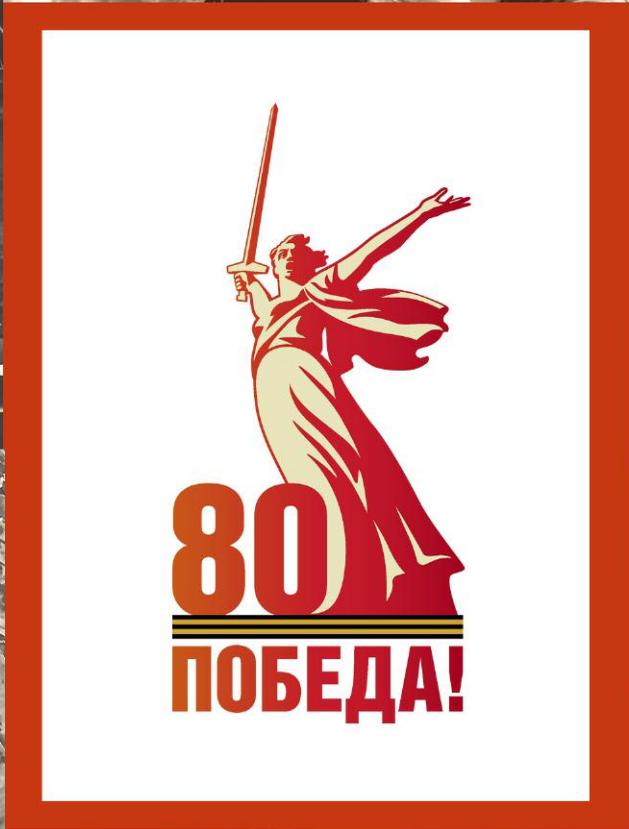
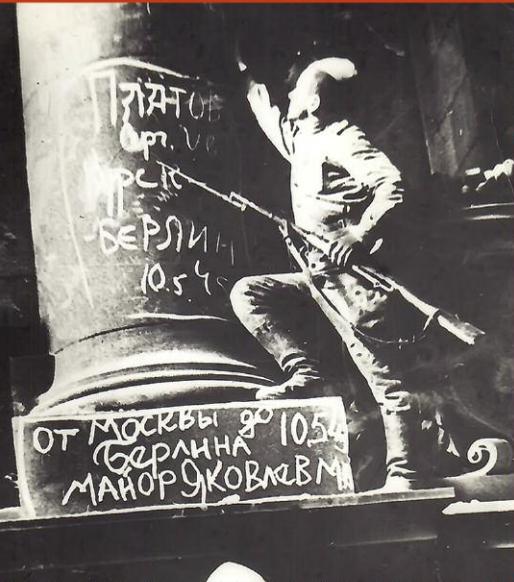


5.2025

РАДИО

АУДИО • ВИДЕО • СВЯЗЬ • ЭЛЕКТРОНИКА • КОМПЬЮТЕРЫ

7 мая — День радио
9 мая — День Победы



ISSN-0033-765X 25005
9 770033 765009

7 мая 2025 года исполняется 130 лет со дня изобретения радио преподавателем Минного офицерского класса Балтийского флота Александром Степановичем Поповым.



"Старый Новый год 2025" — итоги

(см. статью на с. 50)



"Рабочее место" УТ8А.

УТ8А



Душан Чеха (Dusan Ceha, УТ8А) со своей "помощницей", внучкой Ивой.



UA4M

Команда UA4M, занявшая первое место в группе MULTI-OP HIGH. Слева направо — Искандер Кадыров (RU4PU), Константин Магда (UA4LDP), Владимир Рябов (RA4LW), Андрей Маркелов (RL4R).



RK4W

Победитель в группе MULTI-OP LOW, команда RK4W. Слева направо — Матвей Лялин (R4WAX), Арина Лямина, Сергей Коробко (R4WBF).



UA6CC

В группе SINGLE-OP HIGH OVER-100 победил Виктор Кондратьев (UA6CC).

В группе SINGLE-OP HIGH SSB на первое место вышел Сергей Чеботарев (RW1F).

RW1F



R7MM

В группе SINGLE-OP LOW MIXED первое место занял Сергей Сергеев (R7MM).



R3T-100

Лучшим среди наблюдателей в этом году оказался Евгений Пашанин (R3T-100).

RA6CA

Павел Нетиков (RA6CA) занял первое место в группе SINGLE-OP HIGH MIXED.



rus-elektronika.ru



ЭЛЕКТРОНИКА РОССИИ

Международная
ВЫСТАВКА-ФОРУМ

25|26|27
НОЯБРЯ
2025 МОСКВА
Крокус Экспо

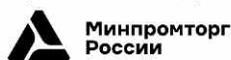


12+

Организатор:



Официальная поддержка:



Партнеры:



**ЗАБРОНИРУЙТЕ
СТЕНД**

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

ВЫСТАВКИ 4	A. ГОЛЫШКО. Международный мобильный конгресс MWC 2025 4
РАДИОПРИЁМ 8	В. ШЕПТУХИН. Новости вещания 8 Х. ЛОХНИ. Электронные компоненты для доработки и обновления полупроводниковых радиоприёмников выпуска 1970—1990 гг. Часть 6. Микросхема K174XA2 10
ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ 25	A. НАУМОВ. Импульсный регулятор переменного напряжения 25
ИЗМЕРЕНИЯ 27	A. ГРЕЗНЕВ. О расширении возможностей генератора на модуле AD9833 27
ПРИКЛАДНАЯ ЭЛЕКТРОНИКА 34	C. СВЕЧИХИН. Многоканальное реле времени 34 M. АНТОНОВ. GPS-часы. 37 A. ВАСИЛЬЕВ. "Устройство защиты от перенапряжения с "жёстким" ограничением амплитуды" 40
РЕМОНТ 41	A. ПАНЬШИН. Ещё раз о ремонте светодиодных ламп. 41
ИЗ ИСТОРИИ РАДИО 42	B. КОМИН. Тайна безвестного дневника 42 E. РЫБКИНА. 130 лет радио 45
"РАДИО" — О СВЯЗИ 47	A. БЕЗМЕНОВ. Радиоэкспедиция в Бенин 47 "Старый Новый год 2025" — итоги. 50
"РАДИО" — НАЧИНАЮЩИМ 53	A. ШУМИЛОВ. Пульт-игрушка на основе неисправного ПДУ 53 B. РУБАШКА. Многочастотный генератор импульсов 56 И. НЕЧАЕВ. Аккумулятор в тестере GM328A. 58 Д. МАМИЧЕВ. Декоративное светодиодное освещение 60 P. СЕРГЕЕНКО. Викторина "Платы расширения Adafruit". 63

НА КНИЖНОЙ ПОЛКЕ (с. 36).

ДОСКА РЕКЛАМНЫХ ОБЪЯВЛЕНИЙ (с. 1, 3, 4, 24, 49, 4-я с. обложки).

На нашей обложке. Фотографии воинов-победителей (из архива редакции). Официальный логотип взят с сайта организационного комитета по подготовке и проведению празднования 80-й годовщины Победы в Великой Отечественной войне 1941—1945 годов (<https://may9.ru>).

**ЧИТАЙТЕ
В СЛЕДУЮЩЕМ
НОМЕРЕ:**

**ИЗМЕРЯЕМ МАГНИТНУЮ ИНДУКЦИЮ
ДОРАБОТКА "ДОМАШНЕГО ДОКТОРА"
УПРАВЛЯЕМ "НЕОНОВОЙ НИТЬЮ"
РЕМОНТ ТЕСТЕРА TC1**

ЖУРНАЛ РАДИО

АУДИО • ВИДЕО • СВЯЗЬ • ЭЛЕКТРОНИКА • КОМПЬЮТЕРЫ

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

Стоимость одного номера журнала в 2025 году (1–12 номера)
при покупке в редакции — 520 рублей.

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

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

Телефон для связи (495) 607-87-39

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

Год выпуска	Номер журнала	Стоимость одного номера в редакции	Стоимость одного номера с пересылкой	
			В России	В остальные страны
2021	11–12	250 руб.	350 руб.	800 руб.
2022	1–9, 11–12	300 руб.	400 руб.	800 руб.
2023	3–4, 7–12	470 руб.	570 руб.	800 руб.
2024	1–12	490 руб.	600 руб.	900 руб.
2025	1–12	520 руб.	640 руб.	1000 руб.

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



Подписка на электронный журнал "Радио" с доставкой по электронной почте на 2025 год, а также 2024, 2023, 2022, 2021, 2020, 2019, 2018, 2017, 2016, 2015, 2014, 2013, 2012 на 12 месяцев (1 год).

<https://el.radio.ru/>

Журнал "Радио" в интернет-магазине ОЗОН



"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. МУСИЯКА

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 3010181040000000225 БИК 044525225

Подписано к печати 24.04.2025 г. Формат 60×84 1/8. Печать офсетная.

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

В розницу — цена договорная.

Подписной индекс:

Официальный каталог ПОЧТА РОССИИ — П4014;

КАТАЛОГ РОССИЙСКОЙ ПРЕССЫ — 89032.

За содержание рекламного объявления ответственность несёт
рекламодатель.

За оригинальность и содержание статьи ответственность несёт автор.

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

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

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

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

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

© Радио[®], 1924—2025. Воспроизведение материалов журнала «Радио»,
их коммерческое использование в любом виде, полностью или частично,
допускается только с письменного разрешения редакции.

Отпечатано в ОАО «Подольская фабрика офсетной печати»

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

Зак. 01500-25 .

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

Международный мобильный конгресс MWC 2025

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

*"Ничто так не выдаёт плебея, как
умение разбираться в дорогих маши-
нах и смартфонах".*

(неизвестный плебей)

2800 компаний приняли участие в MWC 2025, который был организован при участии GSMA (Ассоциация GSM) и с 3-го по 7 марта традиционно проходил в Барселоне. В этом году акцент был сделан на наличие в пред- ставленных продуктах искусственного интеллекта (ИИ), причём порой только потому, что это модно, а не ради каких-либо настоящих инноваций. Однако предоставим слово выступившим на форуме "первым лицам".

Матс Гранрид, генеральный директор, GSMA: "Что общего между великой китайской стеной, Бурдж-Халифой и системой автомагистралей между штатами США? Если вы ищете крупней- шую в мире инфраструктуру, вот некоторые из ответов. Но есть и другая инфраструктура, кото- рая превосходит их все. Она больше, дороже и гораздо более актуальна. С шестью миллионами вышек и таким количеством километров кабеля, что я даже не могу получить точное число. Мобильные сети являются одной из самых боль- ших, если не самой большой, инфраструктур в мире.

В прошлом году мы достигли отметки в два миллиарда подключений. Это делает 5G самым быстрым. На сегодняшний день сущест- вуют более 300 сетей 5G, но только в 61 из них реализована автономная сеть 5G. Итак, мы долж- ны закончить работу. Если мы это сделаем, мы сможем позволить предприятиям добавить в мировую экономику 4,7 триллиона долларов к 2030 г. Это большие деньги, на самом деле в три раза больше ВВП Испании. Если это не при- чина для инвестиций, то я не знаю, что это.

Open Gateway (открытый шлюз — всеобъемлю- щая структура для предоставления разработчи- кам неограниченного доступа к сетям — про- граммный посредник, который позволяет различ- ным приложениям взаимодействовать друг с дру- гом) открывает доступ к рынку, которых сегодня даже не существует. На данный момент в этой структуре операторы, охватывающие почти 80 % глобальных мобильных соединений. У нас есть 52 коммерческие сети, которые поддерживают более 200 API (Application Programming Interface — набор правил, позволяющих одному программно-

му продукту взаимодействовать с другим), и это всего за два года.

По оценкам McKinsey, генеративный ИИ может принести до пяти триллионов долларов в мировую экономику и до 100 млрд долл. в телекоммуникационную отрасль ежегодно. Одним из отличных примеров этого является Bharti Airtel с первым в Индии решением для борьбы со спамом на основе ИИ, обрабатывающим один триллион записей в режиме реального времени, отмечая 100 млн спам-звонков каждый день.

Радиоспектр — это кислород, необходимый для более быстрых сетей и лучшего покрытия для стимулирования экономического роста. За последние десять лет мы потратили на него 500 млрд долл. Мы рады инвестировать, нам нужен кислород. Но проблема возникает, когда правительства устанавливают высокие цены на радиоспектр, создавая риск того, что он не будет продаваться и, следовательно, природный ресурс будет потрачен впустую».

Бяо Хэ, генеральный директор China Mobile: "Технологии ИИ превратились из инструментов в базовую инфраструктуру, способствуя экономическому развитию и социальным преобразованиям. ИИ также быстро меняет образ жизни, производство, управление и общество. Мы полностью вступили в эру ИИ. Это реинжиниринг методов производства, трансформация промышленных систем, постоянное создание новых форм и методов ведения бизнеса и переход к сетевым умным и низкоуглеродным направлениям.

Программа открытых шлюзов, инициативная GSMA, является эталоном для глобального сотрудничества в промышленной экосистеме. Мы успешно запустили несколько функций, таких как новые звонки 5G и набор по щелчку мыши. Мы также ускоряем открытие возможностей больших моделей в таких областях, как сеть и обслуживание клиентов, поддерживая глобальное сотрудничество».

Бенедикт Шилбрэд Фасмер, президент и главный исполнительный директор Telenor Group: "Телекоммуникации всегда были движущей силой прогресса, формируя общества и экономику. У нас есть множество примеров того, как наша отрасль вкладывала значительные средства в передовую инфраструктуру только для того, чтобы монетизация была захвачена другими. Мы не можем допустить, чтобы это повторилось. Мы должны лучше улавливать ту ценность, которую мы на самом деле создаём.

Доверие начинается с безопасности, и это важнейший фак-

тор, лежащий в основе каждой инновации, которую мы выводим на рынок. Поскольку наши клиенты и наши сети подвергаются атакам как никогда раньше, безопасность больше не является просто проблемой — это одна из самых больших возможностей для роста, которые у нас есть сегодня».

MWC 2025 преподнес миру массу интересных смартфонов и носимых гаджетов, всевозможных технологий и даже мощных электрических спорткаров. Компании-лидеры отрасли представили свои разработки, которые обещают сделать нашу жизнь более комфортной. Обращаясь к экспозиции MWC 2025, зайдём сразу с конца. По традиции, в финальный день мероприятия объявили победителя в номинации "Лучший смартфон на рынке". В 2025 г. почётное звание досталось Google Pixel 9 Pro. Лидер обошёл iPhone 16 Pro, Samsung Galaxy S24 Ultra и Honor Magic V3 и Vivo X200 Pro. Его выбрали за "выдающуюся производительность, инновации и лидерство на рынке".

В номинации "Лучший на выставке" победу одержал Xiaomi 15 Ultra. Самым классным сетевым устройством назвали игровой мини-ПК с водяным охлаждением Tecno MegaMini Gaming G1.

В категории "Революционная инновация в устройстве" лучшей стала нейросеть Google Gemini. Другими претендентами были Galaxy AI, чипсет Snapdragon 8 Elite и тройной шарнир Huawei Mate XT.

Напомним, в прошлом году лучшим смартфоном признали Pixel 8, в 2023-м — iPhone 14 Pro, а в 2022-м — iPhone 13 Pro Max.

На MWC 2025 дебютировали глобальные версии флагманов Xiaomi 15 и Xiaomi 15 Ultra. Первый продаётся в Китае ещё с прошлого года, а вот модель со словом Ultra в названии появилась совсем недавно.

Главной особенностью Xiaomi 15 Ultra является камера, как и у всех смартфонов серии Ultra. Причём акцент сделан не на главную камеру, а на камеру с перископической оптикой. Она построена на довольно крупном 200 Мп сенсоре Samsung ISOCELL HP9 (1/1,4") и оснащена объективом Leica с эквивалентным фокусным расстоянием 100 мм, что обеспечивает 4,3-кратное оптическое увеличение. А благодаря высокому разрешению датчика также поддерживается 8,6-кратный и даже 17,2-кратный гибридный зум "без потерь качества". Конечно, на самом деле качество немного снижается, но не критично, насколько можно было судить при беглом знакомстве с аппаратом.

Основной модуль использует однодюймовый 50 Мп сенсор Sony LYT-900 и оснащён 23 мм оптикой Leica с диафрагмой f/1,63. Сенсор обладает широким динамическим диапазоном в 14 EV. Широкоугольная камера получила 50 Мп датчик Samsung ISOCELL JN9 и 14 мм оптику. Наконец, четвёртый модуль оснащён 50 Мп датчиком Sony IMX858 и обычным телеобъективом с эквивалентным фокусным расстоянием 70 мм, который обеспечивает трёхкратный оптический зум и шестикратный гибридный.

На стенде Xiaomi также были представлены Buds 5 Pro Wi-Fi — первые в мире беспроводные головные телефоны с технологией Qualcomm XPAN, которая позволяет использовать Wi-Fi для передачи аудиопотока от смартфона к головным телефонам. Это расширяет радиус действия и обеспечивает передачу аудио более высокого качества — пропускная способность увеличена до 4,2 Мбит/с.

Китайская Realme представила версии смартфонов 14 Pro и 14 Pro+, которые ранее дебютировали в Китае. Старшая модель получила субфлагманский чипсет Snapdragon 7s Gen 3 и аккумулятор ёмкостью 6 А·ч с поддержкой зарядки мощностью 80 Вт. За съёмку отвечают система из трёх камер с 50 Мп основным датчиком с оптической стабилизацией, сверхширокоугольный объектив на 8 Мп, а также дополнительная камера с трёхкратным оптическим зумом. Для селфи и видеозвонков предусмотрена 32-мегапиксельная фронтальная камера.

Плюс ко всему Realme анонсировала масштабное внедрение ИИ в свои гаджеты — в течение следующих трёх лет планируется реализовать до 100 млн смартфонов с ИИ-инструментами. Среди них будет функция под названием AI Voice Retoucher, позволяющая с помощью голоса редактировать отснятый материал. Скажем, можно будет попросить "изобразить небо в закатных красках" без необходимости выставления параметров в меню на дисплее. Кроме того, пользователям будет доступна технология AI Video Eraser для удаления нежелательных объектов из видеороликов.

Наконец, Realme показала экспериментальный смартфон Interchangeable Lens Concept, дающий представление о "революционной концепции гаджета со сменными объективами". На устройство с помощью специальных креплений можно установить один из двух модулей на выбор: портретный объектив с фокусным расстоянием 73 мм и телеобъектив с фокусным рас-



стоянием 234 мм и 10-кратным оптическим увеличением. Разработчики отмечают, что устройство обеспечивает качество съёмки, которое "ранее было невымыслимо для мобильных устройств".

Компания Doogee решила добавить в свою линейку защищённых смартфонов модель V Max Play. Её можно использовать и как фотонарик, и как проектор. Да, разрешение скромное — всего 480 пикселей, но для походных условий вариант отличный. Тем более, есть автофокус, ёмкость аккумулятора в 22 А·ч с быстрой зарядкой мощностью 33 Вт, камера на 108 Мп и 512 ГБ внутренней памяти. Тесно продолжает смело экспериментировать с различными форм-факторами для смартфонов. Так, на выставке IFA в Берлине был продемонстрирован супертонкий fold-смартфон с тремя экранами Phantom Ultimate 2, а теперь привезли в Барселону концептуальную тройную раскладушку Spark Slim с горизонтальной flip-конструкцией. В раскрытом состоянии толщина гаджета — 5,75 мм, что делает его самым тонким в мире смартфоном, оснащённым аккумулятором ёмкостью 5,2 А·ч. Предусмотрена поддержка быстрой системы зарядки мощностью 45 Вт. Сглаженный 6,78-дюймовый AMOLED-дисплей имеет разрешение 1,5K, частоту обновления 144 Гц и пиковую яркость 4500 нит. За съёмку отвечают две камеры по 50 Мп, визуально объединённые светодиодной полосой.

Тесно представила линейку смартфонов Samon 40, которые смогут "фотографировать с нулевой задержкой" и будут отличаться улучшенными технологиями обработки фото на базе ИИ. Кроме того, станут доступны различные "умные" инструменты для генерации изображений, продвинутого поиска в Интернете и работы с текстами.

Нопог показал свой главный флагман 2025 г. — модель Magic 7 Pro, которая доступна уже и в России. Как заявили в компании, она сконцентрируется на том, чтобы превратить смартфон в личного ассистента, который сможет составлять расписание и давать рекомендации на основе анализа всевозможных данных — от привычек пользователя и заметок в календаре до актуальной информации об автомобильных пробках. Плюс ко всему Нопог внедрит новые функции обработки фотографий, среди которых будут технологии улучшения качества фото с помощью ИИ на самом устройстве, технология улучшения качества зума на основе ИИ в облачном сервисе, инструмент для восстановления старых снимков.

Кроме того, флагманские смартфоны Нопог получат функцию обнаружения дипфейков на основе ИИ и упрощённую систему обмена файлами между устройствами. Наконец, для нового флагмана Magic 7 Pro и дальнейших "старших" гаджетов обещана семилетняя программа обновлений ПО и безопасности. На данный момент подобные продолжительные сроки поддержки девайсов гарантируют лишь Samsung и Google.

Кстати, Samsung впервые за много лет представила в рамках MWC 2025 новые смартфоны — в последний раз такое произошло в 2018 г., когда компания анонсировала в Барселоне флагманы семейства Galaxy S9. В этом году компания подготовила аппараты среднего ценового сегмента — Galaxy A36 и Galaxy A56. Модель Galaxy A26 получила 6,7-дюймовый OLED-дисплей с разрешением FHD+ и кадровой частотой 120 Гц, а также чип собственной разработки Exynos 1380, действующий вместе с 6 Гб и 8 Гб оперативной памяти. Система камер представлена тремя датчиками: 50-мегапиксельным главным модулем с системой оптической стабилизации, сверхширокоугольным объективом 8 Мп и сенсором 2 Мп для макросъёмки.

Samsung Galaxy A36 отличается более мощным чипсетом Qualcomm Snapdragon 6 Gen 3, изготовленным по 4-нм технологическому процессу, а также 5-мегапиксельной макрокамерой. Кроме того, аккумулятор ёмкостью 5 А·ч поддерживает систему быстрой зарядки мощностью 45 Вт, которая прежде была доступна только в флагманских семействах.

Samsung Galaxy A56 с алюминевыми рамками корпуса работает на базе процессора Exynos 1580, за охлаждение которого отвечает увеличенная испарительная камера. В более продвинутой системе для съёмки входит основной датчик 50 Мп, 12-мегапиксельный сверхширокоугольный объектив и макрокамера 5 Мп. Система зарядки мощностью 45 Вт позволяет восполнить энергию аккумулятора ёмкостью 5 А·ч с нуля до 100 % за 1 час и 8 мин.

Samsung Galaxy A26, Galaxy A36 и Galaxy A56 будут обновляться в течение шести лет — вплоть до 2031 г. Но что ещё более важно, смартфоны получили поддержку некоторых функций, которые ранее были лишь у флагманских моделей. Так, владельцы Galaxy A26 смогут воспользоваться инструментом Circle to Search, позволяющим найти информацию о любом объекте на дисплее с помощью простейших жестов. Кроме того, доступен "умный" ластик, отвечающий за

удаление лишних элементов на фото. В список ИИ-функций Samsung Galaxy A36 входят:

— AI Select — "умный" помощник, предлагающий пользователю различные сценарии действия, в зависимости от происходящего на экране. К примеру, он может предложить набрать телефонный номер, создать GIF-изображение из просматриваемого видео, отправить электронное письмо или перейти на ту или иную веб-страницу;

— Custom Filters — функция в стандартном приложении камеры для создания уникальных фильтров на основе уже снятых фотографий;

— Edit Suggestions — советы по улучшению качества съёмки с предложениями правильной коррективы угла наклона, выравнивания горизонта и других соответствующих параметров;

— Read Aloud отвечает за озвучивание текстов в реальном времени на страницах, просматриваемых через фирменный браузер Samsung.

В дополнение к этому у модели Samsung Galaxy A56 есть функция Best Face. С ней смартфон начинает записывать видео на несколько секунд раньше, прежде чем пользователь нажмёт на кнопку спуска затвора, чтобы сделать фото. Если кто-то во время съёмки забудет улыбнуться или закроет глаза, то ИИ предложит выбрать наиболее удачное выражение лица из кадров, сделанных ранее.

Galaxy A36 и Galaxy A56 предложат Android 15 с фирменным оформлением Samsung "из коробки", "приправленным" всевозможными ИИ-функциями, вроде улучшенного Circle to Search. И что немаловажно, для новинок Samsung пообещала шесть номерных обновлений ОС, т. е. эти смартфоны должны в будущем получить ПО вплоть до Android 21.

Модель Asymmetric Flip от Samsung привлекает внимание необычностью конструкции — в нём два складывающихся внутрь шарнира, которые находятся на разном расстоянии от краёв смартфона. Хотя это и выглядит необычно, но оставляет небольшую часть экрана открытой даже в сложенном состоянии — теоретически её можно задействовать в качестве Always-on Display — отображать на ней оповещения, текущее время и другие данные даже в спящем режиме (иначе зачем это всё?).

Ещё одним интересным экспонатом на стенде Samsung стала гарнитура расширенной реальности Project Moohan. Компания подтвердила в рамках выставки, что устройство поступит в продажу в этом году. Внешне новинка очень сильно

напоминает Apple Vision Pro, с которым и будет конкурировать. Известно, что устройство будет работать на операционной системе Android XR, получит интеграцию с ИИ Gemini, а также в нём будет интеллектуальный помощник, который упростит навигацию по приложениям и задачам. Наличие камер у Project Moohan предполагает поддержку жестового управления. Гарнитура оснащена чипом Qualcomm Snapdragon XR2+ Gen 2 и будет питаться от внешнего аккумулятора.

Что касается инновационного оборудования мобильной связи, то компания Deutsche Telekom привезла беспилотный летательный аппарат (БПЛА) Primoco One 150 разработки и производства Чешской Республики, оснащённый мобильной базовой станцией. Последняя обеспечивает доступ к LTE-сети, что позволит использовать новинку в труднодоступных местах для проведения различных мероприятий от спортивных до спасательных.

LTE-дрон способен подниматься на высоту до 3 км, тем самым обеспечивая связью незамкнутую площадку около 25 км². Заявленное время полёта — до 10 ч. БПЛА оснащён двигателем внутреннего сгорания с пропеллером и различными интеллектуальными функциями, которые, в свою очередь, обеспечивают устойчивый сигнал устройству на земле. Средняя скорость в сети — 95 Мбит/с для загрузки контента и 34 Мбит/с — для передачи данных.

Самым заметным экспонатом стенда компании Xiaomi, несомненно, стал электрический спорткар Xiaomi SU7 Ultra. Автомобиль ярко-жёлтого цвета с броским дизайном и типичными для спорткара элементами, вроде антикрыла и накладок на бамперы, привлёк к себе массу внимания. Он также продемонстрировал огромные амбиции Xiaomi на автомобильном рынке. Внешне новинка сильно напоминает автомобили Porsche. Собственно, Xiaomi не скрывает, что создаёт конкурента именно для этой немецкой марки. Более того, компания метит также в конкуренты Tesla с точки зрения технологичности своих электромоделей, а по уровню роскоши Xiaomi замкнулась аж на Mercedes-Benz и BMW. При этом цена ниже, чем у конкурентов, — пока SU7 Ultra предлагается только в Китае по цене от 529900 юаней (72830 долл.).

Xiaomi SU7 Ultra получила впечатляющие характеристики. Здесь три электромотора суммарной мощностью 1138 кВт (1547 л. с.) с максимальным крутящим моментом 1770 Н·м. Разгон от 0 до 100 км/ч занимает

всего 1,98 с, а до 200 км/ч — 6,09 с. Максимальная скорость — 359 км/ч, и, по словам Xiaomi, это самый быстрый серийный четырёхдверный автомобиль на планете. При этом батарея достаточно ёмкая — её хватит на 630 км по циклу CLTC. Поддерживается быстрая зарядка — от 10 до 80 % батареи заряжается всего за 11 мин.

ThinkPad X13 Gen 6 от Lenovo — 13,3-дюймовый ультрапортативный ноутбук, сочетающий малую массу и производительную начинку. Прошлогодний X13 Gen 5 весил всего 1,02 кг, но инженеры Lenovo смогли сделать новый ноутбук ещё легче — всего 0,93 кг. ThinkPad X13 шестого поколения будет доступен в версиях на современных и производительных процессорах AMD Ryzen AI Pro 300 и Intel Core Ultra 7 со встроенными ускорителями ИИ. Необычной особенностью ThinkPad X13 Gen 6, которой лишено подавляющее большинство современных ноутбуков, тем более компактных, является съёмный аккумулятор.

Lenovo показала прототип бизнес-ноутбука ThinkBook Flip с гибким дисплеем. Его можно использовать как классический ноутбук с экраном 13,1 дюйма, сложенный 12,9-дюймовый планшет или ноутбук с вертикальным дисплеем 18,1 дюйма. Ещё одна богатая идея от Lenovo — возможность заряжать ноутбук от солнечной энергии. В нулевой день выставки Infinix показал прототип смартфона с такой же функцией. А теперь вот и 14-дюймовый ноутбук Yoga Solar PC толщиной 15 мм и массой чуть более 1 кг позволяет использовать свет из любого источника для подпитки аккумулятора.

Компания Samsung активно демонстрировала возможности гибких экранов, в частности, на стенде был представлен складной монитор-чемодан Flexible Cabinbag.

Первые смарт-очки компании Тесла — AI Glasses Pro предлагают широкий набор полезных функций, но при этом выглядят почти как обычные очки. Они оснащены передовым AR-дисплеем на базе экранов MicroLED и технологии волновода WaveGuide, который проецирует изображение на линзы. При этом каждый дисплей обладает яркостью более 1500 кд/м², что обеспечивает отличную видимость даже при ярком освещении.

Важной составляющей Тесла AI Glasses Pro является камера 50 Мп на базе датчика изображения OmniVision OV50D. Она позволяет делать качественные фото и снимать видео, но, что важнее, используется для рабо-

ты множества функций на основе ИИ, которые предоставляет интеллектуальный помощник Ella AI, построенный на базе нейросети DeepSeek. Тесла обещает для помощника Ella AI множество действительно полезных возможностей. К примеру, очки предложат перевод в реальном времени как надписей и текстов, которые "видит" их камера, так и диалогов между пользователем и другими людьми. Причём поддерживается более 100 языков, в том числе русский. Кроме того, ИИ сможет сортировать и предоставлять сводки по уведомлениям от приложений на смартфоне пользователя. Также очки предложат навигацию перед глазами, смогут идентифицировать объекты, попадающие в поле зрения камеры. Например, ИИ сможет распознать ресторан и предоставить пользователю сводку с отзывами посетителей, рассказать о меню и поделиться другими данными о заведении. Очки оснащены встроенными динамическими головками, так что с их помощью можно слушать музыку, совершать звонки, а благодаря ИИ надиктовывать заметки и получать напоминания из приложения календаря для Android. Правда, пока что очки работают только со смартфонами на Android. Для подключения используется Bluetooth и Wi-Fi.

Тесла выпустит также более доступные AI Glasses без дисплея, но с широким набором ИИ-функций на базе DeepSeek.

Нидерландский бренд SunLED привёз на выставку в Барселоне нестандартный девайс — SunBooster, который создан, чтобы имитировать солнечный свет в помещениях. С ним можно будет получать витамин D, не выходя на улицу (мечта удалёнщика). Он будет излучать инфракрасный свет, которого так не хватает сотрудникам офисов, особенно в северных регионах. Как итог — меньше сонливость, крепче иммунитет.

Дубайский стартап XPANCEO привёз на выставку несколько прототипов умных контактных линз. Первый — смарт-линзы, которые могут заряжаться от футляра, второй — биосенсорные линзы, которые могут выполнять функцию глюкометра, и третий — линзы с датчиком внутриглазного давления, которые могут использоваться для выявления ранних стадий глаукомы. Но самая необычная разработка — это линзы с дополненной реальностью. Для этого в них есть микродисплей, который проецирует картинку прямо на сетчатку глаза. До этого такое встречалось только в умных очках и шлемах VR.

Австралийский стартап Cortical Labs анонсировал компьютер, который позиционирует не иначе как "первый в мире биологический компьютер". Особенностью устройства является то, что он работает на клетках человеческого мозга. Сами клетки взяты не из серого вещества людей. По утверждению разработчиков, внутри CL1 трудятся искусственные аналоги нейронов, синтезированные в лабораторных условиях. Премьера CL1 состоялась в Барселоне.

CL1 способен работать автономно, ему не нужно подключаться к стандартным ПК или суперкомпьютерам с традиционными кремниевыми процессорами. Внутри CL1 реализована полноценная система поддержания жизни искусственных клеток мозга. С её помощью их жизненный цикл длится около полугода. Эта система регулирует

температуру, газообмен и контролирует другие условия среды. Первые экземпляры биокомпьютера должны поступить в продажу уже в июне 2025 г. По своей стоимости он сопоставим с популярным в России китайским кроссовером Geely Atlas — немногим дороже 3 млн руб. На сайте производителя есть форма заказа.

Подводя итог, заметим, что каких-либо эпохальных прорывов в товарах для потребителей ожидать сегодня не стоит. Теперь нам остаётся ждать разведе что роботов-андроидов с "человеческими мозгами". С другой стороны, 3G, 4G, 5G, Wi-Fi 6, умный город, дроны-доставщики и беспилотники, роботы, умные автомобили — всё это уже появилось на выставках и затем постепенно вошло в нашу жизнь. Войдёт и всё остальное.

По материалам

<https://3dnews.ru/1119272/glavnie-novinki-mwc-2025?ysclid=m7yekp8uw2214490955>,

<https://www.mwcbaselona.com/>,
<https://mobile-review.com/all/articles/exhibition/mwc-2025-mostho-huawei-na-mwc-my-samyebolshie-no-samyenezametnye/>,

https://www.cnews.ru/news/top/2025-03-06_otkryt_zakaz_na_pervyj_v,
<https://www.rbc.ru/life/news/67c5a72a9a7947e8460abb7c>,

<https://rg.ru/2025/03/05/pyl-v-glaza.html?ysclid=m7yezctm2o175931744>,

<https://lifehacker.ru/luchshii-smartfon-mwc-2025/?ysclid=m7yey49gw380839898>,

<https://blog.eldorado.ru/publications/top-7-novinok-vystavki-mwc-2025-kotorye-nas-udivili-43802>

НОВОСТИ ВЕЩАНИЯ

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

РОССИЯ

БАШКОРТОСТАН. 12 февраля 2025 г. вещание радиостанции Love Radio стартовало ещё в одном российском городе-миллионнике Уфе, заменив собой в эфире радиостанцию "Дорожное радио", частота вещания — 105 МГц (источник — URL: <http://www.krutoymedia.ru/news/13595.htm> (21.03.25)).

ВЛАДИМИРСКАЯ ОБЛ. Радиостанции "Маруся FM" на частоте 90,8 МГц и "Новое радио" на частоте 98,5 МГц начала вещание в пгт Красная Горбатка (источник — URL: https://vk.com/wall-19037431_1640 (21.03.25)).

ЕВРЕЙСКАЯ АО. С 14 февраля 2025 г. в Биробиджане на частоте 106,9 МГц начала вещание радиостанция "Хит FM" (источник — URL: <https://rmg.ru/news/radio-hit-fm-zazvuchalo-v-birobidzhane> (21.03.25)).

КЕМЕРОВСКАЯ ОБЛ. 7 февраля 2025 г. на частоте 101,3 МГц в Белово началось вещание радиостанции "Автордио" (источник — URL: <https://www.gpmradio.ru/news-page/uid/40737> (21.03.25)).

КОСТРОМСКАЯ ОБЛ. 17 февраля 2025 г. на частоте 94,3 МГц в Костроме началось вещание

радиостанции "Комсомольская правда" (источник — URL: https://vk.com/wall-114816593_115067 (21.03.25)).

КРАСНОДАРСКИЙ КРАЙ. На частоте 90,8 МГц в Туапсе запущено вещание радиостанции Love Radio (источник — URL: https://vk.com/wall-62613163_24788 (21.03.25)).

С 8 марта 2025 г. в Курганинске на частоте 91,8 МГц началось вещание радиостанции "Катюша FM" (источник — URL: https://vk.com/id815753873?w=wall55211080_34293 (21.03.25)).

КРАСНОЯРСКИЙ КРАЙ. 11 февраля филиал РТРС Красноярский КРТПЦ запустил вещание радиостанции "Дорожное радио" в Канске на частоте 103,7 МГц. Мощность передатчика — 100 Вт (источник — URL: <https://krasnoyarsk.rtrs.ru/tv/radioveshchanie/rtrs-nachaltranslyatsiyu-programmy-dorozhnoe-radio-v-kanske/> (21.03.25)).

КРЫМ. По сообщению шеф-редактора радиостанции "Спутник в Крыму" Светланы Разиной, студия радиостанции готовится к масштабной модернизации. Кроме обновления студии, планируется запуск видеотрансляции и стриминговой платформы. Эти изменения сделают радиостанцию более современной и соответствующей актуальным трендам (источник — URL: [\[radiostancii-sputnik-v-krim/?ysclid=m73c6umb3h688123246\]\(https://radiostancii-sputnik-v-krim/?ysclid=m73c6umb3h688123246\) \(21.03.25\)\).](https://crimea-radio.ru/studiya-</p>
</div>
<div data-bbox=)

ПЕРМСКИЙ КРАЙ. 17 февраля 2025 г. в Добрянке состоялось тестовое включение радиостанции "Волна FM" на частоте 100,3 МГц (источник — URL: https://vk.com/wall-26853602_19041 (21.03.25)).

18 февраля 2025 г. филиал РТРС Пермский КРТПЦ начал УКВ-трансляцию радиостанции "Радио Шансон" в Перми на частоте 91,8 МГц. Мощность передатчика — 1 кВт (источник — URL: <https://perm.rtrs.ru/tv/radioveshchanie/rtrs-nachaltranslyatsiyu-radiostantsii-radio-shanson-v-fm-diapazone-v-permi/> (21.03.25)).

4 марта 2025 г. в Куеде началось вещание радиостанции "Соль FM". Частота вещания — 99,8 МГц (источник — URL: https://vk.com/wall-96401986_1172 (21.03.25)).

С 5 марта 2025 г. в г. Оса на частоте 107,5 МГц началось вещание радиостанции "Пермяк" (источник — URL: https://vk.com/wall-19037431_1664 (21.03.25)).

СВЕРДЛОВСКАЯ ОБЛ. 17 февраля 2025 г. на частоте 92,2 МГц в Североуральске началось вещание радиостанции "Благодать FM" (источник — URL: https://vk.com/blagofm_ru?w=wall-223380976_7169 (21.03.25)).

СЕВЕРНАЯ ОСЕТИЯ-АЛАНИЯ. Во Владикавказе на частоте 102,8 МГц началось вещание радиостанции Energy. Мощность передатчика — 1 кВт (источник — URL: <https://www.gpmradio.ru/news-page/uid/40982> (21.03.25)).

ТАТАРСТАН. В Бугульме начала вещание радиостанция "Маруся ФМ". Частота вещания — 88,7 МГц. Мощность передатчика — 100 Вт (источник — URL: https://vk.com/wall-14553046_58736 (21.03.25)).

ЧЕЛЯБИНСКАЯ ОБЛ. С 28 февраля 2025 г. в Челябинске началось вещание радиостанции "Маруся ФМ", частота вещания — 104,9 МГц (источник — URL: <https://t.me/radiogovor/2446> (21.03.25)).

ЯРОСЛАВСКАЯ ОБЛ. С 11 февраля 2025 г. радиостанция "Бизнес ФМ" начала вещание в Ярославле на частоте 93,6 МГц (источник — URL: https://vk.com/wall-19037431_1572 (21.03.25)).

ЗАРУБЕЖНОЕ ВЕЩАНИЕ

БОЛГАРИЯ. Ровно через месяц после торжеств по случаю 90-летия Болгарского национального радио, 25 февраля 2025 г., в Мраморном фойе общественно-го радио состоялось специальное мероприятие-встреча, где была открыта выставка "90 лет БНР — Радио поколений болгар". Выставка собирает жизнь общественного радио в большие панно, составленные из фотографий и документов из фондов Государственного агентства "Архивы", Болгарского национального радио и Болгарского телеграфного агентства (источник — URL: https://onair.ru/main/enews/view_msg/NMID__91295/ (21.03.25)).

ИРЛАНДИЯ. Более мощная версия вещательной платформы DAB+ будет запущена в Ирландии этой весной. FbildeDAB в тестовом режиме начнёт вещание в апреле в восточных частях Ирландии, согласно вебсайту платформы. Она будет работать по годичной пробной лицензии ComReg DAB+. Тест направлен на то, чтобы "предоставить ирландским радиооператорам и слушателям опыт DAB+, ранее не сталкивавшийся в Ирландии", говорится на сайте. FbildeDAB заявил, что приветствует всех ирландских Coimisiún na Meib лицензированных радиооператоров для участия в тесте (источник — URL: <https://www.radioworld.com/global/dab-to-be-tested-in-ireland-this-spring> (21.03.25)).

ЛЮКСЕМБУРГ. Знаменитые мачты радиостанции Radio Luxembourg вот-вот будут снесены. Это решение было принято после того, как предыдущее передающее оборудование на коротких, средних и длинных волнах было отключено много лет назад, а большинство мачт уже были разрушены. Мачты в Юнглинстере, Люксембург, теперь также занесены в список подлежащих сносу, несмотря на их ста-

тус охраняемых памятников. Радио Люксембург начало вещание в 1932 г., а мачты Junglinster, символизирующие легендарный передатчик, были торжественно открыты 15 марта 1933 г. Эти три оригинальные мачты имели высоту 180 м и сделали Junglinster самым мощным длинноволновым передатчиком в Европе того времени. В 1939 г. передатчик был расширен за счёт включения в него коротковолнового передатчика (источник — URL: <https://clck.ru/3J3Wak> (21.03.25)).

США. Cumulus и Townsquare Media продолжают закрывать неэффективные станции по всей стране. После закрытия ESPN Quad Cities 1170 KBOV /104.1 K281DB Davenport IA и Red Dirt Country 1280 KSLI Abilene TX в начале марта 2025 г. Townsquare убрал ещё три радиостанции из эфира. Townsquare использовала шаблонный комментарий в своей заявке в FCC, отметив: "Из-за экономических условий на рынке лицензиат был вынужден временно снять станцию с эфира. Лицензиат с уважением обращается за помощью к специальному временному органу, чтобы станция хранила молчание. Лицензиат незамедлительно уведомит Комиссию, когда сможет возобновить работу станции (источник — URL: <https://radiosight.com/headlines/296690/twenty-cumulus-townsquare-media-stations-cease-operations-with-more-to-come/> (21.03.25)).

Президент США Дональд Трамп подписал приказ о лишении федеральной поддержки новостной организации "Голос Америки" (VOA) (признан властями РФ иностранным агентом), обвинив её в антитрамповской и радикальной деятельности. В заявлении Белого дома говорится, что приказ "гарантирует, что налогоплательщики больше не будут платить за радикальную пропаганду", и приводятся цитаты политиков и правых СМИ, критикующих вещательную организацию. VOA, который до сих пор остаётся преимущественно радиовещательной службой, был создан во время Второй мировой войны для противодействия нацистской пропаганде. VOA сообщает, что в настоящее время еженедельно его аудитория составляет сотни миллионов человек по всему миру. Майк Абрамовиц, директор VOA, заявил, что он и практически весь его штат из 1300 человек отправлены в оплачиваемый отпуск.

ТАИЛАНД. 25 февраля 2025 г. службе радиовещания Таиланда исполнилось 95 лет. Скромное начало радиовещания было положено в 1928 г., когда в Бангкоке была открыта экспериментальная радиостанция, подчинявшаяся почтовому и телеграфно-

му департаменту. Она была расположена в устье канала Онг-Анг, одного из каналов, опоясывающих старый город. Позже экспериментальная радиостанция была перенесена в Сала-Даенг. Первая радиостанция Таиланда — Радио Бангкока оф Фая Тай начала свою работу в 1930 г. В 1939 г. функции радиовещания были переданы от почтово-телеграфного департамента в ведение Министерства связи. Радио Таиланда адаптируется и развивается в свете глобальных достижений и работает над тем, чтобы его контент был интересен аудитории (источник — URL: <https://radioinfo.asia/news/thailand-marks-95-years-of-radio-broadcasting/> (21.03.25)).

ФРАНЦИЯ. Французская государственная международная общественная телекомпания (RFI) расширила своё присутствие в Париже и Иль-де-Франс, регионе, окружающем столицу, с его запуском на DAB+. Станция, которая уже давно доступна на частоте 89 МГц, теперь может быть доступна слушателям с приёмниками DAB+ по всей французской столице и её пригородам. Французский медиарегулятор Arcom предоставил France Médias Monde (материнской организации RFI) разрешение на трансляцию станции через парижский мультиплекс Intermedie 6A, управляемый TDF через свои передающие сайты в Роменвиле и Медоне. Добавление DAB+ обеспечивает более широкий охват и улучшенное качество звука для слушателей. Монте-Карло Дуалья, радиостанция France Médias Monde на арабском языке, также вещает через DAB+ в Париже и Марселе (источник — URL: <https://www.redtech.pro/rfi-expands-dab-presence-in-paris-and-surrounds/> (21.03.25)).

ЭФИОПИЯ/РОССИЯ. Россия, стремящаяся усилить своё влияние в СМИ в Африке, запустила эфиопскую студию производства программ "Радио Спутник" в Аддис-Абебе. Был построен крупный медиахаб, и в ближайшем будущем будет круглосуточное радиовещание на амхарском и английском языках. В плане "Радио Спутник" — выпускать программы на 32 африканских языках, начиная с новых сервисов на хауса и суахили. Медиакомпания также объявила о планах создания контента для радио, веб-сайта, социальных сетей и приложений на амхарском и английском языках, а также корреспондентской работы, в том числе с Африканским союзом (источник — URL: https://www.ena.et/web/eng/w/eng_6022691 (21.03.25)).

Хорошего приёма и 73!

Электронные компоненты для доработки и обновления полупроводниковых радиоприёмников выпуска 1970—1990 гг.

Часть 6

Микросхема K174XA2

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

Высокочастотная ИМС ТСА440 в середине 1970-х годов была первой монолитной ИМС общего назначения с полным функционалом радиочастотного тракта для построения радиовещательного АМ-радиоприёмника. К концу 1970-х годов эта ИМС в виде K174XA2 и A244D (ГДР, RFT) завоевала себе почётное место в нашей бытовой радиоаппаратуре, применялась в малогабаритной профессиональной аппаратуре, а радиолюбители построили на ней самые разнообразные устройства. Документация и схемные предложения к этой ИМС пополнялась с годами, однако далеко от стандартных простых схем ничего не предлагалось. И если разобрать множество схем в публикациях и реальной аппаратуре, то везде найдём те же недостатки, те же недоработки, упрощения в описании, и в итоге устройства на этой ИМС остались на уровне посредственного качества. Чаще всего разработчики и продвинутые пользователи аппаратуры жалуются на избыток шума, с одной стороны и о "вялом" отзыве на аудиовыходе — с другой. Если к этому прибавить заявленные в документации искажения аудиосигнала 1...10 % (–40...–20 дБ), то осязаемый технический прогресс проявился лишь в массогабаритных параметрах аппаратуры, так как ток потребления остался в пределах 10...15 мА, что ничем не лучше транзисторных приёмников. Радиолюбители первыми столкнулись с ограниченным динамическим диапазоном микро-

схемы, так как при более узкой полосе ПЧ-тракта и в режиме SSB/CW помехи от интермодуляции станут более заметными. Наверное, каждый рукастый радиолюбитель когда-либо спаял свой приёмник на этой ИМС и остался со смешанными впечатлениями от результата. После глубокого анализа ИМС K174XA2 с помощью современной измерительной аппаратуры автор собрал множество сведений о большом не реализованном потенциале этой ИМС, который её разработчик заложил в конструкции 50 лет назад. В изложенном материале об ИМС K174XA2 предлагается свежий взгляд на неё с учётом того, что она до сих пор доступна.

1. Введение

Каким бы ни был технический прогресс, радиолюбители работают с материалами и комплектующими "всех времён из вечных и почётных запасов". Не удивительно, что массово выпущенная интегральная микросхема (ИМС) K174XA2 для построения АМ-приёмника (и не только) до сих пор в ходу, предлагается на прилавках, хранится в наших запасах, да ещё в незаконченных проектах из прошлого ждёт своего звёздного часа. Эту ИМС выпускали до недавнего времени, в том числе и в корпусе SOIC-16, а в конце 1970-х годов она оказалась прорывом для схемотехники бытовых радиоприёмников, вошла в промышленный стандарт, заинтриговала, наверное, всех

радиолюбителей. И если разобратся в современных ИМС для радиоприёмников, их азбука была составлена 50 лет назад микросхемой ТСА440.

Эта ИМС изначально была разработана для АМ-приёмников и оптимизирована для бытовых радиоприёмников низкой и средней категорий. Вся базовая документация свидетельствует именно об этом. И различные попытки "пристроить" её в приёмниках высшей категории (Grundig RR-1140) и в приёмниках с двойным преобразованием частоты ("Салют-001", Т-7111) выглядели внушительными по схеме, но в итоге не дали убедительных результатов. Более 45 лет широкого применения этой ИМС оставляет за собой неоднозначный след по успеху и качеству аппаратуры. При работе с полногабаритными антеннами радиолюбители стали жаловаться на зашумлённость приёмников с этой ИМС, к которой причастен ограниченный динамический диапазон (ДД). С другой стороны, эта ИМС успешно применялась в ответственной профессиональной аппаратуре (радиостанция Р-853) для авиации, где важным оказалось глубокое действие АРУ для сигналов в авиасвязи — это сильная сторона этой ИМС. К сожалению, и в Р-853 не полностью реализованы возможности этой ИМС.

Будучи школьником, я впервые познакомился с этой ИМС (А244) в начале 1980-х годов и построил на ней различные ДВ- и СВ-радиоприёмники, моя первая мик-

росхема удачно перенесла несколько "пересадок" из одной конструкции в другую. Конечно, как малоопытный радиолобитель я пользовался доступной документацией из радиожурналов и использовал схемные решения из передовых радиоприёмников того времени. И у меня чудо не случилось, эти приёмники не обеспечили тот приём, который мне был привычен с хорошим ламповым приёмником. Но с бюджетом школьника и потом студента мне тогда не удалось выявить "виноватые" параметры и добраться до проблем стандартной схемы из документации. Эти приёмники пылились, терялись, разбирались, забывались, но душа не успокоилась.

Все эти годы меня не покидало подозрение, что с ТСА440 (K174XA2) случилось некоторое недоразумение, поскольку ИМС с такой сложной структурой не должна была "выдать" приёмники категории не выше средней. Недавно у меня сформировался проект полной модернизации приёмника "Океан-214", и хотелось бы реализовать его на микросхемах 1980-х годов без нарушения исторических привязок. И, кроме ИМС K174XA2, ничего солидного из общедоступных комплектованных в историческом контексте не нашлось. Зато на этот раз в распоряжении была хорошая измерительная аппаратура, накопленный опыт и свежий взгляд из XXI века, которые помогли разобраться, что же нам в прошлом мешало построить "прелестные" приёмники на ИМС K174XA2.

В этой статье читатель приглашён на ревизию взглядов и мифов в надежде, что наши запасы ИМС K174XA2 найдут себе применение с отличным результатом, старая аппаратура или запылённые самоделки получают второе, более "крепкое" дыхание. Для меня это путешествие закончилось новой схемой для приёмника "Океан-214" на отечественных ИМС, в которой K174XA2 занимает почётное и центральное место. И даже бытовой тяжеловес — приёмник Grundig RR-1140 был с успехом обновлён в АМ-тракте небольшими, но эффективными доработками.

2. К чему стремиться?

Когда мы оцениваем качество приёма, мы первым делом обсуждаем заметность искажений, помех и ложных сигналов, и чтобы при этом была хорошая чувствительность. Аналоговый звук мы с субъективной точностью оцениваем как свободный от искажений при их уровне около -40 дБ, и дальнейшее снижение искажений заметно только при внимательном прослушива-

нии. Тренированный слух с трудом может определить наличие искажений на уровне -52 дБ ($0,25\%$). И собственно, об этом идёт речь, когда обсуждается применение ИМС K174XA2 в качественных приёмниках, т. е. обеспечивается уверенное обеспечение искажений на уровне $-46...-50$ дБ ($0,5...0,3\%$) на аудиовыходе.

Взгляд в документацию изготовителей таких ИМС того времени нас мало обрадует, искажения на уровне $-20...-34$ дБ ($10...2\%$) предлагают нам как штатный режим для АМ-приёмников на ИМС K174XA2. Отчасти экзотическими условиями измерений показывают уровень до -40 дБ (1%), но это оказалось в малой степени сопоставимо с реальной эксплуатацией. Для исследования ИМС была отброшена вся традиционная и стандартная обвязка этой ИМС, которая обычно предлагается в документации, и отдельно исследовалась сама микросхема, иногда вредоносная или полезная обвязка. Оказалось, что эта ИМС всё-таки годится для высококлассной аппаратуры с искажениями менее -40 дБ, и даже уровень -50 дБ можно стабильно наладить.

Нужно учесть, что специфика дальнего АМ-приёма включает явление избирательного фединга, при котором пропадают разные части спектра АМ-сигнала. В самом критическом случае пропадает несущая, что равносильно глубине модуляции более 100% . Поэтому для высококлассного приёмника следует стремиться к искажениям $-50...-60$ дБ в штатном режиме, в том числе и для диодного АМ-демодулятора, чтобы в моменты глубокого провала несущего колебания выходной аудиосигнал остался разборчивым с искажениями не более -20 дБ (10%). Как показала практика, для этого не обязательно нужен затратный синхронный детектор, тщательно разработанный диодный демодулятор хорошо справится с такой задачей.

При измерениях с помощью современной измерительной техники очень быстро выяснилось, что указанное в документации посредственное качество аудиосигнала не имеет отношение к качеству усиления в ИМС K174XA2. Заявленные в документации ИМС и в паспорте от аппаратуры слабые параметры по искажениям вызваны плохой работой диодного демодулятора. Этот вопрос разьяснён в [1]. И уже вследствие этого АРУ работает не оптимально, что вызывает то шуму, то перегрузку. За десятилетия разработки аппаратуры с большой находчивостью постарались это испра-

вить, применив интересные схемные решения. К сожалению, многие творческие улучшения решили узкие проблемы, но создали новые, и в целом аппаратура не вышла из средней категории, так как в документации производителя отсутствовал глубокий анализ работы самой ИМС K174XA2. Её полезные качества и критические обстоятельства во внутренней структуре остались тайной.

Если одной удачной заменой диода в демодуляторе уже решается множество проблем приёмников на ИМС K174XA2 из-за улучшения работы АРУ, то без знания тонких и вторичных параметров самой ИМС высококлассный приёмник не построить. В предложенном материале к результатам измерений даются рекомендации о правильной разработке схем. Измерения и схемные предложения всегда ориентированы на то, чтобы выявить и обеспечить режимы, при которых интермодуляционные искажения останутся ниже -40 дБ в сложной обстановке, и с уровнем $-50...-60$ дБ в штатном режиме. По умолчанию считается, что применён "правильный" диодный демодулятор на выходе. С диодом серии Д9 стоит попрощаться, чтобы реализовать настоящее качество ИМС. Для простых приёмников прямой заменой подходит диод серии ДЗ11, если проработана стыковка УПЧ с демодулятором и хватает усиления в последующем УНЧ, то лучше бы применить диод серий ГД402, ГД508, КД419.

2.1. Динамический диапазон

ИМС этого класса шли на замену транзисторных узлов и каскадов. А что стало лучше, кроме более эффективных экономических показателей при производстве аппаратуры? Рассмотрим ДД, так как этот параметр почти полностью раскрывает уровень качества РПУ. К концу 1970-х годов для работы на частотах до 20 МГц легко можно было найти транзисторы с $K_{ш}$ не более $2...3$ дБ. Этому противостоит минимально достигаемый $K_{ш} = 8$ дБ в УВЧ ИМС 174XA2 (выводы 1 и 2). И современные ИМС с подобной архитектурой входного усилителя далеко не ушли от этого, лучше $K_{ш} = 5$ дБ не найти. Этому есть несколько причин, такие как небольшие токи покоя входных транзисторов, узлы АРУ на р-п-переходах с протекающим током, шунтирующие резисторы цепей смещения, шум из узла смещения. То есть при правильном согласовании с антенной отдельный транзистор "победил" бы ИМС K174XA2 на $5...6$ дБ по шуму при приёме слабых сигналов. Печальным при

этом является тот факт, что в ИМС используются хорошие транзисторы.

Снижение системного шума за счёт применения маломощного УВЧ "срежет" ДД ровно на коэффициент усиления. В приёмнике высшей категории "Салют-001" был установлен дополнительный УВЧ, но его чрезмерное усиление обострило проблему интермодуляции, и приёмник никак не годится для работы с внешними антеннами и даже от встроенной телескопической антенны может перегрузиться. К тому же это "пустое" усиление забивает тракт большим шумом, даже если нет антенны, что тоже уменьшит ДД. В итоге этот приёмник при всей своей хорошей реакции на малейшие входные сигналы (отличная лабораторная предельная чувствительность в односигнальной ситуации) плохо справится с реальной эфирной обстановкой, и чистого приёма не будет с развёрнутой телескопической антенной при выезде на природу.

У биполярного транзистора в схеме с ОЭ искажения на уровне -40 дБ наступают в слаботочном режиме при размахе сигнальной смеси между базой и эмиттером 20 мВ, а при оптимальном токе покоя даже размах $40...80$ мВ допустим при малом шуме

(режим на горке крутизны). При расчёте по формуле Шокли этот уровень искажений возникает при размахе сигнальной смеси 17 мВ. Если это реализовать для транзистора в схеме с ОЭ при минимуме $K_{ш}$, то на КВ входной импеданс нужно подбирать в интервале $100...500$ Ом. У ИМС K174XA2 при оптимальном на КВ-режиме по шуму (согласование на 500 Ом) допустим размах многотонального сигнала между выводами 1 и 2 не более 19 мВ для $IM_3 = -40$ дБ (без действия АРУ). То есть по максимально допустимому сигналу разницы практически нет. В результате получается, что при качественной разработке приёмника на транзисторах у него ДД на $K_{ш}$ больше, чем у приёмника на ИМС K174XA2, что на практике многие пользователи микросхемных приёмников заметили.

А если сравнить УВЧ в составе ИМС K174XA2 с каскадом на транзисторе с ОБ, в котором легко обеспечивается $K_{ш} = 2...3$ дБ, то это происходит при заниженном импедансе обычно в интервале $10...50$ Ом и при том же размахе сигнальной смеси 20 мВ на эмиттере. Следовательно, такой приёмник имеет выигрыш в ДД по шуму на те же 6 дБ, а по мощным сигналам опережает его на

$10...17$ дБ. Всё это вместе реализуемо даже на германиевых транзисторах серий ГТ322 и в 1960-х годах на транзисторах серии П417.

При первоначальном внедрении ИМС K174XA2 в публикациях была допущена путаница между ДД и динамикой с АРУ. Поэтому нередко можно встретить заявления о ДД более 100 дБ для приёмника на этой ИМС. На самом деле это число касалось обеспеченной динамики по АРУ. В УВЧ можно изменять усиление на $36...42$ дБ, а в УПЧ на $53...62$ дБ. В сумме получается $89...104$ дБ, в зависимости от напряжения питания ($4,5...15$ В). Такая глубокая АРУ очень важна для мобильной и "летающей" приёмной радиоаппаратуры, которая должна обеспечить работу также в ближней зоне передатчика полезного сигнала, но и в мало заполненном радиоэфире, где требования к ДД не крайне высокие.

Этому отличному параметру по АРУ противостоит допустимый сигнальный ДД. При $K_{ш} = 8$ дБ и полосе пропускания 10 кГц на входе с импедансом 500 Ом действует размах шумового напряжения примерно $1,2$ мкВ, и при допустимых искажениях 1% (-40 дБ) можно подавать разностный раз-

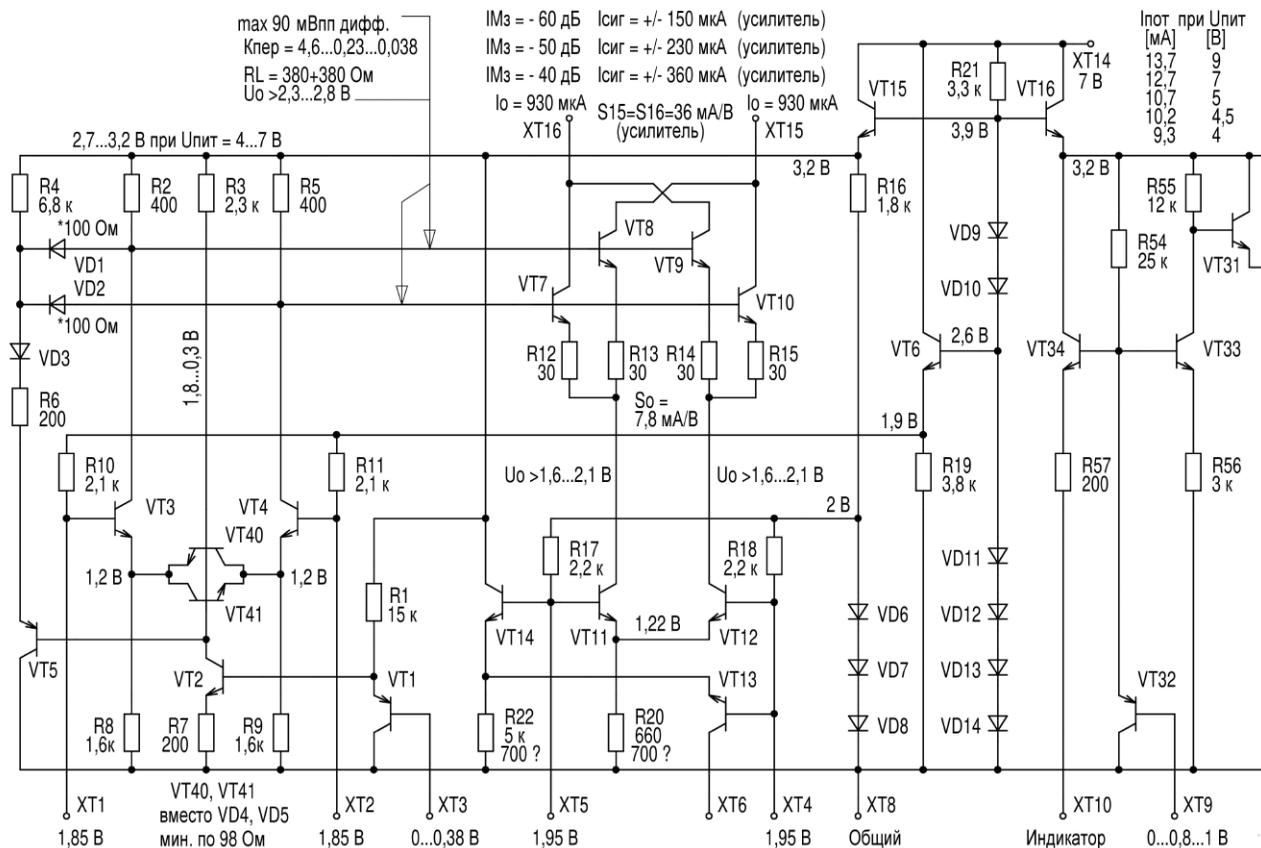


Рис. 1

мах сигнальной смеси 19 мВ. Эти два параметра образуют одно-сигнальный ДД 84 дБ, как он реализуем в приёмнике с двойным преобразованием частоты с узким кварцевым фильтром на входе ИМС K174XA2. Это предел возможного, что неплохо, например, ДД у приёмника P-399 примерно такой же. Продукты интермодуляции сигнальной смеси размахом 19 мВ (в основном по IM_3) превышают шума на 46 дБ. Чтобы искажения утонули в шумах, нужно уменьшить уровень сигнальной смеси на 15 дБ. Поэтому радиовещательный АМ-приёмник на K174XA2 имеет в лучшем случае ДД, свободный от IM_3 не более $84 - 15 \text{ дБ} = 69 \text{ дБ}$. Если к этому ещё учесть, что радиовещательный АМ-сигнал станет приятно разборчивым при отношении С/Ш более 12 дБ, то реальный ДД для комфортного АМ-приёма будет около 58 дБ. Если взглянуть на выразительный экран современных SDR, станет ясно, что ДД 58 дБ для хорошей читабельности сигнала никак не соответствует обстановке в реальном эфире в наше время и, тем более, обстановке в те звёздные годы мощного АМ-радиовещания. Это и подтверждалось десятилетиями эксплуатации аппаратуры на ИМС K174XA2.

Поэтому приёмники с применением ИМС K174XA2 нужно оперативно и тщательно адаптировать к текущей обстановке в эфире, чтобы реализовать ограниченный ДД. Особенно в радиолюбительском приёмнике наличие входного переключаемого аппаратного аттенюатора с затуханием 0...40 дБ, как и малозумящего селективного УВЧ с усилением 10...12 дБ для высокочастотных КВ-диапазонов, позволит в большинстве случаев адаптировать приёмник.

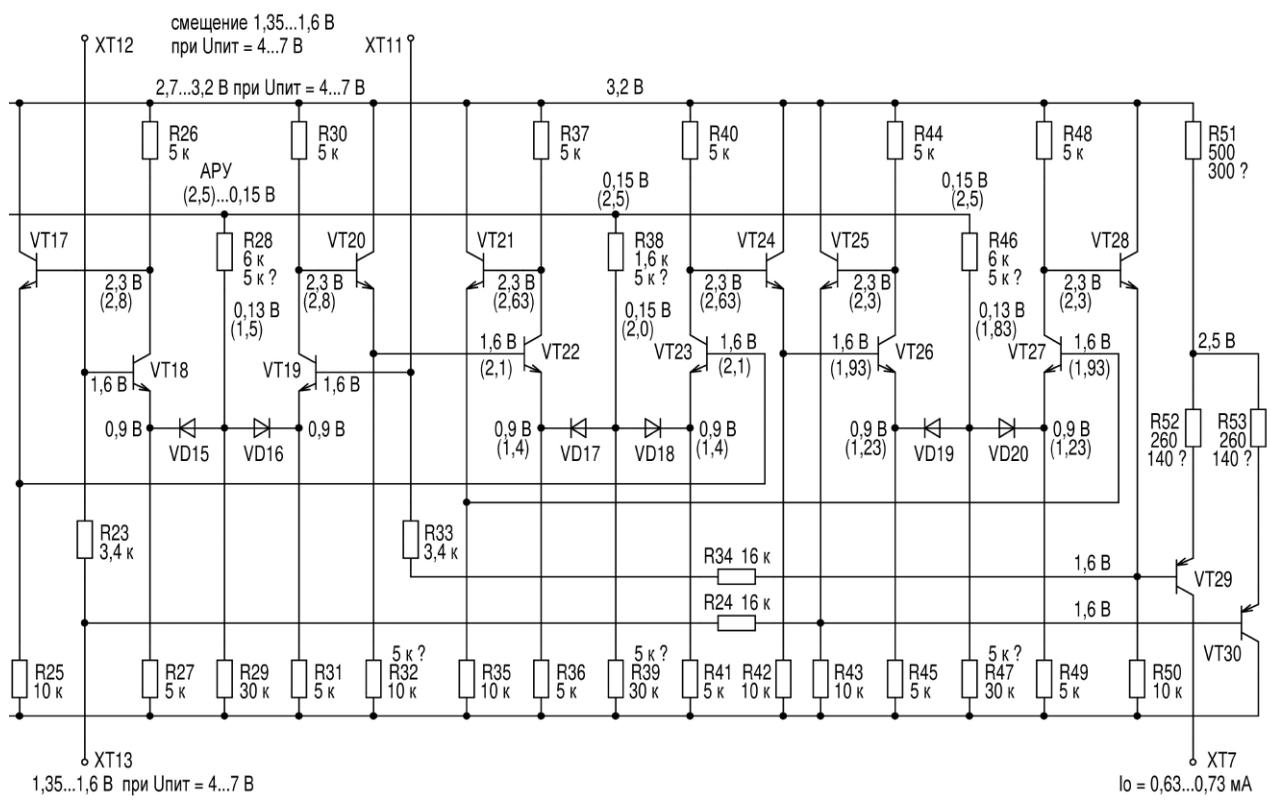
Однако ДД у ИМС K174XA2 ограничен ещё и другими факторами, которые вскрылись при глубоком анализе её работы. Поэтому у большинства реальных приёмников не стоит ожидать ДД более 50 дБ. Если всё это подытожить, то переход на микросхемы в радиоаппаратуре в части сигнального тракта далеко не означает по умолчанию завершение прогресса по качеству радиоприёма. И если K174XA2 можно отнести к базовым правильным ИМС, то последующие ИМС после коммерческой оптимизации уже никак не могли быть использованы в приёмниках высшей категории. Так и "вымирала" высшая категория АМ-приёмни-

ков, и образовалось мнение о плохом качестве АМ-радиовещания. Даже дорогие АМ-приёмники из текущего производства XXI века никак не тянут на высшую категорию, и следующий шаг — переход на эконом-DSP ничего не улучшило. Просто стало ещё проще построить приёмники, которые кое-как принимают АМ-сигналы.

3. Внутренняя схема ИМС K174XA2

Внутренняя схема этой ИМС, с учётом исправлений неточностей в "древних" публикациях и результатов глубокого анализа, измерений и моделирования, показана на рис. 1. Нумерация элементов и их номиналы в схеме были взяты из ранних публикаций до 1980 г., однако не всеми номиналами резисторов можно было объяснить реальное поведение ИМС. Сомнительные номиналы оставлены со знаком вопроса, взамен указаны правдоподобные значения. Все протестированные микросхемы работали безупречно и в целом идентично, бракованные мне не попались при случайных закупках, и миф о плохом качестве отечественной ИМС K174XA2 не

напряжение в скобках [В] - при полном усилении



1,35...1,6 В при Uпит = 4...7 В

I_o = 0,63...0,73 mA

подтвердился как в изделиях, взятых из аппаратуры, а также и из старой заводской упаковки понятного происхождения.

На левой стороне схемы показаны узлы: УВЧ с АРУ (VT3, VT4, VD1, VD2, VT40, VT41), усилитель АРУ для УВЧ (VT1VT2VT5, VD3), гетеродин (VT13VT14), смеситель (VT7—VT12), стабилизаторы и узлы смещения (VT6, VT15, VT16 и VD6—VD14), а также усилитель АРУ для УПЧ (VT31—VT34). На правой стороне показан исключительно УПЧ. Он состоит из трёх регулируемых каскадов (VT17—VT20, VT21—VT24, VT25—VT28), в которых работает АРУ на диодах (VD15—VD20) и из выходного дифференциального усилителя (VT29, VT30). Напряжения и токи указаны по умолчанию для напряжения питания +7 В на выводе 14.

На рис. 2 показан кристалл ИМС KM174XA2 выпуска 1991 г., светлые структуры — это металлизация. Вскрытая ИМС в версии 1991 г. имеет значи-

тельно часто возможно сделать у ИМС 1970-х годов выпуска.

3.1. Стабилизатор напряжения питания и цепи смещения

Микросхема заявлена на работу при напряжении питания +4,5...+15 В и подаёт первые признаки работы всех узлов при напряжении около +3,5 В, гетеродин может запуститься при напряжении от +2,8 В. Но не стоит пользоваться всем этим интервалом при эксплуатации конкретного приёмника. Дело в том, что в таком случае заметно меняется усиление в УПЧ и характеристики АРУ существенно смещаются. При разработке аппаратуры этот интервал можно разбить на части.

Низковольтный интервал +4,5...+5,2 В с возможностью аварийного режима при напряжении +3,5...+4 В можно считать крайним, усиление небольшое. В документации приведены графики при напряжении питания +5 В,

это рекомендуется для солидной переносной техники. Усиление может измениться на 30 % (3 дБ), поэтому рекомендуется стабилизировать питающее напряжение на выводе 14.

Дальнейшее повышение питания до +9...+10 В незначительно (на 1...2 дБ) увеличит усиление, действие уверенно АРУ достигнет глубины более 60 дБ в УПЧ и уверенно более 40 дБ в УВЧ, но главное достоинство — улучшается линейность смесительного узла с гетеродином. Это является хорошим выбором для солидной стационарной аппаратуры при работе с полноразмерными антеннами и хорошими фильтрами в тракте приёма. Стабилизация напряжения на выводе 14 не обязательна, но блокировка по НЧ рекомендуется — RC-цепь (ФНЧ) с частотой среза 5...10 Гц.

Напряжение питания +12...+15 В целесообразно использовать только для стационарной аппаратуры, рассеиваемая мощность 200 мВт требует отвода тепла на печатной плате через сплошную площадку общего провода. Поэтому использовать встроенный гетеродин с LC-контуром рядом с ИМС нецелесообразно. При этом реализуются максимально возможные ДД и глубина регулировки АРУ. Рекомендуется в узле нагрузки смесителя уменьшить напряжение питания до +9...+10 В с помощью фильтрующего RC-звена при токе покоя по 1 мА (выводы 15 и 16).

При напряжении питания 4/4,5/5/5,6/7/9/12/15 В на выводе 14 на выводах 11, 12, 13 формируется напряжение смещения 1,34/1,43/1,49/1,53/1,59/1,65/1,68/1,71 В, и это составляет ровно 50 % от напряжения внутреннего питания на эмиттерах транзисторов VT15, VT16, независимо от состояния АРУ. Соответственно, внутреннее напряжение питания в ИМС составляет 2,68/2,86/2,98/3,06/3,18/3,3/3,36/3,42 В, что заметно меняет токи и усиление в УВЧ и УПЧ. Общий ток потребления через выводы 14—16 в сумме составляет 8,6...10,7 мА для напряжения питания +4...+5,6 В, 11,2...13 мА — для напряжения +6...+9 В и 13,3...15,8 мА — для напряжения +10...+15 В. Через выводы 15 и 16 по отдельности протекает ток 0,9...1 мА при напряжении питания +4,5...15 В. Расхождение между ИМС разных изготовителей минимальное. К вышеуказанным токам нужно ещё добавить ток нагрузки на выводе 10 до 200...300 мкА на индикатор приёма.

Питание от аккумуляторов или через фильтрующую RC-цепь может вызвать загодочное самовозбуждение всей ИМС на очень низких частотах (1...50 Гц), да ещё с участием УМЗЧ. Так, кон-

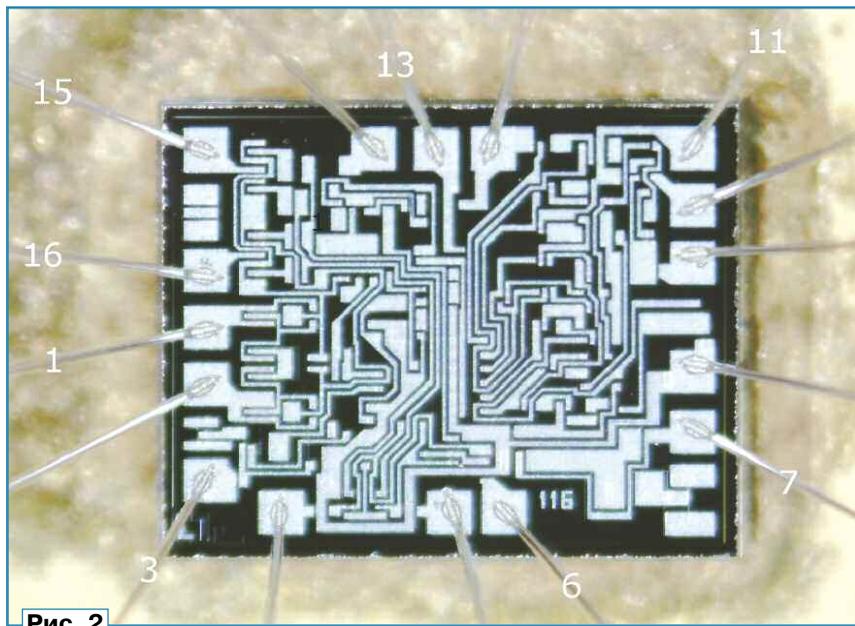


Рис. 2

тельную вертикальную "невидимую" структуру, и если УВЧ, смеситель, гетеродин можно заметить на поверхности кристалла (левая часть), то части УПЧ (правая часть) сложно определить в отдельности. Собственно решение вскрыть одну ИМС обусловлено тем, что возникли сомнения насчёт резисторов R12—R15 в смесителе и также вопросы о диодах VD4, VD5 из документации, выше отмеченные как VT40, VT41. К сожалению, фоторезист очень плотно покрывает поверхность и разглядеть структуры под ним не даёт, как это

возникает множество ограничений, из-за которых придётся усложнить схему в целом (приёмник "Салют-001"). Этот режим удобен, когда в аппаратуре и так есть напряжение питания +5 В для цифровых узлов. Нужно отметить, что при таком питании имеется особенно сильная зависимость усиления от напряжения и нужно обязательно разделить блокировать питание для ВЧ-узлов и УМЗЧ конденсаторами ёмкостью 1000 мкФ и более.

Режим при среднем напряжении питания +5,6...+7 В обеспечивает лучший компромисс между качеством и током потребления,

фликтует система АРУ при изменении усиления и при изменении напряжения питания от меняющегося тока потребления при работе АРУ или УМЗЧ. При глубокой работе АРУ ток может меняться на 0,5...1,5 мА, НЧ-самовозбуждение тракта возникает при некоторых уровнях сигнала, а при отсутствии сигнала всё работает стабильно. Это можно устранить только увеличением ёмкости конденсатора у вывода 14 вплоть до 1000 мкФ или подачей стабилизированного напряжения питания.

На диодах VD6—VD14 построены источники напряжения смещения. На первый взгляд, можно предположить, что при-

подавать ток компенсации нулевого смещения до ± 1 мкА из источника импедансом не менее 1 МОм и этим обеспечить полную симметрию УПЧ. Это уменьшит IM_2 и устранил образование ложных аудиосигналов от работы АРУ на случай, если узел УПЧ работает как УНЧ микрофонного сигнала или в приёмнике прямого преобразования.

4. ВЧ-узел — смеситель, УВЧ с АРУ, гетеродин

Этот узел обычно называют высокочастотным или входным, согласно первичному назначению. Но его параметры позволяют применить его в разных

стенде, схема которого показана на рис. 3. На вход (выводы 1 и 2) подаётся немодулированный сигнал размахом 10 мВ. От такого сигнала УВЧ никак не заходит в ограничение, компрессии нет в любом режиме АРУ. На вход АРУ (вывод 3) подаётся линейно нарастающее напряжение в интервале 0...+500 мВ. Гетеродинный узел деактивирован (выводы 4—6), и сигнал снимается с вывода 16 на нагрузку 180 Ом (R_1) и поступает на вход логарифмического детектора на ИМС AD8307. Конденсатором C_5 подавляют широкополосный шум на частоте выше 1 МГц, конденсатор C_8 улучшает точность работы на частотах ниже 1 МГц. Резисто-

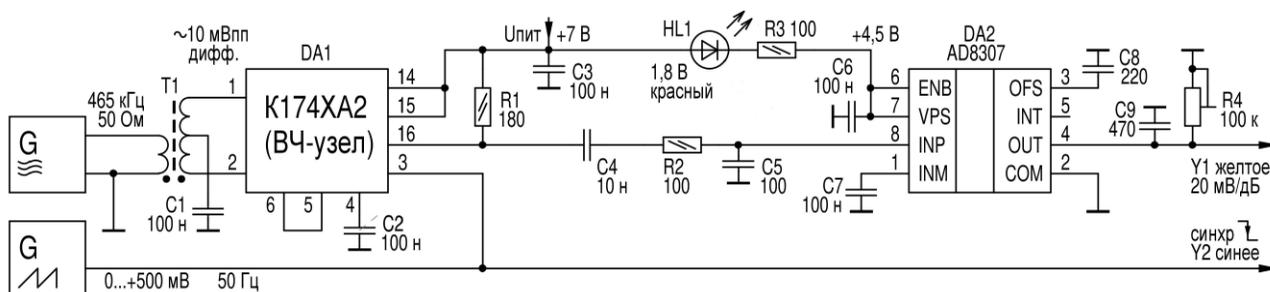


Рис. 3

существует дрейф режимов всех узлов при изменении температуры (-2 мВ/К у каждого диода), что по току потребления и замечается. Но важный параметр тем самым оказался более стабильным — это усиление всего тракта. При увеличении напряжения питания значительно растёт ток через резистор R_{21} , напряжение на диодах VD9—VD14 растёт, и питание для узлов "набирает" по напряжению. Для гетеродина смещение на выводах 4 и 5 мало зависит от напряжения питания и остаётся в пределах 1,9...2 В.

Так как все усилители в составе УВЧ и УПЧ работают симметрично при полном усилении, на эмиттерах транзисторов VT15, VT16 не требуется блокировки, поэтому и не предусмотрен такой вывод. На выводе 14 достаточно установить блокировочный конденсатор ёмкостью 100 нФ. Однако из-за роста усиления с увеличением напряжения питания рекомендуется при напряжении более +8 В подавать сигналы на выводы 1 и 2 симметрично, такая же подача сигнала на выводы 4 и 5 будет полезной.

УПЧ построен полностью симметричным с глубокой ООС по постоянному току через резисторы R_{23} , R_{33} и R_{24} , R_{34} , и его нельзя вывести из равновесия токами утечки через выводы 11 и 12, следует применить качественные блокировочные конденсаторы. На вывод 13 можно

местах приёмно-передающей аппаратуры в качестве УПЧ с АРУ, УПЧ-ограничителя, УНЧ, микрофонного УНЧ с АРУ, фазового детектора, SSB-модулятора/демодулятора, предварительного УПЧ, детектора мощности, синхронного АМ-демодулятора.

Все выводы узла выведены симметрично, что позволит реализовать качественные узлы и скорректировать симметрию для подавления входных сигналов на выходе. В зависимости от задачи и обвязки можно с этим узлом обеспечить обработку сигналов размахом от 1 мкВ вплоть до 2,5 В в рамках возможностей АРУ. Но этими чудесными свойствами редко пользуются в полной мере, и стандартные схемы из документации тут не самый удачный пример, так как они для простоты реализованы без симметричного подключения портов. Поэтому в стандартных узлах не реализуется выгода от двойного балансного смесителя — легко "потерять" 6...10 дБ из ДД.

4.1. УВЧ

Работа АРУ в УВЧ плохо документирована, и диаграммы по АРУ за десятилетия прошли разные "художественные" модификации. Построить качественный приёмник с такими исходными данными невозможно. Для разъяснения расхождений было проведено исследование АРУ на

ром R_4 устанавливают крутизну детектора — 20 мВ/дБ, и конденсатор C_9 убирает шум и пульсации на частотах выше 10 кГц. Зависимость выходного напряжения (усиления) от напряжения АРУ в динамике (частота управляющего сигнала — 50 Гц) показана на рис. 4. Характеристика АРУ (жёлтая кривая, масштаб — 10 дБ/дел.) и напряжения АРУ (голубая линия, масштаб — 50 мВ/дел.) должны были быть отмечены в документации в таком строгом исполнении.

УВЧ имеет три принципиально разных режима работы, при которых принцип работы УВЧ существенно различается. Самый простой случай — это режим 2, все анализы и расчёты начнём с него. В этом режиме на вывод 3 поступает напряжение в интервале 250...320 мВ. Реакция у всех экземпляров ИМС была одинаковой и мало зависела от температуры и напряжения питания. Суть в том, что в этом режиме межэмиттерная связь у транзисторов VT3 и VT4 разорвана полностью, и через диоды VD1, VD2 ток не протекает. В УВЧ работают только транзисторы VT3, VT4, резисторы R_2 , R_8 , R_5 , R_9 и смеситель нагружены выходом. Напряжение передаётся от выводов 1 и 2 к базам смесителя с коэффициентом передачи $K_{\text{пер}} = 0,23$, и тут нет пространства для погрешностей и предположений, это есть точка отсчёта для расчётов и

анализа. Этот режим крайне стабильный и линейный, идеален для работы ВЧ-узла в качестве SSB-модулятора, все настройки баланса устойчивые, на входе допустим разностный сигнал размахом до 120 мВ от микрофонного усилителя для получения искажений ниже -40 дБ.

В режиме 3, когда напряжение АРУ на выводе 3 достигнет 320 мВ, ток через диоды VD1, VD2 увеличивается, и они шунтируют нагрузку (R2, R5) своими динамическими сопротивлениями. При достижении напряжения АРУ 370 мВ достигается максимальное затухание. Важно отметить, что режим 3 сильно зависит от напряжения питания, так как глубина действия АРУ зависит от тока через диоды, а там имеется простая последовательная цепь из диодов и резисторов. При напряжении питания $+4,5$ В добавляется затухание 10 дБ, а при питании $+12$ В добавляется максимально 18 дБ, и соответственно меняется максимально допустимый размах входного напряжения. Мало того, что диоды уменьшают сопротивление нагрузки для транзисторов VT3, VT4, они создают ещё компенсацию нелинейностей в транзисторах VT7—VT10. Поэтому при симметричной подаче сигнала размахами 2,5/1,6/1,2 В образуется IM_3 с уровнями $-40/-50/-60$ дБ. При несимметричной подаче этот механизм компенсации сработает хуже, и при размахе сигнала 1,2 В образуется $IM_3 = -40$ дБ. Эта часть характеристики была задумана для того, чтобы вход приёмника сохранил работоспособность в ближайшей зоне передатчика. В 1970-х годах это был вполне важный момент для автомобильных приёмников при большом числе ДВ- и СВ-радиостанций, в целом это важно для авиационных приёмников (P-853).

В начальном режиме 1 максимальное усиление достигает 25...26 дБ, больше, чем в режиме 2 — это ключевой момент при анализе работы узла и выводах о его устройстве. Это усиление мало меняется при изменении напряжения питания (± 1 дБ = $\pm 10\%$) и мало зависит от температуры. Если в режиме 2 для транзисторов VT3, VT4 имеется $K_{пер} = 0,23$, то соответственно в режиме 1 передатка должна составлять максимально $K_{пер} = 4,14...4,6$ от входов УВЧ к базам смесителя для разностных сигналов.

Однако при различных вариантах моделирования и расчётов

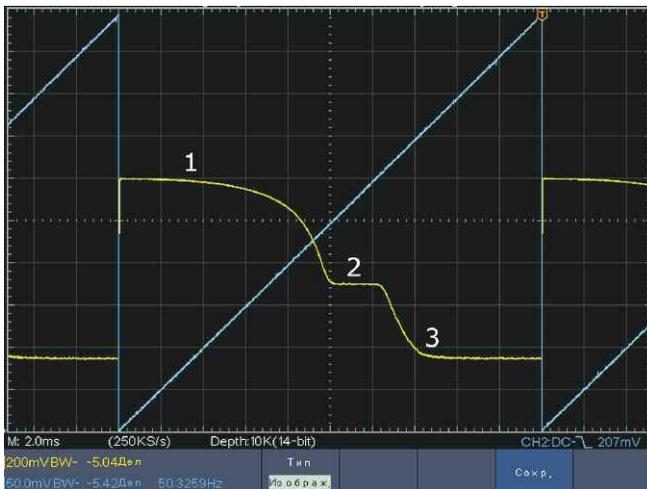


Рис. 4

это никак не получилось воспроизвести, если верить документации насчёт межэмиттерных диодов VD4, VD5 (на рис. 1 заменены транзисторами VT40, VT41), УВЧ был смоделирован на транзисторах серии KT368 и диодах серии КД409, и подтвердилась "загадка" с межэмиттерными диодами. На выводах 1 и 2 присутствует напряжение 1,85 В, следовательно, на эмиттерах транзисторов VT3, VT4 будет напряжение $+1,2$ В, и через резисторы R8, R9 протечёт ток по 750 мкА на общий провод. Если предположить, что между эмиттерами установлены идеальные диоды и транзисторы VT3, VT4 также идеальные, то минимально возможный межэмиттерный импеданс получается, когда через все четыре p-n перехода текут одинаковые токи. Предположим, что через резистор R3 с некоторым предполагаемым номиналом также протекает ток 750 мкА и все четыре p-n перехода "получают" по 375 мкА. Они в идеальном случае имеют динамическое сопротивление по 26 мВ/375 мкА = 69,3 Ом, и весь межэмиттерный импеданс составлял бы 277 Ом, меньше никак не сделать. Между коллекторами транзисторов VT3, VT4 имеется общая нагрузка 760 Ом с учётом смесителя. Следовательно, УВЧ в идеальном случае обеспечивал бы $K_{пер} = 760/277 = 2,74$ вместо реально измеренного значения $K_{пер} = 4,14...4,6$ сравнительно режимов 1 и 2 по усилению.

Но вряд ли в середине 1970-х годов на бытовую ИМС с демократичной стоимостью смогли на месте заявленных диодов VD4, VD5 (на рис. 1 заменены транзисторами VT40, VT41) из документации установить "секретные супердиоды", которых до сих пор так и нет. Взглянув на кристалл (см. рис. 2), увидим на месте диодов достаточно крупную и закрученную структуру, тогда как

все остальные диоды на кристалле на порядок меньшего размера при подобных штатных токах. По внешнему виду металлизации это не диоды, а два транзистора. После замены диодов КД409 в макете транзисторами KT368AM с лёгкостью можно было установить $K_{пер} = 6$. При максимальных базовых токах по 370 мкА транзисторы KT368AM имели динамическое сопротивление по 20 Ом. А чтобы узел правильно работал, достаточно и 98 Ом. Тогда вместе они формируют сопротивление 49 Ом, и общий межэмиттерный импеданс между VT3 и VT4 принимает то самое значение 165 Ом, с которым образуется $K_{пер} = 760/165 = 4,6$ от входа УВЧ к базам смесителя. То есть к этим транзисторам не предъявлены особо жёсткие и эксклюзивные требования, даже наоборот, они могут иметь значительные паразитные сопротивления, что способствует присутствию малых ёмкостей в этих транзисторах, чтобы развязка сработала и на частотах 30...50 МГц. По итогам этого анализа и измерений на макете можно считать более правдоподобным, что на месте диодов VD4, VD5 установлены транзисторы.

Такой принцип работы АРУ при всей элегантности имеет небольшой недостаток, и он проявляется одинаково с диодами и транзисторами в цепи ООС, судя по измерениям на макете. Дело в том, что в идеале допустимый размах сигнала на входе вырос бы ровно по мере достигнутой глубины АРУ. Однако при напряжении АРУ 0/220/250 мВ на выводе 3 усиление ВЧ-узла уменьшается на 0/12/25...26 дБ, и на входе допускается разностный размах сигнальной смеси 19/40/450 (7/16/120) мВ для искажений с уровнем -40 (-60) дБ. То есть при глубине АРУ 12 дБ имеется уменьшение на 6 дБ от идеала, и это является сокращением ДД в таком состоянии АРУ. Поэтому этот режим надо стремительно "проходить", поскольку при глубине АРУ 26 дБ снова всё в порядке, и ДД не сокращён, а просто смещён на 26 дБ. Тем не менее, и снижение усиления на 12 дБ поможет улучшить интермодуляционную многосигнальную ситуацию.

Однако межэмиттерная ООС в УВЧ может обеспечить лучшую линейность только при симметричной подаче сигнала на выводы 1 и 2, а также в режиме 3 лучшая линейность получается при

симметричной подаче сигнала. Разница по допустимому размаху на входе составляет 6 дБ (два раза), и это приведёт к заметному снижению интермодуляционного шума на 18 дБ. Только при симметричной подаче резистор R3 "выпадает из игры" и не получается делитель напряжений с асимметрией напряжений на р-п переходах.

Для многих приёмников использование в АРУ только одного режима 1 вполне достаточно, так как интервал регулировки АРУ в УПЧ 53...62 дБ, итого получается динамика АРУ 79...88 дБ при напряжении питания +4,5...+15 В.

Входной импеданс УВЧ при действии АРУ увеличится незначительно — от 3,3 до 4,1 кОм, ёмкостная составляющая (4...5 пФ) изменяется мало, и входной фильтр останется в правильной настройке. Поэтому вход УВЧ может быть состыкован и с качественными кварцевыми фильтрами или ЭМФ без ущерба форме АЧХ при работе АРУ. На

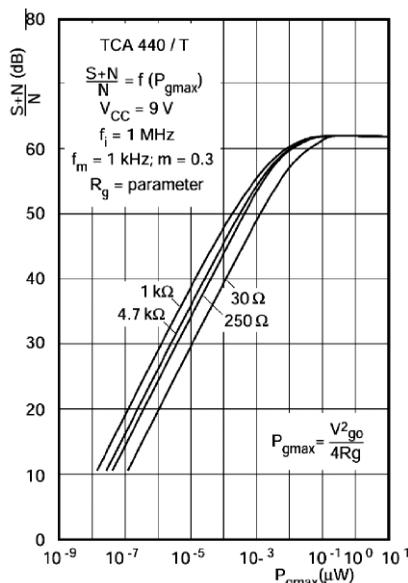


Рис. 5

для ДВ- и СВ-приёмника с магнитной антенной, чтобы избежать приёма через Е-поле внутри помещения. Для качественных схем следует применить исключительно симметричную обмотку связи, это устранил участие резисторов смещения R10, R11 в сигнальной цепи. Блокировку среднего отвода обмотки надо реализовать с помощью конденсатора с малой паразитной индуктивностью на просторной площадке общего провода (вывод 8).

На рис. 5 показана зависимость (из документации) отношения С/Ш от мощности сигнала на частоте 1 МГц при разных значениях импеданса источника сигнала. Этот график найдётся в публикациях часто неправильно "срисованным", обратим внимание, что график для R_G = 1 кОм даст лучшее отношение С/Ш. Эту зависимость часто интерпретируют неверно и поэтому делают неправильные выводы. Плохое соотношение С/Ш при

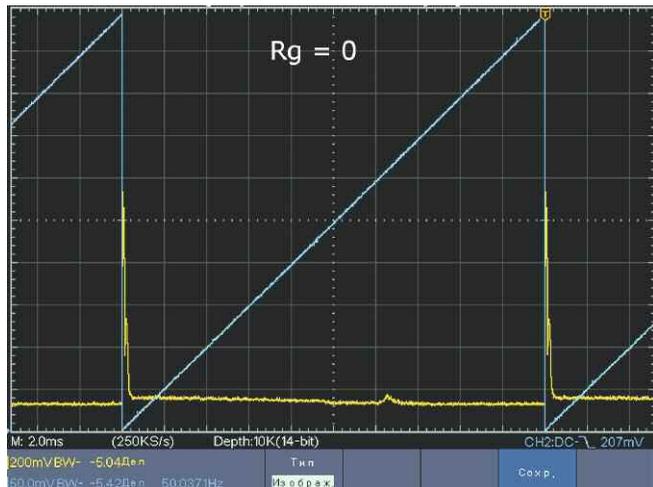


Рис. 6,а

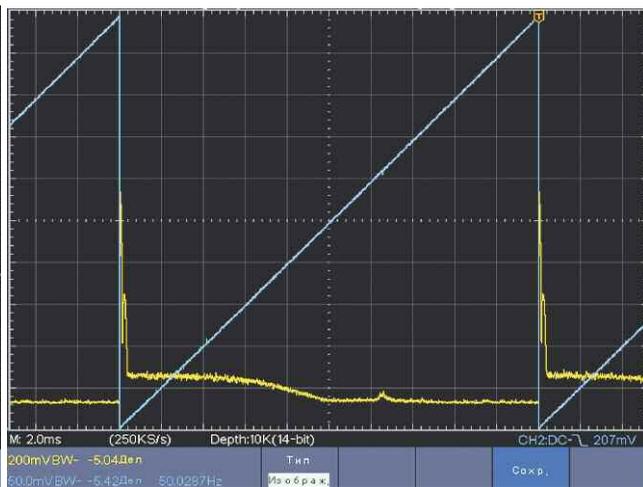


Рис. 6,б

низких частотах или при глубоком действии АРУ входное сопротивление образуется в основном от резисторов смещения R10 = R11 = 2,1 кОм. Транзистор VT6 имеет малый импеданс, поэтому при несимметричной подаче сигнала будет входной импеданс 1,8...2 кОм.

4.1.1. Шум УВЧ

Вход УВЧ не особо отличается от входов ДУ в ИМС K174ПС1, и всё отмеченное в [2] по подаче сигнала на ДУ актуально и здесь. Если не ожидаются сигналы размахом более 10...20 мВ, одна простая обмотка связи от колебательного контура — вполне практичное и уместное решение. Это интересно

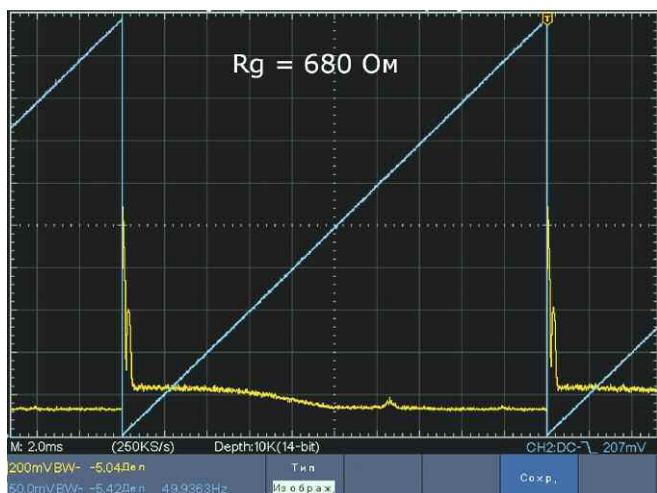


Рис. 6,в

подаче сигнала из источника импедансом 30 Ом возникает из того, что генератор (антенна, низкоомная рамка) не может отдать всю свою энергию. Но при этом импеданс 30 Ом обеспечивает почти короткое замыкание для источников шума в составе ИМС. В итоге на выходе наблюдается низкий шум по абсолютному значению, но сигнал плохо "поднимается" из этой тихой шумовой дорожки. Если этот же источник сигнала изменить на импеданс 500 Ом (напри-

мер, с трансформатором), то при той же мощности сигнальное напряжение будет в 4,1 раза больше, в результате наблюдается немного увеличенное напряжение шума, но в итоге отношение С/Ш оказывается лучше, чем при прямой подаче из источника импеданс 30 Ом. А если выбрать слишком большой импеданс источника (трансформатор со слишком большой обмоткой в сторону ИМС), то источник не снизит шумовые ЭДС из ИМС и не сможет отдать энергию. Это самая фатальная ошибка в практической схемотехнике, что и приводит к зашумлённому приёмнику, который захлёбывается от собственного шума. Всё это говорит о том, что часто распространённая практика разработать и улучшить свои приёмники-самodelки на слух по напряжению шума может нас вывести на неверные выводы и плохие "улучшения".

Хорошая практика для нахождения правильного согласования по отношению С/Ш состоит в том, что измерить выходной шум при коротком замыкании входа ($U_{ш1}$) и при открытом входе ($U_{ш2}$), а потом работать с импедансом, при котором шум будет посередине крайних значений или на 3 дБ ниже максимально отмеченного значения. Это справедливо для схем с ОЭ и ДУ с входом на базах транзисторов. Это показано на **рис. 6, а—рис. 6, в** соответственно, острые пики при сканировании АРУ связаны с нескомпенсированным входным смещением при переходе АРУ от режима 2 в режим 3 и ложным отзывом чувствительного логарифмического детектора, а также при резком переходе от режима 3 обратно в режим 1. С идеально симметричным ВЧ-узлом этих всплесков не было бы.

Эти измерения показывают момент, что при работе АРУ снижается выходной шумовой фон в абсолютном значении. При сравнении **рис. 4** и **рис. 6, а—рис. 6, в** увидим, что при напряжении АРУ 215 мВ на выводе 3 усиление сигнала уменьшено на 10 дБ, а шум — всего на 4 дБ. То есть при работе АРУ $K_{ш}$ увеличивается, при глубине АРУ на 0/12/26 дБ входной узел имеет $K_{ш} = 8/16/20$ дБ, и поэтому при АРУ в режиме 2 имеется наибольший ДД в ВЧ-узле, так как с другой стороны растёт допустимый размах на входе. Есть нюанс, что при установке АРУ в

УВЧ на горизонтальный участок в режиме 2 следует установить в АРУ напряжение ближе к 300 мВ, чтобы даже для коротких пиков импульсных помех не сработал межэмиттерный узел транзисторов VT3, VT4.

На низких частотах оптимальный импеданс источника сигнала по шуму составляет несколько килоом. На СВ наименьший шум будет при импедансе источника 1 кОм (см. **рис. 5**), на частоте 8 МГц это будет при импедансе 500 Ом, и на высоких КВ нужно подавать сигнал импедансом ещё меньше. Тут нужно отметить, что только на низких частотах эти значения совпадают с входным сопротивлением, т. е. при согласовании по мощности и минимально возможным шумом. На частоте 8 МГц несовпадение уже существенное, придётся предоставить сигнал из заниженного импеданса по согласованию для получения оптимального уровня шума (8 дБ). На КВ нужно уделить особое внимание стыковке антенны через фильтр к УВЧ,

из-за симметрии, то при блокировании входа одного транзистора и открытом входе у другого получается очень нехорошая ситуация (**рис. 7**).

Разница составляет 6 дБ, если питать несимметричный вход от источника с излишне высоким импедансом. Поэтому для работы узлов с несимметричной подачей особо важно соблюдать выбор оптимального импеданса источника (200...300 Ом на КВ), а на диапазонах ДВ и СВ это вообще плохой выбор при работе с малогабаритными антеннами. В этой части схема приёмника "Салют-001" крайне неудачная, подача осуществляется несимметрично из источника импедансом 2,2 кОм от коллектора дополнительного УВЧ, и поэтому разработчикам пришлось увеличить усиление дополнительного УВЧ, итог в ущерб ДД всего приёмника.

4.1.2. Нулевое смещение УВЧ

В документации нет сведений о симметрии постоянно-го напряжения входов, однако ненулевое смещение усилителей может существенно "портить" работу ИМС в нестандартных схемах либо мешать наладить хорошо продуманный каскад. В УВЧ усиление небольшое и не предусмотрена коррекция смещения в принципе, применены хорошие транзисторы, и в большинстве случаев этого достаточно. Однако проверка десяти экземпляров ИМС разных производителей и годов выпуска показала смещение в интервале $\pm 2... \pm 4$ мВ на входе (выводы 1 и 2) при установке равных токов на выходе смесителя. Точная симметрия нашлась только у одного изделия из десяти. Если учесть допустимый размах сигнала 19(7) мВ на входе для искажений с уровнем $-40(-60)$ дБ, то ошибка смещения заметно уменьшит допустимый размах сигнала. То есть часто встречающееся смещение 4 мВ оставит в итоге всего 15(3) мВ для допустимого размаха сигнальной смеси, чтобы искажения остались ниже $-40(-60)$ дБ. Для коррекции ошибки надо установить резистор сопротивлением 1...5 МОм между одним из входов и общим проводом, проверить равенство токов на выводах 15 и 16. Можно подавать сигнал размахом 15...25 мВ на вход УВЧ и наладить симметрию по признаку глубокого подавления чётных гармоник и интермодуляции IM_2 , если не всегда можно

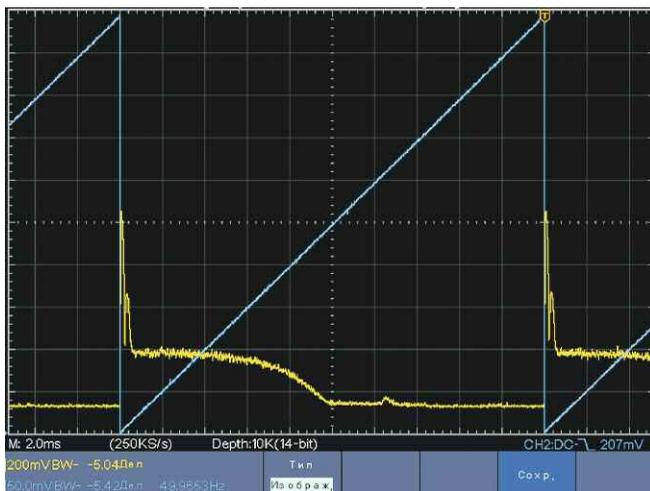


Рис. 7

чтобы не потерять в ДД по шуму и при этом не "перебирать" по размерам антенны, на такой случай выучит аппаратный аттенуатор.

При симметричной подаче сигнала на выводы 1 и 2 компенсируется шум из источника смещения (VT6, VD11—VD14). При несимметричной подаче сигнала этот шум подавлен полностью у транзистора с блокировочным конденсатором, а транзистор с полезным сигналом на частоте приёма подключён к значительному импедансу источника, и на этом импедансе работает шумовой ток источника смещения. Если на **рис. 6, б** оба входа были оставлены при высоком импедансе источника и получено относительно большое шумовое напряжение, но с компенсацией

измерить токи. Более универсальный вариант — установить у каждого входа по резистору сопротивлением 1 МОм к общему проводу и установить нулевое напряжение между ними. Это позволит более точно установить симметрию без применения экзотических номиналов резисторов более 1 МОм, которых может не быть под рукой. В режимах АРУ 2 и 3 ошибка в смещении не критична.

4.1.3. Побочные шумы

Проблема многих приёмников на ИМС состоит в прямой апериодической стыковке УВЧ со смесителем без подавления зеркальной частоты и гармоник гетеродина. В таком случае смеситель не только перенесёт полезный сигнал в спектр ПЧ, но ещё и пустой шум УВЧ на зеркальной частоте и шум из области гармоник. В ИМС К174ХА2 такое схемное упрощение вызывает примерно 20 % дополнительного шума (2 дБ) при слабой связи обмотки с входным колебательным контуром.

Непосредственная стыковка дополнительного УВЧ с входом ВЧ-узла без подавления сигналов зеркального канала приёма обострит эту проблему. Для зеркальной частоты и для частот гармоник вход такого дополнительного УВЧ должен иметь низкий импеданс, и это лучше всего получается с ёмкостным делителем, если эти частоты выше частоты приёма. Обмотка связи должна иметь сильную связь с контурной обмоткой, чтобы проявилось подавляющее влияние резонансного контура.

4.2. Дополнительный УВЧ на полевом транзисторе

В некоторых случаях шумовые свойства ВЧ-узла недостаточны для приёма слабых сигналов или для работы с малоразмерными антеннами. Дополнительный УВЧ может решить проблему с шумом, но в любом случае он обострит проблему с ограниченным ДД ровно на величину дополнительного усиления, и такое решение должно быть поддержано дополнительной селективностью до входа ИМС. Часто встречающаяся популярная схема УВЧ на полевом транзисторе (ПТ) показана на рис. 8.

Оба входа ВЧ-узла получают сигнал в противофазе, и поэтому усиление от затвора к входам в два раза больше, чем просто с истоковым повторителем. По замыслу ПТ преобразует большое напряжение колебательного контура в симметричный сигнал на среднем оптимальном импедансе для входа ВЧ-узла. На первый взгляд, это совмещает всё хоро-

шее в одном. Часто увидим в таком УВЧ ПТ КП303Д, КП303Е, серий КП302, КП307 или их импортные аналоги. Сопротивления резисторов R1, R2 подобраны в интервале 0,33...2 кОм на усмотрение разработчика. Это практически всегда приводит к тому, что крутизна ПТ в таком каскаде будет примерно 1/R2, поэтому от затвора к истоку получается $K_{\text{ПЕР}} = 0,3...0,6$ и столько же к стоку, но противоположно. Итого такой УВЧ даёт усиление по напряжению не более $K_{\text{ПЕР}} = 0,6...1,2$ от затвора к дифференциальному входу ИМС. С учётом преобразования импеданса 10...100 кОм на затворе до 1 кОм на входе ИМС получаются хорошее усиление по мощности и хорошая стыковка по шуму. Доминирует $K_{\text{Ш}}$ ПТ, но вышеуказанные ПТ не обеспечивают $K_{\text{Ш}}$ меньше 3...4 дБ на КВ из-за малой крутизны. Также на ДВ и СВ не получается уменьшить $K_{\text{Ш}}$ ниже 2...3 дБ.

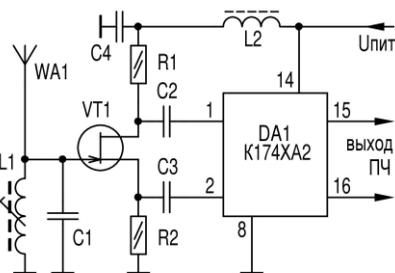


Рис. 8

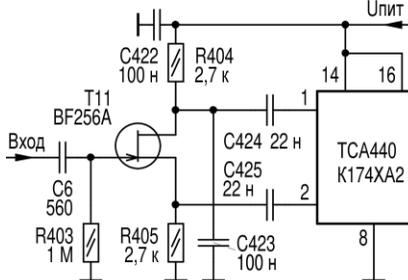


Рис. 9

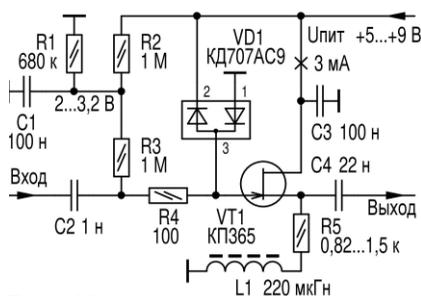


Рис. 10

Соответственно при размахе сигнала 7 мВ на входе ВЧ-узла в ИМС имеется интермодуляция на уровне -60 дБ, что для SSB-приёмника средней категории можно считать гарантией чистого приёма в целом. Это соответствует размаху сигнальной смеси 5...10 мВ на затворе ПТ. При полосе пропускания 3 кГц (SSB) на резонансном сопротивлении входного антенного фильтра импедансом 10 кОм имеется тепловой шум размахом около 1 мкВ, и хороший ПТ это мало ухудшает при идеальном согласовании с фильтром. Получается ДД для чистого приёма около 74...80 дБ со стороны УВЧ при среднем заполнении радиоловительского диапазона. Но тут присутствует ещё один момент — разность в импедансе у стока и истока почти в два раза, так как у истока действует импеданс самого ПТ (1/S) и включённый параллельно резистор R2. Это приводит к тому, что шум от узла смещения внутри ИМС не подавлен. К тому же сигнал на стоке через ёмкость $C_{\text{СЗ}}$ в пределах нескольких пикофард приводит к появлению ООС к затвору. Это не даст безгранично увеличить резонансное сопротивление входного контура (соотношение L/C) для улучшения чувствительности.

По всем этим причинам расчёты показывают, что простой истоковый повторитель в итоге обеспечит на выходе отношение С/Ш на 2...4 дБ лучше, что было и реализовано с успехом в приёмнике Grundig RR-1140 (рис. 9). Транзистор BF256A при токе покоя 0,5 мА имеет небольшую крутизну — 1...1,5 мА/В, и на истоке будет импеданс 0,5...0,7 кОм, что оптимально по шуму для ВЧ-узла внутри ИМС. При этом передача сигнала от затвора к истоку составляет $K_{\text{ПЕР}} = 0,5$ (с учётом входного сопротивления ВЧ-узла), а второй вход ВЧ-узла блокирован и мало участвует в шумах. Если убрать конденсатор C423, этот вход был бы подключён к источнику сигнала импедансом 2...2,5 кОм и особенно на высокочастотных КВ-диапазонах доминировал бы шум из источника смещения при несимметричном импедансе без блокировки.

Этот УВЧ можно улучшать тем, что надо увеличить ток ПТ (и крутизну) и снизить импеданс самого истока. При этом к резистору R405 с уменьшенным номиналом последовательно установить два дросселя с малой добротностью и индуктивностью 1 мГн и 100 мкГн. Дроссели освобождают исток от лишней нагрузки, снижают IM_2 , увеличивают $K_{\text{ПЕР}}$ до 0,8...0,9. Можно ещё уменьшить сопротивление резистора R404 до нескольких сотен ом для увеличения напряжения $U_{\text{СИ}}$ в пользу линейности.

Применение более современных ПТ с большой крутизной выпуска с конца 1980-х годов, таких как КП365, КП341 или их более поздних зарубежных аналогов BF862, 2SK2395 и аналогичных в УВЧ по схеме на рис. 10, даст некоторые улучшения.

Даже при токе покоя 1...3 мА крутизна этих ПТ существенная и можно ожидать $K_{\text{ПЕР}} = 0,9...0,95$ при малом импедансе к ВЧ-узлу в ИМС. Есть возможность реализовать крутизну 10 мА/В и получить импеданс на истоке 100 Ом. Тогда можно организовать симметричную подачу сигнала к ВЧ-узлу со всеми преимуществами по рис. 8 и максимально исключить шумовые источники ВЧ-узла (рис. 11).

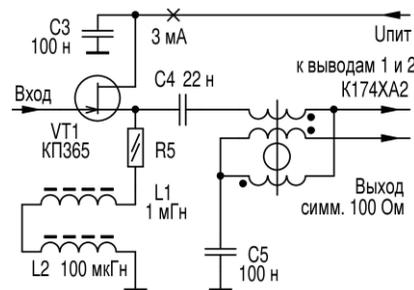


Рис. 11

ШПТЛ мотают без скрутки проводов для получения волнового сопротивления около 100 Ом. Обмотку симметрирования мотают отдельно на второй половине магнитопровода (кольца), она сработает на низких частотах и создаст короткое замыкание шумам в этой области, так как обеспечит низкий импеданс узла. В этом случае нет необходимости нагружать трансформатор со стороны ИМС терминированием 100 Ом. Для всего диапазона ДВ, СВ и КВ можно применить феррит М2000НМ, индуктивность одной обмотки должна иметь сопротивление более 500 Ом для самой низкой рабочей частоты. Если ДВ, СВ не востребованы, для КВ индуктивность 20...50 мкГн одной обмотки — хороший выбор. Дроссели подбирают с малой добротностью и собственным резонансом в области рабочих частот. Хороший выбор — SMD дроссели типоразмеров 0805, 1206 и индуктивностью 10/100/1000 мкГн. Указанные ПТ вносят в колебательный контур ёмкость 4...6 пФ, которая участвует в резонансе.

4.3. Смеситель (транзисторы VT7—VT12)

Смеситель в ИМС K174XA2 более чувствителен к режимам, чем это имеет место в смесите-

лях ИМС серий K174ПС1, K526ПС1. Напряжения смещения на этапах отличаются всего на 0,5...1,2 В при напряжении питания 4,5...12 В. Мало того, гетеродинный сигнал подаётся несимметрично к входу нижнего ДУ с полным размахом, и это усложняет ситуацию. Поэтому при высоких требованиях к смесителю нужно предусмотреть напряжение питания 9...12 В и подавать сигнал гетеродина симметрично.

На базах транзисторов VT11, VT12 присутствует напряжение смещения +1,92 В с малой зависимостью от напряжения питания (вывод 14), на коллекторах этих транзисторов не стоит ожидать напряжения более +1,6...+2,1 В. Резистором R20 задаётся ток в нижний ДУ смесителя — 1,86 мА, и этот ток разделится на два — по 930 мкА в цепи коллекторов транзисторов VT11 и VT12. Эти же токи покоя потом поступают на выводы 15 и 16 после "переплетения" в двойном ДУ на транзисторах VT7—VT10. Входное сопротивление на выводах 4 и 5 — 1...1,8 кОм, и при симметричной подаче получается 2...3,6 кОм в зависимости от частоты. Выходной импеданс на выводах 15 и 16 большой, 100...200 кОм — на частотах до 1 МГц и 20...30 кОм — на частотах КВ.

Резисторы R12—R15 при токах 930 мкА создают существенную ООС в ДУ, и поэтому при разностном сигнале размахом 90 мВ на базах транзисторов VT7—VT10 образуется IM_3 не более -40 дБ. С учётом усиления в ДУ на транзисторах VT3, VT4 ($K_{\text{ПЕР}} = 4,6$) как раз и получается найденный измерениями размах сигнала 19 мВ на входе УВЧ для $IM_3 = -40$ дБ.

4.3.1. Работа смесителя в усилительном режиме

Не всегда нужен смеситель, и требуется, чтобы ВЧ-узел работал как усилитель. Для этого случая в документации предлагают установить резистор сопротивлением 5,1 кОм между выводом 5 и общим проводом, блокировать вывод 4 конденсатором ёмкостью более 100 нФ, вывод 6 подключать к линии питания. Всё это сделать на печатной плате очень неудобно. Это предложение исходило из того, что резистор R22 был заявлен номиналом 700 Ом. Ток из вывода 6 составляет 125 мкА, и через этот резистор протекает ток 250 мкА. Поэтому номинал резистора R22 — около 5 кОм, и можно деактивировать гетеродин замыканием выводов 5 и 6 и блокировкой вывода 4 на общий провод. Тогда на выводах 5 и 6 устанавливается деактивирующее напряжение 1,44 В, и на выводе 4 остаётся напряжение 1,88 В вместо 1,92 В, и ток покоя почти не меняется.

Двойной ДУ на транзисторах VT7—VT10 работает штатно одной половиной (VT9, VT10). Этот способ выключения гетеродина сэкономит ещё 250 мкА тока покоя и упростит разводку на односторонней печатной плате, он пригоден при любом штатном напряжении питания. Многие измерения свойств ВЧ-узла были проведены с такой деактивацией гетеродина.

4.3.2. Крутизна передачи ВЧ-узла на частотах менее 1 МГц

В усилительном режиме при токе покоя транзисторов VT7—VT10 по 930 мкА они имели бы эмиттерный импеданс по 28 Ом. С резисторами R12—R15 сопротивлениями по 30 Ом в двойном ДУ межэмиттерный импеданс составлял бы 116 Ом, и образовалась бы лучшая крутизна — 8,6 мА/В для передачи сигнала между базами транзисторов VT7—VT10 к выходам смесителя в отдельности. С учётом $K_{\text{ПЕР}} = 4,6$ в УВЧ, от его входа до каждого из противофазных выходов будет крутизна передаточной характеристики 39,6 мА/В. Реально измеренная крутизна — по 36 мА/В, что соответствует для транзисторов VT7—VT10 значению эмиттерного импеданса по 33,5 Ом вместо идеального значения 28 Ом, и это свидетельствует о хорошем качестве этих транзисторов, примерно на уровне разработок транзисторов серий КТ316, КТ325 и КТ368 тех же времён. Крутизна двойного ДУ смесителя на транзисторах VT7—VT10 в усилительном режиме составляет реально 7,8 мА/В.

Если перевести смеситель в режим коммутации гетеродинным сигналом, крутизна всего ВЧ-узла составит 63 % от его значения в усилительном режиме, это 22,8 мА/В. Однако в документации найдём значение немного больше этого, ещё зависящее от размаха гетеродинного сигнала. Это связано с тем, что под действием гетеродинного сигнала увеличивается усреднённый ток транзисторов VT11, VT12 на 10...20 %, и поэтому значение крутизны 25...27 мА/В весьма правдоподобно для частот ПЧ до 10 МГц в стандартной схеме. Если размах гетеродинного сигнала слишком большой, ухудшается динамика переходных процессов и крутизна деградирует, как и линейность смесителя.

При оптимальной подаче сигнала гетеродина можно считать крутизну 22...23 мА/В правдоподобным значением. Крутизна означает, какой сигнальный ток генерируется на выводах 15 или 16 в отдельности от разностного напряжения сигнала между

выводами 1 и 2. От действия АРУ сквозная крутизна ВЧ-узла уменьшается согласно характеристике АРУ.

4.3.3. Крутизна передачи ВЧ-узла на частотах 1...50 МГц

При проверке АЧХ ВЧ-узла подтвердились исходные сведения — на частоте 30 МГц спад крутизны составляет 6 дБ. Под действием АРУ при уменьшении усиления на 26 дБ (режим 2 на плато) на частоте 50 МГц крутизна уменьшается на 6 дБ, а при полной глубине АРУ (-40 дБ) практически нет перепада в АЧХ до 50 МГц. При подаче сигнала частотой 50 МГц из источника импедансом 200 Ом и при максимальном усилении был отмечен спад по крутизне на 10 дБ относительно крутизны на НЧ, при максимальном усилении и без дополнительного УВЧ не получается построить хороший приёмник. Поэтому эту ИМС можно условно использовать до частоты 50 МГц.

При максимальном усилении только до 3 МГц имеется плоская часть АЧХ, потом следует поло-

образуется из сигналов более низких частот.

В целом подтверждаются многочисленные оценки об этой ИМС, что она полноценно работает до частоты 10...15 МГц, а выше нужно тщательно учитывать все особенности. На частоте выше 30 МГц сложно реализовать профессиональное качество приёмника.

4.3.4. Нижний ДУ (транзисторы VT11, VT12)

Нижний ДУ на транзисторах VT11, VT12 страдает "низким потолком", это близкое к нулю напряжение $U_{кв}$ у этих транзисторов. Были бы у этого ДУ сигналы в десятки милливольт на выводах 4 и 5, это не было бы критично. Но эти транзисторы по замыслу должны работать как ключи. В документации заявлена их нормальная работа при размахе сигнала 423 мВ (150 мВ эфф.) на выводе 5, и это соответствует в пике напряжению +2,1 В на базе транзистора VT11, когда напряжение на коллекторе может быть и +1,8 В. Это явно нехороший ре-

Второй важный момент — это инжекция эмиттерных токов резистором R20. На эмиттерах транзисторов получается повторение сигнальных положительных полуволн сигнала, поступающих на базы, и даже после передачи тока от одного транзистора к другому ток верхнего двойного ДУ меняется. На рис. 12 показаны выходные токи на выводах 15 и 16 при установленном умеренном дисбалансе УВЧ (установлен резистор сопротивлением 180 кОм между выводом 1 и общим проводом).

Вывод 4 заблокирован ВЧ-конденсатором, гетеродинный сигнал размахом 423 мВ подан на вывод 5, поэтому ток транзистора VT12 (жёлтый) имеет хорошую импульсную форму, а ток транзистора VT11 (голубой) имеет форму полуволны. Разница по амплитуде связана с установленным дисбалансом на входе УВЧ, якобы это полезный сигнал. Эта полуволна означает, что крутизна верхнего двойного ДУ меняется всё время, а это как раз то, от чего хотелось бы избавиться применением двойного баланс-



Рис. 12

Рис. 13

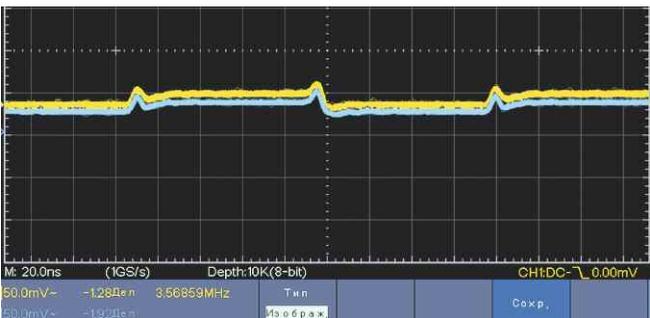
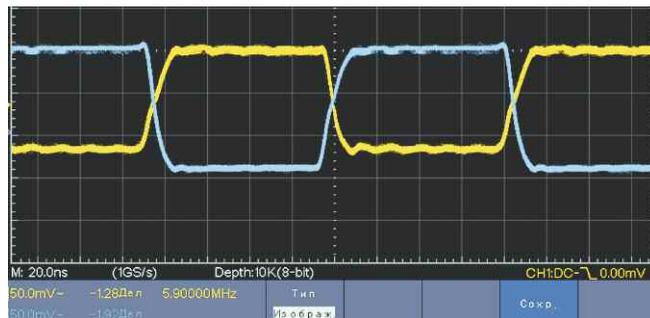


Рис. 14

Рис. 15

гий спад на 3 дБ к частоте 20 МГц. Выходы смесителя имеют ограниченное быстродействие, поэтому практически не возникает гармоник гетеродина в УКВ-диапазоне. В режиме ограничения длительность фронта — 20 нс, и это говорит о том, что смеситель может выдать сигналы до частоты 25 МГц без деградации по размаху, когда спектр

жим для качественного ВЧ-узла. Чтобы формально принимать местные ДВ- и СВ-станции, это работает, но на КВ это даст заметные искажения и интермодуляционный шум. Поэтому для КВ-приёмников в стандартной схеме рекомендуется напряжение питания в интервале 7...9 В (вывод 14), а также строгое соблюдение размаха сигнала на выводах 4 и 5.

ного смесителя. На рис. 13 показаны выходные токи при полной балансировке входа УВЧ, пульсация пологой и плохо поддается балансировке.

Очевидно, что несимметричная подача сигнала на вывод 4 или 5 гетеродинного сигнала, везде предложенная в документации, далеко не самое хорошее решение, и заявление о подавле-

нии гетеродинного сигнала на 20 дБ можно считать оптимистичным.

Можно значительно смягчить проблемы, если подавать от внешнего гетеродина импульсный сигнал несимметрично, потому что не нужно подавать сигнал размахом 423 мВ, а достаточно всего 150 мВ на выводе 5, и на выходных коллекторах будет ситуация намного лучше, даже на частоте 5,9 МГц будет выраженный ключевой режим (рис. 14). И здесь разница по амплитуде — это выходной сигнал при установленном дисбалансе входа УВЧ.

На этот раз форма импульсов идентична, фронты идут строго встречно, нет никаких нарушений. При установлении баланса в УВЧ на выходе смесителя практически исчезнет гетеродинный сигнал (рис. 15). Подавление гетеродина на 26...30 дБ можно легко настроить, и при такой подаче гетеродинного сигнала имеем дело с двойным балансным смесителем по всем параметрам.

Нижний ДУ смесителя можно тоже скорректировать по симметрии, установив резисторы сопротивлением 0,1...1 МОм к общему проводу. Но такое решение не имеет смысла, если гетеродинный сигнал имеет непредсказуемую или меняющуюся форму при перестройке частоты.

Идеально было бы подавать сигнал внешнего гетеродина в импульсной форме размахом по 100 мВ, подавая его противофазно на выводы 4 и 5 из источника с низким импедансом и блокировкой по НЧ и ВЧ среднего отвода трансформатора. При этом можно установить от выводов к общему проводу резисторы по 82 кОм, заодно наладить идеальную симметрию в широкой полосе частот.

4.4. Гетеродин и ДУ смесителя

В документации найдём график зависимости крутизны смесителя от эффективного значения напряжения гетеродина. Как показали измерения, полноценная работа по передаче сигнала возникает при разностном сигнале гетеродина размахом более 420 мВ на выводах 4 и 5. При несимметричной подаче размах более 600 мВ приводит к снижению коэффициента передачи и интенсивному появлению ложных сигналов на выходе смесителя. При симметричной подаче это происходит при разностном размахе 1200 мВ (420 мВэфф).

Однако ситуация не столь однозначна, как можно думать по графику в документации, так как он не отражает спектральное распределение сигналов на выходе смесителя, и здесь образуются причины печальной работы многих конструкций с этой ИМС.

Для исследования токов гетеродинного узла к двойному смесительному ДУ был реализован постоянный дисбаланс УВЧ на 20 мВ (220 кОм от вывода 1 к общему проводу), и транзисто-

ции при пике мощного радиосигнала и искажениям менее -30 дБ. При этом выявлена разница токов транзисторов VT11 и VT12, которые, по замыслу, хотелось бы иметь идентичными противофазными. Но ниже будет показано, что в общепринятых схемах это нарушено, и двойной балансный смеситель превращается в простой балансный смеситель, отчасти с плохим балансом, и весь обещающий технологический прогресс с микросхемой остался пустым словом в рекламе. Это ещё одна весомая причина в провалах многих конструкций на ИМС K174XA2, выполненных "по рецепту".

4.4.1. Элементы встроенного гетеродина

Встроенный гетеродин на транзисторах VT13, VT14 как отдельный узел является отличным решением. Ограничение амплитуды жёсткое во входной цепи этого ДУ, но при этом не влияет на резонансные свойства колебательного контура, транзистор не заходит в насыщение, высокая добротность обеспечена во всём цикле колебания. Поэтому вырабатывается очень чистый синусоидальный сигнал с малым шумом, гармоники подавлены на 50...60 дБ, если соблюдать соотношение витков обмотки в сторону питания к обмотке между выводами 4 и 5. Добавочные витки от коллектора к горячему концу контура служат для реализации больших индуктивностей, если в контуре нужно большое соотношение Л/С, например для ДВ и СВ-приёмников. Для КВ-гетеродина можно обой-

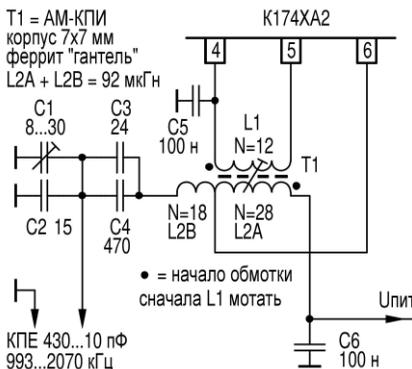


Рис. 16

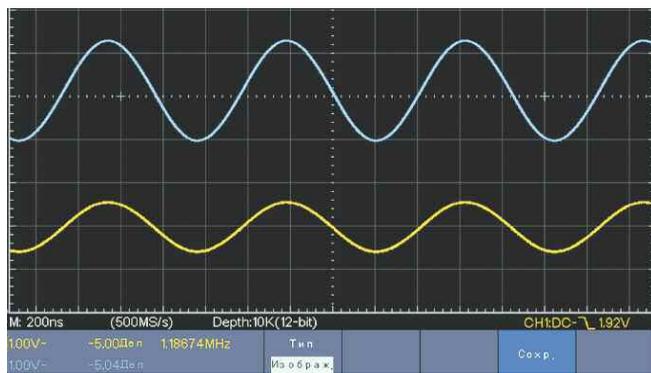


Рис. 17

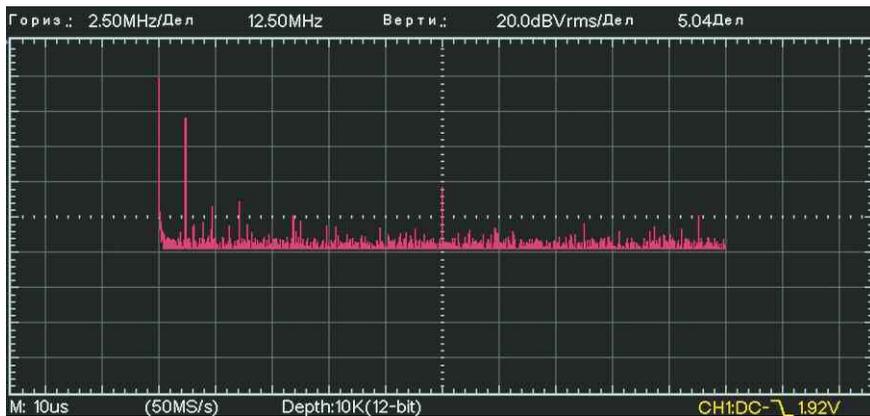


Рис. 18

ры VT8, VT9 работают на 90 %, а транзисторы VT7, VT10 всего на 10 % — это соответствует ситуа-

ции и без этого увеличения обмотки, если контурная ёмкость относительно большая.

К сожалению, ни в документации, ни в большинстве публикаций не указывают на полярность обмоток. На **рис. 16** показан пример подключения контура гетеродина для СВ-приёмника, который работает с КПЕ ёмкостью 10...430 пФ и ферритовой магнитной антенной индуктивностью 200 мкГн при ПЧ = 465 кГц. Схема разработана для наглядности

На этом можно было бы успокоиться, если бы сигнал размахом 1200 мВ, поступающий несимметрично на вывод 5, преобразовался бы в идеальные импульсы в нижнем ДУ смесителя. Полный провал этого варианта увидим на **рис. 19**, где токи транзисторов VT11 (голубой) и VT12 (жёлтый) к верхнему двой-

смесителе происходит с той же эффективностью, и такой СВ-приёмник имеет на КВ в области диапазонов 49 м и 41 м значительную чувствительность, проводка от ИМС к ферритовой антенне может принимать КВ-сигналы, и СВ-диапазон будет заполнен ложными сигналами и свистами. Вот ровно таким и был мой первый СВ-приёмник более 40 лет

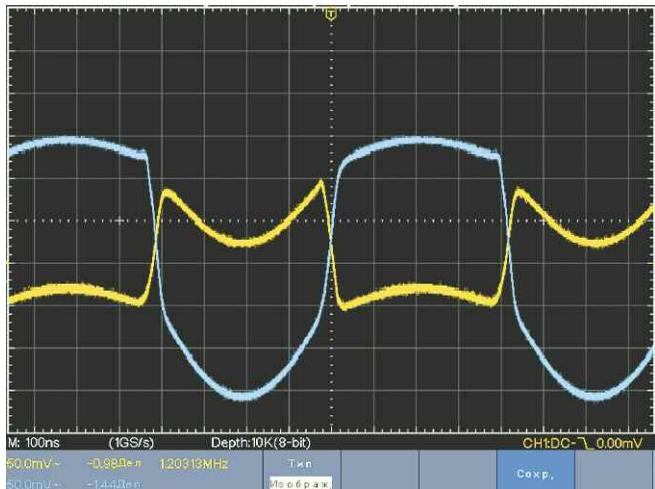


Рис. 19

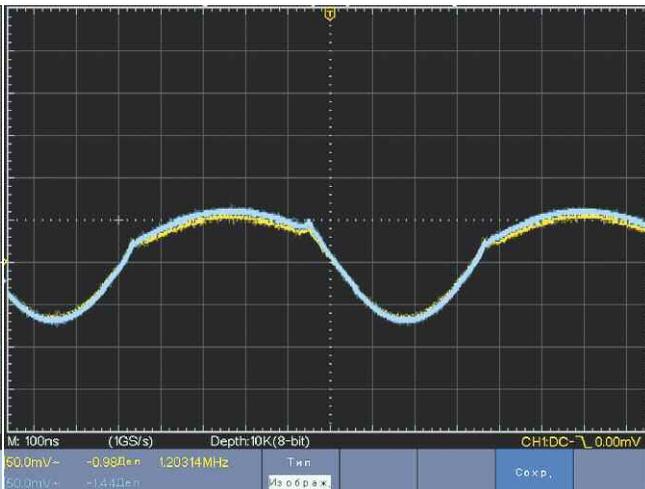


Рис. 20

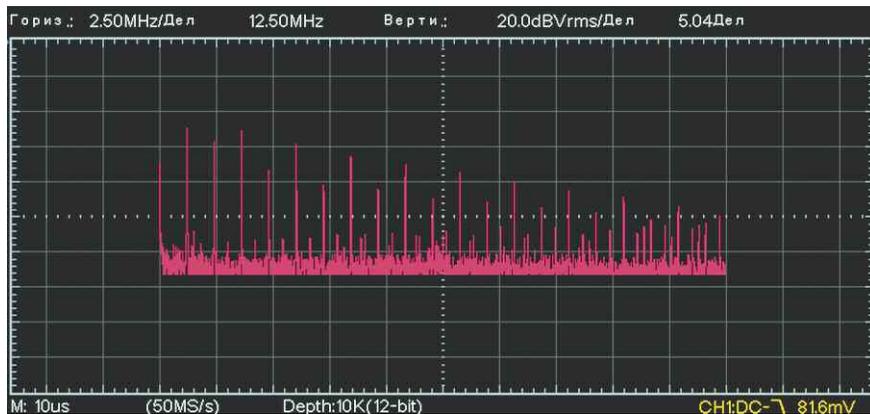


Рис. 21

при повторении, хорошо видно, что можно все обмотки мотать в одном направлении и на печатной плате не будет лишних пересечений.

На **рис. 17** показаны сигналы на коллекторе (вывод 6, синий) и на входе нижнего ДУ (вывод 5, жёлтый) с учётом постоянного напряжения, нулевая линия в самом низу (масштаб — 1 В/дел.) при напряжении питания 5 В, вывод 4 заблокирован по ВЧ. Гетеродин работает идеально, никаких перекосов по напряжениям на транзисторах нет, сигнал идеальный, что подтверждается спектром, показанным на **рис. 18**, гармоники подавлены на более чем 50 дБ.

чаются, о балансе по гетеродинному сигналу речи нет совсем, а ведь так работают преобразователи, собранные по схеме из документации, и это все наши приёмники с этой ИМС, открытие печальное!

При балансировке на входе УВЧ (убрать установленный резистор) останется существенная синфазная пульсация (**рис. 20**). Но самое плохое покажет спектр тока из нижнего перегруженного ДУ (**рис. 21**). Если вторая гармоника подавлена на 6 дБ, то третья гармоника имеет такую же амплитуду, как основное колебание, да и пятая гармоника имеет большой уровень. Это означает, что частотное преобразование в

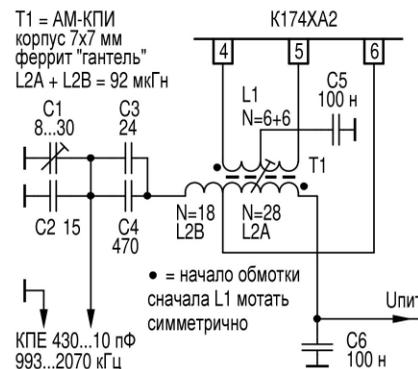


Рис. 22

назад с этой ИМС, и это меня не впечатлило. Заметно было, что при напряжении питания 12 В приёмник работал немного чище, но до причин добраться тогда мне было нечем.

Применение встроенного гетеродина по схеме из документации, публикаций и реальных схем следует считать плохим решением для качественной аппаратуры. При питании напряжением более 10 В проблема немного смягчена на 3...6 дБ, но суть не меняется. Условием генерации в этом гетеродине был сигнал размахом 900...1200 мВ на выводе 5, но оказалось, что это можно переделать. На **рис. 22** показан вариант схемы встроенного гете-

родина для СВ-приёмника, в котором устранён большой размах сигнала на нижнем ДУ смесителя и установлена симметричная подача сигнала. Для КВ-частот коллектор можно подключить к горячему концу контура, если контурная ёмкость значительная, и использовать стандартные каркасы КПИ с пятью выводами. Образуется хорошо сбалансированный сигнал, действует двойная балансировка и гетеродинный сигнал всегда подавлен при симметричном отборе ПЧ-сигнала (рис. 23).

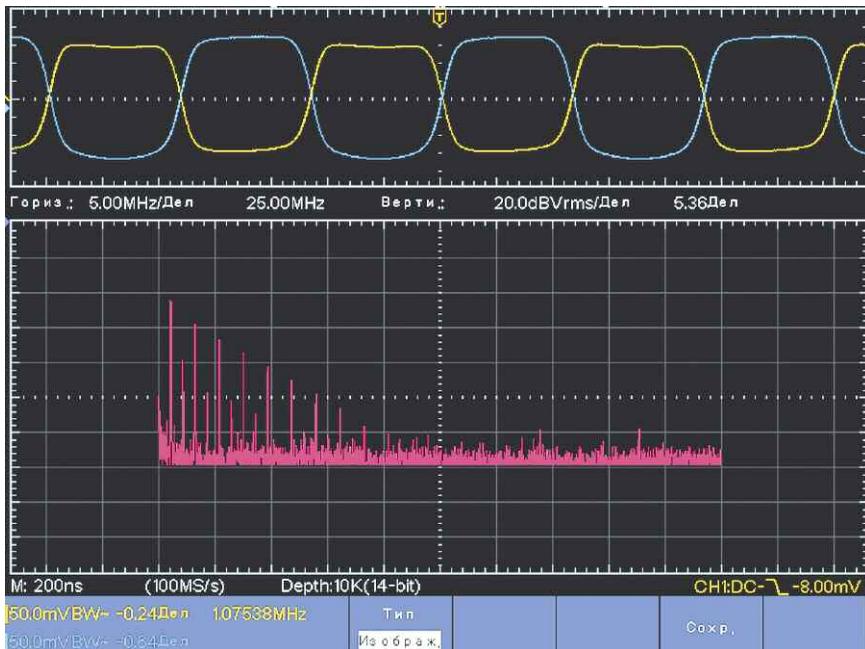


Рис. 23

Вторая гармоника подавлена на 30 дБ, другие чётные гармоники практически не видны. Уровень нечётных гармоник убывает "по учебнику", и на КВ они не вызывают мешающую чувствительность. С таким гетеродином СВ-приёмник ведёт себя очень хорошо, свистов и ложных сигналов намного меньше. Единственная проблема — для ДВ и СВ нужна КПИ с шестью выводами, такое можно редко найти (например, Q-4288 на www.quartz1.com). Однако до качества симметричной импульсной подачи от внешнего гетеродина остаётся заметный разрыв.

4.4.2. Вывод гетеродинного сигнала к системе ФАПЧ или частотомеру

При подаче сигнала от внешнего гетеродина освобождается вывод 6, поэтому можно поставить коллекторную нагрузку, на выбор даже колебательный кон-

тур или ФНЧ, и получить развязанный гетеродинный сигнал для подачи на цифровую шкалу или систему ФАПЧ. Форма сигнала импульсная, поэтому потребуется только небольшое усиление, например, установка одного КМОП логического элемента с ООС по постоянному току. Блокировочный конденсатор по питанию надо установить вплотную к выводу 6. Размах сигнального тока будет 0,25 мА, и на нагрузке сопротивлением 0,5...5 кОм образуется импульсный сигнал размахом 0,12...1,25 В с идеальной развязкой к гетеродину.

превышать +15 В, а для хорошей линейности следует соблюдать предел +12 В. Такое может случиться при напряжении питания 9 В с резонансной нагрузкой на выводах 15 и 16.

Линейность ВЧ-узла выдерживается до размаха выходных противофазных токов по $\pm 150/230/360$ мкА для уровней $IM_3 = -60/-50/-40$ дБ в режиме усилителя с выключенным гетеродином. Для тока на ПЧ эти значения составляют 63 %, а это $\pm 95/145/230$ мкА соответственно у каждого выхода, если налажен хороший ключевой режим от гетеродина.

При несимметричной подаче сигнала гетеродина его противофазные токи транзисторов VT11, VT12 не имеют одинаковую амплитуду, и идеальной симметричности по гетеродину в стандартной схеме нет. Поэтому симметричный отбор ПЧ-сигнала мало улучшает спектральную чистоту сигнала. В первую очередь, это полезно только для повышения усиления на 6 дБ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лохни Х. Электронные компоненты для доработки и обновления полупроводниковых радиоприёмников выпуска 1970—1990 гг. Часть 3. Высокочастотные диоды. — Радио, 2025, № 1, с. 10—25.
2. Лохни Х. Электронные компоненты для доработки и обновления полупроводниковых радиоприёмников выпуска 1970—1990 гг. Часть 5. Микросхемы серии K174ПС1 и их аналогии. — Радио, 2025, № 3, с. 9—17; № 4, с. 10—18.

(Окончание следует)

4.5. Выходы смесителя

Выходы смесителя работают в режиме источника тока с импедансом 200...100 кОм на частотах до 1 МГц и 30...10 кОм для ПЧ 10,7...21,4 МГц при токах покоя по 900...980 мкА (в зависимости от напряжения питания и от температуры). Сам выходной импеданс зависит от мгновенного напряжения на коллекторе, и поэтому стоит оставить резонансное сопротивление LC-контура не более 10 кОм на частотах ниже 1 МГц и не более 2 кОм на частотах выше 10 МГц.

Ток покоя важно учитывать при чисто резистивной нагрузке. При отрицательной полуволне сигнала с большим током напряжение на коллекторах не должно опускаться ниже +3,5 В, и это ограничит свободу при выборе сопротивления нагрузки. В приёмнике "Салют-001" это напряжение выбрано 3,4 В, а это критически мало. В положительных пиках напряжение сигнала не должно

МОДУЛЬНАЯ РЕКЛАМА

К дню Радио. Адекватные цены на отечественные микросхемы.

www.radiodetali.perm.ru

Тел: 8-800-201-75-54

* * *

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

Занятия проводятся по электронной почте или on-line с помощью программ с трансляцией экрана.

Обучение может быть направлено на решение стоящей перед вами задачи.

www.electroniclab.ru/courses.htm

т. +7-912-619-5167

Импульсный регулятор переменного напряжения

А. НАУМОВ, г. Москва

За основу этого устройства была взята схема импульсного регулятора (рис. 1) с последовательным включением переключающего транзистора и дросселя (рис. 3.16 в [1]). На базу регулирующего транзистора T_1 поступает импульсный сигнал от узла управления. Дроссель L и конденсатор фильтра C преобразуют однополярные прямоугольные импульсы, возникающие на эмиттере транзистора T_1 , в напряжение постоянного тока. Диод D_1 обеспечивает протекание тока в выходной цепи, когда транзистор T_1 находится в закрытом состоянии. Выходное напряжение этого регулятора при заданной частоте импульсного сигнала в установившемся режиме пропорционально входному напряжению и длительнос-

ти открытого состояния транзистора. Такой регулятор может ра-

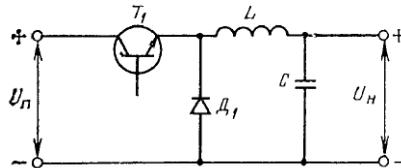


Рис. 1

ботать и при переменном питающем напряжении, если менять полярность подключения транзистора T_1 и диода D_1 в соответствии с полярностью входного переменного напряжения.

Схема импульсного регулятора переменного напряжения показана на рис. 2. Коммутатор переменного тока собран на IGBT-транзисторе IRG4PC50UD (VT1) [2] и диодном мосте VD1—VD4. Диоды VD11, VD12 выполняют функцию возвратных, они подключаются в соответствующие полупериоды переменного напряжения с помощью транзисторов VT2 и VT3. Эти транзисторы переключаются с частотой сети 50 Гц. Управляющие импульсы формируются на стабилитронах VD8, VD10 и усиливаются ОУ DA1.1 и DA1.2 соответственно. Управляющий импульс поступает на затвор транзистора VT3 непосредственно, а на затвор транзистора VT2 — через оптрон U2. Управление транзистором VT1 осуществляется с помощью модуля A1, который представляет собой импульсный генератор с ШИМ. Его выходной сигнал поступает на затвор транзистора VT1 через оптрон U1. Сквозность управляющих импульсов регулируется штатным переменным резистором модуля A1 и индицируется в процентах на встроенном цифровом светодиодном индикаторе. Выходной фильтр собран на элементах L1, C3. Дроссель L1 намотан на двух

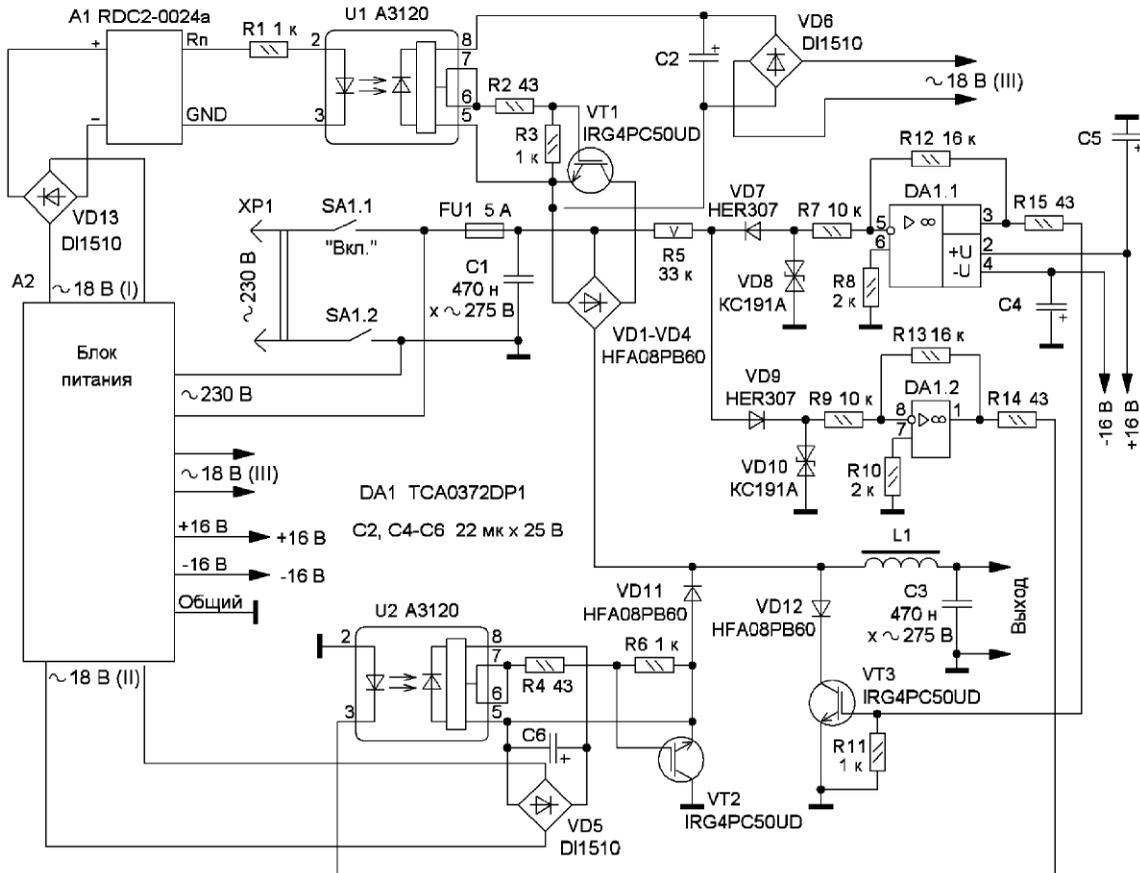


Рис. 2

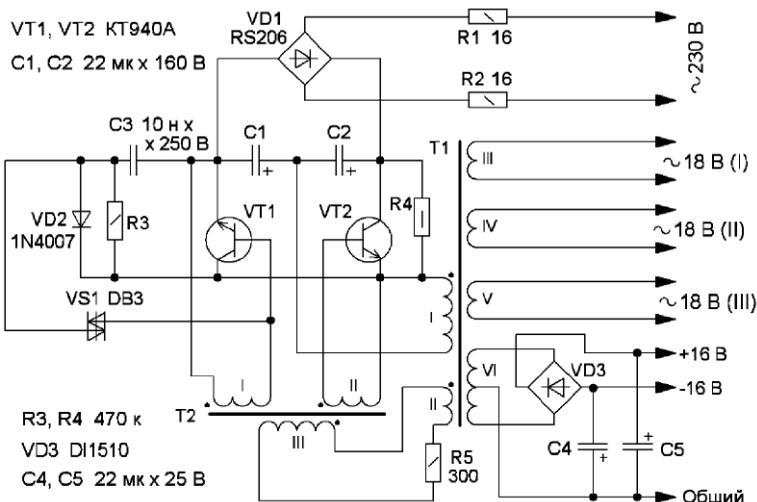


Рис. 3

сложенных кольцевых магнитопроводах типоразмера K27×15×6 из прессованного пермаллоя МП140. Обмотка содержит 250 витков провода ПЛШО 0,68, индуктивность дросселя — около 20 мГн.

С3, R3, R4 собран узел первоначального запуска автогенератора. Трансформатор T1 намотан на двух сложенных кольцевых магнитопроводах типоразмера K20×12×6 из феррита М2000НМ3 проводом ПЭВ-2 0,22. Напряже-

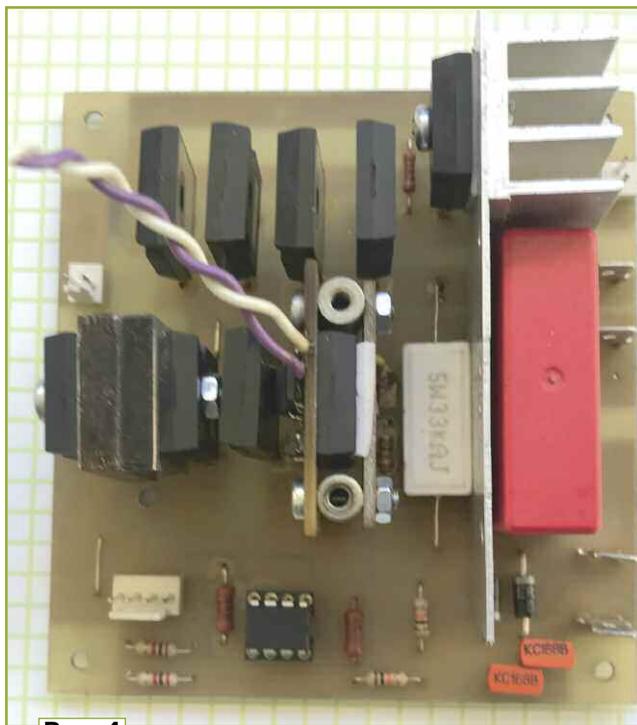


Рис. 4

Для питания всех узлов регулятора используется вспомогательный источник питания А2, схема которого показана на рис. 3. Он выполнен по полумостовой автогенераторной схеме на транзисторах VT1, VT2 с насыщающимся трансформатором T2. На элементах VD2, VS1,

виток/В. Трансформатор T2 намотан на двух сложенных кольцевых магнитопроводах типоразмера K10×6×3 из феррита М2000НМ3. Обмотки I и II (напряжение — 2,5 В) выполнены проводом из манганина ПЭШОММ 0,12, обмотка III (напряжение — 15 В) намотана проводом ПЭВ-2 0,15.

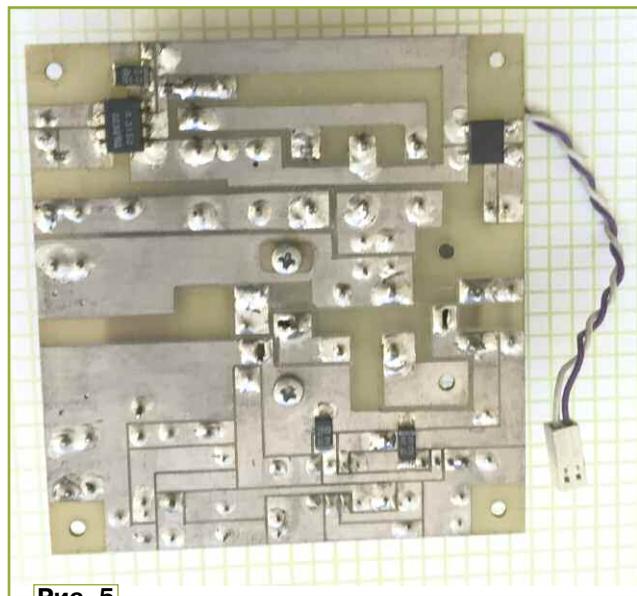


Рис. 5

ния на обмотках указаны на схеме. Для расчёта числа витков надо использовать коэффициент 1

Коэффициент для расчёта числа витков — 3 витка/В. Все обмотки трансформаторов T1, T2 должны быть изолированы с помощью фторопластовой ленты.

Большинство элементов регулятора смонтированы на односторонней печатной плате из фольгированного стеклотекстолита толщиной 1,5 мм (рис. 4, рис. 5). Плата вспомогательного источника питания показана на рис. 6. Компоновка импульсного регулятора показана на рис. 7.

Налаживание импульсного регулятора следует начать с проверки вспомогательного источника питания. Для этого вход и все его выходы отключают от регулятора. Подключив осциллограф к одной из выходных обмоток и подав питающее напряжение, наблюдают наличие прямоугольных импульсов с частотой около 20 кГц. При отсутствии генерации нужно проверить правильность подключения обмоток трансформаторов T1, T2 к резистору R5 и, возможно, заменить динистор VS1. Когда генерация возникнет, надо проверить все выходные напряжения вспомогательного источника питания. Для подготовки к первому включе-

нию всего устройства необходимо все выходы вспомогательного источника питания подключить к регулятору. Резистор R5 регулятора отключают от точки соединения плавкой вставки FU1 и конденсатора C1. К разъёму XP1 подключают выход лабораторного автотрансформатора, а к выходу регулятора — лампы накаливания на 230 В общей мощностью 300 Вт.

Далее нужно общий провод регулятора подключить к нулевому проводу сети, а свободный

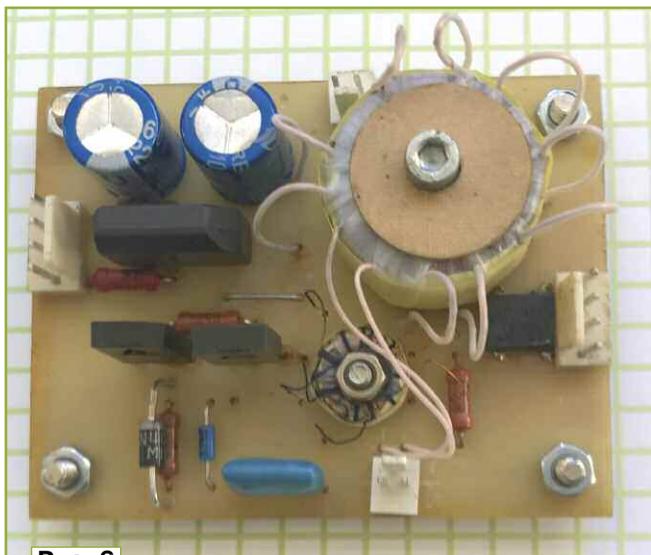


Рис. 6

вывод резистора R5 — к фазному проводу сети и подать напряжение питания на вспомогательный источник питания. Теперь можно проверить наличие прямоугольных импульсов частотой 50 Гц на стабилитронах VD8 (отрицательная полярность) и VD10 (положительная полярность) амплитудой 9 В. На выходах ОУ DA1.1 и DA1.2 должны быть импульсы соответствующей полярности амплитудой около 15 В. На затворах транзисторов VT2, VT3 (относительно эмиттера) должны быть положительные прямоугольные импульсы частотой 50 Гц и амплитудой примерно 16 В. Частоту выходного сигнала модуля генератора A1 выбирают из набора частот 16 кГц или 20 кГц и проверяют наличие импульсов с этой частотой на

затворе транзистора VT1 и изменение их длительности с помощью регулирующего резистора в модуле A1. Медленно увеличивая напряжение на разъёме XP1 с помощью ЛАТРа, наблюдают на аноде диода VD11 и катоде диода VD12 соответственно наличие отрицательных и положительных полуволн синусоиды с частотой 50 Гц и амплитудой до 300 В. Если искажения этих сигналов не наблюдаются до входного напряжения 230 В, можно восстановить все соединения в соответствии с рис. 2 и, подключив нагрузку в виде лампы накаливания, наблюдать на выходе регулятора синусоидальное напряжение частотой 50 Гц, регули-

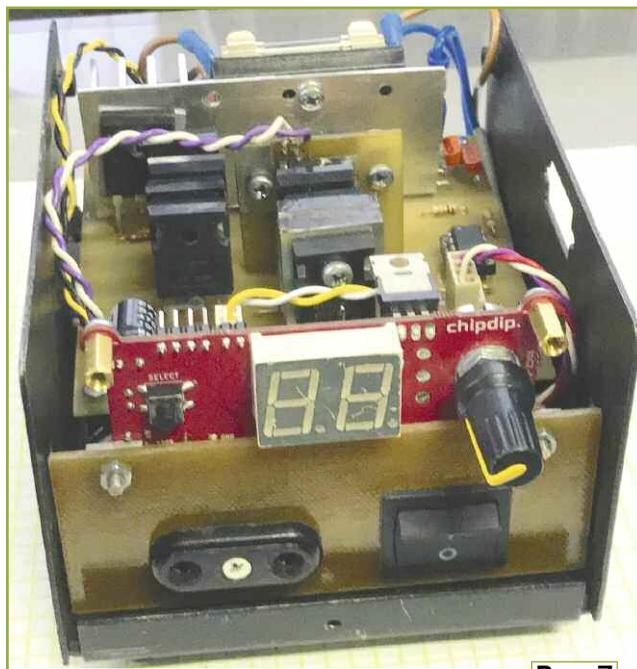


Рис. 7

руемое по амплитуде резистором модуля A1. Пределы регулирования должны быть от 0 до 230 В. Во избежание искажений формы выходного напряжения потребители, содержащие разделительные трансформаторы, следует подключать с нагрузкой, близкой к номинальной.

ЛИТЕРАТУРА

1. Источники вторичного электропитания. Справочное пособие. Под редакцией Ю. И. Конева. — М.: Радио и связь, 1973.
2. IRG4PC50UD. — URL: <https://click.ru/3HNSLC> (12.03.25).

О расширении возможностей генератора на модуле AD9833

А. ГРЕЗНЕВ, г. Москва

Протестировав модуль генератора на микросхеме AD9833, собранный по публикации в [1], убедился, как и многие радиолюбители, судя по отзывам в Интернете, что этому устройству не хватает амплитуды выходного сигнала, а на высоких частотах (более 2 МГц) форма сигнала

(особенно синусоидального и треугольного) значительно искажается и имеет амплитудную модуляцию почти 30%. Кроме того, с увеличением частоты амплитуда сигнала от 600 мВ уменьшается до 30 мВ, что выявлено и в технических параметрах (datasheet) на микросхе-

му AD9833. Основные параметры модуля частично изложены в [1] и более подробно в [2]. На рис. 1,а и рис. 1,б показаны осциллограммы синусоидальных сигналов на частотах 6,2 МГц и 8 МГц. Заметно, что с увеличением частоты форма сигнала искажается, а на частоте

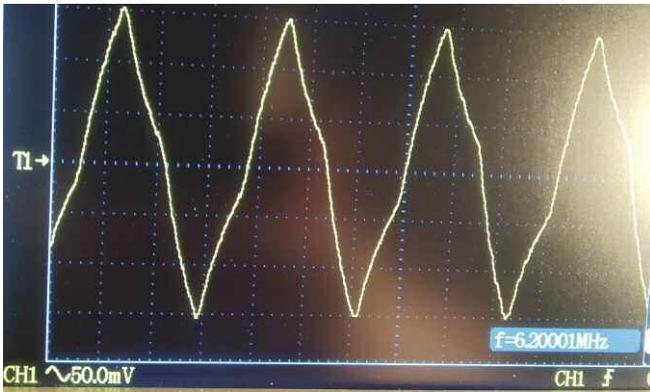


Рис. 1,а

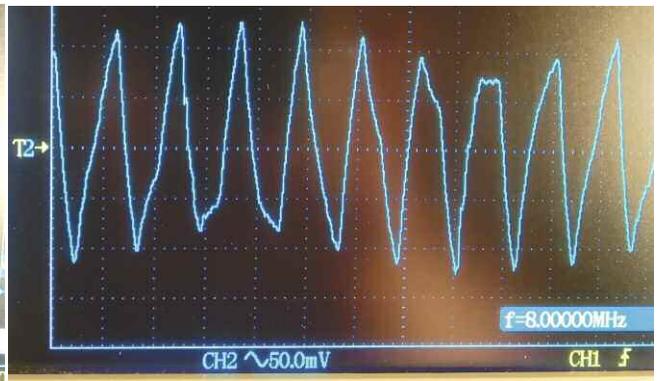


Рис. 1,б

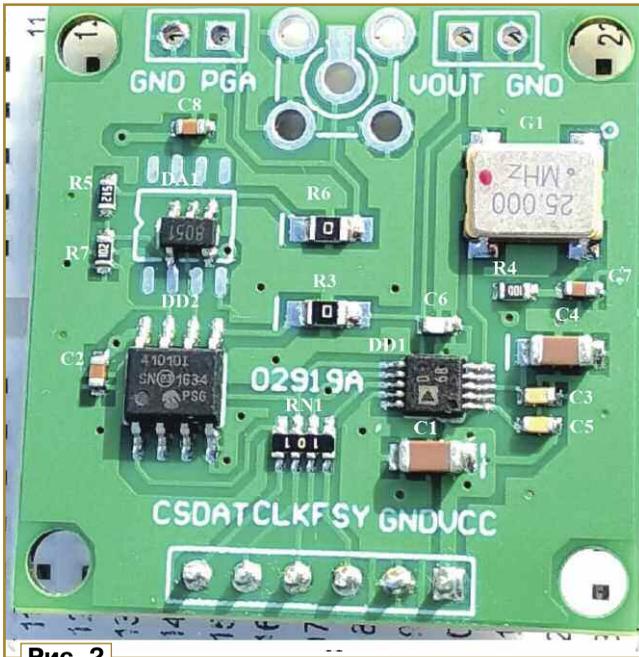


Рис. 2

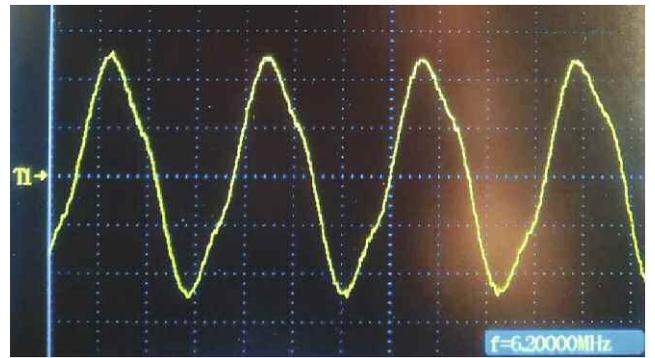


Рис. 3

тах выше 6,2 МГц появляется значительная амплитудная модуляция при уменьшении амплитуды сигнала.

Разработчики и изготовители электроники, на мой взгляд, на современном уровне частично решили эти вопросы, выпустив модуль AD9833 с усилителем на ОУ AD8051 и цифровым потенциометром на микросхеме MCP41010 на одной плате (рис. 2), что позволило получить регулируемый усилительный каскад на выходе модуля. В дальнейшем будем называть этот модуль AD9833 с ОУ. Все параметры этого модуля можно узнать в [3]. В частности, граничная частота ОУ AD8051 — 150 МГц. Регулируемый выходной сигнал снимается с гнезда серии SMA и вывода PGA. Приемлемые для многих случаев практики формы и амплитуды синусоидального и треугольного сигналов сохраняются до частоты 6,2 МГц при размахе сигнала 2,5 В (рис. 3), а для прямоугольного сигнала — во всём диапазоне заявленных частот.

Применённая в модуле микросхема MCP41010 — одноканальный 256-позиционный цифровой потенциометр компании Microchip с максимальным сопротивлением 10 кОм, минимальным сопротивлением — 100 Ом (около 39 Ом на шаг). Он доступен в восьмивыводном корпусе PDIP или SOIC. Цоколёвка микросхемы MCP41010 приведена на схеме модуля AD9833 с ОУ (рис. 4). Назначение его выводов:

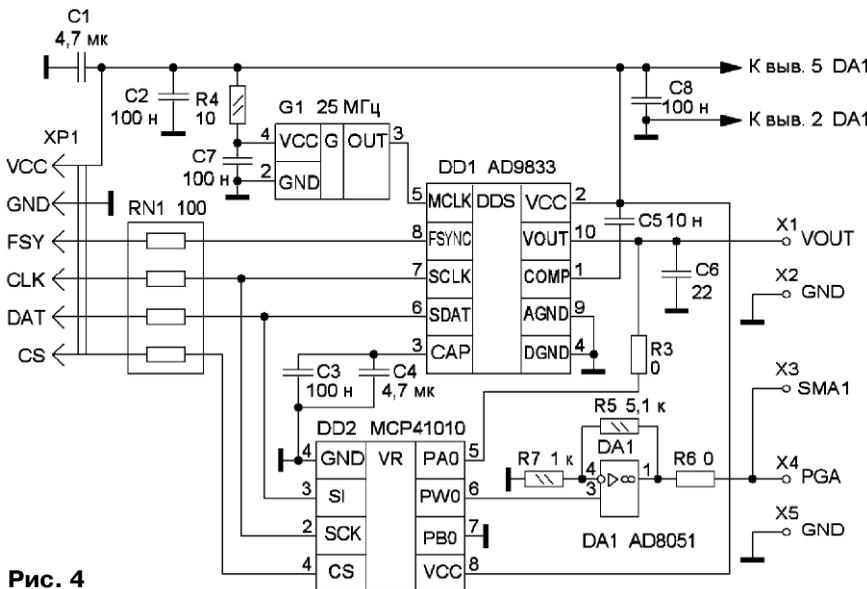


Рис. 4

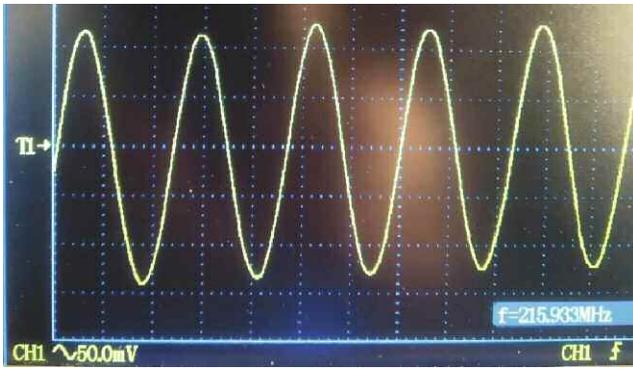


Рис. 8

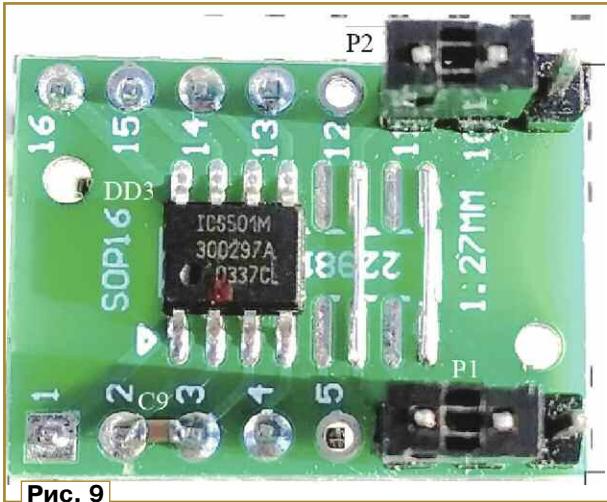


Рис. 9

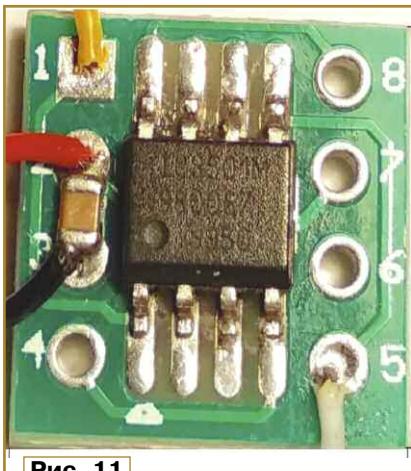


Рис. 11

для микроконтроллера модуля A4 использован из [1]. Были добавлены модули: сетевой блок питания (A1), Li-Ion аккумулятор G1, модуль его зарядки (A2), повышающий преобразователь напряжения (A3) и умножитель частоты (A9). Скetch незначительно доработан, он дополнен пояснениями (комментариями) на русском языке. В добавленной строке

```
myLCD.print(String(analogRead(A0)*(R1+R2)/R2*4.97/1024.0, 2));
```

вычисляется напряжение аккумулятора на входе A0 модуля Arduino Nano, отображение напряжения осуществляется с точностью до двух знаков после точки. В этой строке вместо 4,97 следует подставить значение напряжения, измеренное на линии питания 5V платы Arduino Nano. Скetch FreqGen2 размещён на сайте журнала. Необходимые библиотеки можно скачать с сайта [4].

Умножитель частоты собран на микросхеме ICS501M, его схема показана на рис. 7. Он значительно расширяет возможности устройства как источника тактового сигнала, так как имеет девять значений коэффициента умножения частоты входного сигнала [5—7]. На вход (вывод 1) микросхемы ICS501M, согласно документации, требуется подавать сигнал частотой от 2 до 50 МГц амплитудой не менее 70 мВ или к выводам 1 и 8 подключить кварцевый резонатор (с помощью разъёма XS1) на частоту 5...27 МГц (на практике от

S1 Переключатель P1	S0 Переключатель P2	K
0	0	4
0	M	5,3125
0	1	5
M	0	6,25
M	M	2
M	1	3,125
1	0	6
1	M	3
1	1	8

Рис. 10



Рис. 12,а

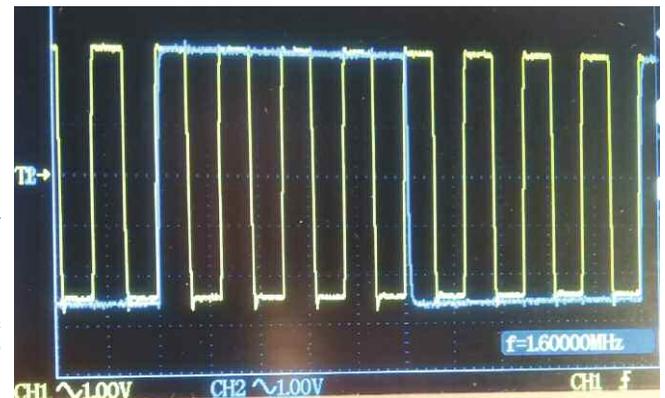


Рис. 12,б

1 МГц). Максимальная частота выходного сигнала (вывод 5) — 160 МГц (на практике — 216 МГц, но с размахом сигнала — только 120 мВ, что подтверждается осциллограммой на рис. 8). Экспериментально проверено, что нижней границей входного сигнала является частота 200 кГц для прямоугольного сигнала и 800 кГц — для остальных форм сигналов с соответствующими коэффициентами усиления (GAIN). Напряжение питания — 3...5,5 В (выбрано 5 В), потребляемый ток — до 20 мА, максимальный выходной ток (при уровнях ТТЛ) — 25 мА. При замене микросхемы ICS501M микросхемой ICS512 следует учесть, что у последней вход S1 соединён не с выводом 4, а с выводом 7, и отличаются три коэффициента умножения из девяти. В остальном,

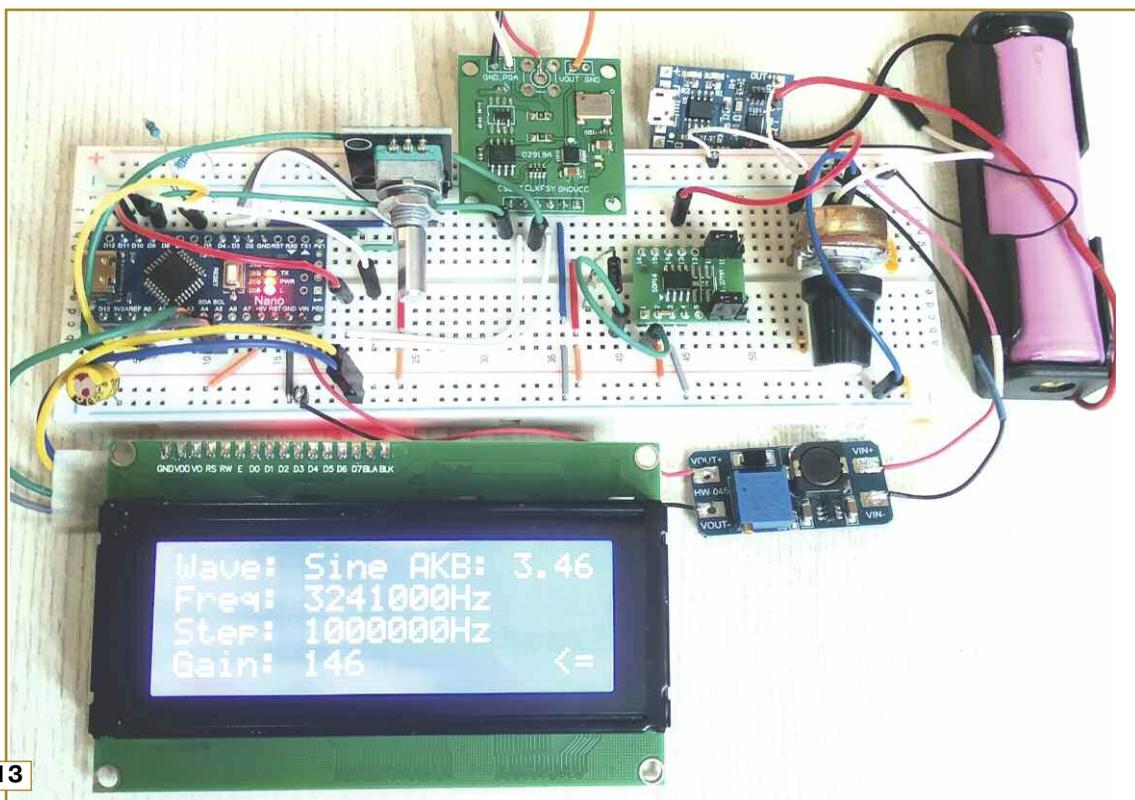


Рис. 13

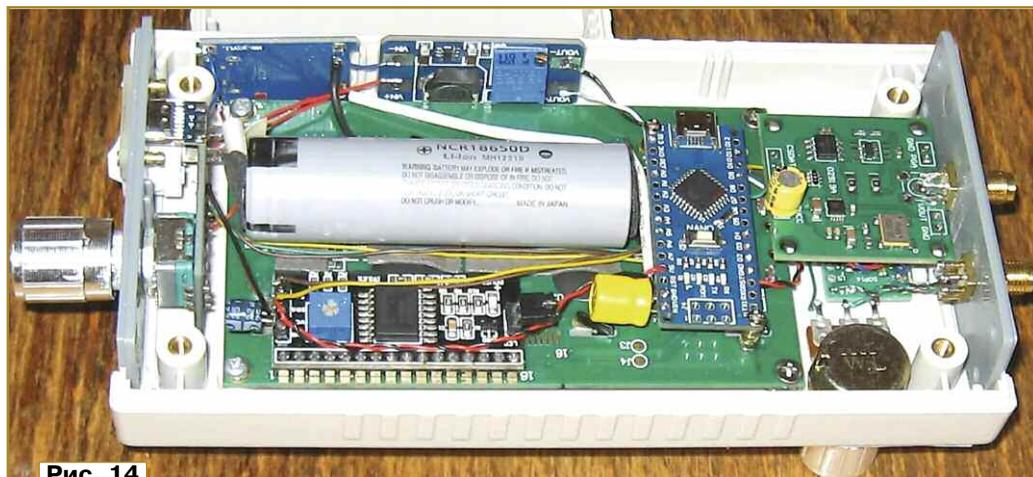


Рис. 14

тип корпуса, напряжение питания, схема включения совпадают.

Элементы умножителя смонтированы на переходной плате SOP16/DIP16 (рис. 9), необходимые соединения выполнены проволочными перемычками с обеих сторон платы, варикап VD1 и резистор R8 установлены навесным монтажом. Блокировочный конденсатор C9 — керамический типоразмера 0603. Коэффициент умножения K задают установкой уровней напряжений на входах S0 и S1 микросхемы согласно рис. 10: 1 — напряжение питания, 0 — общий провод, M — никуда не подключена. Возможен вариант изготовления нескольких модулей умножителя

частоты, в том числе с постоянным коэффициентом умножения, такие модули изготовлены мною на платах адаптера SOP8/DIP8 (рис. 11). Соединив их последовательно, можно получить удобный для перерасчёта выходной частоты сигнала коэффициент умножения $K = 10$. Примером демонстрации результата такого подключения является рис. 12,а, на котором показаны осциллограммы входного прямоугольного сигнала частотой 1 МГц и осциллограмма выходного сигнала частотой 10 МГц, полученного после последовательного умножения входного сигнала на два и на пять. На рис. 12,б изображена осциллограмма с

выходной частотой 1,6 МГц, полученная после умножения частоты прямоугольного сигнала 200 кГц на восемь, что подтверждает возможность подачи на вход умножителя сигнала частотой от 200 кГц и выше для его корректной работы, о чём говорилось в начале статьи. Естественно, выбор множителей радиолюбитель определяет требуемой для работы частотой выходного сигнала.

Не представляется сложным предварительно собрать всё устройство из готовых модулей на макетной плате, например, как показано на рис. 13, чтобы убедиться в работоспособности устройства, проанализировать его возможности и параметры, внести свои коррективы и проверить их актуальность. Устройство на макетной плате можно использовать и как стенд для поочерёдной проверки работоспособности всех модулей и кварцевых резонаторов.

Все узлы устройства размещены и крепятся в корпусе G443 размерами 150×80×30 мм на приклеенных к нему медных или латунных втулках с резьбой M1,6 и M2 и имеющихся четырёх заводских отливках. Модуль Arduino

Напо крепится к плате ЖКИ. Модуль энкодера, выключатель и разъём питания находятся на левой стенке, а гнезда SMA1 и SMA2 — на правой стенке прибора. Все элементы соединены с помощью монтажных проводов (рис. 14).

жения частоты К (SB2 — в положении "F × K", SB3 — в положении "F × K"). В этом случае гнезда XS1 для кварцевого резонатора остаются свободными;

— частотная модуляция низкочастотным сигналом (100... 5000 Гц) от модуля AD9833 с

Мнемосхема, нарисованная внизу панели прибора (рис. 15 и рис. 16), поясняет порядок установки режимов формирования выходного сигнала, а таблица над ЖКИ — порядок выбора коэффициента умножения частоты К.

Работа с энкодером:

— продолжительное нажатие (более 2 с) на кнопку энкодера переключает меню с режима "Частота — Freq" (стрелка меню находится во второй строчке индикатора) на режим "Усиление — Gain" (стрелка меню находится на четвёртой строчке индикатора) и обратно. Напомним, что строки индикатора нумеруются в скетче от 0 до 3, а столбцы — от 0 до 19;

— двукратное нажатие на кнопку в любом режиме позволяет выбрать форму сигнала по кругу "Прямоугольная" (Squar) → "Треугольная" (Trian) → "Синусоидальная" (Sine);

— кратковременное нажатие (клик) на кнопку в режиме частоты определяет шаг установки частоты от 1 до 1000000 Гц с кратностью 10;

— кратковременное нажатие на кнопку в режиме выбора коэффициента передачи устанавливает по кругу значения усиления (Gain) в 0 → 128 → 255;

— поворот ручки энкодера против часовой стрелки или по часовой стрелке в выбранном режиме, который отражается стрелкой меню, изменяет кратно значение частоты или на 1 коэффициент передачи сигнала в сторону уменьшения или увеличения, соответственно.



Рис. 15

Внешний вид прибора показан на рис. 15. Применён переменный резистор WH148, SB2, SB3 — ползунковые переключатели SS12D00. Перемычками P1 и P2 устанавливаются коэффициенты умножения частоты в соответствии с рис. 10. С помощью переключателя SB2, SB3 задают три режима формирования выходного сигнала устройства:

— умножение частоты сигнала модуля AD9833 с ОУ (с необходимым коэффициентом усиления) на коэффициент умно-

ОУ (с необходимым коэффициентом усиления) сигнала умножителя частоты (несущей) с выбранными кварцевым резонатором ZQ1 и коэффициентом умножения К (SB2 — в положении "F_{KB} × K");

— генерация сигнала частотой, определяемой вставленным в гнездо XS1 кварцевым резонатором ZQ1 и коэффициентом умножения К (SB2 — в положении "F × Ч × К", SB3 — в положении "F_{KB} × К").

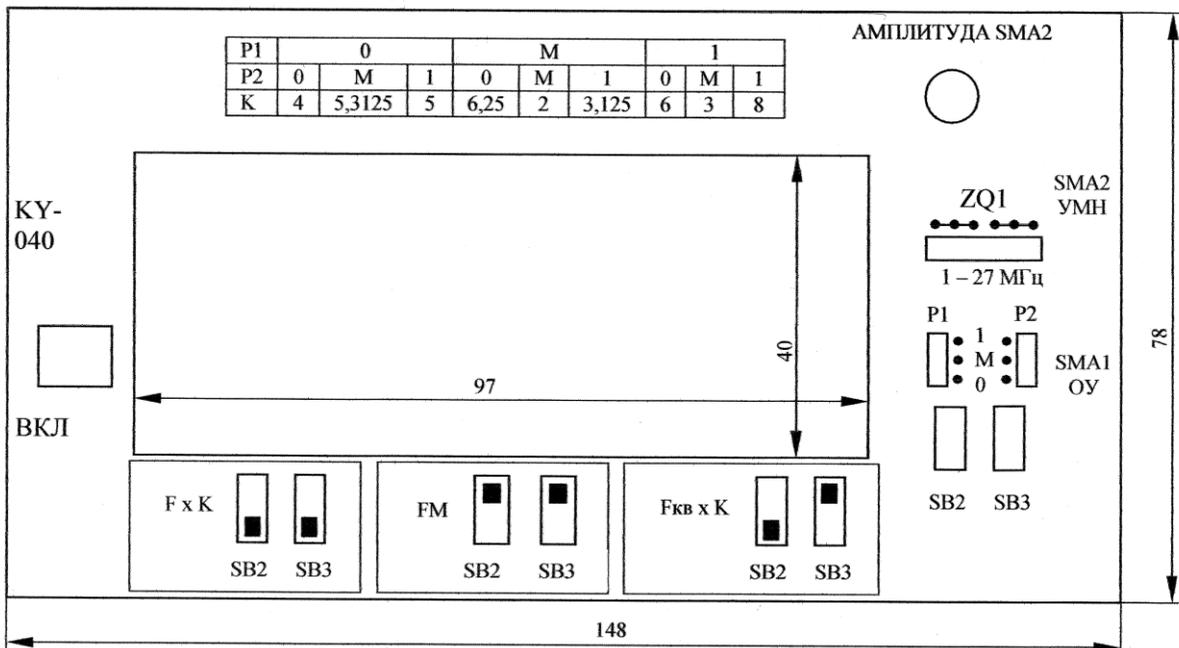


Рис. 16

Кварцевые резонаторы различных типоразмеров устанавливаются в шестиконтактную колодку ZQ1 с круглыми гнездами (от панели микросхемы) напрямую или через простые переходники, изготовленные из контактов штепсельных разъёмов (рис. 17).

Погрешность установки частоты выходного сигнала в основном определяется кварцевым генератором на частоте 25 МГц в модуле AD9833 с ОУ и, при необходимости, оценивается по эталонному прибору с целью внесения её значения в набираемую частоту, а также параметрами применяемых кварцевых резонаторов. На рис. 18—рис. 20 для примера показаны осциллограммы всех трёх режимов формиро-

(жёлтый). Демодулированный сигнал с выхода FM-приёмника (синий). Задержка тракта — 200 мкс. На рис. 20 — режим "F_{кв}×4×K". Кварцевый резонатор на частоту 11 МГц, K = 8.

Налаживание устройства проводят в следующей последовательности:

— перед монтажом, как можно точнее, измеряют сопротивление резисторов R1, R2;

— не подключая к нагрузке, подают напряжение на модуль A3 от аккумулятора или с выхода модуля A2, многооборотным резистором на плате модуля A3 устанавливают на выходе напряжение 6,5 В;

— после проверки правильности подключения всех модулей подают питание на ус-

ЖКИ, руководствуясь противоречивыми требованиями — обеспечение чёткости отображения информации и минимального тока потребления.

Потребляемый устройством ток от аккумулятора — до 170 мА, масса устройства — 260 г. С аккумулятором типоразмера 18650 ёмкостью 2000 мА·ч продолжительность непрерывной работы устройства — около 5 ч. В качестве блока питания и зарядки (модуль A1) используется зарядное устройство от смартфона, рассчитанное на выходное напряжение 5 В и ток 1 А. Подключение к нему осуществляется через разъём TYPE-C. Для уменьшения влияния на работу прибора пульсаций и помех в цепях питания модулей дополни-

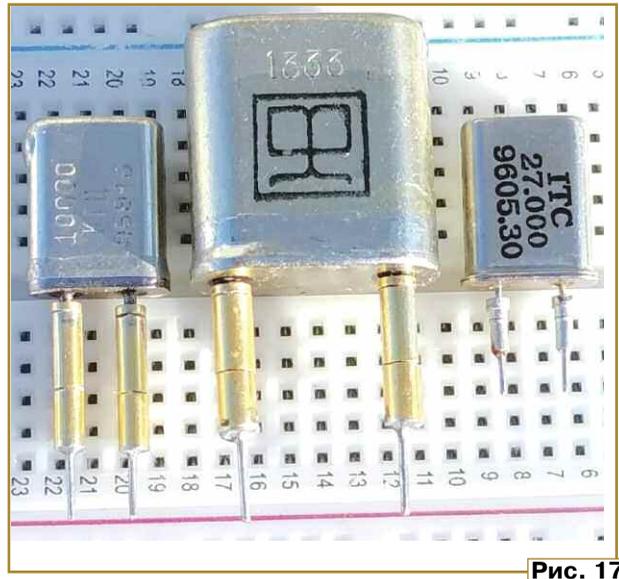


Рис. 17

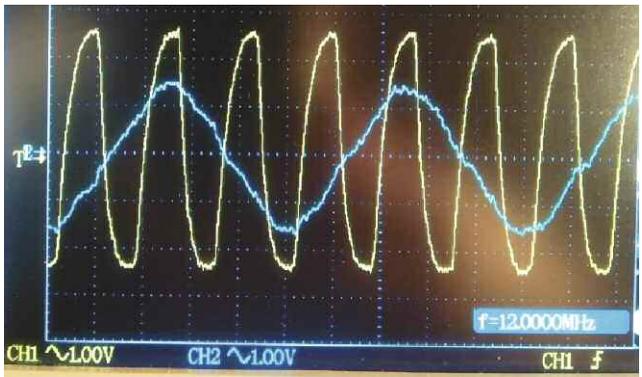


Рис. 18

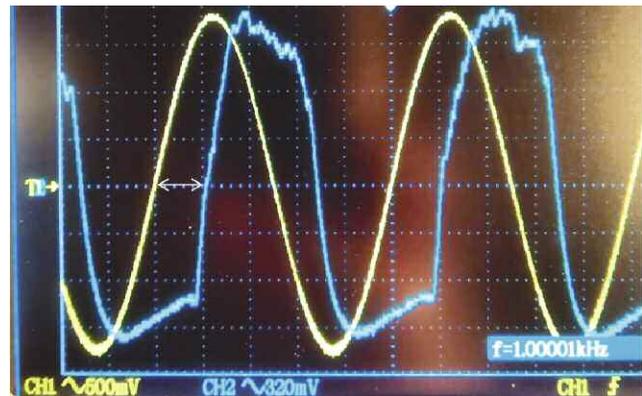


Рис. 19

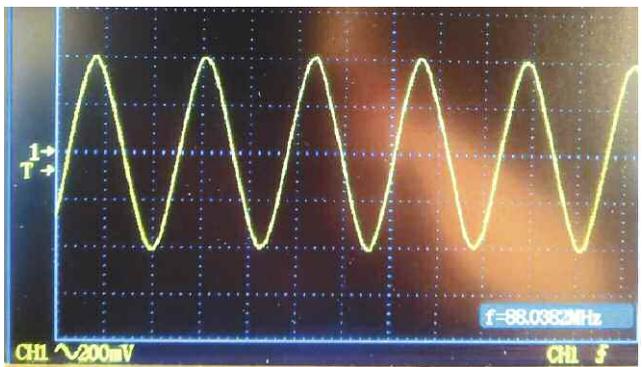


Рис. 20

вания выходного сигнала на выходе генератора. На рис. 18 — режим "F×4×K". Частота сигнала (синий) — 4 МГц умножена на три (результирующий — жёлтый). На рис. 19 — режим "FM". Несущая частота — 88 МГц, модулирующий сигнал — 1000 Гц

ний сопротивлений резисторов R1, R2 и напряжения надо внести в скетч вместо значений, указанных в нём, и загрузить скетч;

— на модуле A6 подстроечным резистором (синего цвета) отрегулировать яркость экрана

ройство. Изменяют напряжение питания на выходе 5V модуля Arduino Nano. Результаты измерений

только установлены оксидные конденсаторы ёмкостью от 22...100 мкФ на напряжение не менее 10 В (на схемах не показаны).

Изготовление генератора даёт не только практический опыт разработки устройств с программным обеспечением, но и возможность получить недорогой прибор для настройки, регулировки, проверки характеристик электронных изделий, управления ими или синхронизации их работы,

поиска и устранения неисправностей в них. Радиокружки и отдельные радиолюбители, которых устраивают возможности прибора и которым недоступны промышленные генераторы сигналов, могли бы воспользоваться предложенным проектом.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Киба В.** Генератор на модуле AD9833. — Радио, 2023, № 1, с. 22—25.

2. AD9833: программируемый генератор сигналов. — URL: <https://clck.ru/3GhX8h> (02.03.25).

3. AD9833: A Versatile Easy to Use Signal Generator on a Chip. — URL: <https://www.best-microcontroller-projects.com/ad9833.html> (02.03.25).

4. DFG-ArdAD9833. — URL: <https://github.com/ilneill/DFG-ArdAD9833?ysclid=m2qc5bk2m0870224986> (02.03.25).

5. ICS501M. — URL: <https://allchip.ru/87280/ICS501M.html> (02.03.25).

6. Применение микросхемы ICS501. — URL: <https://r9al.ru/2008/ics501/index.htm?ysclid=m31njg1v7h960311327> (02.03.25).

7. ICS501M. Datasheet. — URL: https://adatasheet.com/pdf/detail/ics501m-10-3120417/1?utm_source=www.chipcity.ru&utm_medium=datasheet (02.03.25).

От редакции. Скетч для микроконтроллера находится по адресу <http://ftp.radio.ru/pub/2025/05/ad9833.zip> на нашем FTP-сервере.

Многоканальное реле времени

С. СВЕЧИХИН, г. Красноярск

В статье приводится описание несложного многоканального реле времени. Оно предназначено для включения и выключения в заданные моменты времени различных устройств. Циклограмма работы устройств записана на карте microSD в текстовом файле. Для работы в разные дни недели можно использовать несколько файлов с циклограммами. Сами устройства и способы управления ими выходят за рамки статьи.

Описание подобного прибора было приведено в [1]. Но у него был существенный недостаток — при пропадании питания терялась информация о состоянии ранее включённых устройств. В описываемом приборе этот недостаток устранён, поскольку он постоянно питается от встроенного аккумулятора. Поэтому отключения электросети на его работу влияния не оказывают. Для подключения к электросети в приборе используется разъём на модуле зарядки. К нему подключается зарядное устройство (ЗУ) от сотового телефона.

Схема реле времени приведена на **рис. 1**. Оно собрано на микроконтроллере (МК) серии ATmega328PU (DD1). Для вывода информации используется дисплей Nokia5510 (HG1) в нестандартном режиме питания через информационные выводы, а вывод питания VCC не задействован. При этом изображение

на дисплее не теряется и сохраняет контрастность. Устройство с подобным включением дисплея описано в [2]. Преобразователь

уровней сигналов для дисплея выполнен на резисторах R3—R6. Карта microSD размещена в модуле Micro SD Card Adapter с интерфейсом SPI. В модуле есть стабилизатор напряжения 3,3 В и преобразователь уровня на микросхеме. Вывод питания модуля подключается к линии питания МК через полевой транзистор VT1 с р-каналом. Это позволяет повысить экономичность прибора. Модуль потребляет ток примерно 5 мА. Включается модуль каждую девятую секунду на короткое время. Большую часть времени он обесточен, но при этом создаёт проблемы для про-

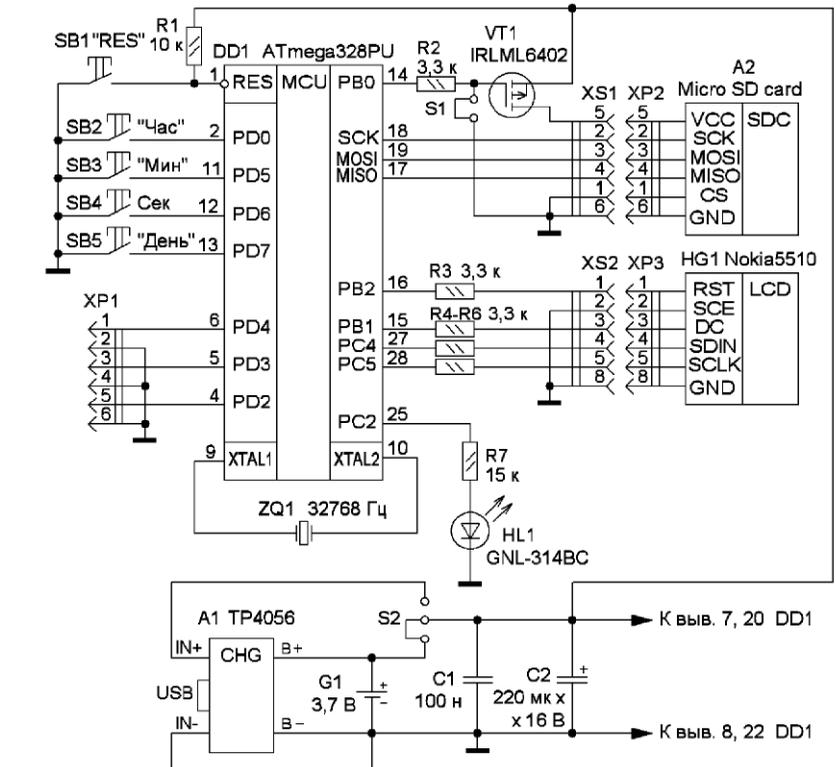


Рис. 1

грамматора, который использует ту же шину SPI. В результате программатор перестаёт опознаваться. Для устранения этой проблемы нужно при программировании установить переключку S1, и питание будет постоянно подаваться на модуль A2. После программирования переключку следует снять.

Для индикации работы прибора используется светодиод синего свечения HL1, вспыхивающий ежесекундно. Разъём для программирования на схеме не показан. Имеется кнопка SB1 для сброса программы. При этом время и день недели не обнуляются. Также при сбросе не меняется переменная, которая сохраняет состояние выходов. Кнопки SB2 и SB3 нужны для установки часов и минут. Кнопка SB5 позволяет установить день недели. Время выводится в формате "ЧЧ:ММ", секунды не выводятся. Кнопкой SB4 производится сброс секунд. Все события в устройстве (опрос карты и переключения нагрузок) привязаны к девятой секунде. Это снимает некоторые проблемы при установке времени. Нужно учитывать, что время на дисплее изменяется со сдвигом на эти 9 с.

Для подключения внешних устройств используется разъём XP1, на который выведены линии МК PD2—PD4. Описание этих устройств выходит за рамки статьи, поэтому вместо них в действующем макете установлены светодиоды с токоограничивающими резисторами на беспаячной макетной плате (рис. 2).

На дисплей выводится следующая информация. В верхней строке время — часы и минуты. Справа выводится день недели в двухбуквенном виде. В строке ниже выводится напряжение аккумулятора. Эта строка обновляется каждый час. Затем выводится строка с номерами каналов 1, 2 и 3. Ниже — строка с состоянием этих каналов. "1" означает, что канал включён, "0" означает, что канал выключен. Эта строка обновляется ежеминутно.

В приборе используются три канала. При этом в МК ещё остаются свободными несколько выводов, которые можно использовать при необходимости. В нижней строке выводится сообщения о работе с SD-картой, при прочтении выводится имя файла, затем перебираются командные строки. Прибор постоянно питается от аккумулятора G1.

От ЗУ питается только модуль зарядки A1. Это повышает устойчивость к сбоям электросети. Модуль зарядки доработан, на его плате заменён токозадающий резистор, который теперь обеспечивает ток зарядки 0,3 А.

При отладке программы можно обеспечить питание непосредственно от ЗУ, для этого служит переключка S2.

Программа таймера разработана в среде AVR Studio 4,19. Библиотека для дисплея Nokia5510 взята на сайте [3] и немного доработана. Для вывода дней недели нужны символы "П", "Ч", "Я" и "Б", которые имеются во второй половине знакогенератора. Но использовать длинный знакогенератор ради четырёх символов нерационально, поэтому в первой половине его четыре неиспользуемых символа заменены на символы кириллицы. Знакогенератор помещается в ППЗУ МК.

чего состояние выводов выводится на дисплей в четвёртой строке.

Для работы с SD-картой используется распространённая библиотека **PetitFatFS**. Её можно найти в Интернете. Описание библиотеки и входящих в неё функций на русском языке можно найти на сайте <<https://microsin.net>>. В строку поиска надо ввести **Petit FatFS**. Использование этой библиотеки позволяет использовать МК с ограниченными возможностями, например, серий ATmega8 и ATmega88.

Напряжение аккумулятора измеряется с помощью встроенного в МК АЦП. При этом результат,

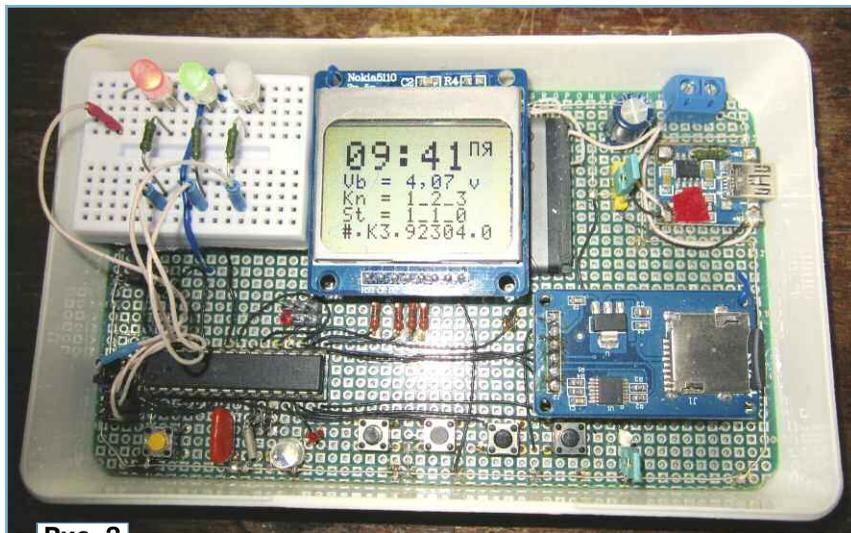


Рис. 2

МК тактируется от внутреннего генератора частотой 8 МГц. Время подсчитывается с помощью таймера T2 в асинхронном режиме с использованием кварцевого резонатора ZQ1. В основном цикле программы сначала проверяется состояние кнопок для установки времени. Затем на девятой секунде выводится время. Если наступила 27-я минута, измеряется напряжение аккумулятора и результат выводится на дисплей. После этого подключается питание модуля с SD-картой. На ней читается файл с именем, соответствующим дню недели. Командные строки запускаются в функцию анализатор. Если время в строке и текущее время совпадают, соответствующим образом изменяются биты переменной **status**. Если в строке указано значение часов больше, чем 23 (например, 99), то это значение игнорируется. Канал включается/выключается каждый час в указанные минуты. Затем вызывается функция **execute()**, где в зависимости от значений битов происходит установка или сброс выводов порта D. После

выводимый на дисплей, может значительно отличаться от того, что покажет вольтметр. Поэтому необходимо провести калибровку. Допустим, во второй строке на дисплее выводится значение 4,09 В. Напряжение аккумулятора, измеренное вольтметром, к примеру, — 4,13 В. В функции **showtime()** нужно найти строчку с текстом

```
unsigned int ttt = 25000/vccit;
Новое значение константы рассчитывают по формуле
(25000 * 413)/409 =
= 25244,49877750611.
```

Результат округляют до целого значения и подставляют в программу, компилируют, загружают в МК и проверяют результат. Следует учесть, что АЦП работает в восьмиразрядном режиме, поэтому погрешность измерения составляет не менее 20 мВ. Такой точности вполне хватает, чтобы определить, что аккумулятор требует зарядки.

Циклограмма включений и выключений записана на карту microSD в виде текстового файла. Для разных дней недели можно использовать несколько

таких файлов. Имена файлов можно выбирать достаточно произвольно. Они должны быть написаны на латинице. Библиотека **PetitFS** может работать с файлами, у которых имена имеют формат 8.3 — максимум восемь символов для имени, и три символа для расширения. Расширение **txt** используется для того, чтобы текстовые редакторы считали файл текстовым. Связь дней недели и имён файлов устанавливают в файле **files.c**. В папке **NA_DISKЕ** есть образцы файлов для разных дней недели.

В табл. 1 также приведён пример такого файла. Програм-

Таблица 1

Строка не анализируется
#.K1.90004.0
#.K1.90204.1
#.K1.90404.0
#.K1.90604.1

ма считывает все строки файла по очереди. Если строка начинается не с символа #, она будет прочитана, но в анализатор не попадёт. Строка читается, чтобы найти начало следующей строки. Конец строки определяется по символу 0x0A. Поэтому все строки, как неанализируемые, так и командные, могут иметь произвольную длину. В файле можно помещать любую другую информацию, например описание, инструкцию для работы и т. п., работе они не мешают. В папке проекта есть примеры файлов с командными строками и другой информацией.

Первый символ # является признаком командной строки. Они считываются и копируются в буфер, который анализируется. Длина командной строки составляет 12 символов. Её структура в используемой версии программы представлена в табл. 2. При анализе программа определяет время выполнения, номер канала и действие (включить или выключить). Размер полученного при компиляции загрузочного файла **.hex** не превышает 8 КБ. Поэтому в приборе могут быть использованы МК серии ATmega8 или ATmega88. В первом случае придётся переписать файл **init.c**.

Программу можно скомпилировать и в среде Arduino IDE, для этого её следует подготовить к работе в этой среде. Для этого создают папку проекта с именем **relewr**. В ней из папки проекта для AVR Studio копируют все исходные файлы, в том числе и те, что находятся в папке **PetiFS**. Файл **main.c** переименовывают

Таблица 2

Позиция	Содержание	Примечание
0	Признак командной строки — #	
1	Резерв	
2	Вид команды, К — работа с портом	Выдаёт на соответствующий вывод 1 или 0
3	Параметр команды	Номер ключа
4	Резерв	
5	Резерв	
6	Время, десятки часов	
7	Время, единицы часов	
8	Время, десятки минут	
9	Время, единицы минут	
10	Резерв	
11	Действие команды	1 — включить, 0 — выключить

в **relewr.ino**. В начале этого файла идёт объявление функций. Их следует собрать вместе и добавить сверху строку **extern "C"** и фигурные скобки:

```
extern "C"
{
  void init(void);
  void pcd8544_init(void);
  ...
  void files(void);
  void showtime(void);
}
```

Больше в этом файле никаких изменений не требуется. Остальные файлы также не изменяются.

После этого можно открывать среду Arduino IDE и компилировать проект. Чтобы Arduino IDE помещала загрузочные файлы в папку C:_TEMP, нужно найти и отредактировать файл **preferences.txt**. В ОС WINDOWS 7 он размещается в папке **C:\Documents and Settings\Имя Пользователя\AppData\Local\Arduino15**. В нём следует изменить строку **build.path=C:_TEMP**. Редактировать этот файл надо, только когда Arduino IDE не запущена.

Затем с помощью программатора загружают программу в МК. Загружать следует файл с расширением **elf**.

Теперь о том, зачем это нужно. Для этого достаточно сравнить размеры загрузочных файлов **.hex** в обоих случаях. Компилятор среды Arduino IDE создаёт загрузочный файл размером примерно на 15 % меньше. Иногда это может быть важно.

Оба проекта для AVR Studio и для Arduino IDE размещены на сайте журнала.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Свечихин С.** Простое программно-временное устройство. — Радио, 2013, № 6, с. 37—39.
2. **Свечихин С.** Домашний термометр-гигрометр с питанием от аккумулятора. — Радио, 2024, № 12, с. 42, 43.
3. ATmega8 + PCD8544: работа с графическим дисплеем от телефо-

нов Nokia 5110/3310. — <https://count-zero.ru/2017/pcd8544/> (09.03.25).

От редакции. Упомянутые файлы для микроконтроллера находятся по адресу <http://ftp.radio.ru/pub/2025/05/timer.zip> на нашем FTP-сервере.

Вышла в свет новая книга



**Кубанов В. П.,
Ружников В. А.,
Сподобаев М. Ю.,
Сподобаев Ю. М.**

Практикум по антеннам и распространению радиоволн. Учебное пособие для вузов / В. П. Кубанов, В. А. Ружников, М. Ю. Сподобаев; Под ред. В. П. Кубанова. — М.: Горячая линия — Телеком, 2024. — 228 с.: ил. ISBN 978-5-9912-1079-9.

Сборник задач соответствует содержанию основных разделов курсов по дисциплинам "Антенны и распространение радиоволн" и "Антенно-фидерные устройства". Задачи, приведённые в пособии, не сильно различаются по степени трудности, и их решение, как правило, предусматривает использование высокоуровневого языка программирования Python и не требует проведения громоздких вычислений.

По каждой теме приведены примеры решения нескольких типовых задач, что делает пособие удобным для использования, как на практических занятиях, так и в процессе самостоятельной работы.

Наряду с задачами, предлагаемыми для самостоятельного решения, в конце каждого раздела приводится перечень вопросов для проверки уровня усвоения учебного материала.

Для студентов инфокоммуникационных и радиотехнических специальностей.

Адрес издательства в Интернет
WWW.TECHBOOK.RU

GPS-часы

М. АНТОНОВ, с. Абатское Тюменской обл.

Сейчас большинство смартфонов можно использовать как навигатор, но всегда хотелось иметь менее габаритное, более простое и надёжное резервное устройство навигации, которое непросто забыть или потерять и оно всегда с собой. И это смарт-часы с GPS.

Человек обычно не "планирует" заблудиться, поэтому часы должны постоянно принимать сигналы навигационных спутников и фиксировать передвижение. Грибнику или путешественнику в незнакомых местах не так уж важна карта с дорогами и населёнными пунктами на навигаторе, ему достаточно отображаемого на экране пути, чтобы повторить свой путь обратно и

большинство смарт-часов и миниатюрных GPS-брелоков не могут показывать трек во время движения. Для этого им нужен смартфон.

И, конечно же, собственноручно изготовленным устройством приятно пользоваться.

Предлагаемое устройство может пригодиться не только любителям ходить по лесу, но и всем людям, плохо ориентирующимся в незнакомых местах. При выходе из строя или разрядке смартфона могут пригодиться подобные часы, да ещё и изготовленные своими руками. Кроме того, часы имеют в составе модуль передатчика для радиуправления самодельной домашней автоматикой, воротами, шлаг-

баумами и т. д., чего в покупных часах нет.

Приёмники сигналов навигации, доступные любителю, потребляют приличный ток, создать малогабаритное и долго работающее устройство достаточно сложно.

Часы созданы для опытной эксплуатации и возможного улучшения характеристик в дальнейшем. Поэтому они собраны из готовых модулей и не отличаются небольшим размером. Но их можно собрать в течение дня, конечно, при наличии всех комплектующих. Эту конструкцию автор и предлагает попробовать изготовить читателям.

Часы постоянно принимают сигналы навигации и при движении сохраняют трек в ОЗУ и отображают его на экране. При отсутствии движения или приёма данных от спутников более пяти минут питание от GPS-приёмника отключается, и устройство засыпает на пять минут. После цикл повторяется. Это позволяет увеличить время автономной работы часов в режиме навига-

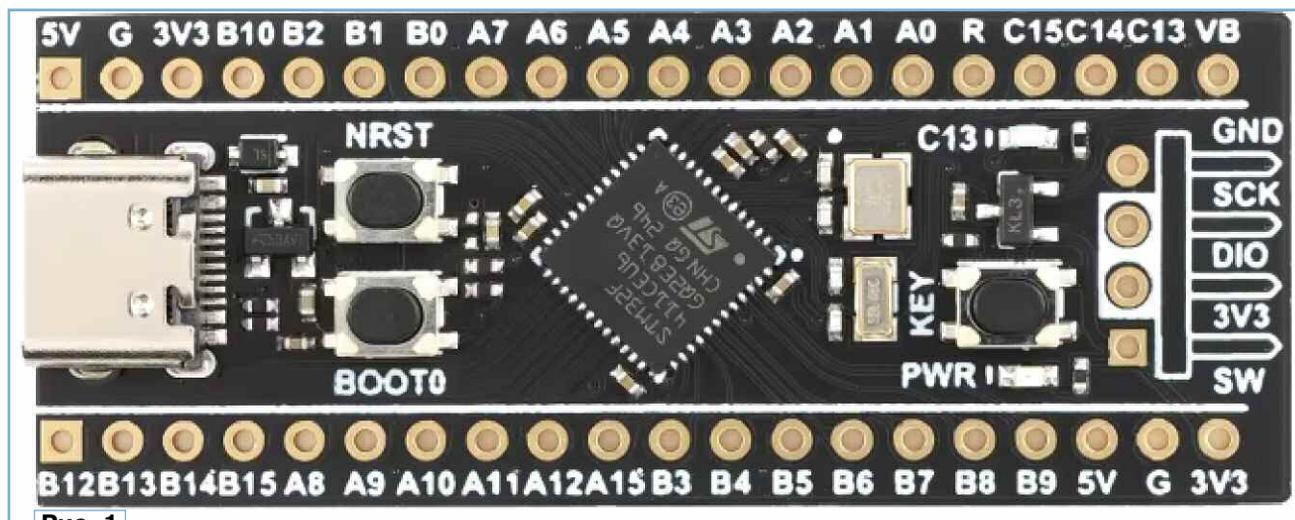


Рис. 1

выйти в начальную точку путешествия. При движении по пересечённой местности бывает недостаточно знать только направление на начальную точку. Нужно видеть и траекторию своего движения.

Несколько лет назад можно было приобрести китайские "часофоны" с полноценной операционной системой "Андроид". На них можно было установить любую программу навигации. Часы, в большинстве своём, были очень ненадёжны и имели малое время работы с включённым приёмником GPS. Кроме того, на маленьком сенсорном экране неудобно, а порой и невозможно, работать в походных условиях со сложными приложениями, предназначенными для обычного смартфона. Боль-

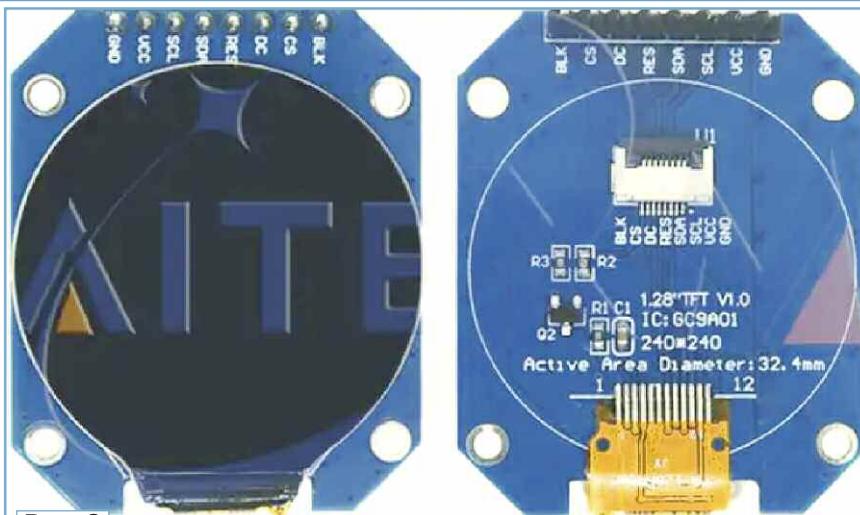


Рис. 2

ции. Но есть вероятность пропустить запись трека на несколько минут. Если это критично, нужно при начале движения "разбудить" часы нажатием на кнопку. Приёмник GPS не отключается, пока идёт движение. GPS-приёмник можно отключить принудительно — на привале, на ночь или если он временно не нужен. Тогда время работы часов увеличится до нескольких дней. Часы будут "просыпаться" только для измерения напряжения аккумулятора. Время устанавливается автоматически, после приёма

данных GPS. Дату нужно установить вручную.

У часов есть ограничение — трек и компас отображаются корректно (не зеркально) только в северном полушарии и восточнее нулевого меридиана, от 0 до 180 градусов долготы.

Для сборки часов понадобятся модуль на базе STM32F411CEU6 "чёрная пилюля" (рис. 1), дисплей на контроллере GC9A01 (240×240 пикселей) (рис. 2), модуль GPS с маркировкой "M8 Plus" (рис. 3), со встроенной керамической антенной, литиевый аккумулятор ёмкостью 450 мА·ч со встроенным модулем защиты (рис. 4) и плата передатчика радиопередачи (рис. 5), которую подключают при необходимости, силовой ремешок шириной 24 мм и несколько деталей корпуса, напечатанных на 3D-прин-

тере. Это внешний корпус, задняя крышка, две кнопки и внутренний каркас, на который крепится вся электронная начинка. Использован материал PETG.

GPS-модуль можно попробовать применить любой другой, способный передавать данные посредством USART по протоколу NMEA-0183 со скоростью 38400 бод. Модуль должен обязательно передавать строки с идентификаторами GLL, GSA, GGA, VTG.

Для этого модуля микроконтроллера не нужен программатор. Программное обеспечение можно загрузить с помощью программы STM32 Cube Programmer через USB.

Схема часов показана на рис. 6.

Зарядка аккумулятора осуществляется через разъём USB-C, установленный на плате, при включённом выключателе SA1.

Малогобаритный резистор R3 устанавливают навесным монтажом на модуле микроконтроллера, последовательно с диодом развязки питания. Этот резистор



Рис. 3



Рис. 4

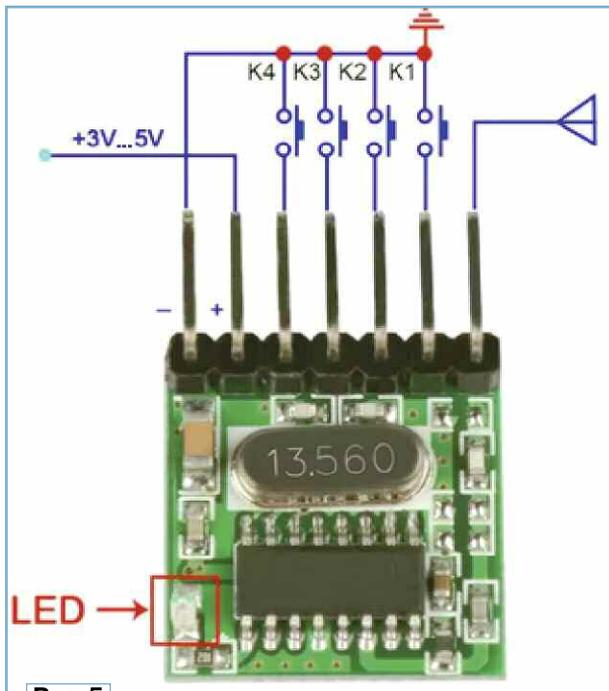


Рис. 5

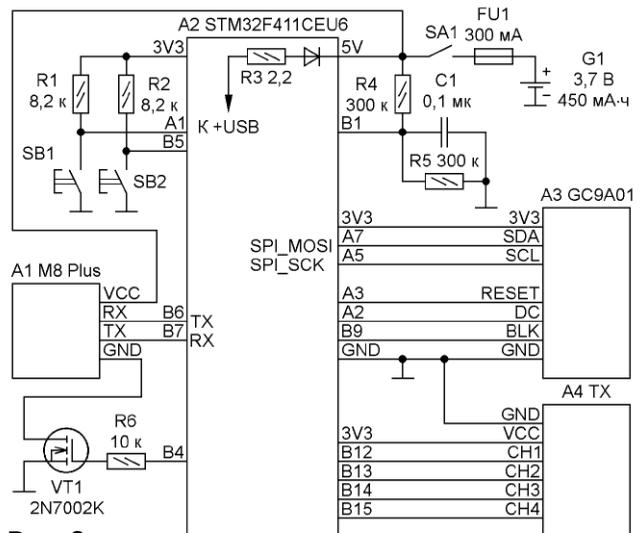


Рис. 6

никак не обозначен на модуле. Диод нужно аккуратно отпаять с помощью фена и, используя его контактные площадки, смонтировать последовательную цепь из резистора и диода.

Для уменьшения тока потребления у GPS-модуля с нижней

способный открыться при напряжении на затворе 3 В.

Собирают часы так. В каркас нужно вставить две кнопки в предназначенные отверстия и, загнув их выводы с обратной стороны, закрепить их. Можно применить термоклею. Затем

менты навесным монтажом на макетной плате. Миниатюрный выключатель SA1 применён от игрушечного вертолётa. Несмотря на свои размеры, он выдерживал работу двух двигателей игрушки — для часов он подходит с большим запасом.

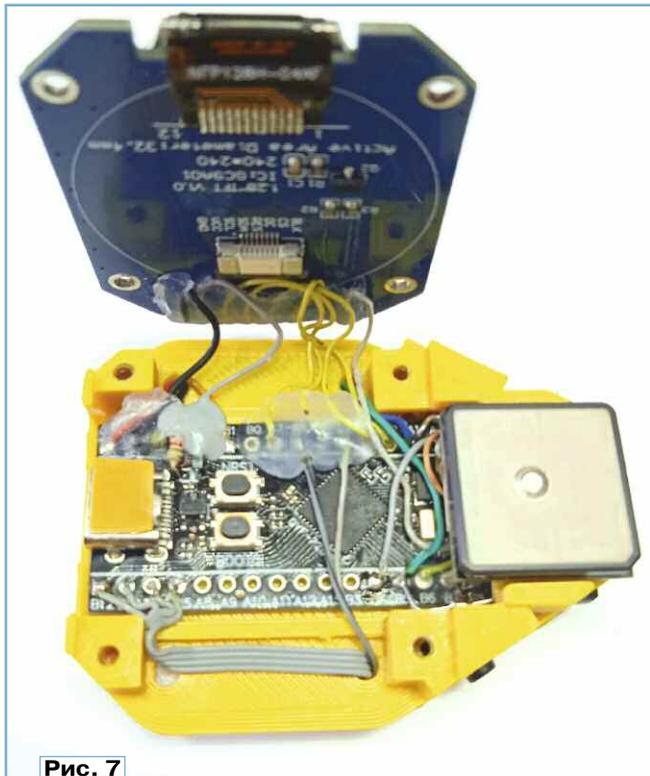


Рис. 7

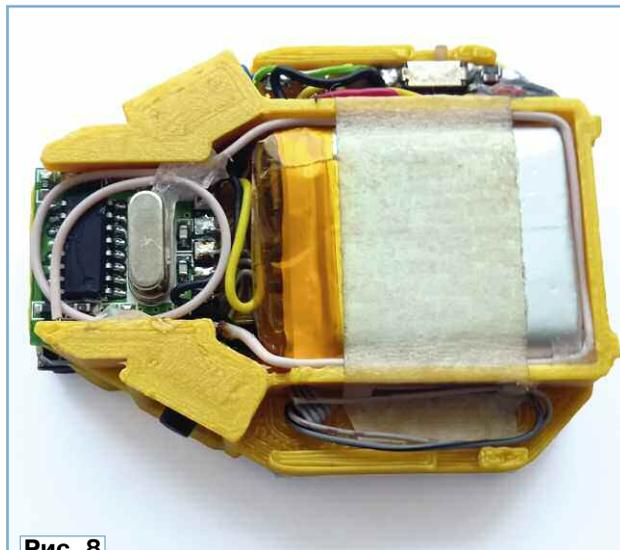


Рис. 8



Рис. 9



Рис. 10



Рис. 11

стороны можно удалить светодиоды, а у модуля микроконтроллера — светодиод индикации питания.

С платы пульта радиуправления необходимо удалить стабилизатор напряжения 3,3 В и запитать её от вывода 3,3 В микроконтроллерного модуля.

Транзистор VT1 — любой n-канальный полевой транзистор,

соединяют модули отрезками тонкого многожильного провода. Устанавливают микроконтроллерный модуль, приклеивают GPS-модуль (рис. 7 — рис. 10). Дисплей привинчивают четырьмя винтами. Для всех остальных элементов можно изготовить дополнительную миниатюрную печатную плату либо установить все эле-

Выключатель можно исключить, поскольку он применялся для контроля режимов работы устройства в процессе конструирования и для возможности полностью отключить заряженный аккумулятор.

После программирования и проверки запуска программы собранный каркас нужно вставить в корпус часов. Для точного



Рис. 12

Рис. 13

Крышку часов привинчивают четырьмя миниатюрными винтами. По возможности её лучше сделать металлической. Для герметизации крышку и корпус можно покрыть тонким слоем силиконового герметика в местах соеденения.

Внутренняя часть часов показана на рис. 11, а общий вид часов — на рис. 12, рис. 13.

Часы управляют всего двумя кнопками. Верхняя кнопка (SB1) применяется для изменения режимов работы, перехода по пунктам меню, а нижняя (SB2) — для подтверждения выбора или вызова меню.

Основных рабочих режимов четыре — "Часы", "Трек", "Датчики", "Установки" и ещё режим "Сон".

После включения питания и демонстрации экрана приветствия часы переходят на первый режим — на экране отображаются текущее время, день, статус приёма спутников и заряд аккумулятора. Для установки времени нужно дождаться приёма сигнала GPS. Часовой пояс настраивается в режиме "Установки". Часовой пояс сохраняется в энергонезависимой памяти микроконтроллера. Дату нужно установить вручную.

Координаты точек трека хранятся в оперативной памяти в кольцевом буфере. Размер буфера — 1500 точек без привязки ко времени и 1200 точек с привязкой. Сохранять информацию о времени или нет, настраивают в режиме "Установки". Путевая точка добавляется в трек, если расстояние до предыдущей точки более 30 м. Часы могут хранить в энергонезависимой памяти четыре базовые точки, направления на которые отображаются на экране

в режиме "Трек". Для отображения каждой точки задан "свой" цвет.

Второй режим — "Трек". Если зафиксировано менее двух путевых точек — на экран выводится надпись NO DATA... В противном случае чертится трек. Начальная точка обозначается чёрно-белым кружком. Конечная — красной стрелкой. Линия трека — синего цвета. Трек автоматически "поворачивается" в зависимости от направления движения. На экране отображается стрелка компаса. Внизу экрана выводится масштаб — сколько километров соответствуют диаметру экрана.

Для вызова меню трека нужно нажать на нижнюю кнопку (SB2). Там есть пункты, позволяющие масштабировать и сдвигать трек для просмотра. Пункт BACK TIME позволяет показать на трек точку красным квадратом и линией до текущей позиции, в которой вы находились заданное время назад. Время выбирается с дискретностью пять минут. Это альтернативный вариант, если забыли сохранить базовую точку.

Третий режим — "Датчики", в котором отображаются текущая координата, скорость, напряжение аккумулятора, дата и число точек в треке. Если сигнал спутников отсутствует или приёмник выключен принудительно, отображается последняя зафиксированная координата красным цветом.

Если часы находятся в режиме "Сон", нижняя кнопка (SB2) выводит меню запуска команды пульта радиопередачи. Команда передаётся в течение трёх секунд.

От редакции. Программа и файлы для изготовления корпуса на 3D-принтере находятся по адресу http://ftp.radio.ru/pub/2025/05/GPS_Watch.zip на нашем ftp-сервере.

ВОЗВРАЩАЯСЬ К НАПЕЧАТАННОМУ

ВАСИЛЬЕВ А. "Устройство защиты от перенапряжения с "жёстким" ограничением амплитуды". — "Радио", 2025, № 4, с. 22–27.

В указанной статье была представлена схема защиты от перенапряжения (рис. 5) с использованием малогабаритного реле и симистора в качестве элементов, обеспечивающих отсечку электропитания при аварий-

ном превышении напряжения, когда ограничение амплитуды достигло предельного для балластного транзистора уровня. Далее были приведены и другие схемы с использованием того же реле. Доработка автором уст-

ройства по вышеуказанной схеме, ввиду недостаточно рациональной организации питания реле в состоянии отсечки, привела к разработке устройства, которое, думается, будет полезно не только для предложенного устройства защиты, но и для других устройств релейной автоматики. Соответствующая схема, как дополнение к схеме рис. 2 в статье и замена рис. 5, приведена на рисунке.

Организация питания реле обеспечивает "ударное" включение реле, т. е. мгновенную отсечку в течение около 1 мс, исходя из паспортных данных указанного и подобных реле, и удержание его благодаря малому удержи-

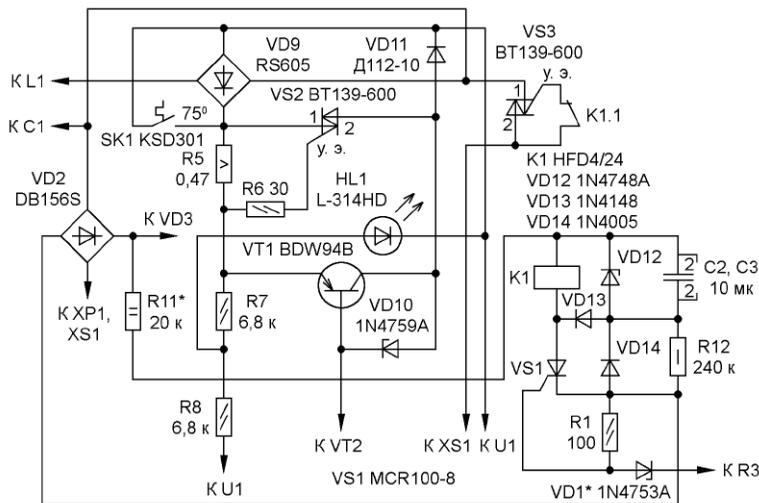
вающему току применённого тиристора, без использования замыкающих контактов для классической самоблокировки. Это позволяет использовать реле с одним переключающим контак-

реле на однополупериодное питание с увеличением суммарной ёмкости конденсаторов C2, C3 до 47 мкФ.

Ограничитель с релейной отсечкой должен обязательно

расположением её под крышкой розетки (она достаточно хорошо просвечивается) и подключением параллельно замыкающим контактам реле. Соответственно и само реле со всей обвязкой, балластным резистором и симистором лучше смонтировать на отдельной плате и разместить её под этой крышкой.

Приведённая схема показывает, что в ней можно отказаться от симистора и использовать миниатюрное реле с одним переключающим контактом на ток три и более ампер, тем более, что таковых уже великое множество. Кстати, представленная разработка была проверена автором с использованием именно такого реле, NRP-05-C-24 с катушкой сопротивлением 1280 Ом, достаточного для обычной бытовой электроники. Но, к сожалению, предложенная схема питания реле нуждается в настройке, заключающейся в подборке сопротивления балластного резистора, ввиду существенного разброса тока удержания открытого состояния тиристора. Исходя из паспортных данных указанного на схеме и других миниатюрных реле, ток удержания может быть 5 мА и менее, но для тиристора (при комнатной температуре) должен быть более 5 мА, поэтому с учётом пульсаций и возможного снижения напряжения в сети сразу после отсечки вплоть до 200 В и ниже приходится устанавливать ток удержания с запасом.



том в устройствах по предлагаемой схеме и схемам по рис. 6 и рис. 7 в статье. Однако в последних схемах, ввиду отключения вместе с балластным транзистором диодного моста VD2 (питания реле), необходимо подключить резистор R11 по схеме рис. 5 и настроить узел питания

иметь хорошо видимый индикатор отсечки. Например, при отдалении от ноутбука или компьютера с источником бесперебойного питания можно не заметить переход на питание от аккумуляторной батареи. В качестве такового можно использовать неоновую индикаторную лампу с

Ещё раз о ремонте светодиодных ламп

А. ПАНЬШИН, г. Москва

В журнале "Радио" [1] была описана замена светодиодов для поверхностного монтажа типоразмера 2835 в неисправных светодиодных лампах. В предлагаемой вниманию читателей статье описан способ ремонта светодиодных ламп мощностью 10 Вт производства КНР без замены светодиодов. Обе неисправные лампы работали до поломки более двух лет.

После отказа лампы были разобраны. Схема ламп показана на рис. 1. В каждой из них на плате установлены восемь светодиодов. Семь из них D2—D8 — с номинальным напряжением 36 В (по каталогу AliExpress.ru —

36V-30mA-1W) и один D1 — с номинальным напряжением 9 В (по каталогу AliExpress.ru — 9V-60mA-0,5W). Функцию предохранителя FR1 выполняет резистор сопротивлением 20 Ом, установленный в разрыв одного из проводов питания, соединяющих цоколь лампы X1 с разъемом на плате лампы X2, в который вставлены провода питания (рис. 2). Остальные обозначения деталей

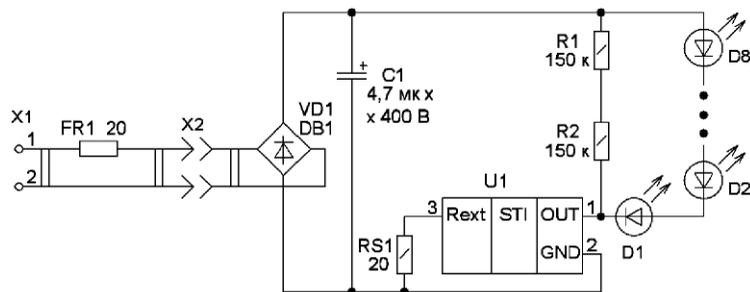


Рис. 1

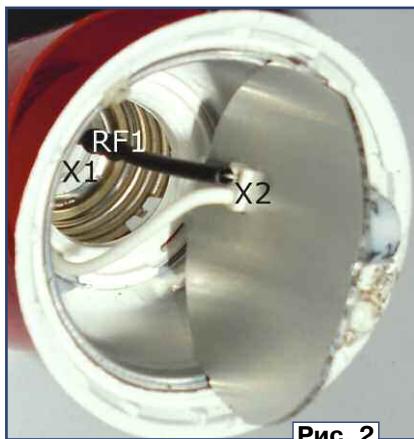


Рис. 2

приведены в соответствии с маркировкой на плате лампы. Микросхема U1 — стабилизатор тока, протекающего через светодиоды. Судя по схеме её включения и корпусу SOT89-3, это SM2082D или её аналог [2]. Подборкой резистора RS1 можно установить ток через светодиоды.

Чтобы измерить режим светодиодов с номинальным напряжением 36 В, неисправная лампа была подключена к сети 230 В. Появилось слабое свечение всех восьми светодиодов (рис. 3). Ток, протекающий через светодиоды, — 0,05 мА. Неисправным оказался светодиод D4, падение напряжения на котором было 130 В. На светодиоде D1 падение напряжения было 7,5 В, на остальных — 30,5 В. При подключении амперметра парал-

лельно светодиоду D4 ток увеличился до 30 мА, исправные светодиоды D1—D3 и D5—D8 стали ярко светиться. Неисправный светодиод D4 был удалён с платы [1], и на его место была установлена проволочная перемычка. Падение напряжения на светодиодах D2, D3 и D5—D8 стало 37,5 В, на D1 — 8,5 В. Напряжение между выводами микросхемы 1 и 2 — 75 В. Через некоторое время работы в таком режиме яркость свечения лампы заметно уменьшилась. При рассеиваемой мощности более 2 Вт микросхема U1 нагрелась до тем-

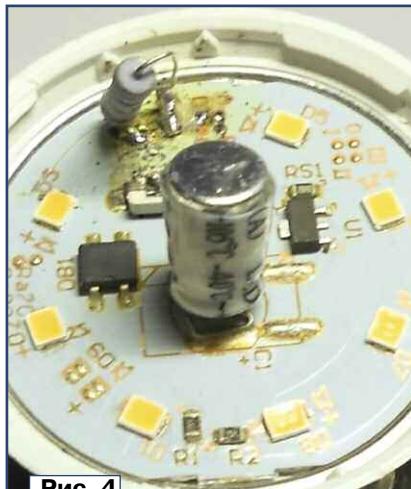


Рис. 4

пературы более 130 °С, сработала её защита от перегрева, и ток через светодиоды уменьшился.

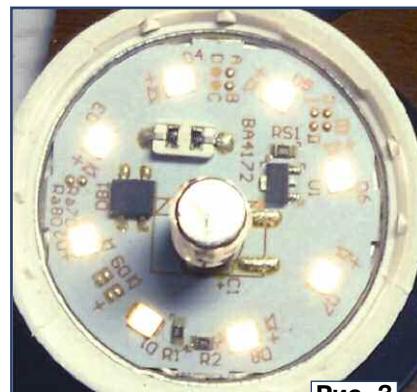


Рис. 3

Поскольку замены светодиодов с номинальным напряжением на 36 В не было, чтобы не перегружать микросхему U1 по мощности, светодиод D4 был заменён резистором сопротивлением 1 кОм мощностью 1 Вт (рис. 4). После чего напряжение между выводами 1 и 2 микросхемы U1 уменьшилось до 43 В, и яркость свечения лампы восстановилась.

Таким способом были отремонтированы две аналогичные лампы. В результате такого ремонта яркость свечения ламп должна была уменьшиться на 12 %, но визуально заметить это было затруднительно.

ЛИТЕРАТУРА

1. Панышин А. Ещё о ремонте светодиодных ламп. — Радио, 2022, № 10, с. 45.
2. Нечаев И. Высоковольтные стабилизаторы тока в низковольтных цепях. — Радио, 2022, № 1, с. 57—59.



Обоснованно предположив, что Лянидка и есть автор дневника, я попытался вновь ввести в поиск фамилии Копырин и Конырин в сочетании с именем Леонид.

Яндекс быстро выдал: Копытин Леонид Алексеевич — советский инженер, учёный-радиотехник, лауреат Сталинской премии.

Сердце трепетно забилось!!! Это было всего лишь предполо-

жение, теория, хотя интуиция и подсказывала, что я на верном пути!

Узнав из "Википедии", что Л. А. Копытин родился 22 октября 1905 г., я решил посмотреть эту дату в дневниках разных лет в надежде, что там будет упоминание празднования им дня своего рождения. К моему глубокому сожалению, из просмотренных мною страниц различных лет дневника такого упоминания не было... Уверенность начала отступать. Но тут мелькнула искра

надежды, что, возможно, между дневниками и данными "Википедии" путаница в старом и новом стилях летоисчисления, вызванная переходом в 1918 г. с юлианского на григорианский календарь. Однако и тут меня ждало разочарование — никакой информации о дне рождения.

Приблизительный возраст автора, места и направления его работы, даже описание им своих анатомических параметров при прохождении военно-врачебной комиссии (рост, вес) в сопоставлении с фотографией из "Википедии", указывали на то, что автором дневника является Копытин, но прямых доказательств этого всё ещё не было.

И тут на помощь пришёл дневник 1944—1945 гг. А именно лист, на котором было написано: "Я ведь принял дела от Асеева летом 1940 г. и, следовательно, имел один год до войны. Затем Куйбышев, 1944 ушёл на разъезды..." (фото 4).

Окончание.

Начало см. в "Радио", 2025, № 4

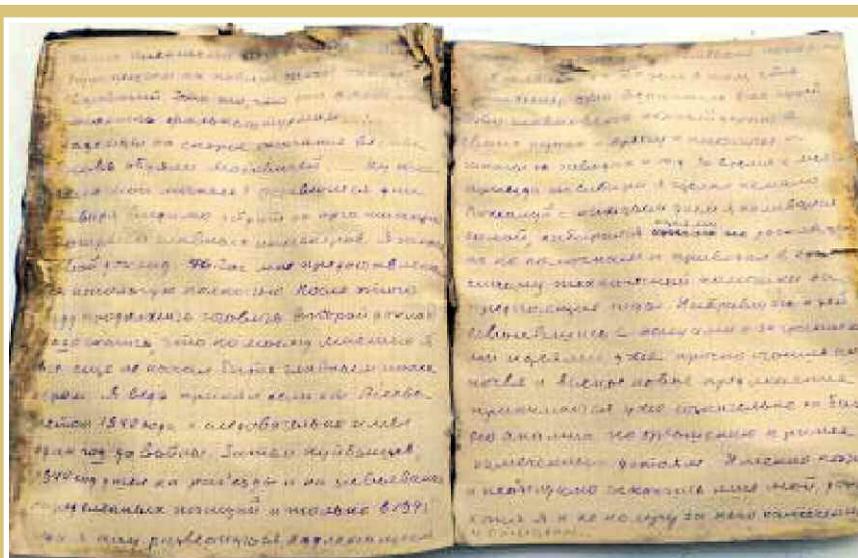


Фото 4

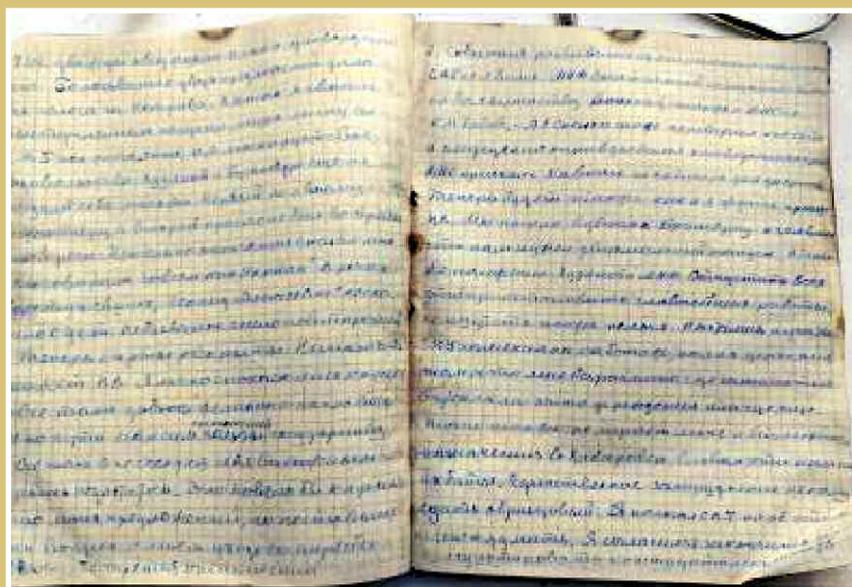


Фото 5

Это была Победа!!! Сомнений быть не могло — все эти факты полностью совпадали с биографией Леонида Алексеевича Копытина: и то, что он являлся правопреемником Б. П. Асеева на посту главного инженера ЦУРиР Наркомата Связи СССР, и что с 1942 г. по 1943 г. возглавлял строительство Объекта № 15 (радиостанции в Куйбышеве).

Через несколько страниц ещё одно "контрольное" доказательство: "В речах выступавших "Леонид Алексеевич" не сходило с уст" (фото 5).

Таким образом, автор был установлен! Промыслом Божиим спасённые от уничтожения дневники человека, стоявшего у самых истоков создания системы радиовещания и радиосвязи СССР, обрели вторую жизнь именно в

канун 100-летия этого знаменательного события. На фото 6 (https://руни.рф/Копытин, Леонид_Алексеевич) — Л. А. Копытин (справа), Нарком связи А. Д. Фортушенко (слева) и П. Н. Рыбкин.

Но для меня осталась ещё одна неразгаданная тайна. Тайна последней, крайне печальной записи Леонида Алексеевича из 1967 г.: "1967/12. Теперь через 32 года (минуло?) как я ошибся. Я не могу иметь каких-либо претензий, имею персональную пенсию 650 шт (в 50 лет) и (я) сижу дома без хлопот и без забот. Мои обращения за помощью выполняются так скоро, как это только возможно. А прошло 32 года. Это ужасно много ЛК (фото 7).

Примечание: курсивом выделено вероятное определение (расшифровка) слов.

Почерк стал крайне неразборчив, хотя автор ещё относительно молод, чтобы до такой степени возраст отразился на почерке. Мысли отрывочны. Что-то серьёзное произошло. Возможно, тяжёлая болезнь. Лист вложен в том дневника за 1935 г. Вверху арифметические расчёты в столбик: "67-35=32".

Элементарное вычисление двухзначных чисел в столбик тоже наводит на размышления о состоянии здоровья автора.

Возможно, разгадка записи кроется в событиях далёкого 1935 г., связанных со смертью друга Л. А. Копытина — московского инженера Михаила Павловича Спарягина, погибшего в 1935 г. при испытании радиостанции в Челябинске, описываемых на страницах, в которые вложен листок из 1967 г.: "В Челябинске я потерял друга. От нелепой случайности погиб Михаил Павлович Спарягин" (фото 8, фото 9). *Примечание: фото 8 заимствовано с сайта "Памятники истории и культуры Челябинской области"*



Фото 6

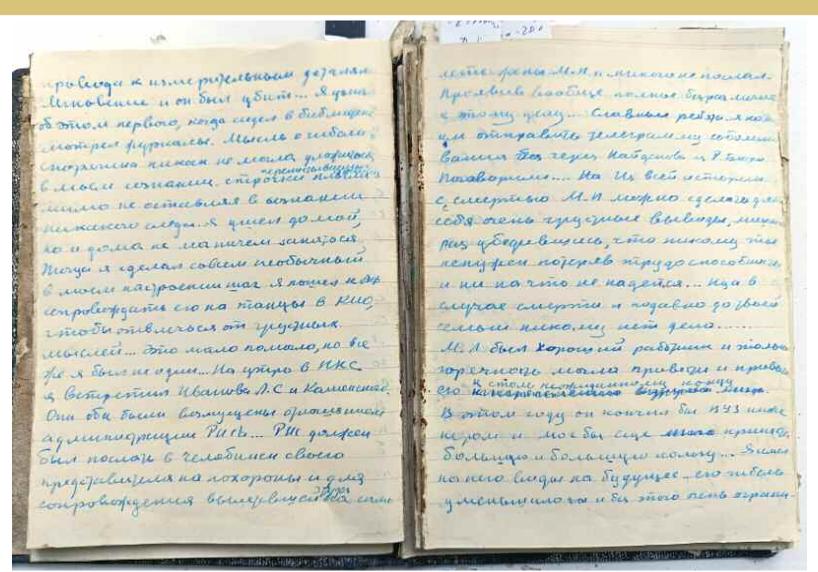


Фото 11

Примечателен тот факт, что дневники были обнаружены моим соседом по даче более 40 лет назад на мусорной площадке в Москве, проделали долгий путь до тверской глубинки, где ещё десятилетия ждали своей участи, чудом сохранившись от истления в обрушившемся сарае. И только за три недели до празднования исторического события — 100-летия начала радиовещания в СССР, у истоков которого безусловно стоял Леонид Алексеевич, дневники попали в мои руки. Этого немного времени хватило, чтобы установить и доказать авторство дневников и передать их музею в день открытия выставки. На мой взгляд, это не что иное, как высшая признательность заслуг и трудов Леонида Алексеевича Копытина Свыше!

Уверен, что дневники Леонида Алексеевича Копытина окажут неоценимую пользу научному коллективу музея и всем неравнодушным людям, увлекающимся историей отечественной радиосвязи.

В заключение статьи выражаю надежду, что её публикация поможет отыскать родственников Леонида Алексеевича, и они, спустя столетие, смогут прикоснуться к живым строкам своего предка, увидеть, насколько был богат его внутренний духовный мир, как сложен был его колоссальный инженерный и научный труд на благо горячо и беззаветно любимой Родины, узнать о его непростых судьбоносных поступках и решениях, преисполненных позиции принципиальности. А главное, они смогут в мельчайших подробностях и деталях узнать многолетнюю непростую историю зарождения и создания семьи своих предков, сокрытую под толщей минувших десятилетий.



Фото 12

130 лет радио

Е. РЫБКИНА, г. Санкт-Петербург

7 мая 1895 г. произошло событие, ставшее одним из самых значимых в истории науки и техники, — великий русский учёный Александр Степанович Попов (1859—1906) совместно со своим ассистентом Петром Николаевичем Рыбкиным (1865—1948) продемонстрировали первую в мире действующую систему радиосвязи. Демонстрация прошла в стенах Санкт-Петербургского университета и



открыла новую эпоху, навсегда изменившую научный и технический прогресс.

7 мая 2025 г. мы отмечаем круглую дату — **130-летие радио**. Важно помнить, что родины радио является Кронштадт, а изобретателем — выдающийся русский физик Александр Степанович Попов. Основы этой важнейшей отрасли беспроводных информационных технологий были заложены в Минном офицерском классе.

Предыстория и научные предпосылки

Ещё задолго до этого исторического момента А. С. Попов посвятил многие годы исследованию электромагнитных явлений и поиску способов их практического применения. Поступив на службу в Минный офицерский класс Морского ведомства в Кронштадте в 1883 г., к 1887 г. Александр Степанович сформировался как опытный педагог, высокопрофессиональный учёный-физик, электротехник и искусный экспериментатор. В этот период он детально изучил специфику эксплуатации электротехнического оборудования на кораблях и судах.

В 1887 г. в области физики произошло важное событие — немецкий физик Генрих Герц опубликовал две работы, в которых обобщил результаты своих экспериментов, подтверждающих справедливость электродинамической теории британского учёного Джеймса Максвелла. Г. Герц экспериментально доказал возможность получения искусственных электромагнитных излучений, имеющих волновую природу. Под влиянием этих открытий А. С. Попов с 1890 г. приступил к активным исследованиям возможностей практического применения электромагнитных волн для передачи сигналов.

На собрании минных и других офицеров в марте 1890 г. А. С. Попов прочёл цикл из трёх лекций, посвящённых результатам экспериментов Г. Герца на тему "Новейшие исследования о соотношении между световыми и электрическими явлениями". Уже тогда Александр Степанович выдвинул предположение о возможности осуществления связи между кораблями посредством "лучей электрической силы".

В период с 1890 г. по 1894 г. А. С. Попов провёл серию лекций с демонстрациями, последовательно совершенствуя вибратор Г. Герца и разрабатывая эффективное приёмное устройство. Одной из ключевых задач того времени была разработка приёмного устройства, способного не только регистрировать электромагнитные колебания, но

и качественно обрабатывать последовательность электромагнитных импульсов различной длительности, обеспечивая их корректное декодирование и точное восстановление содержательной информации, соответствующей исходному посланию (сигналу), доставляемому передатчиком. Исследуя различные варианты, А. С. Попов испытал резонатор Г. Герца, самостоятельно изготовленный радиометр, зеркальный гальванометр, газоразрядный прибор, стрелочный электроизмерительный прибор и когерер Бранли—Лоджа.

Создание системы радиосвязи

Важным стимулом для последующих изысканий послужила лекция английского учёного Оливера Лоджа, прочитанная им в июне 1894 г. на заседании Лондонского Королевского общества. Совместно со своим ассистентом П. Н. Рыбкиным А. С. Попов сконструировал и испытал первую в мире систему радиосвязи, состоящую из модернизированного им искрового передатчика Г. Герца и когерерного приёмника собственной конструкции. В процессе экспериментов была обнаружена способность приёмника реагировать на электромагнитные сигналы атмосферного происхождения.

7 мая 1895 г. на 151-м заседании Физического отделения Русского Физико-Химического Общества в Петербургском университете А. С. Попов и П. Н. Рыбкин продемонстрировали первую в мире систему радиосвязи, передавая и принимая электромагнитные сигналы различной длительности на расстояние без проводов. Именно этот день считается днём рождения радио.

К концу июля того же года А. С. Попов и П. Н. Рыбкин работали на основе этого приёмника первый радиотехнический прибор для метеорологии — грозоотметчик. Тем самым А. С. Попов заложил основы разработки двух типов радиотехнических систем: передачи информации в системе "человек—человек" и в метеорологической системе "природа—человек".

В августовском номере журнала Русского Физико-Химического Общества за 1895 г. был опубликован протокол 151-го заседания с описанием доклада А. С. Попова, сделанного им 7 мая 1895 г., и характеристик его приёмника. В декабре того же года в этом же журнале вышла статья А. С. Попова "Прибор для обнаружения и регистрирования электрических колебаний", где изобретатель детально описал схему и работу

своего приёмника, а также характеристики излучателей электромагнитных волн и результаты наблюдений за работой грозоотметчика. В заключительной части статьи А. С. Попов выразил надежду, что "мой прибор при дальнейшем усовершенствовании его может быть применён к передаче сигналов на расстоянии при помощи быстрых электрических колебаний, как только будет найден источник таких колебаний, обладающий достаточной энергией. Кронштадт, декабрь, 1895 г.". Эта публикация фактически оповестила мировое сообщество о создании беспроводной телеграфии. Её можно рассматривать как отчёт о проведённой научно-исследовательской работе — первой в мире научной работе по радиотехнике, содержащей полученные и публично подтверждённые практические результаты. Эта научно-исследовательская работа А. С. Попова имела огромное значение не только для отечественной, но и для мировой науки. Его достижения получили признание как в России, так и за рубежом. Под руководством А. С. Попова были созданы первые образцы радиопередающих устройств, которые быстро нашли применение на флоте и в других сферах.

Александр Степанович Попов внёс значительный вклад в распространение научных знаний. Его лекции и статьи вдохновляли молодых учёных на дальнейшие исследования. Стоит отметить, что во всех исследованиях и работах непосредственное участие принимал Пётр Николаевич Рыбкин.

Заключение

Александр Степанович Попов, будучи профессором физики, Почётным инженером-электриком и первым выборным директором Электротехнического института Императора Александра III, сыграл решающую роль в становлении радиотехники как самостоятельной научной дисциплины. Его открытия и труды значительно повлияли на развитие беспроводных средств связи и открыли новые перспективы для научных исследований.

Празднуя 7 мая 2025 г. юбилей радио, мы выражаем признательность великому русскому радиотехнику Александру Попову и его талантливому помощнику, верному соратнику и близкому другу Петру Рыбкину за их вклад в прогресс человечества. Этот знаменательный День радио будет торжественно отмечаться по всей России и далеко за её пределами.

С Юбилеем! ■

Радиоэкспедиция в Бенин



Александр БЕЗМЕНОВ (R9LM), г. Тюмень

Прошло чуть больше двух лет с того момента, как закончилась наша экспедиция в западную часть Африки. Инициатором и организатором был уже устоявшийся коллектив в составе Владимира Васильева (R9LR), Василия Суханова (RA1ZZ), Василия Пинчука (R7AL), Леонида Бережного (RW9JZ), Вячеслава Родина (OK8AU, RW8A). Подготовка к экспедиции началась задолго до моего присоединения к команде и заняла не один месяц. Сложность в подготовке была в том, что все члены команды находятся в разных уголках нашей страны — от Краснодара до Ханты-Мансийского АО, а также один член команды проживает в Чешской Республике. Было подготовлено около одной тонны оборудования, включая антенны, трансиверы, мачты, усилители и прочее необходимое оборудование. Каждый член команды отвечал за вверенное ему направление. Изначально команда состояла из 12 человек, но ближе к вылету по различным форс-мажорным обстоятельствам число участников сократилось до восьми человек. Восемь человек такую массу вывезти не могли, соответственно пришлось оперативно корректировать состав вывозимого оборудования, что-то убирать и перераспределять на оставшихся членов команды. В итоге осталось больше полутона груза — это почти 60...70 кг на

одного человека, не считая личного багажа, — не более двух килограммов личных вещей на человека. За неделю до отъезда весь негабарит был отправлен в Москву. Огромное спасибо Александру Козлову (RW5C), который встретил и складировал оборудование в тёплом складе до нашего сбора в аэропорту вылета.

13 октября вся команда, за исключением ранее вылетевших Василия (RA1ZZ) и Вячеслава (OK8AU), встретилась в аэропорту



В аэропорту Домодедово перед отлётом.



Александр Безменов (R9LM), Илья Каинов (R5AF), Леонид Бережной (RW9JZ), Василий Пинчук (R7AL), Михаил Белов (RV2H), Владимир Васильев (R9LR), Александр Козлов (RW5C) (слева направо) в аэропорту Домодедово перед отлётом.



Слева направо: Николай Толкунов (R5EC), Василий Пинчук (R7AL), Илья Каинов (R5AF), Леонид Бережной (RW9JZ).

Домодедово. Александр (RW5C) доставил основной груз, и больше половины дня мы потратили на сортировку, перераспределение и взвешивание всего оборудования и материалов для компоновки оптимальных мест багажа.

Отдельное спасибо Михаилу Белову (RV2H), который буквально перед посадкой узнал о нашем прилёте и приехал помочь нашей команде в сборах!

Передав отсортированную часть груза и пожав руку нашим московским друзьям, идём на регистрацию, вылет поздно вечером. Все прошли регистрацию нормально, кроме меня. На меня у таможенников загорается красная лампочка, приходится предъявить все документы и справки, но этого мало. Пришлось проследовать с товарищем пограничником для дополнительной проверки документов. Вся команда очень переживает! Важен каждый человек в этом сплочённом коллективе! После двадцатиминутного ожидания в "отстойнике" таможня даёт добро! Выдохнув, я забираю документы, и мы идём отметить это событие.

Так началась наша экспедиция. Следующая остановка — Эфиопия.

Девять часов полёта из Москвы до международного аэропорта Аддис-Абебы в Эфиопии (Восточная Африка). После суток скрупулёзной подготовки и долгого перелёта все серьёзно вымотались. Впереди очередная короткая пересадка, где нужно, как на эстафете, принять и передать часть груза на следующий самолёт. Два члена команды Василий (RA1ZZ) и Вячеслав (OK8AU) вылетели на сутки раньше через Стамбул и уже сделали посадку в городе Котону (Бенин), где их встретил наш русскоговорящий местный абориген Стевис.



Вячеслав Родин (OK8AU) и Василий Суханов (RA1ZZ) приземлились в Бенине и едут, нагруженные "под завязку", подыскивать место для будущей позиции.



Бенин. В аэропорту после приземления.

Пока мы заняты багажом и перелётом, ребята выехали на осмотр заранее выбранных (по карте) точек будущей позиции. Критерии просты — площадь для антенно-мачтового оборудования, комфортное размещение

самой команды, отсутствие электромагнитных помех и, самое главное, необходимо полу-



Флаг Республики Бенин.

чить согласие от администрации отеля на размещение нашего оборудования. Ребята проехали вдоль и поперёк южную часть Республики Бенин в поисках подходящей позиции. Мы же садимся в самолёт и летим к ним, а это ещё почти шесть часов полёта!

Вы спросите, почему Бенин? Да всё просто! Для радиолобителей-активаторов и охотников очень важным является фактор эксклюзивности страны (территории по списку DXCC), т. е. территория мало представлена в эфире или же оттуда никто не выходил в эфир долгое время, а также отсутствие местных радиолобителей. Но выбрать на карте редкую страну — это полдела, для её посещения ещё

нужно получить любительское разрешение (лицензию) у властей, составить маршрут, подготовить аппаратуру, добраться, а когда доберёшься, порой ещё и с риском для жизни, установить антенны и выйти в эфир. Не каж-



Вячеслав Родин (OK8AU, RW8A).



Стевис, Илья Каинов (R5AF), Николай Толкунов (R5EC), Александр Безменов (R9LM).

дый осмелится на такие путешествия, особенно в малоизвестные страны со своими правилами, традициями и устоями.

Краткая справка о стране. Бенин (до 1975 г. называвшаяся Дагомея) занимает небольшую территорию (112,6 тыс. км²), вытянутую от побережья Гвинейского залива на 700 км к северу. До 1960 г. Бенин был владением Франции, после провозглашения независимости — президентская республика, сохранившая французский язык в качестве официального. Южная часть страны — приморская низменность, где океан сформировал береговой вал из песчаных наносов рек и приливов, который закрывает от моря материковый берег, изрезанный бухтами. Климат юга Бенина — экваториальный с двумя сезонами дождей (март—июль и конец сентября—начало ноября), когда выпадает 800...1300 мм осадков. Среднемесячная температура воздуха — 24...27 °С. Побережье покрыто влажными экваториальными лесами, занимающими почти пятую часть территории страны. Население страны (около 10,8 млн человек) очень пёстрое по этническому составу (более 60 народов и народностей), наиболее многочисленны восточные эве, к которым относится народность фон — умелые земледельцы и ремесленники (гончарное ремесло, ткачество, бронзовое литьё, резьба по кости и дереву), хранители богатого фольклора. Искусные рыболовы народа гун живут у побережья в хижинах на сваях из тека, древесина которого не подвержена гниению. Две трети народов Бенина сохраняют приверженность традиционным верованиям, остальные исповедуют ислам или христианство.

Шесть часов в воздухе — и мы на месте! Ура, приземлились! Илья (R5AF), Николай (R5EC), Василий (R7AL), Александр (R9LM), Владимир (R9LR), Леонид (RW9JZ) ступили на Африканскую землю страны Бенин! Получение багажа и проход через таможенно проходят без замечаний! В аэропорту духота... Заработал местный Wi-Fi, члены команды спешат сообщить хорошие новости своим родным и близким.

Стевис уже ждёт нас на парковке рядом с аэропортом. Берём тележки и поехали на выход. На улице +34 °С, духота! Что сразу бросилось при выходе, так это нарядные, в ярких одеждах, улыбочивые и приветливые местные жители! Чтобы вывезти нас и багаж, понадобились три машины, две легковые и одна с кузовом.

Василий (RA1ZZ) и Вячеслав (OK8AU) нашли отличное месторасположение для позиции — отель, южная часть которого находилась на берегу Атлантического океана, а вторая часть — 500 м

севернее. Им удалось договориться с администрацией отеля о размещении нашей команды, аппаратуры и антенн на их территории. За сутки ребята установили несколько антенн, запустили аппаратуру и вышли в эфир!

По прилёту первым делом нам нужно оформить местные сим-карты и запастись провиантом, поменять доллары на местную африканскую валюту.

(Продолжение следует)

**РАДИОСТАНЦИЯ
КОРТОКОВОЛНОВАЯ "КАРТА-3"**
НА ЭКСПЛУАТАЦИЮ ТРЕБУЕТСЯ ЛИЦЕНЗИЯ

- Диапазон частот от 1,7 МГц до 7,3 МГц
- Три фиксированных канала
- Выходная мощность 5 Вт
- Время работы до 72 часов

РАДИОСТАНЦИИ "КАРТА-3" ЭТО ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕСПОДСТРОЕЧНОЙ СИМПЛЕКСНОЙ РАДИОСВЯЗИ НА РАССТОЯНИИ ДО 150-200 КМ В ДНЕВНОЕ ВРЕМЯ В ПОЛЕВЫХ ИЛИ СТАЦИОНАРНЫХ УСЛОВИЯХ.

+ 7 (495) 775-43-19, hfpager@radial.ru



"Старый Новый год 2025" — итоги

В этих соревнованиях, по сравнению с другими, проводимыми редакцией совместно с Союзом радиолюбителей России, обычно принимают участие очень много спортсменов. В этом году в соревнованиях "Старый Новый год" участвовали около 600 радиолюбителей, приблизительно столько же, как и в прошлом году.

шлогодних соревнованиях он занял второе место в этой группе. Вторым здесь был Александр Кузнецов (RW3RN) из г. Тамбова. На третье место вышел Николай Орехов (RL4A) из с. Ольховки Волгоградской обл. В прошлогодних соревнованиях он был победителем в этой группе.

В группе участников SINGLE-OP HIGH CW лучшим стал Питер

Супрунов (UR7MZ) из г. Вахрушево, ЛНР.

В группе SINGLE-OP HIGH SSB на первое место, как и в прошлогодних соревнованиях, вышел Сергей Чеботарев (RW1F) из г. Санкт-Петербурга. Сергей Миронов (RZ3B) из г. Москвы занял второе место. На третьем месте — Павел Мальцев (RA3OA) из г. Воронежа. В прошлогодних соревнованиях он занял второе место в этой группе.

Душан Чеха (Dusan Ceha, YT8A) из г. Белграда, Сербия, был лучшим в группе SINGLE-OP LOW SSB. Роман Ламонов (R5RC) из г. Мичуринска Тамбовской обл. — на втором месте. Третьим в этой группе, как и в прошлом году,



В группе SINGLE-OP LOW MIXED первое место занял Сергей Сергеев (R7MM).



Душан Чеха (Dusan Ceha, YT8A) был лучшим в группе SINGLE-OP LOW SSB.

Павел Нетиков (RA6CA) из ст-цы Крыловской Краснодарского края занял первое место в самой серьезной группе соревнующихся — SINGLE-OP HIGH MIXED. На втором месте в этой группе — Виктор Кондратьев (UA6CC) из ст-цы Старовеличковской Краснодарского края. В прошлогодних соревнованиях он занял третье место в этой группе. На третьем месте — Евгений Кулешов (OG7F) из г. Лаппеенранты (Lappeenranta), Финляндия.

В группе SINGLE-OP LOW MIXED первое место занял Сергей Сергеев (R7MM) из г. Таганрога Ростовской обл. В про-

Шпацил (Petr Spacil, OL8R) из п. Ржитка (Ritka), Чешская Республика. В прошлогодних соревнованиях он был вторым в этой группе. Юрий Куриный (RG9A) из г. Челябинска занял второе место. На третье место в этой группе вышел Владимир Штин (EU8U) из г. Гомеля, Беларусь.

Николай Корнев (RA3AN) из г. Москвы, как и в прошлом году, показал лучший результат в группе SINGLE-OP LOW CW. На второе место в этой группе вышел Сергей Рожков (UA3RBR) из д. Красенькой Тамбовской обл. Третье место занял Владимир

оказался Александр Серженюк (R5EO) из г. Ливны Орловской обл.

В группе SINGLE-OP HIGH OVER-100, как и в прошлом году, победил Виктор Кондратьев (UA6CC) из ст-цы Старовеличковской Краснодарского края. На второе место вышел Евгений Кулешов (OG7F) из г. Лаппеенранты (Lappeenranta), Финляндия. В прошлогодних соревнованиях он занял третье место в этой группе. Третье место занял Юрий Куриный (RG9A) из г. Челябинска.

В группе SINGLE-OP LOW OVER-100 победу одержал Николай Корнев (RA3AN) из

Антенны УТ8А.



QSL Евгения Пашина.

Лучшим среди наблюдателей в этом году оказался Евгений Пашинин (R3T-100).

г. Москвы. Второе место здесь занял Сергей Сергеев (R7MM) из г. Таганрога Ростовской обл. На третьем месте — Николай Орехов (RL4A), с. Каменный Брод Волгоградской обл. В соревнованиях прошлого года он был победителем в этой группе.

В группе MULTI-OP HIGH первое место, как и в предыдущие восемь лет(!), заняла команда UA4M из г. Дмитровграда Ульяновской обл., в которой принимали участие Владимир Рябов (RA4LW), Андрей Маркелов (RL4R), Искандер Кадыров (RU4PU) и Константин Магда (UA4LDP). На

второе место, как и в прошлом году, вышла команда коллективной радиостанции UA4S из г. Волжска, Республика Марий Эл. В неё входили Вадим Мухаметзянов, Алексей Романов, Виктор Загайнов и Виктор Василенко. На третьем месте в этой группе — радиостанция ради и о т е х н и к у м а RA9A из г. Челябинска в составе



To: RU3KG Confirming SWL reception of SSB QSO
Date: September 13, 2024 Time: 10:58 UTC
Band: 20M UR Slqs: 59
YOU WKD RA9FEU/M. PSE QSL.TU 73! EVGENY #11 RSWLC

RUSSIA

region Nizhny Novgorod

Arzamas
RDA NN-09**R3T-100**LO15wk
ITU 29
CQ 16

To radio : _____ via _____

Date Day Month Year	Time UTC	Band MHz	Report RST	Mode 2-Way	I confirm you QSO with

PSE YOUR QSL ,73! Evgeny

SINGLE-OP HIGH MIXED

1	RA6CA	707	74851	676	71529
2	UA6CC	662	69934	654	69344
3	OG7F	636	66993	632	66823
4	R9MM	614	64980	580	61312
5	UP0L	598	64315	562	60475
6	UA9CDC	579	61023	572	60264
7	RV3FF	568	59432	563	58817
8	RD0A	558	58238	545	57023
9	RK3TT	480	50694	477	50342
10	UA1ANA	471	49501	462	48661

SINGLE-OP LOW MIXED

1	R7MM	473	51152	470	50810
2	RW3RN	473	49798	464	48821
3	RL4A	455	48549	443	47216
4	RU9AC	394	41688	387	40854
5	RM2T	394	41311	388	40653
6	UF5A	380	39827	370	38745
7	R4KO	377	39215	365	38117
8	RK4FM	359	37976	352	37209
9	RA9SF	365	38103	354	36848
10	UA9CTT	346	36909	337	36198

SINGLE-OP HIGH CW

1	OL8R	643	69303	617	66905
2	RG9A	623	68133	606	66383
3	EU8U	585	64085	577	63430
4	UW1M	585	62764	566	61130
5	R3EG	530	58144	525	58054
6	UA4C	535	58018	524	56777
7	OK1DOL	512	55401	500	54541
8	R3EC	511	55519	502	54479
9	RK9AX	504	54576	492	53541
10	RT4M	507	54417	495	53260

SINGLE-OP LOW CW

1	RA3AN	510	54872	474	51436
2	UA3RBR	439	47661	433	47125
3	UR7MZ	422	46368	413	45569
4	9A1AA	410	45115	406	44808
5	RC9A	425	45757	407	44143
6	R3QA	409	44633	400	43932
7	RA9DZ	401	44327	393	43573
8	UA3MIF	374	42327	369	41835
9	RA9AP	392	42612	384	41813

10	RX3Q	376	40822	371	40314
----	------	-----	-------	-----	-------

SINGLE-OP HIGH SSB

1	RW1F	530	52615	486	48753
2	RZ3B	490	49246	482	48659
3	RA3OA	440	43686	427	42452
4	UI5R	411	40718	399	39589
5	R3RZ	408	40077	398	39195
6	R9HW	391	38548	385	38346
7	RC5Z	378	37821	375	37520
8	RA3RA	368	36723	362	36273
9	RM4HZ	369	36996	362	36148
10	RD5R	357	35883	351	35577

SINGLE-OP LOW SSB

1	YT8A	378	37685	368	36850
2	R5RC	362	35738	354	35094
3	R5EO	312	31205	309	30901
4	R9HAV	307	30987	300	30342
5	R3DCB	307	30002	300	29623
6	RK3E	302	30055	297	29504
7	R1CAM	300	29672	294	29225
8	R3DCX	301	29503	294	28915
9	R9RA	299	29714	288	28815
10	R6BH	290	28773	277	27615

SINGLE-OP HIGH OVER-100

1	UA6CC	662	69934	654	69344
2	OG7F	636	66993	632	66823
3	RG9A	623	68133	606	66383
4	EU8U	585	64085	577	63430
5	R9MM	614	64980	580	61312
6	UP0L	585	62764	566	61130
7	UW1M	598	64315	562	60475
8	UA9CDC	579	61023	572	60264
9	RV3FF	568	59432	563	58817
10	RD0A	558	58238	545	57023

SINGLE-OP LOW OVER-100

1	RA3AN	510	54872	474	51436
2	R7MM	473	51152	470	50810
3	RL4A	455	48549	443	47216
4	UA3RBR	439	47661	433	47125
5	UR7MZ	422	46368	413	45569
6	9A1AA	410	45115	406	44808
7	R3QA	409	44633	400	43932

8	RA9DZ	401	44327	393	43573
9	RA9AP	392	42612	384	41813
10	RU9AC	394	41688	387	40854

MULTI-OP HIGH

1	UA4M	1193	124200	1149	120253
2	UA4S	1129	118721	1088	114992
3	RA9A	672	70285	645	67595
4	UC4L	526	54910	501	52733
5	UA0D	511	53394	490	51537
6	RC9J	460	49281	453	48688
7	ROAK	380	40406	375	40075
8	RO9T	282	28055	260	26095
9	LZ2NG	221	23493	203	21670
10	UG5R	206	19764	194	19259

MULTI-OP LOW

1	RK4W	502	52140	473	49510
2	RZ4W	453	47480	439	46001
3	RF9C	282	29818	276	29169
4	RL9M	289	29223	281	28245
5	RZ5Z	220	21842	216	21484
6	UR6GZL	181	17863	177	17563
7	UG8F	157	16239	153	15929
8	RK4CYW	153	15438	142	14336
9	RA8T	145	14547	134	13402
10	UB3T	130	12481	117	11435

MULTI-OP JUNIOR

1	RK4W	502	52140	473	49510
2	ROAK	380	40406	375	40075
3	RO9T	282	28055	260	26095
4	RZ5Z	220	21842	216	21484
5	UG5R	206	19764	194	19259
6	UR6GZL	181	17863	177	17563
7	UB3T	130	12481	117	11435
8	RK9CYA	127	12413	116	11275
9	RZ3DZI	74	7440	71	7068
10	R3EDV	72	7065	68	6780

SWL

1	R3T-100	556	58459	520	54899
2	RA3XEV/SWL	331	34274	317	32802
3	R3D-204	166	18818	162	18291
4	UA3-168-493	187	19216	166	17186
5	R9MCA/SWL	83	8610	61	6374

Александра Коннова, Руслана Веричева и Олега Черникова.

Как и в предыдущие девять лет(!), первое место в группе MULTI-OP LOW заняла команда коллективной радиостанции RK4W ДД(Ю)Т из г. Ижевска. А всего с 2013 г. в этих соревнованиях команда одержала уже 12(!) побед. В неё входили Сергей Коробко (R4WBF), Матвей Лялин (R4WAX) и Арина Лямина. На втором месте в этой группе — команда RZ4W OOO "Радио" из г. Ижевска, за которую выступали Алексей Галичанин и Владимир Кузнецов. На третьем месте — команда RF9C радиоклуба Уральского федерального университета из г. Екатеринбурга.

Первое место в группе MULTI-OP JUNIOR заняла команда коллективной радиостанции RK4W ДД(Ю)Т из г. Ижевска. В неё входили Сергей Коробко (R4WBF),

Матвей Лялин (R4WAX) и Арина Лямина. Второе место в этой группе заняла команда ROAK МБУ ДО "Центр творчества и развития "Планета талантов" из г. Ачинска Красноярского края, за которую выступали Фёдор Брызгин, Надежда Новикова и Алексей Клундук. На третьем месте — команда RO9T радиостанции школы № 54 из г. Орска Оренбургской обл. В этих соревнованиях в составе команды принимали участие Даниил Ткаченко, Игорь Епишин, Альбина Абдулова и Тимур Туралинов.

Лучшим среди наблюдателей (SWL) в этом году оказался Евгений Пашанов (R3T-100) из г. Арзамаса Нижегородской обл. На втором месте — Борис Иванов (RA3XEV/SWL) из г. Обнинска Калужской обл. В прошлом году он был победителем в этой группе. На третьем месте — Юрий Са-

пожников (R3D-204) из г. Дмитрова Московской обл., в прошлогодних соревнованиях он занял второе место в этой группе.

Спортсмены, занявшие второе и третье места в группах, будут отмечены контест-дипломами редакции журнала "Радио", а победители (первые места по группам) получат памятные медали (радиостанции с одним оператором) или плакетки (радиостанции с несколькими операторами). Результаты, показанные лидерами в этих соревнованиях, приведены в **таблице**: место, позывной, заявленное число связей, заявленный результат, подтверждённое число связей, итоговый результат. Эти же данные для всех участников размещены по адресу http://www.radio.ru/cq/contest/result/ony_2025_tab_site.pdf на сайте журнала.

Пульт-игрушка на основе неисправного ПДУ

А. ШУМИЛОВ, г. Архангельск

Недавно родственники пожаловались, что малыш в возрасте 11 месяцев активно заинтересовался пультами дистанционного управления (ПДУ) как игрушками и буквально "объявил на них охоту". Любопытному ребёнку очень понравилось загорание крас-

ного светодиода при нажатии на кнопки одного из ПДУ. Пришлось срочно убирать все ПДУ в квартире на высоту более одного метра во избежание их "захвата" и поломки при возможном случайном падении.

Так возникла срочная необходимость сделать подобный ПДУ

в виде "игрушки-мигалки-загоралки".

В качестве корпуса такой игрушки был использован нерабочий и не подлежащий ремонту ПДУ (с маркировкой RC-N1A) с питанием от двух элементов типоразмера AA с общим напряжением 3 В. Отличительная особенность этого ПДУ — сдвижная нижняя часть лицевой панели.

Устройство, схема которого показана на рис. 1, работает так. При нажатии на кнопки SB1—SB7 их нормально разомкнутые контакты замыкаются и загораются соответствующие светодиоды HL2—HL8. После отпускания этих кнопок указанные светодиоды гаснут. При нажатии на кнопку SB8 напряжение питания положительной полярности поступает на затвор полевого транзистора VT3. Транзистор VT3 открывается, и на левую по схеме часть устройства через токоограничивающий резистор R3 подаётся напряжение от минусовой линии питания. Включается мультивибратор на транзисторах VT1 и VT2. Загораются и мигают светодиоды HL1 и HL9. При отпускании кнопки SB8 её контакты размыкаются, транзистор VT3 закрывается, мультивибратор выключается.

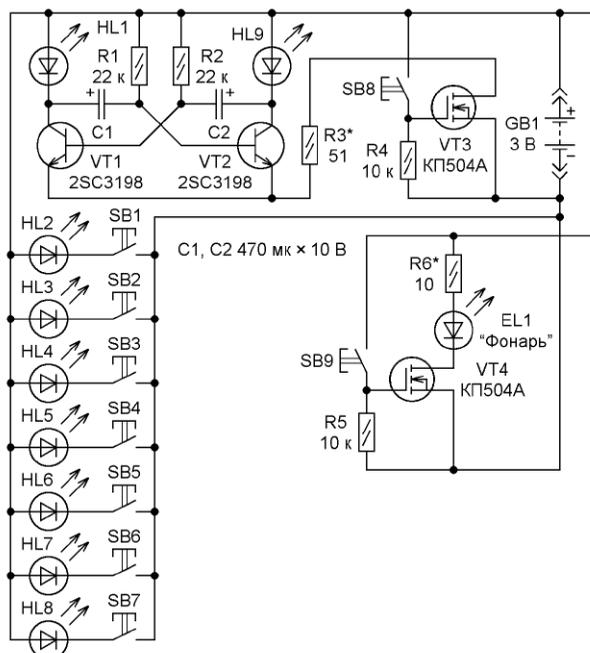


Рис. 1



Рис. 2



Рис. 3



Рис. 4



Рис. 5



Рис. 6

В устройстве реализована функция "Фонарь". Для включения фонаря следует нажать на кнопку SB9, в результате чего открывается полевой транзистор VT4 и загорается сверхъяркий светодиод EL1, расположенный на месте бывшего ИК-диода ПДУ. При отпуске кнопки SB9 полевой транзистор VT4 закрывается, светодиод EL1 гаснет.

В устройстве на месте VT1 и VT2 можно использовать любые маломощные кремниевые транзисторы структуры n-p-n с максимально допустимым напряжением коллектор—эмиттер не менее 10 В и максимальным током коллектора не менее 50 мА, в том числе транзисторы для поверхностного монтажа. Например, если есть достаточно

свободного места на плате, в устройстве можно применить транзисторы 2SC1815, C945 и им подобные, а также отечественные транзисторы серии КТ315. В случае применения транзисторов C945 (особенно бывших в употреблении) следует иметь в виду, что они могут иметь разную цоколёвку — вывод базы может быть и средним, и крайним правым.

Вместо транзисторов КП504А (VT3 и VT4) можно использовать любые малогабаритные *n*-канальные полевые с изолированным затвором транзисторы с максимальным допустимым напряжением затвор—исток не менее 10 В, минимальным напряжением открывания 2...2,5 В, максимальным током стока не менее 100 мА, желательно с минимальным сопротивлением канала в открытом состоянии. Можно использовать любые из серий КП501—КП505 или аналогичные импортные, в том числе транзисторы для поверхностного монтажа, например АОЗ400А.

Ёмкость конденсаторов С1 и С2 может быть 220...680 мкФ, сопротивление резистора R3 — 51...100 Ом, сопротивление резистора R6 — 0...22 Ом. Сопротивление токоограничивающего резистора R3 выбирают исходя из наиболее стабильной работы мультивибратора. Сопротивление токоограничивающего резистора R6 выбирают исходя из оптимальной яркости свечения используемого сверхъяркого светодиода EL1 и с таким расчётом, чтобы ток через этот светодиод не превысил 10 мА. Светодиоды HL1—HL9 — разного цвета свечения на напряжение 1,5...3,5 В, желательно малогабаритные. При использовании отечественных светодиодов из серии АЛ307 и использовании на месте SB1—SB7 обычных тактовых кнопок с самовозвратом и "нулевым" сопротивлением замкнутых контактов следует последовательно со светодиодами HL2—HL8 поставить токоограничивающие резисторы, подобрав их сопротивление по вышеуказанному критерию. Постоянные резисторы — МЛТ-0,125 или аналогичные импортные, в том числе для поверхностного монтажа.

В данном случае, поскольку контакты кнопок ПДУ обладают определённым сопротивлением

(от 100 до 800 Ом), токоограничивающие резисторы последовательно со светодиодами HL2—HL8 не устанавливались. Вместо светодиодов HL2—HL4 установлен трёхцветный светодиод с общим анодом.

Если в используемом корпусе имеется дополнительное место, то для большего разнообразия мигалки можно поставить ещё один аналогичный мультивибратор со светодиодами параллельно используемому (после резистора R3 — см. рис. 1 в [1]).

Если имеется бывший в употреблении литиевый аккумулятор с номинальным напряжением 3,6...3,7 В, например от сотового телефона, который можно расположить в батарейном отсеке ПДУ, то следует воспользоваться такой возможностью. Зарядку такого встроенного аккумулятора можно осуществить, если на боковую стенку ПДУ или в батарейный отсек вывести гнездо USB для подключения стандартного сетевого зарядного устройства с выходным напряжением 5 В и током более 500 мА. Для оптимизации зарядного тока можно воспользоваться схемным решением из [2]. Для ограничения максимального зарядного тока в случае глубокой разрядки такого аккумулятора желательно в разрыв провода, идущего к аноду диода VD2 (см. в [2], рис. 5—рис. 7), установить токоограничивающий резистор сопротивлением 6,8...10 Ом мощностью 0,5 Вт. В случае установки такого аккумулятора с номинальным напряжением 3,6...3,7 В последовательно со светодиодами HL2—HL8 следует обязательно поставить токоограничивающие резисторы, подобрав их сопротивление по вышеуказанному критерию (с учётом имеющегося сопротивления контактов кнопок SB1—SB7), а также несколько увеличить сопротивление токоограничивающего резистора R6.

Печатная плата устройства, ввиду простоты используемой схемы, не разрабатывалась. Использовалась печатная плата переделываемого ПДУ. На плате по максимуму использовались нужные печатные проводники, скальпелем перерезались ненужные, сверлились отверстия под дополнительные радиодетали, ставились перемычки тонким многожильным

проводом МГТФ. В качестве кнопок SB1—SB9 желательно использовать такие, чтобы к ним удобно подходили нужные печатные проводники. В вышеуказанной модели переделанного ПДУ в качестве кнопок SB1—SB7 использованы кнопки с номерами 1, 2, 3 и четыре цветные кнопки. В качестве кнопки SB8 использована кнопка с номером "ноль", а в качестве SB9 — красная кнопка включения пульта.

Немного про установку светодиодов. Сначала был поиск свободных мест на плате, чтобы они сочетались со свободными местами на лицевой панели корпуса и не затрагивали нужные используемые печатные проводники. Далее с помощью микродрели с малым стоматологическим бором очищался участок платы площадью не менее 5×5 мм от контактов кнопок и (или) ненужных печатных проводников. Сама ненужная кнопка, вместо которой устанавливался светодиод, вырезалась скальпелем с таким расчётом, чтобы вместо кнопки на лицевую панель выступал светодиод. Сверлились отверстия под выводы светодиодов, чуть больше диаметра самих выводов. Светодиоды ещё на стадии монтажа сразу ставились "качающиеся". Для этого вставлялись в плату их выводы и разводились в разные стороны, но на расстоянии 1...2 мм от поверхности платы. Эти выводы светодиодов соединялись с другими выводами и с печатными проводниками платы тонкими многожильными проводами МГТФ (не внатяг) с таким расчётом, чтобы ребёнок при прикосновении к этим светодиодам и раскачивании не смог нарушить их работу.

Устройство в сборе показано на рис. 2 и рис. 3. Работа устройства продемонстрирована на рис. 4, рис. 5 и рис. 6.

Итог работы — исправные ПДУ спасены, родители счастливы, малыш доволен!

ЛИТЕРАТУРА

1. Шумилов А. Вариант светодиодной мигалки. — Радио, 2021, № 11, с. 60, 61.
2. Шумилов А. Вторая "жизнь" "мышки". — Радио, 2024, № 2, с. 36—38.

Многочастотный генератор импульсов

В. РУБАШКА, г. Лисичанск, ЛНР

Последние годы макетирование и налаживание цифровых и комбинированных устройств я провожу на беспаячных макетных платах. Поэтому, по мере необходимости, изготавливаю для этих плат миниатюрных "помощников". Места много они не занимают, всегда под рукой. Один из них — генератор прямоугольных сигналов, который формирует 17 фиксированных частот. Максимальная частота — 32768 Гц, а каждая следующая — в два раза меньше предыдущей. Минимальная частота — 0,5 Гц. Выход сигнала частотой 32768 Гц имеет меньшую амплитуду по сравнению с другими выходами, но её хватает для работы счётчиков.

Схема генератора показана на рис. 1. Задающий генератор с кварцевой стабилизацией частоты собран на транзисторе VT1. Кварцевый резонатор — часовой на частоту 32768 Гц в металлическом корпусе диаметром 3 мм. Транзистор должен быть с большим коэффициентом передачи тока $h_{21э} > 500$, поэтому применён транзистор BC547C. Можно применить транзистор 2SC945 или KT3102E с большим $h_{21э}$. Делители частоты выполнены на двух микросхемах DD1 и DD2 — счётчиках K561IE10. Допустимый аналог для замены —

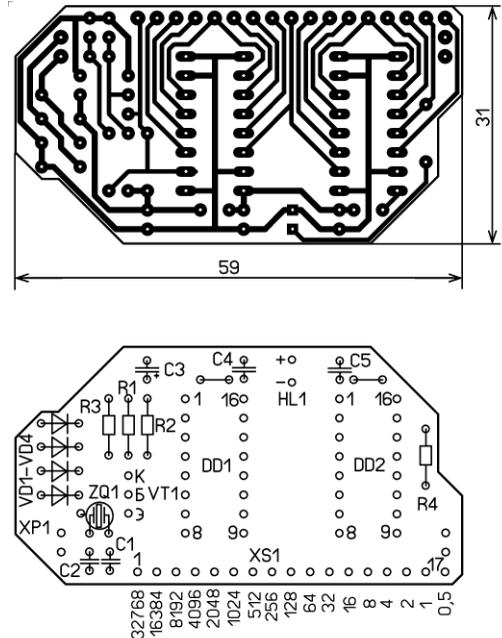


Рис. 2

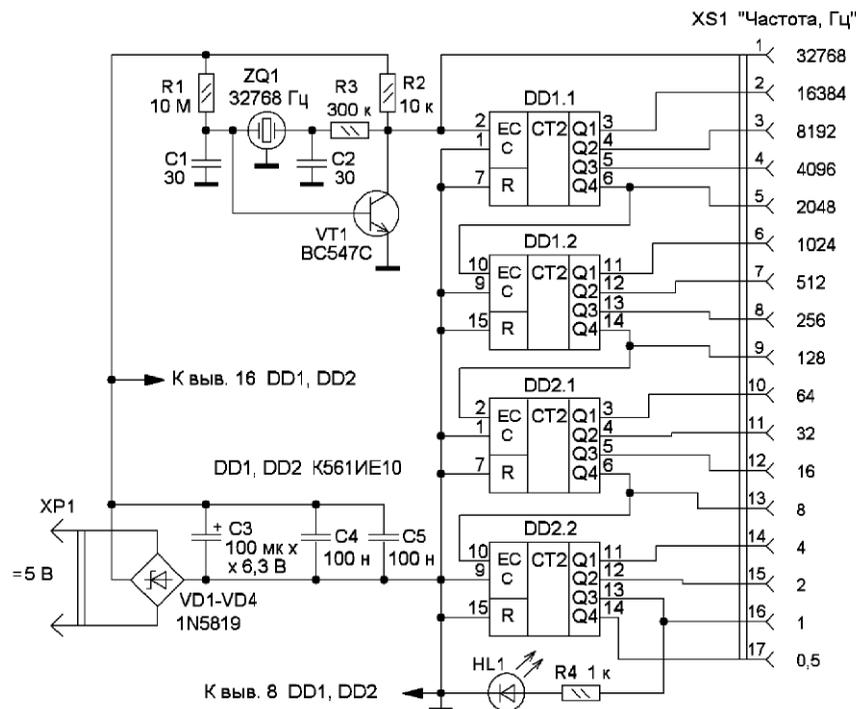


Рис. 1

микросхема MC14520. Микросхемы установлены в панели, но это не обязательно. Светодиод может быть любого цвета свечения, он подключён к выводу "1 Гц". Поэтому он вспыхивает раз в секунду и является индикатором работы генератора.

Плата изготовлена из одностороннего фольгированного стеклотекстолита толщиной 1...1,5 мм. Чертеж платы и схема размещения на ней элементов показаны на рис. 2. На плате есть две проволочные перемычки, которые устанавливаются со стороны деталей. Внешний вид смонтированной платы показан на рис. 3. Резисторы могут быть любого типа, например МЛТ или С2-23 мощностью 0,25 Вт или 0,125 Вт. Оксидный конденсатор — К50-35 или аналогичный импортного производства. Остальные конденсаторы — керамические серии К10-17 или аналогичные. Диодный мост VD1—VD4 необходим для

подачи правильной полярности питания при подключении генератора к макетной плате с любой стороны. В нём применены диоды Шоттки серии 1N581x или аналогичные, они необходимы для минимизации падения напряжения на диодном мосте.

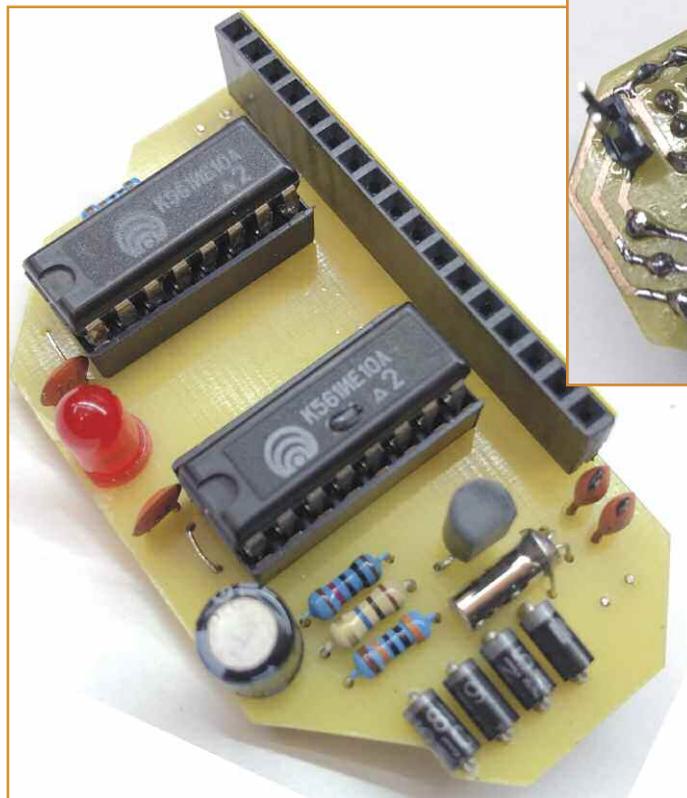


Рис. 3

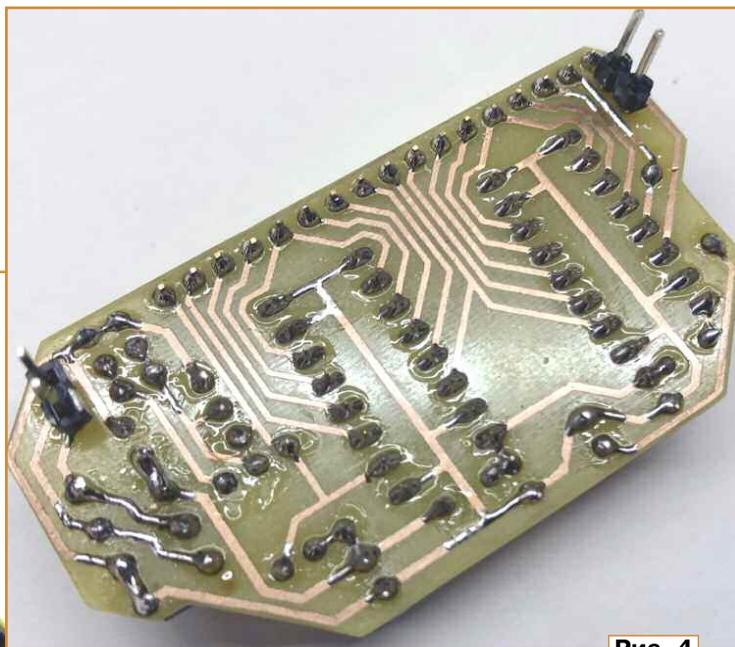


Рис. 4

Корпус кварцевого резонатора соединён с общим проводом. Штыревой разъём питания XP1 серии PLS припаян со стороны печатных проводников (рис. 4). На противоположной стороне платы установлен точно такой же разъём (на схеме не показан). Эти два разъёма предназначены для фиксации платы генератора на беспаячной макетной плате (рис. 5). Чтобы они лучше держались на плате генератора,

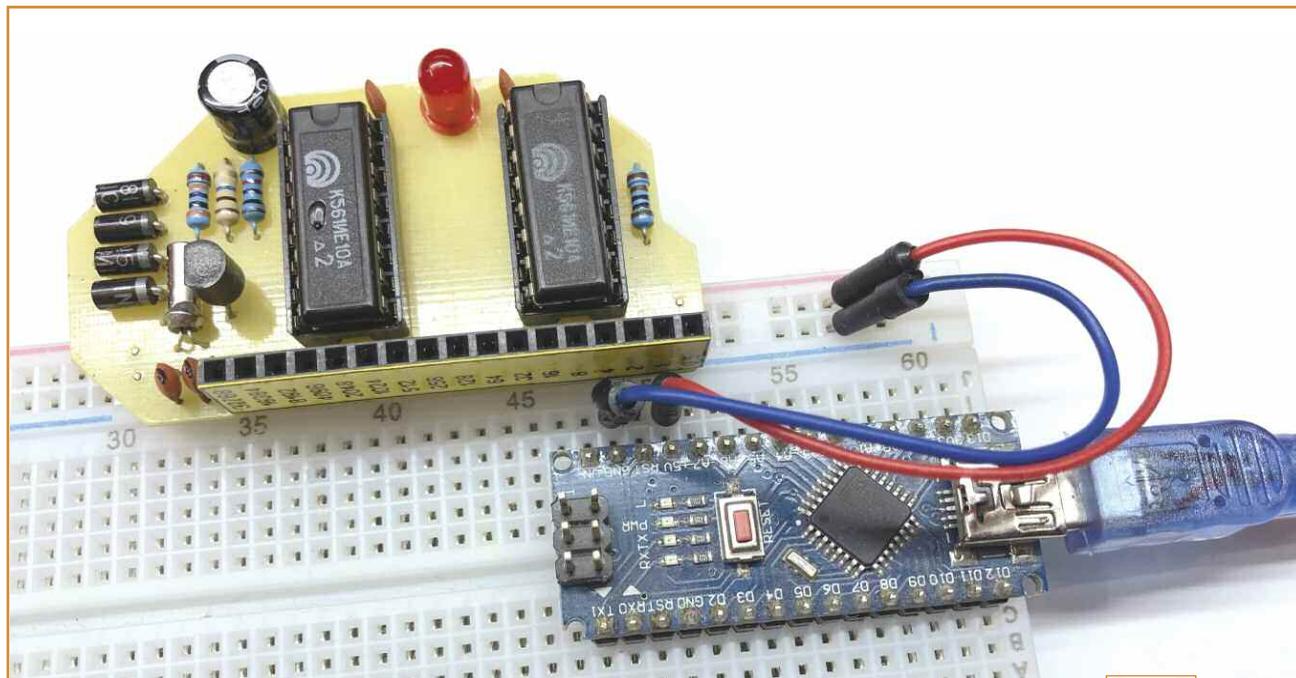


Рис. 5

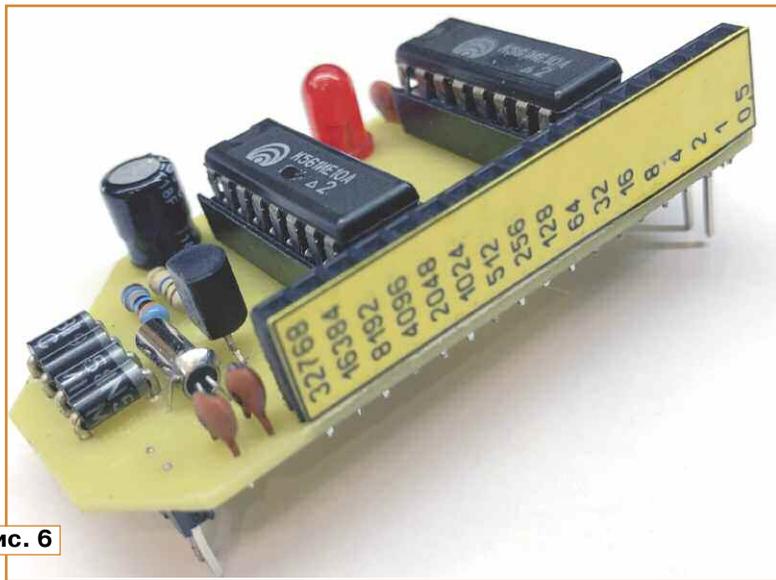


Рис. 6

для них сверлят отверстия меньшего диаметра — 0,7 мм. Разъёмы впрессовывают в отверстия платы лёгким постукиванием молотка, затем припаяют. В последнюю очередь на них надвигают пластмассовые держатели. Для гнезда XS1 использован разъём PBS-20, у которого удалены три лишних контакта. Бирка с указанием генерируемых частот напечатана на цветной бумаге, заламинирована прозрачным скотчем и приклеена к боковой стороне разъёма (рис. 6).

От редакции. Чертёж печатной платы находится по адресу <http://ftp.radio.ru/pub/2025/05/igen.zip> на нашем FTP-сервере.

Аккумулятор в тестере GM328A

И. НЕЧАЕВ, г. Москва

О некоторых доработках многофункционального тестера радиоэлементов, который известен под наименованием GM328A, рассказано в [1]. Пользоваться таким тестером будет гораздо удобнее, если реализовать автономное аккумуляторное питание. Следует напомнить, что существуют варианты тестера с похожими или аналогичными названиями. В статье пойдёт речь о тестере, описание конструкции которого приведено в [1], он показан на рис. 1. Его особенностью является наличие встроенного повышающего преобразователя напряжения 12 В. Поэтому питать его можно от блока питания с выходным напряжением 5 В (сетевое зарядное устройство сотового телефона, Power Bank), подключаемого к разъёму USB-C, или от блока питания с выходным напряжением 7,5...12 В, для подключения которого на плате есть соответствующие контакты.

Проверка показала, что благодаря преобразователю напряжения этот тестер можно питать от Li-Ion аккумулятора, и работоспособность сохраняется при снижении напряжения аккумулятора до 3,4 В. При этом тестер контролирует питающее напряжение, и при его снижении ниже минимального предела измерения прекращаются, а на экран выводится сообщение (рис. 2). Поэтому перевести этот тестер на аккумуляторное питание можно без особых трудностей. Существуют много вариантов реализации такого технического решения, ниже приводится описание одного из них.

Схема питания тестера GM328A от Li-Ion аккумулятора показана на рис. 3. Чтобы минимизировать высоту конструкции, был применён имеющийся в наличии плоский аккумулятор H503456 ёмкостью 1000 мА·ч, но

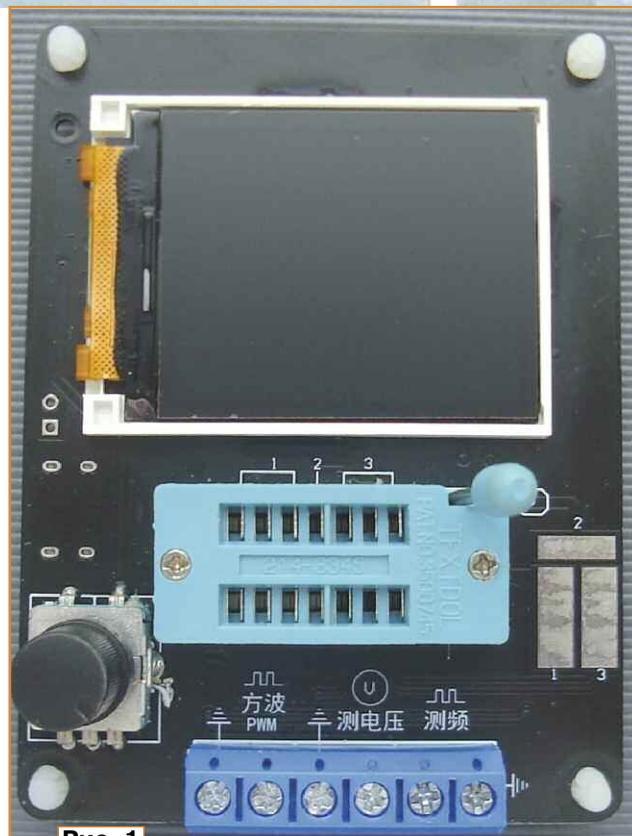


Рис. 1

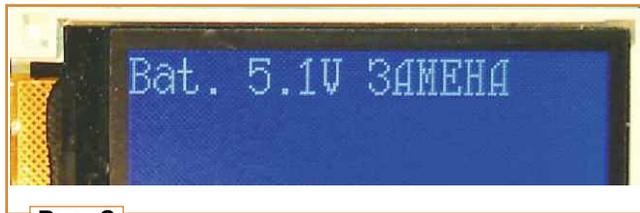


Рис. 2

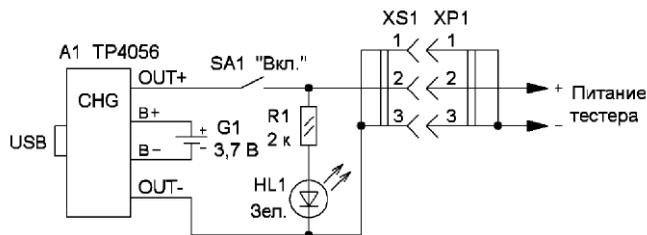


Рис. 3

можно применить и любой другой, подходящий по размерам. Для зарядки аккумулятора и предохранения его от чрезмерной разрядки служит модуль A1 (TP4056

или аналогичный). Можно применить и модуль FC-75 [2], у которого нет узла защиты аккумулятора

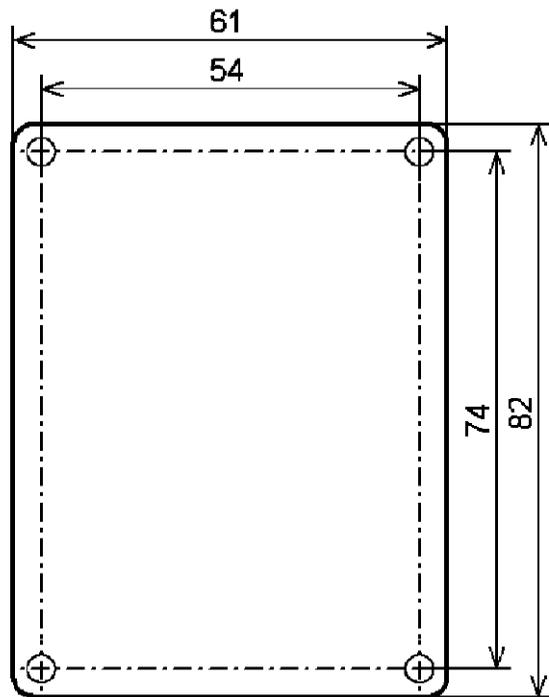


Рис. 4

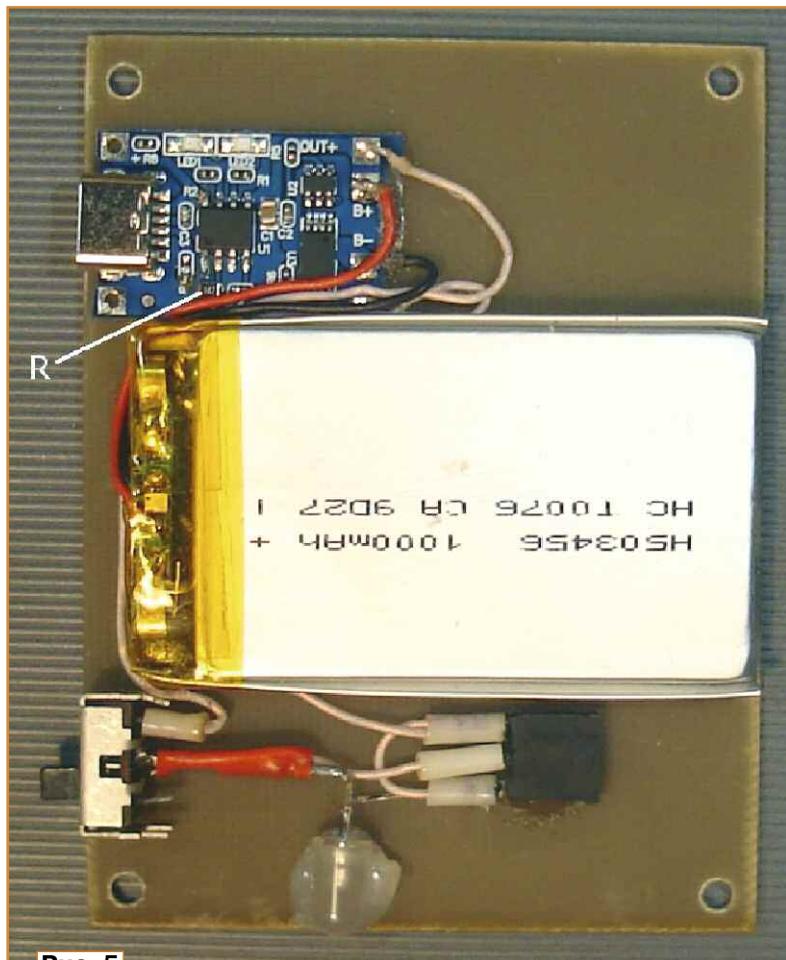


Рис. 5

тора. Выключатель SA1 подаёт питающее напряжение на тестер, напрямую на преобразователь напряжения 12 В, а светодиод индицирует наличие этого напряжения. Напрямую подключать аккумулятор к преобразователю не следует. Дело в том, что напряжение аккумулятора будет постоянно поступать на преобразователь напряжения, независимо от того, включён тестер или выключен. При выключенном тестере преобразователь напряжения будет потреблять ток до 1 мА, что приводит к постоянной разрядке аккумулятора, а это нежелательно. Поэтому после выключения собственно тестера следует отключить и питающее напряжение. Напряжение питания поступает на тестер через гнездо XS1 и вилку XP1. Гнездо и вилка использованы трёхконтактные, у которых на центральный контакт поступает плюсовое напряжение аккумулятора. Это позволяет вставлять вилку в разъём независимо от их ориентации.

Все дополнительные элементы можно установить на плате из нефольгированного стеклотекстолита или пластмассы, чертёж которой показан на рис. 4. Светодиод приклеен к плате с помощью термоклея, остальные элементы — с помощью суперклея. Выключатель питания может быть любой малогабаритный, светодиод — любого цвета свечения, резистор — МЛТ,

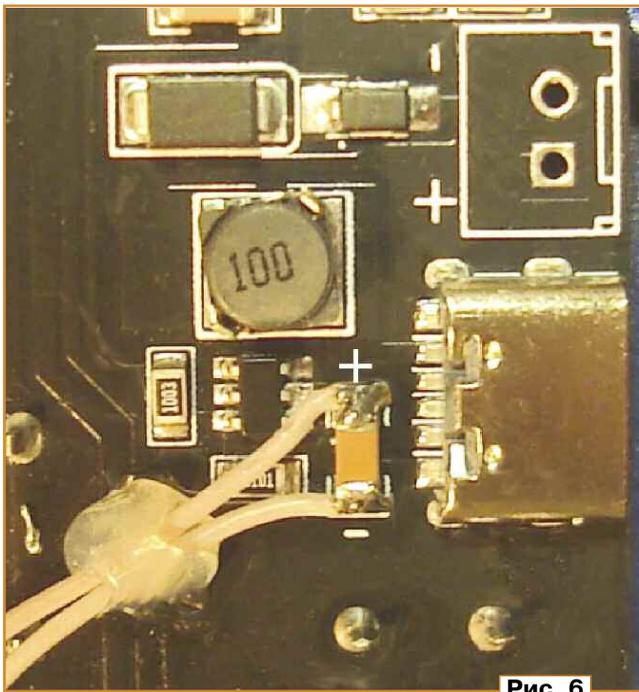


Рис. 6

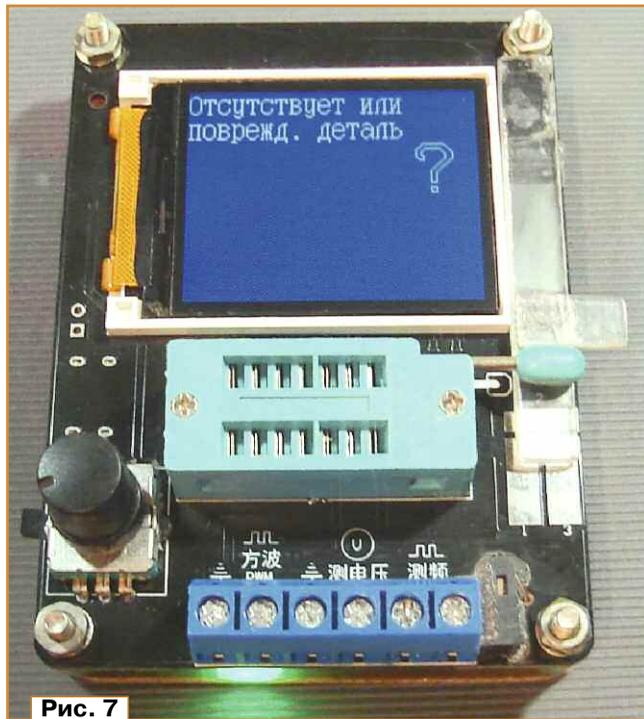


Рис. 7

C2-23 или импортный, гнездо и вилка — серий PBS и PLS. Смонтированная плата показана на рис. 5. Настройка сводится к установке в модуле A1 с помощью токозадающего резистора R (показан на рис. 5) желаемого тока зарядки I_3 :

$$R \text{ (кОм)} = 1,2/I_3 \text{ (А)}.$$

Питание на тестер подают непосредственно на конденсатор, установленный рядом со штатным USB-разъёмом (рис. 6).

Плата крепится к тестеру с помощью винтов и металлических или пластмассовых стоек, высота которых зависит от типа и размеров применённого аккумулятора. Внеш-

ний вид тестера с аккумуляторным питанием показан на рис. 7.

Питать тестер можно и через штатное USB-гнездо, но в этом случае аккумулятор должен быть обязательно отключён от питания тестера, иначе возможна аварийная ситуация. Чтобы исключить такую возможность, в штатное USB-гнездо надо установить какую-нибудь заглушку, которую при необходимости можно удалить.

Ещё один очевидный плюс такой конструкции — защита элементов тестера, размещённых на печатной плате, от механических воздействий. Поэтому в большинстве случаев можно обойтись без раз-

мещения тестера в специальном корпусе.

Кроме того, плату можно изготовить из одностороннего фольгированного стеклотекстолита, а внешнюю металлизированную сторону соединить с общим проводом тестера. Это обеспечит экранировку элементов на плате, что будет не лишним.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Нечаев И.** Тестер GM328A и его доработки. — Радио, 2025, № 2, с. 55—60.
2. **Нечаев И.** Доработки модулей зарядки на микросхеме TP4056. — Радио, 2024, № 12, с. 53—57.

Декоративное светодиодное освещение

Д. МАМИЧЕВ, п. Шаталово Смоленской обл.

Автору статьи понравилась идея декоративной подсветки из [1], особенно контраст восприятия цвета на границах фигурных вырезов светорассеива-

ющей лицевой поверхности светильника (рис. 1). Однако захотелось конструктивно отделить светодиодную ленту и светорассеивающую накладку, сделав её

съёмной и предусмотрев тем самым её тематическое обновление и разнообразие.

Элементы светильника для проведения экспериментов представ-



Рис. 1

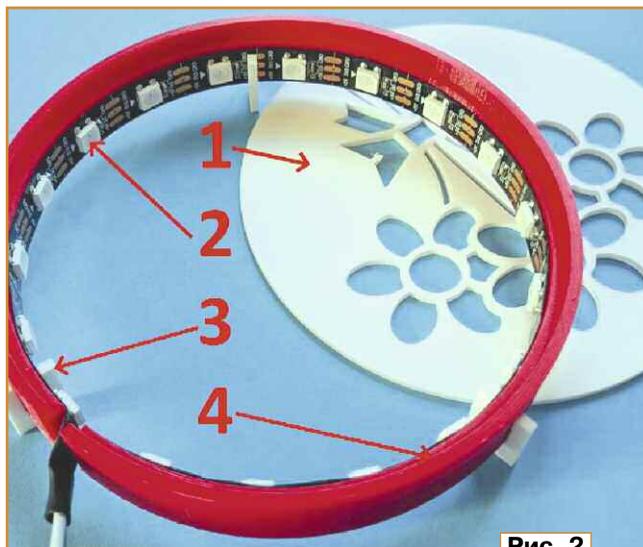


Рис. 2



Рис. 3

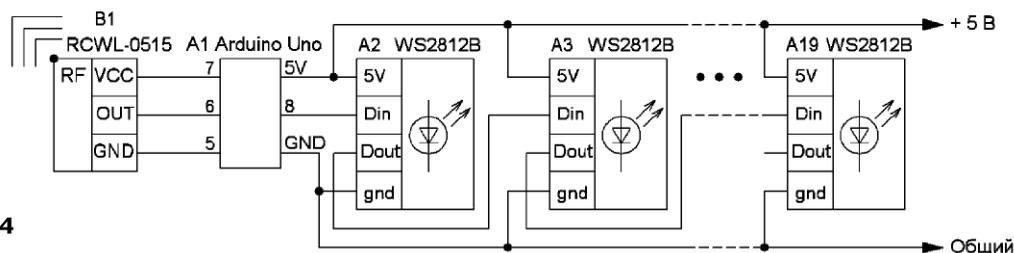


Рис. 4

лены на **рис. 2**. Накладка 1 вставляется сверху в паз кольца-футляра 4. На его внутреннюю боковую поверхность наклеен отрезок светодиодной ленты 2 длиной около 30 см, содержа-

щий 18 адресных светодиодов WS2812B. Дополнительно по периметру кольца установлены три съёмные опоры-вставки 3 для возможности создания ореола свечения вокруг футляра. Кольцо

имеет разрез для вывода питающих и сигнального проводов и возможности пружинящей фиксации накладки 1 внутри паза.

На **рис. 3** приведены изображения работающего светильника

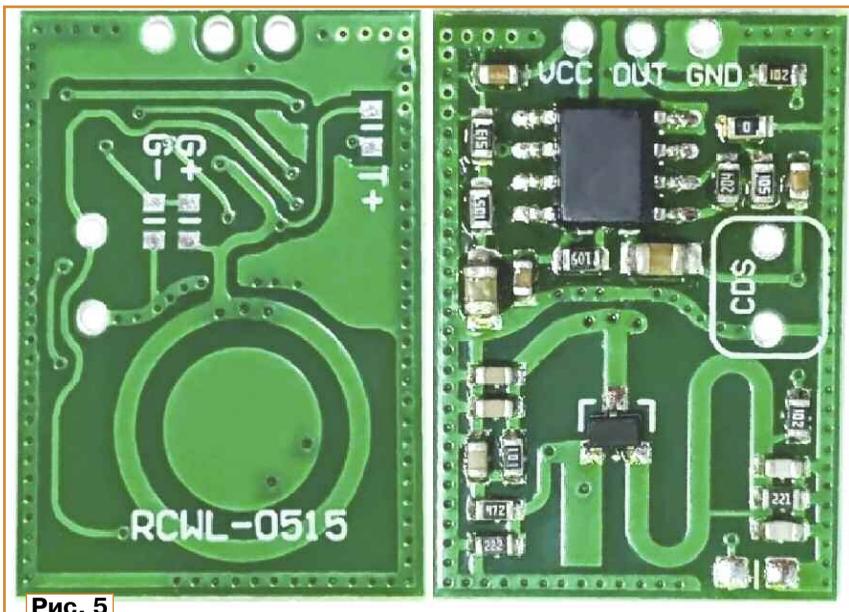


Рис. 5

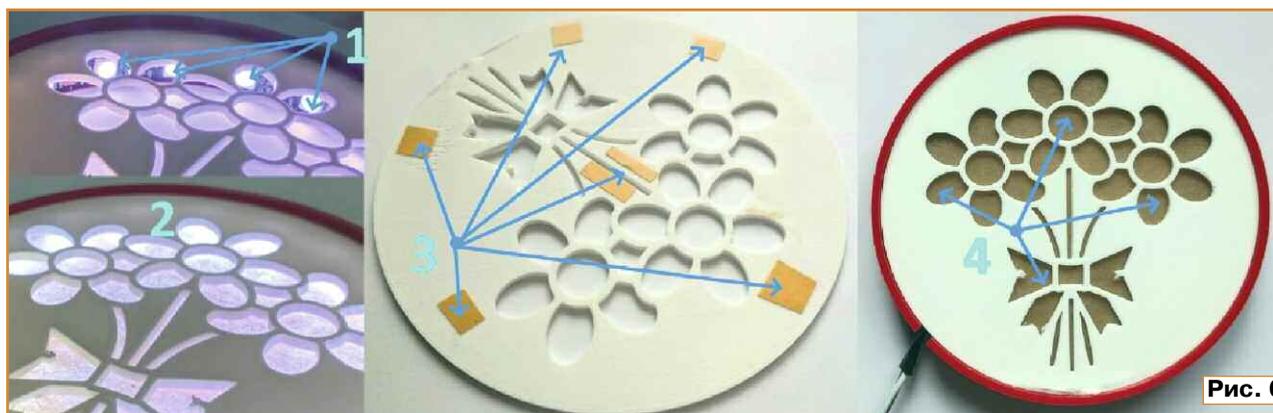


Рис. 6

при дневном освещении 1—3 без опор-вставок и при вечернем 4—6 с использованием вставок. В качестве светоотражающей опорной поверхности использован лист белой бумаги формата А4. В качестве базовой анимации света выбран градиентный переход из правого верхнего угла в нижний левый угол смены одного цвета свечения на другой. Анимация состоит из девяти кадров. За каждый кадр происходит приращение смены цвета свечения на два светодиода. В результате смешения отражённого света на бумаге образуются видимые цветовые оттенки (указаны стрелками).

Схема устройства для проведения экспериментов показана на рис. 4. Основным элементом управления является СВЧ-датчик движения RCWL-0515 (В1). Его внешний вид показан на рис. 5. Рабочая частота — 2,7 ГГц, заявленная максималь-

ная дальность обнаружения — 7...15 м, угол обнаружения — 360°, выходной сигнал срабатывания — лог. 1, интервал напряжения питания — 4...15 В, потребляемый ток без нагрузки — 4...6 мА, габаритные размеры — 24×17 мм. Принцип работы датчика основан на эффекте Доплера, суть которого заключается в том, что если какой-либо объект является источником сигнала (электромагнитного или другого колебания), то в зависимости от того, приближается он к наблюдателю или удаляется, частота принимаемого сигнала будет отличаться от излучаемого. При сближении частота увеличивается, при удалении — уменьшается. По этим изменениям можно определить скорость приближения или удаления объекта. А в случае этого датчика — установить факт движения предметов относительно самого датчика. Более подробную информацию о

его работе можно получить, прочитав статью в [2].

Применён отрезок светодиодной ленты с маркировкой WS2812B black PCB 60 IP30, который содержит 18 программируемых светодиодов А2—А19. Это незащищённая от влаги лента, имеющая на обратной стороне клеевое покрытие для крепления на поверхностях. Управляющим элементом (А1) для экспериментов выбран модуль Arduino Uno. Макет-конструкция устройства питается от сетевого адаптера с выходным напряжением 5 В и выходным током не менее 500 мА.

При просмотре анимации под малыми углами 1 (рис. 6) в фигурных вырезах вместо подложки просматриваются светодиоды. Для исключения этого недостатка можно сделать внутреннюю накладку 4 из бумаги для запека-

ния. Для фиксации на внутренней поверхности декоративной наклейки удобно использовать отрезки двухстороннего скотча 3 размерами 4...6 мм. Подсветочная накладка 2 лишь слегка меняет цветовые оттенки светильника. Основные элементы светильника напечатаны на 3D-принтере с использованием двух цветов пластика. Были использованы следующие базовые настройки принтера: высота слоя — 0,2 мм; ширина линии — 0,4 мм; плотность заполнения — 20%; поддержка — да; температура сопла — 190 °С; температура стола — 50 °С; тип прилипания к столу — кайма.

Для создания трёхмерной модели варианта светорассеивающей наклейки автор использовал систему проектирования OpenSCAD с основным инструментом — методом экструзии. Эта система позволяет создавать предмет с фиксированным

профилем поперечного сечения. OpenSCAD предоставляет две команды для создания 3D-тел из 2D-формы — **linear_extrude()** и **rotate_extrude()**. Линейная экструзия похожа на проталкивание пластилина через пресс со стороны определённой формы. Подробнее о методах можно прочитать в [3]. В качестве базы профиля удобно использовать чёрно-белые картинки, конвертируя их предварительно в векторный формат с расширением файла **svg**.

Варианты управляющих скетчей для светильника реализуют

три реакции на кратковременные движения вблизи датчика. В первом случае меняются сочетание пары цветов подсветки и соотношение числа светодиодов каждого цвета. Во втором варианте исполняется несколько анимаций с градиентом цветов и фиксируется их текущая пара. Третий вариант аналогичен второму, но вместо фиксации происходит выключение светодиодов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Decorative Skull LED Lighting (WLED—ESP8266—WS2812). —

URL: <https://clck.ru/3HадCH> (14.03.25).

2. СВЧ-датчик движения RCWL-0515. — URL: <https://clck.ru/3HадmS> (14.03.25).

3. Руководство пользователя по OpenSCAD/Двухмерное в трехмерное. — URL: <https://clck.ru/3Haean> (14.03.25).

От редакции. Файлы проекта и видеоролики, иллюстрирующие работу устройства, находятся по адресу <http://ftp.radio.ru/pub/2025/05/svet.zip> на нашем FTP-сервере.

Викторина

"Платы расширения Adafruit"



Р. СЕРГЕЕНКО, г. Гомель, Беларусь

Американская фирма Adafruit была основана в 2005 г. выпускницей Массачусетского технологического института Лимор Фрид (Limor Fried, псевдоним Ladyada "Леди Ада"). Фирма занимается разработкой, мелкосерийной сборкой и реализацией плат расширения (ПР) к популярным отладочным платам Arduino, Raspberry Pi, Flora и др. Кроме того, предлагаются наборы для быстрого старта, а также электронный текстиль, сувениры и необычные игрушки со световыми эффектами.

Рынки сбыта, сферы интересов и пути развития у фирм Adafruit и SparkFun во многом совпадают. Налицо конкуренция, которая заставляет совершенствовать навигацию и двигаться вперёд, учитывая, что обе фирмы исповедуют принципы Open Hardware и Open Firmware с бесплатным распространением программ, библиотек функций, схем и файлов разводки печатных плат.

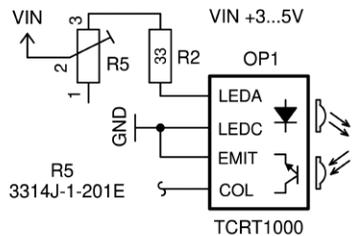
Однако различия между фирмами есть. В частности, продукция Adafruit больше нравится дизайнерам, художникам, любителям экзотики, новичкам, в то время как SparkFun делает ставку на "технарей". Считается, что у Adafruit идеи оригинальнее, лучше продумана конструкция изделий, быстрее проходит этап освоения благодаря качественным учебникам и видео из Интернета. Фирма SparkFun нацелена на массовость, выпускает большее число разновидностей ПР, при этом уделяет внимание инженерному анализу схем с отсылкой к справочным данным на применяемые микросхемы.

Продукцию Adafruit легко отличить по печатным платам с закруглёнными краями и логотипу со стилизованным "звёздным фруктом" — плодом тропического дерева карамбола (лат. Averrhoa carambola), напоминающим о "фруктовом" названии фирмы.

Схемы и другие материалы Adafruit размещаются на сайте <https://learn.adafruit.com/category/components> в разделах Downloads для каждого конкретного вида изделий. Фирма разработала свою версию языка программирования CircuitPython и облачный сервис Adafruit.io. В среде Arduino IDE доступны бесплатные библиотеки функций, в названиях которых фигурирует слово Adafruit. Их можно использовать не только с оригинальными ПР, но и с платами других разработчиков, которые имеют идентичные (похожие) схемы.

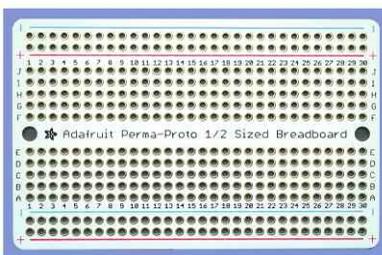
В **таблице** показаны фрагменты схем и фотографии внешнего вида изделий фирмы Adafruit. На каждый вопрос викторины следует выбрать ответ 0 или 1 и записать их в ряд слева направо в виде двоичного числа. Если после перевода в десятичный вид получится 3364 или 3380, значит, все ответы правильные.

1 Adafuit Stemma TCRT1000



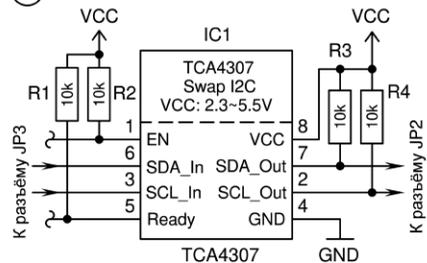
Каким должен быть типоразмер резистора R2, если резистором R5 регулируется ток 10...100 мА через светодиод модуля OP1?
 0 - R2 типоразмера 0805;
 1 - R2 типоразмера 1210

2 Adafuit Perma-Proto Half-sized



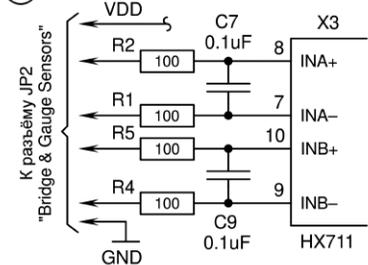
Чем отличается плата Perma-Proto от классической беспаечной макетной платы Breadboard?
 0 - числом отверстий;
 1 - технологией монтажа

3 Adafuit TCA4307 Buffer



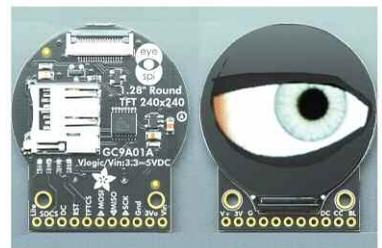
Для чего в шину I²C (SCL, SDA) последовательно включается узел на микросхеме IC1?
 0 - для защиты от внештатных ситуаций;
 1 - для подключения мощной нагрузки

4 Adafuit HX711 24-bit ADC



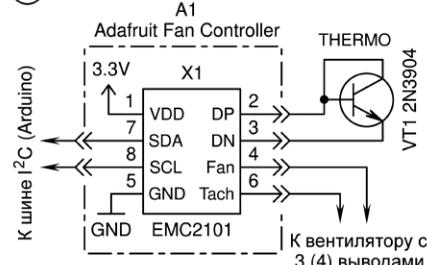
Сколько датчиков с конфигурацией "most вина" можно подключить к 24-разрядному АЦП микросхемы X3 HX711?
 0 - один датчик;
 1 - два датчика

5 Adafuit 1.28" 240x240 Round TFT



Будет ли виден на круглом дисплее пиксель с координатами X = 20, Y = 36 при использовании библиотеки функций Adafuit_GC9A01A?
 0 - не будет виден;
 1 - будет виден

6 Adafuit Fan Controller



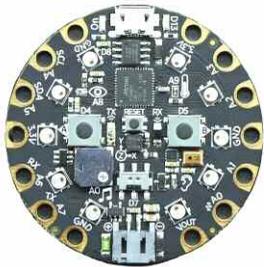
Можно ли в качестве внешнего термодатчика VT1 для ПР А1 (контроллер вентилятора) применить транзистор 2N3906 структуры PNP?
 0 - можно;
 1 - нельзя

7 Adafuit DACx578 - I2C DAC



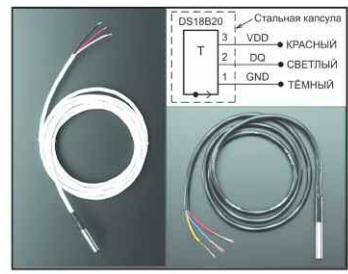
Можно ли определить по внешнему виду, совместимы ли конструктивно разъёмы JP1, JP2 со стандартом Qwiic (SparkFun)?
 0 - нельзя, могут быть варианты;
 1 - можно, это разъёмы Stemma QT

8 Adafuit Playground Classic



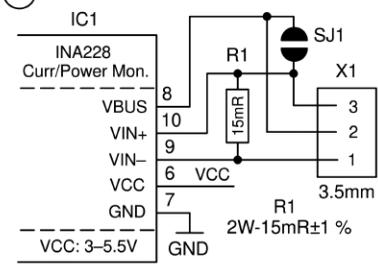
Для чего нужны отверстия большого диаметра?
 0 - для соединения с зажимами "крокодил", для запайки швейных заклёпок;
 1 - для установки монтажных стоек (диэлектрических или металлических)

9 Adafuit Waterproof DS18B20



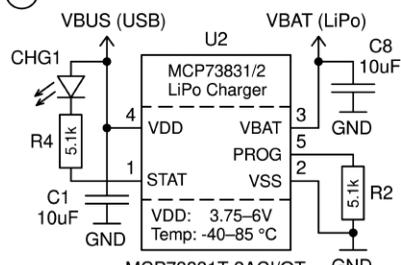
Почему водонепроницаемые термодатчики на основе микросхемы DS18B20 отличаются по цене в два раза (слева дороже, чем справа)?
 0 - по условиям эксплуатации;
 1 - по типу микросхемы и длине шнура

10 Adafuit I2C Power Monitor



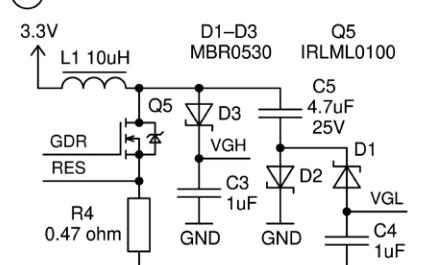
Если замкнуть контакты джампера SJ1, то 0 - появится возможность измерять ток в цепи VBUS интерфейса USB;
 1 - станет доступным измерение тока в нагрузке, подключённой к общему проводу

11 Adafuit INA228 I2C Power Monitor



Ток и напряжение заряда в цепи VBAT для LiPo:
 0 - ток 200 мА, напряжение 4,20 В;
 1 - ток 500 мА, напряжение 4,35 В

12 Adafuit 2.9" e-Ink Display

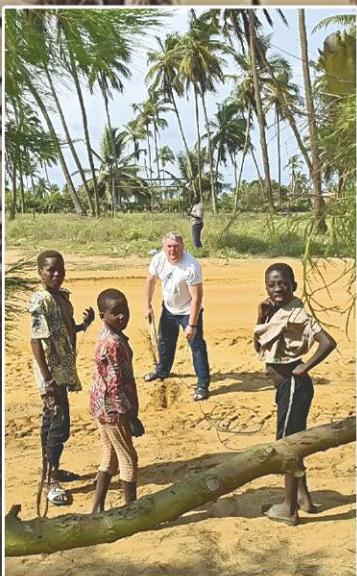


Какими будут напряжения VGH и VGL в преобразователе DC/DC при равных нагрузках?
 0 - разными по абсолютной величине;
 1 - одинаковыми по абсолютной величине

Радиоэкспедиция в Бенин

Александр БЕЗМЕНОВ (R9LM), г. Тюмень

(см. статью на с. 47)



Dr.WEB®

Сделано в России

ЗАЩИТИ СОЗДАННОЕ

Dr.Web Security Space

защитит ваш цифровой МИР

Поддерживаемые
ОС



ANDROID



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 эксплоитов, используемых киберпреступниками для проникновений через ошибки в популярных приложениях



Защита данных и информации

От удаления, порчи, шифрования и похищения



Защита от захвата устройства и слежки

Блокировка камеры, микрофона, съемных устройств



Защита детей

Родительский контроль

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

Техподдержка
компании
«Доктор Веб»:

<https://support.drweb.ru>

Сайты компании
«Доктор Веб»
в социальных сетях:

[https://www.drweb.ru/
user/social](https://www.drweb.ru/user/social)



Сайты компании
«Доктор Веб»:

<https://антивирус.рф>

<https://drweb.ru>



© ООО «Доктор Веб», 2021

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

