта пульта управления файл проекта (**TELEGKA_4k.aia**) нужно

редактировать в среде программирования, внося MAC-адрес 1 имеющегося на борту танкетки Bluetooth-модуля. Основная структура программы содержит восемь пар блоков реализации кнопок 2 и блок 3 — кнопки включения связи. Такой вариант пульта не требует аппаратной реализации и удобен при необходимости управления разными операторами игрушки с помощью своих личных гаджетов с установленным приложением.

Третий вариант позволяет в большей степени реализовывать собственные творческие задумки, но и является самым затратным в плане ресурсов и времени. Его основой является цветной TFT-дисплей с сенсорным резистивным экраном. Вариант практического использования описан автором в [3]. Опыты показали, что, кроме стилуса, сенсорный экран достаточно точно реагирует на прикосновения подушечек пальцев. При этом область касания по размерам не превосходит область дисплея в 60×60 пикселей. Таким образом, становится возможным создавать на дисплее графический пользовательский интерфейс (англ. graphical user interface или GUI), например, комплект кнопок. Необходимость использования стилуса отпадает. Схема пульта приведена на рис. 6, а внешний вид рабочего макета — на рис. 7.

Нумерация команд соответствует рис. 3 и выделена белым. Элементами управления движения танкетки являются графические сенсорные кнопки 1, а индикации — элемент 2. Он сигнализирует об удачном установлении связи между пультом и игрушкой. Эти элементы имеют два условных состояния — включено и выключено, поэтому для имитации их работы достаточно двух наборов-картинок состояний (рис. 8). А для их хранения в памяти МК потребуется модуль RP2040. Дополнительно для индикации состояния соединения модулей связи у модуля HC-05 задействован вывод State, резисторы R1, R2 образуют делитель, обеспечивающий согласование уровней сигналов модулей A1 и A3.

Чтобы облегчить процесс программирования, экран удобно условно поделить на сектора-квадраты размерами 80×80 (3×4 квадратов) и редактировать графику, выделяя элементы-сектора. Так, индикатор занимает три сектора, кнопка — всего один. Кнопки и индикатор графически активны, т. е.



Рис. 8

имеют два сменных изображения, кнопки сенсорно активны, т. е. касание их областей приводит к смене графики.

Пример скетча **RP2040_knopki.ino** реализует описанное выше. Функция **drawFoto_fragment()**; позволяет выво-

дить фрагмент (элемент управления или индикации) любой картинке по заданному размеру в заданное место экрана. Функция **dinamika()**; проверяет условия касания экрана, отправляет команды, отрисовывает смену графических фрагментов-кнопок.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мамичев Д. Игрушка-танкетка на колёсах Месанум. — Радио, 2024, № 3, с. 61—63.
2. KY-023 Dual Axis Joystick module. — URL: <https://www.arduino-circuit.com/ky-023-dual-axis-joystick-module-with-arduino/> (11.02.24).
3. Мамичев Д. "Рисуем" на сенсорном TFT-дисплее с помощью Arduino. — Радио, 2024, № 4, с. 61, 62.

От редакции. На нашем FTP-сервере по адресу <http://ftp.radio.ru/pub/2024/07/tank2.zip> находятся материалы проекта.

Викторина

"Микрокомпьютеры NanoPi"

Р. СЕРГЕЕНКО, г. Гомель, Беларусь

Микрокомпьютеры (SBC) Raspberry Pi послужили мощным стимулом для разработки одноплатных "клонов", близких по параметрам, габаритам и даже по названию. Например, китайские SBC семейства NanoPi (пишется слитно) были выпущены фирмой FriendlyElec в 2015 г. и совершенствуются до сих пор. Особенность этого семейства — более 50 (!) разновидностей, в том числе миниатюрные Headless для интеграции в серверные, промышленные и связные системы, где не требуется видеовыход.

Продукцию фирмы FriendlyElec можно разделить на группы по размерам. За условную единицу берётся площадь стандартного модуля Raspberry Pi, который имеет габаритные размеры банковской карты — 86×54 мм.

Двойной размер — отладочные платы Carrier Board и комплекты разработки со сменными процессорными блоками, например, CM3588 (160×116 мм) или Smart210/4418 SDK (180×130 мм).

Полуторный размер — профессиональные SBC семейства NanoPC-Tx (100×64, 110×80 мм), имеющие много разъёмов и интерфейсов, объём памяти — до 16 Гбайт, расширенный интервал рабочих температур — -40...+80 °C.

Стандартный размер (от 85×56 до 90×62 мм) — SBC NanoPi Kx/M4x/R5S, R6x;

Размер 3/4 (от 58×58 до 75×40 мм) — SBC NanoPi 2x/Fire3/S2/M1x/M2x/M3/NEO4/R1x/R4x/R5C;

Размер 1/2 (от 48×48 до 55×52 мм) — SBC NanoPi NEO Plus2/NEO3/R2x;

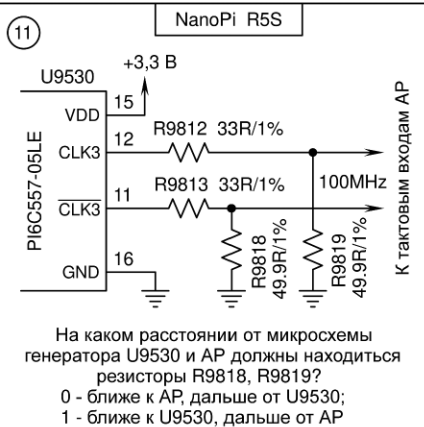
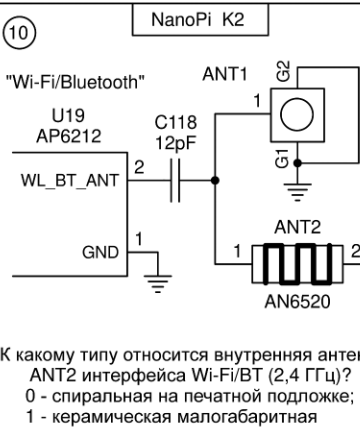
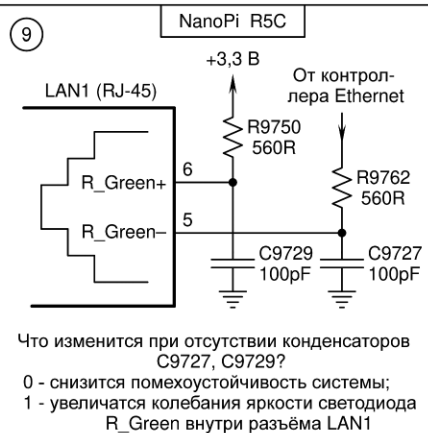
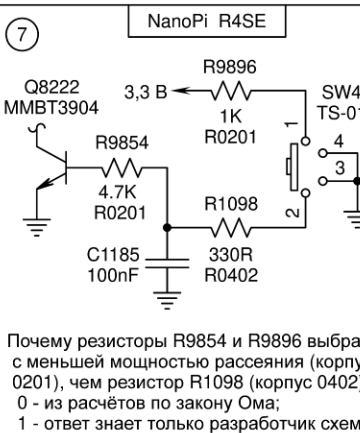
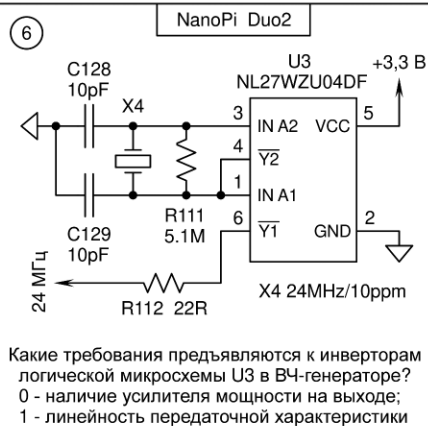
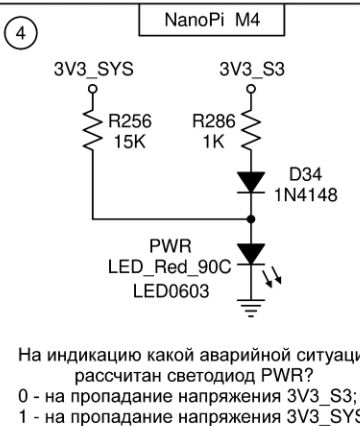
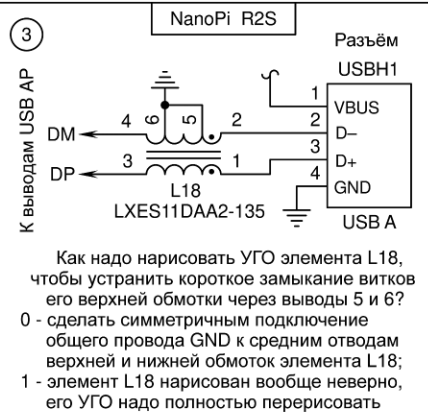
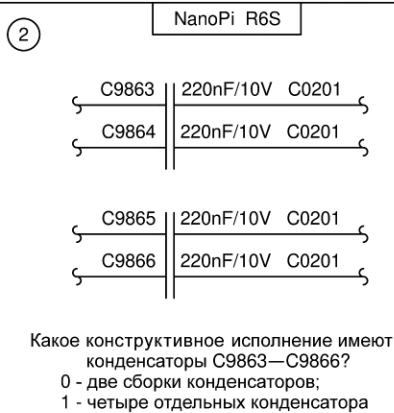
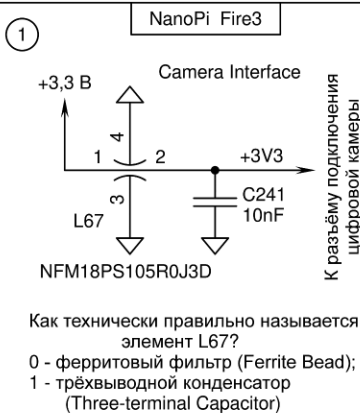
Размер 1/3 (40×40 мм) — SBC NanoPi NEO Core2/Air.

В модулях NanoPi применяется ограниченный ряд многоядерных прикладных процессоров (AP) разных изготовителей: Samsung S5P4418/S5P6818, Allwinner A64/H3/H5, Amlogic S905, Rockchip RK3328/RK3399/RK3568B2/RK3588S.

Поддерживаются операционные системы Debian, Ubuntu,

Lubuntu, DietPi, Android, Buildroot, OpenMediaVault, а также форк Ubuntu собственной разработки под названием FriendlyWrt (форк, англ. fork — развилка, вилка или ответвление, т. е. использование кода программного проекта в качестве старта для другого). Считается, что модули NanoPi хорошо справляются с сетевыми задачами (роутеры, шлюзы, маршрутизаторы, файловые серверы и т. д.). Для целей Интернета вещей (IoT) перспективны микромодули NanoPi NEO, которые входят в TOP-10 самых маленьких потребительских SBC в мире.

В **таблице** показаны фрагменты схем микрокомпьютеров семейства NanoPi (<https://wiki.friendlyelec.com/wiki/>). 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 3687 или 3815, значит, все ответы правильные.



Мемориал А. С. Попова 2024 — итоги

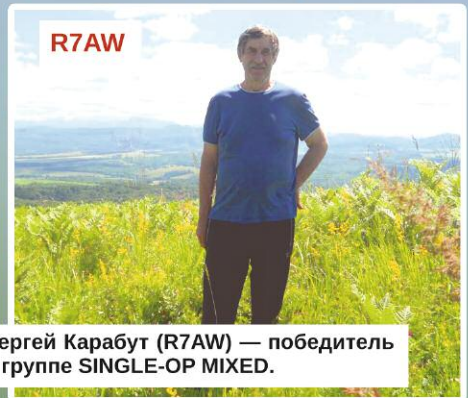
(см. статью на с. 45)



Антенны RM4HZ.

RM4HZ

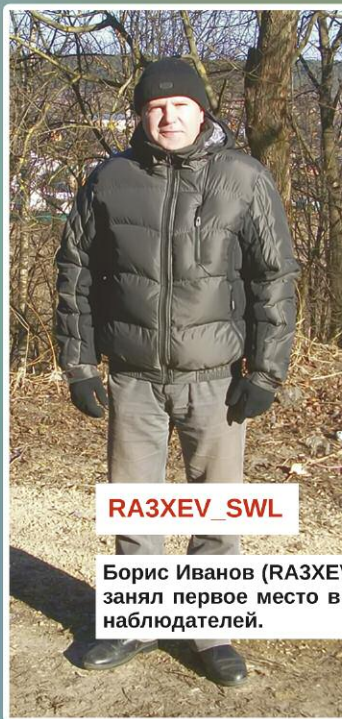
Александр Чуркин (RM4HZ) — победитель в группе SINGLE-OP SSB.



R7AW

Сергей Карабут (R7AW) — победитель в группе SINGLE-OP MIXED.

Команда R0AK МБУ ДО "Центр творчества и развития "Планета талантов" из г. Ачинска Красноярского края, занявшая первое место в молодёжной группе коллективных радиостанций, слева направо: Алексей Клундук, Фёдор Брызгин.



RA3XEV_SWL

Борис Иванов (RA3XEV_SWL) занял первое место в группе наблюдателей.



Антенны RC9J.

RC9J

Команда радиостанции ДОСААФ RC9J — победитель в группе коллективных радиостанций: сидит — Алексей Зотов (R9JR), стоит — Денис Рукинов (UA8J).



R3EC

Анатолий Медов (R3EC) показал лучший результат в группе SINGLE-OP CW.

Поддерживаемые
ОС



Dr.Web Security Space

защитит ваш цифровой МИР



Защита от хищений средств

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



Защита от мошенников

От фишинговых и мошеннических сайтов, сайтов с вредоносным ПО



Защита от уязвимостей программ

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



Защита данных и информации

От удаления, порчи, шифрования и похищения



Защита от захвата устройства и слежки

Блокировка камеры, микрофона, съемных устройств



Защита детей

Родительский контроль

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

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



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



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



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