

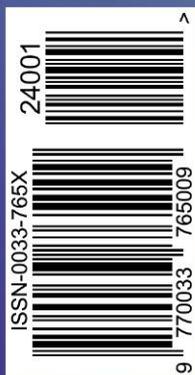
1.2024 РАДИО

АУДИО • ВИДЕО • СВЯЗЬ • ЭЛЕКТРОНИКА • КОМПЬЮТЕРЫ

С НОВЫМ 2024 ГОДОМ!



ГЕНЕРАТОР НИЗКИХ ЧАСТОТ



- Доработка AC SVEN
 - Говорящий датчик движения
 - Сигнализатор дозрывоопасных концентраций
 - Ремонт автомобильного пускового устройства
- ...и ещё 10 конструкций

1
2024

Молодёжный кубок им. А. С. Попова – 2023 год

(см. статью на с. 51)



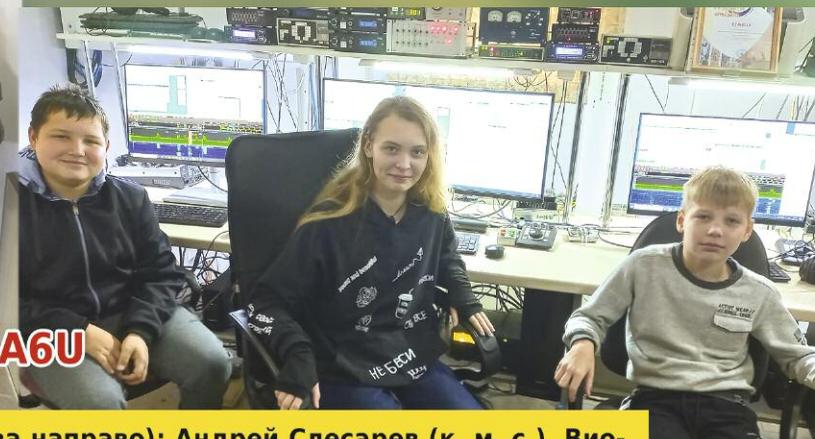
Команда радиостанции RD8U: на дальнем плане — Семён Колмей, в середине — Арсений Лозученко (UB9UDW) и Семён Аксёнов.



Участник команды радиостанции UA4S Данила Василенко.



Команда радиостанции UA6U (слева направо): Андрей Слесарев (к. м. с.), Виолетта Харченко (к. м. с.), Михаил Тооль (первый разряд).





EXPO ELECTRONICA

26-Я МЕЖДУНАРОДНАЯ
ВЫСТАВКА ЭЛЕКТРОНИКИ

16–18 АПРЕЛЯ 2024
МОСКВА, КРОКУС ЭКСПО



ЭЛЕКТРОННЫЕ КОМПОНЕНТЫ,
МОДУЛИ И КОМПЛЕКТУЮЩИЕ



ТЕХНОЛОГИИ, ОБОРУДОВАНИЕ
И МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА
ЭЛЕКТРОНИКИ



ВСТРАИВАЕМЫЕ СИСТЕМЫ



NEW

РОБОТОТЕХНИКА



NEW

ИТ- И ЦИФРОВЫЕ
РЕШЕНИЯ



ОРГАНИЗАТОР
ORGANISER

ЗАБРОНИРУЙТЕ
СТЕНД

EXPOELECTRONICA.RU



	Уважаемые читатели!	4
НАУКА И ТЕХНИКА 5	А. ГОЛЫШКО. Всемирная конференция радиосвязи WCR'2023.	5
	В. СЕРОПЕГИН. Радиоинтерферометрия дальнего космоса.	8
РАДИОПРИЁМ 12	В. ШЕПТУХИН. Новости вещания	12
ЭЛЕКТРОМУЗЫКАЛЬНЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ 14	А. НОСОВЕЦ. Музыкальный инструмент Sensor Ton	14
ЗВУКОТЕХНИКА 23	Д. ПАНКРАТЬЕВ. Высококачественные цифровые источники звука	23
	А. СТЕПАНОВ. Доработка AC Sven и USB-розетка.	31
ИЗМЕРЕНИЯ 32	Н. ШИЯНОВ. Генератор синусоидальных сигналов низких частот	32
	С. СИДОРЕНКО. Частотомер на Arduino pro mini (ATmega168)	35
ПРИКЛАДНАЯ ЭЛЕКТРОНИКА 37	И. НЕЧАЕВ. Доработки налобного светодиодного аккумуляторного фонаря	37
	Ю. ИСАЕВ. Громкоговорящее многоканальное симплексное переговорное устройство	40
	В. КИБА. Доработка бензинового электрогенератора Huter DY6500LX.	42
	А. ВОВК. Сигнализатор дозрывоопасных концентраций	45
ЭЛЕКТРОНИКА ЗА РУЛЁМ 49	С. БИРЮКОВ. Ремонт автомобильного запускающего устройства	49
"РАДИО" — О СВЯЗИ 51	Молодёжный кубок им. А. С. Попова — 2023 год.	51
	На любительских диапазонах	53
	Л. КЛЭРИ. MFJ-4402 для защиты мобильного трансивера	53
	Н. ЕГОШКИН. Двухдиапазонная J-антенна 145/435 МГц	54
"РАДИО" — НАЧИНАЮЩИМ 57	И. ЮСУПОВ. Говорящий датчик движения	57
	Д. ЛЕКОМЦЕВ. Сувенир "Индикатор"	60
	Д. МАМИЧЕВ. Имитатор различных видов индикации цифр с помощью цветных TFT-дисплеев 1.77" 160x128.	61
	Р. СЕРГЕЕНКО. Викторина "Микрокомпьютеры Raspberry Pi"	63

ДОСКА РЕКЛАМНЫХ ОБЪЯВЛЕНИЙ (с. 1, 3, 4, 30, 48, 53, 3-я с. обложки).

На нашей обложке. Генератор синусоидальных сигналов низких частот (см. статью на с. 32).

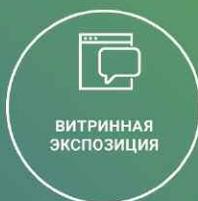
ЧИТАЙТЕ В СЛЕДУЮЩЕМ НОМЕРЕ: ТЕЛЕГРАФНЫЙ ТРЕНАЖЁР
ИНДИКАТОР УРОВНЯ ВОДЫ
ИНДИКАТОР РАДИОАКТИВНОСТИ
МЕТАЛЛОИСКАТЕЛЬ ДЛЯ НАЧИНАЮЩИХ

ELECTRONICA

ПРЕМИЯ

ПРЕМИЯ ELECTRONICA - НЕЗАВИСИМОЕ ЕЖЕГОДНОЕ МЕРОПРИЯТИЕ, НАПРАВЛЕННОЕ НА ПОДДЕРЖКУ И ПРОДВИЖЕНИЕ ДОСТИЖЕНИЙ РОССИЙСКИХ КОМПАНИЙ ЭЛЕКТРОННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ.

ПРЕИМУЩЕСТВА УЧАСТИЯ



КАТЕГОРИИ УЧАСТИЯ:

МИКРО- ЭЛЕКТРОНИКА

НОМИНАЦИИ:

- ЗА РАЗВИТИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ПРОИЗВОДСТВА МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ
- ЗА РАЗВИТИЕ ДИЗАЙН-ЦЕНТРОВ МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ

ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ КИИ

НОМИНАЦИИ:

- ЗА РАЗРАБОТКУ И ВНЕДРЕНИЕ ДОВЕРЕННЫХ ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫХ ПЛАТФОРМ
- ЗА РАЗРАБОТКУ И ПРОИЗВОДСТВО СОВРЕМЕННЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ И СИСТЕМ
- ЗА РАЗРАБОТКУ И ПРОИЗВОДСТВО СРЕДСТВ БЕЗОПАСНОСТИ КИИ
- ЗА ВКЛАД В РЕАЛИЗАЦИЮ ПРОГРАММЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ НЕЗАВИСИМОСТИ РОССИИ

ДИСТРИБУЦИЯ

НОМИНАЦИИ:

- ЗА СОЗДАНИЕ УСТОЙЧИВЫХ КАНАЛОВ ПОСТАВОК ЭКБ
- ЗА СОЗДАНИЕ УСТОЙЧИВЫХ КАНАЛОВ ПОСТАВОК ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ
- ЗА СОЗДАНИЕ УСТОЙЧИВЫХ КАНАЛОВ ПОСТАВОК СОВРЕМЕННЫХ РЕШЕНИЙ И СИСТЕМ

ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ АУТСОРСИНГ

НОМИНАЦИИ:

- ЗА РАЗВИТИЕ КОНТРАКТНОЙ РАЗРАБОТКИ ЭЛЕКТРОНИКИ
- ЗА РАЗВИТИЕ КОНТРАКТНОГО ПРОИЗВОДСТВА ЭЛЕКТРОНИКИ
- ЗА РАЗРАБОТКУ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ
- ЗА РАЗВИТИЕ МЕЖДУНАРОДНОЙ КООПЕРАЦИИ

ТЕХНОЛОГИИ И СРЕДСТВА ПРОИЗВОДСТВА ЭЛЕКТРОНИКИ

НОМИНАЦИИ:

- ЗА РАЗВИТИЕ БАЗОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, СРЕДСТВ ПРОИЗВОДСТВА И МАТЕРИАЛОВ
- ЗА РАЗВИТИЕ СОВРЕМЕННЫХ КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ И ИСПЫТАТЕЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ ДЛЯ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ ОТРАСЛИ

РОБОТОТЕХНИКА

НОМИНАЦИИ:

- ЗА РАЗРАБОТКУ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ
- ЗА РАЗРАБОТКУ ПРОГРАММНЫХ ПРОДУКТОВ В ОБЛАСТИ РОБОТОТЕХНИКИ И СИСТЕМ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ
- ЗА ВНЕДРЕНИЕ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ И КОМПЛЕКСОВ

ЭЛЕКТРОННАЯ КОМПОНЕНТНАЯ БАЗА

НОМИНАЦИИ:

- ЗА РАЗРАБОТКУ И ПРОИЗВОДСТВО ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ЭКБ
- ЗА РАЗВИТИЕ ТЕХНОЛОГИЙ СИЛОВОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ
- ЗА РАЗВИТИЕ СВЧ-ЭЛЕКТРОНИКИ
- ЗА СОЗДАНИЕ САПР-И ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ ПРОДУКЦИИ

ПОДГОТОВКА КАДРОВ ДЛЯ ОТРАСЛИ

НОМИНАЦИИ:

- ЗА ПОДГОТОВКУ МОЛОДЫХ СПЕЦИАЛИСТОВ ДЛЯ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ ОТРАСЛИ
- ЗА РАЗВИТИЕ НОВЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРОГРАММ И ИНИЦИАТИВ В РАДИО-ЭЛЕКТРОННОЙ ОТРАСЛИ РОССИИ
- ЗА ВНЕДРЕНИЕ УНИКАЛЬНЫХ КАДРОВЫХ ПРОГРАММ НА СВОЕМ ПРЕДПРИЯТИИ
- ЗА СОЗДАНИЕ КАДРОВОГО РЕЗЕРВА ОТРАСЛИ В РАМКАХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ

ЛОКАЛИЗАЦИЯ

НОМИНАЦИЯ:

- ЗА РАЗВИТИЕ ЛОКАЛИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА

В РАМКАХ

 EXPO
ELECTRONICA

2024

**ПОДАЙТЕ
ЗАЯВКУ**

**ОНЛАЙН НА
EXPOELECTRONICA.RU**

 ITE

ОРГАНИЗАТОР
ORGANISER

"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: 107045, Москва, Селивёрстов пер., 10, стр. 1

Тел.: (495) 607-31-18.

E-mail: ref@radio.ru

Примём 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 24.12.2023 г. Формат 60×84 1/8. Печать офсетная.

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

В розницу — цена договорная.

Подписной индекс:

Официальный каталог ПОЧТА РОССИИ — П4014;

КАТАЛОГ РОССИЙСКОЙ ПРЕССЫ — 89032.

За содержание рекламного объявления ответственность несёт
рекламодатель.

За оригинальность и содержание статьи ответственность несёт автор.

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

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

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

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

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

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

Отпечатано в ОАО «Подольская фабрика офсетной печати»

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

Зак. 03748-23 .

NNUI 4ab2b79174c5e1911e70849ef37fcef



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

Уважаемые читатели!

Поздравляем Вас
с Новым 2024 годом!

В наступившем году журнал "Радио" будет отмечать юбилей — 100 лет со дня выхода первого номера журнала "Радиолучитель", прародителя журнала "Радио", который вышел в свет 15 августа 1924 г.

Здесь уместно будет кратко напомнить историю возникнове-
ния радиолучительского журнала. Несмотря на то, что Россия,
благодаря работам нашего соотечественника Александра
Степановича Попова, — родина радио, она в самом начале 20-х
годов прошлого столетия заметно отставала от большинства
развитых стран в практическом внедрении радио в повседнев-
ную жизнь страны. Это явилось следствием общего состояния
промышленности того времени, разрухи, которая наблюдалась
в стране после Первой мировой войны, революции и граждан-
ской войны. В то время были предприняты меры к сокращению
этого отставания — начато строительство радиовещательных
станций.

Но в стране практически ещё не было радиоприёмников,
чтобы слушать передачи этих радиостанций. Кроме того, яв-
но не хватало предприятий для производства аппаратуры и спе-
циалистов, которые могли бы на них работать и обслуживать
технику в процессе эксплуатации. Законодательная база,
касающаяся использования гражданами радиосредств, также
отсутствовала.

В июле 1924 г. вышло Постановление Совета Народных
Комиссаров Союза ССР "О частных приёмных радиостанциях".
Оно предоставляло право изготовления и эксплуатации при-
ёмных радиостанций не только государственным, партийным и
профсоюзным организациям, но и коммерческим организа-
циям, а также частным лицам.

Следствием этого постановления явилось развитие массо-
вого радиолучительства. Энтузиасты-радиолучители были
готовы своими руками собирать радиоаппаратуру, но многим в
те годы не хватало знаний в области радиотехники. Таким источ-
ником информации стал журнал "Радиолучитель", издававший-
ся Бюро содействия радиолучительству при культотделе
Московского городского совета профессиональных союзов и
Обществом радиолучителей РСФСР.

В конце 1924 г. появилась радиолучительская организа-
ция — "Общество друзей радио" (ОДР), которая начала изда-
вать свой радиолучительский журнал "Радио всем", первый
номер которого вышел 15 сентября 1925 г.

Оба журнала просуществовали до 1930 г. В № 18 журнала
"Радио всем" за 1930 г. напечатано сообщение, что с 19-го но-
мера журнал "Радио всем" переименовывается в "Радиофронт".
В журнале "Радиолучитель" № 11-12 за 1930 г. было написано:
"Мы выпускаем последний номер журнала "Радиолучитель",
объединяющийся под общей редакцией ВЦСПС и ОДР с жур-
налом "Радиофронт".

Последний предвоенный номер журнала (№ 11) был подпи-
сан к печати 9 июня 1941 г. В годы Великой Отечественной
войны журнал "Радиофронт" не издавался. Он продолжил выхо-
дить в 1946 г., получив своё современное название "Радио".

Напоминаем, что с 2012 г. мы организовали подписку на
электронную версию журнала "Радио" — копию традиционного
"бумажного" издания в виде файла формата pdf. Подробнее об
этом можно прочитать по адресу <https://el.radio.ru> на нашем
сайте.

Оплатить подписку по нашим реквизитам, указанным в жур-
нале и на нашем сайте, можно через Сбербанк или другие банки
и платёжные системы. При оплате через платёжные системы
обязательно указывайте свои фамилию, имя, отчество, а также
год и номер, с которого Вы хотите получать журнал.
Подписчикам электронной копии журнала "Радио" необходимо
ознакомиться с договором по адресу [https://el.radio.ru/
oferta.pdf](https://el.radio.ru/oferta.pdf) на нашем сайте. После поступления денег на наш
расчётный счёт Вы получите уведомление и будете получать
номера по мере их выхода на адрес электронной почты, указан-
ный при регистрации в поле "E-mail".

*Желаем всем читателям журнала "Радио" в наступив-
шем году доброго здоровья, удачи и творческих успехов!*

Редакция



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

"Вся наша биологическая система, мозг и сама Земля работают на одних и тех же частотах".

Никола Тесла

Всемирная конференция радиосвязи Международного союза электросвязи (МСЭ/ITU) WCR'2023 работала в Дубае с 20 ноября по 15 декабря прошлого года в Дубайском Всемирном торговом центре. В мероприятии приняли участие почти 3,8 тыс. делегатов из 163 государств, международных организаций и частных компаний. Россию представляла межведомственная делегация под руководством Минцифры (фото 1). В её состав вошли предста-

вители МИД России, Минобороны России, ФГУП "Космическая связь", Научно-исследовательского института радио, Госкорпорации "Роскосмос" и других организаций. На конференции рассматривалась более 30 пунктов повестки дня, затрагивающих практически все службы радиосвязи. Вопросы повестки дня, подлежащие рассмотре-

нию на WCR'2023, были определены по завершении предыдущей конференции, состоявшейся в 2019 г. Конференция проводится каждые четыре года под эгидой МСЭ, агентства ООН в области ИКТ.

WCR'2023 собрала национальные правительственные органы и регулирующие органы электросвязи с представителями ключевых пользователей и провайдеров радиосвязи для проведения важнейших дискуссий по вопросам



Фото 1

политики и технического регулирования на глобальном уровне.

МСЭ проводит Всемирную конференцию радиосвязи один раз в три-четыре года с целью модернизации международного частотного регулирования и приведения его в соответствие с реалиями развития коммуникационной индустрии. Новые сервисы и ИКТ-систе-

мы требуют новых радиочастотных присвоений, а существующие системы нуждаются в защите от помех. Все изменения в использовании радиочастотных диапазонов вносятся в Регламент радиосвязи — основной документ, регулирующий использование всех частотных диапазонов во всём мире. Радиочастоты — конечный природный ресурс, грамотно использовать который можно только сообща.

Значительная часть технологий в повседневной жизни использует радиочастотный спектр, распределённый всемирными конференциями радиосвязи МСЭ. Обеспечение отражения в Регламенте радиосвязи меняющегося спроса на использование спектра имеет решающее значение для эффективной работы существующих и будущих служб и оборудования радиосвязи.

В церемонии открытия WCR'2023 принял участие Его Высочество шейх Ахмед бин Мохаммед бин Рашид Аль-Мактум, второй заместитель правителя Дубая.

Генеральный секретарь Организации Объединённых Наций Антониу Гутерриш отметил, что WCR'2023 является свидетельством способности международного сотрудничества в решении глобальных проблем.

Кстати, международный договор о радиосвязи датируется 1906 г., когда была подписана Международная радиотелеграфная конвенция. За прошедшие с тех пор 117 лет Регламент радиосвязи был пересмотрен 38 раз и расширен до четырёх томов объёмом более 2000 страниц.

Пункты повестки дня WCR'2023 включали в себя:

- определение дополнительных полос частот для дальнейшего развития Международной подвижной электросвязи (ИМТ), включая использование станций на высотных платформах в качестве базовых станций ИМТ для универсального развёртывания беспроводных сетей;

- совершенствование международной нормативно-правовой базы для спутников на геостационарной орбите (ГСО) и негеостационарной орбите (НГСО) при одновременном содействии равноправного доступа для всех стран;

- использование спутниковых технологий для широкополосных услуг для улучшения возможности установления соединений, особенно в отдалённых районах;

- новый спектр для совершенствования радиосвязи в воздушной подвижной службе, в том числе с помощью спутников, а также для содействия использованию служб космических исследований и спутниковой службы исследования Земли для мониторинга климата, прогнозирования погоды и других научных проектов;

- модернизация Глобальной морской системы для случаев бедствия и обеспечения безопасности (ГМСББ);

- регламентарная основа для использования земных станций, движу-

ющихся и спутниковой службы исследования Земли для мониторинга климата, прогнозирования погоды и других научных проектов;

— модернизация Глобальной морской системы для случаев бедствия и обеспечения безопасности (ГМСББ);

— регламентарная основа для использования земных станций, движу-

ющихся и спутниковой службы исследования Земли для мониторинга климата, прогнозирования погоды и других научных проектов;

— модернизация Глобальной морской системы для случаев бедствия и обеспечения безопасности (ГМСББ);

— регламентарная основа для использования земных станций, движу-



щихся на борту воздушных и морских судов, для связи со спутниками ГСО и НГСО;

— будущее радиовещательной полосы сверхвысоких частот, которое имеет последствия для телевизионного вещания, подготовки программ и специальных мероприятий, а также для обеспечения общественной безопасности и оказания помощи при бедствиях.

Первостепенное значение для любительской и любительской спутниковой служб имел пункт 9.1 повестки дня, касающийся совместного использования любительскими службами и несколькими системами радионавигационной спутниковой служб (RNSS) диапазона 23 см (1240...1300 МГц).

Учитывая аудиторию журнала, начнём с конца. С 1925 г. Международный союз радиолюбителей (International Amateur Radio Union — IARU) является всемирным голосом радиолюбителей, защищая радиолулюбительский спектр.

Работа IARU по указанному выше пункту повестки дня началась четыре года назад с исследования, представленного на подготовительное совещание рабочей группы МСЭ-R (сектор радиосвязи МСЭ) и, наконец, подошла к благополучному завершению. Согласованное участие представителей IARU в рабочих группах МСЭ-R, исследовательских комиссиях и подготовительных совещаниях ВКР обеспечило надлежащее представление любительских служб при разработке двух опубликованных отчётов МСЭ R, M.2513 и M.2532. За ними последовала рекомендация МСЭ R, M.2164, которая легла в основу обсуждений на WCR'2023.

В ходе обсуждений на WCR'2023 все вовлечённые стороны решительно отстаивали свои позиции. Результатом стал компромисс в отношении сноски в Регламенте радиосвязи МСЭ (PP МСЭ), касающейся работы любительской спутниковой служб в диапазоне 1240...1300 МГц. Сноска напоминает администрациям связи и радиолулюбителям о необходимости защиты от помех систем радионавигационной служб (RNS), действующих на первичной основе, и содержит рекомендации для администраций, позволяющие обеим службам продолжать работать в этой части спектра. Компромисс был официально принят на пленарном заседании Конференции 8 декабря и не подлежит дальнейшему рассмотрению в течение заключительной недели ВКР. Команда IARU (фото 2) продолжает свою работу над другими вопросами WCR'2023, включая разработку повесток дня будущих конференций.

Президент IARU Тим Эллам (VE6SH) в связи с этим отметил: "Это очень хороший результат для любительских служб. Решение, принятое на WCR'2023 по этому пункту повестки дня, не вносит изменений в таблицу распределений и не включает путём ссылки отчёт M.2164 в Регламент радиосвязи. Добавление сноски, содержащей руководство для администраций в случае возникновения помех в работе RNSS, является хорошим результатом регулирования как для любителей, так и для основных пользователей этого диапазона".

WCR'2023 также согласилась отменить резолюцию 774, которая препятствовала приведённому выше.

На Ассамблее радиосвязи, прошедшей в преддверии WCR'2023, научный консультант ФГБУ "НИИ Радио" Виктор Стрелец был вновь избран председателем исследовательской комиссии № 4 (ИК-4) "Спутниковые службы" МСЭ-R. Этот пост он впервые занял в 2019 г. и теперь переизбран на второй четырёхлетний срок. Российскую делегацию на Ассамблее возглавил директор Департамента государственного регулирования рынка телекоммуникаций Минцифры России Дмитрий Тур.

Эта комиссия — одна из самых важных, так как именно спутниковые вопросы (частоты, орбиты) в большей степени регулируются на уровне МСЭ. Всего, включая Россию, были назначены председатели шести исследовательских комиссий из разных стран мира. Первые заседания должны начаться в марте 2024 г.

россиян за последние два года на выборах должностях в МСЭ. С февраля 2022 г. ни один представитель России не был назначен в руководящие органы МСЭ, конференций и Ассамблеи Союза в группы Совета, в секторах стандартизации и развития. В частности, на полномочной конференции МСЭ в Бухаресте в октябре 2022 г. Россия потеряла в МСЭ все выборные должности.

По данным ComNews, на пост главы ИК-4 был ещё один претендент из другого региона (кто это и из какой страны, редакции выяснять не удалось). Однако в процессе переговоров его кандидатура была снята. Кстати, в итоговый отчёт Ассамблеи радиосвязи вошло заявление представителя Испании, которое он сделал после голосования от имени группы из 36 стран, включая 27 государств Евросоюза, Украину, США, Великобританию и Японию. Осудив действия России на украинской территории, представитель Испании сказал: "Мы не согласны с решением о повторном назначении гражданина Россий-



Фото 2

Важность работы ИК-4 МСЭ-R существенно возросла с учётом динамичного развития спутниковых технологий, что значительно повысило соответствующий интерес к ней администраций, национальных регулирующих органов, спутниковых операторов, представителей промышленности и международных организаций.

Виктор Стрелец имеет 40-летний опыт научно-исследовательской, технической и административной работы в области регулирования использования радиочастотного спектра. С 1993 г. он участвовал в деятельности рабочих и целевых групп ИК-4 и ИК-8 МСЭ-R Европейской конференции администраций почт и электросвязи (СЕПТ) и Регионального сотрудничества в области связи (РСС). С 2000 г. он был вице-председателем ИК-8 МСЭ-R, а в 2007 г. назначен вице-председателем консультативной группы радиосвязи МСЭ-R. С 2011 г. по 2018 г. избирался в состав Радиорегламентарного комитета (РПК) МСЭ и в 2012 г. стал председателем РПК.

Следует заметить, что переизбрание Виктора Стрельца — это первый успех

этой Федерации председателем ИК-4. Это не "бизнес как обычно" с Россией. Мы призываем других сделать то же самое".

В ответ на это выступление политическое заявление сделала и Россия (его текст также вошёл в итоговый документ Ассамблеи радиосвязи): "Российская Федерация выступает категорически против политизации работы МСЭ и его органов, имеющих заранее согласованную повестку. Союз не уполномочен обсуждать вопросы территориальной целостности и суверенитета государств, равно как и определять ситуацию на Украине в качестве "войны", назначать ответственных, квалифицировать действия государств в качестве актов агрессии, — сообщил представитель РФ — МСЭ не уполномочен также определять действия какого бы то ни было государства члена МСЭ как неоправданные ..., а также выдвигать прямые обвинения в адрес каких бы то ни было государств-членов МСЭ или любых действий, предпринятых каким бы то ни было государством-членом МСЭ".

Читатели, приславшие в редакцию любые пять из шести купонов за полугодие, смогут претендовать на один из призов.

Январь 2024 год

WCR'2023 завершилась принятием "революционных" решений по использованию спектра, которые, как ожидается, определяют будущее мобильной связи.

Ключевым итогом конференции стало принятие обновлённого регламента радиосвязи. Это международный договор, который регулирует использование всех типов радиоустройств. Внесённые в регламент изменения теперь станут частью национального законодательства всех стран-членов МСЭ.

В ходе мероприятия удалось отстоять подходы в вопросах распределения дополнительных частот для сотовой и спутниковой связи, обеспечения защиты навигационных, вещательных и других радиослужб, а также сохранить важные для России, Китая, Бразилии, Южной Африки, Вьетнама и других стран условия работы использования систем мобильной связи IMT (International Mobile Telecommunication), включая 5G и 6G, в полосе частот 4800...4990 МГц. На сегодняшний день порядка 60 стран мира заявили о своих планах по внедрению систем IMT в этом диапазоне. Он важен и для развития 5G в России. Кроме того, по предложению российской региональной организации удалось добиться включения на WCR'2027 вопроса исследования полосы 4400...4800 МГц для IMT.

Страны договорились о новом низкочастотном спектре мобильной связи (ниже 1 ГГц) и диапазоне частот 3,5 ГГц и 6 ГГц. GSMA, представляющая мировых операторов мобильной связи, приветствовала эти результаты, заявляя, что они позволят мобильной индустрии спроектировать следующую волну развития коммуникаций через 5G-Advanced и далее.

В ходе WCR'2023 российской делегации удалось заручиться существенной поддержкой по принципиальным для страны вопросам и добиться решений, отвечающих интересам как нашей страны, так и региона в целом. Нашу делегацию активно поддержали многие государства Африки, страны Азиатско-Тихоокеанского региона, Бразилия, Мексика, Куба, Китай и ряд других, — отметил глава российской делегации Дмитрий Тур.

В итоговых документах конференции были также отражены предложения России по регулированию функционирования низкоорбитальных спутниковых систем связи. Этот вопрос удалось включить в повестку WCR'2027.

WCR'2023 предложила решительные меры в ответ на рост объёма мобильных данных путём выделения дополнительного радиоспектра для мобильной связи. Окончательная гармонизация диапазона 3,5 ГГц (3,3...3,8 ГГц) была достигнута в Европе, на Ближнем Востоке и в Африке (EMEA), а также в Северной и Южной Америке. В частности, новый диапазон 6 ГГц (6,425...7,125 ГГц) был признан для мобильных устройств в каждом регионе ITU — EMEA, Северной и Южной Америке и Азиатско-Тихоокеанском регионе для будущего развития 5G и внедрения 6G. Страны, в которых проживает более 60 % населения мира,

обратились с просьбой включить их в определение этой зоны. Диапазон 6 ГГц поможет расширить возможности мобильной связи для сетей 5G-Advanced и выше. Прогнозы международной ассоциации операторов мобильной связи GSMA и других компаний указывают на то, что этот диапазон вскоре станет ключевым для развития 6G.

WCR'2023 проложила путь к большему цифровому равенству, предусмотрев расширение низкочастотного спектра в диапазоне 470...694 МГц в регионе EMEA. Эти зоны могут помочь расширить возможности подключения сельской зоны к Интернету.

"Более половины мира сегодня подключено к мобильному Интернету, — об этом заявила Лусиана Камаргос, руководитель отдела спектра GSMA, — но по мере развития мобильного Интернета нам необходимо обеспечить предоставление услуг каждому. Великим наследием WCR'2023 будет то, что его решения позволят нам проводить их устойчиво, экономично и с пользой для всей планеты. Мы не можем здесь оставаться. WCR'2023 — это лишь начальное оружие и теперь правительствам придётся действовать в соответствии с её решениями, позволяя новым мобильным технологиям, которые обеспечивают устойчивость и раскрывают весь потенциал мобильной связи, обеспечить лучшее будущее для нашей планеты".

А ещё, согласно сообщениям CNews, по предложению России WCR'2023 решила разработать меры по ограничению работы спутниковых систем связи без разрешения национальных администраций.

Речь идёт, в первую очередь, о системе негеостационарных спутников Starlink, предоставляющей широкополосный доступ в Интернет. Её развивает американская компания SpaceX, принадлежащая Илону Маску. Не секрет, что эта система имеет "второе дно" и является примером военного сотрудничества, замаскированного под коммерческую деятельность.

В МИД РФ обратили внимание на использование системы Starlink украинскими националистами в ходе проведения специальной военной операции на Украине. Кроме того, в скором времени Starlink и другие спутниковые системы предоставят возможность выходить в Интернет с мобильного телефона, минуя национальных операторов связи.

Всё это приводит к бесконтрольному распространению информации и создаёт угрозу для национального суверенитета, полагают в МИД. В связи с этим российская сторона считает необходимым получение лицензий от национальных администраций связи для оказания услуг спутниковой связи на территории конкретной страны.

Интересно, что несколько лет назад ключевые посты в МСЭ заняли представители США. Однако большинство стран-участниц МСЭ (всего в союз входит 160 стран) выступили против попыток США и стран НАТО монополизировать глобальное киберпространство.

В итоговой резолюции WCR'2023, опубликованной на сайте МСЭ, говорится о том, что в рамках подготовки к следующей конференции делегаты поручили МСЭ подготовить предложения по ограничению неавторизованного использования негеостационарных спутниковых сетей связи. Речь идёт как о фиксированных, так и о мобильных спутниковых сетях. Теперь МСЭ в течение четырёх лет будет исследовать указанный вопрос, и дальнейшую его судьбу трудно предсказать, резюмирует источник CNews.

Одновременно со Starlink развёртыванием глобальной спутниковой группировки для оказания услуг доступа в Интернет занимается британская компания OneWeb, которая с осени 2023 г. принадлежит европейскому оператору Eutelsat. Ранее в запущенных спутников OneWeb участвовала госкорпорация "Роскосмос". OneWeb создала в России совместное предприятие с "дочкой" "Роскосмоса" — компанией "Гонец". Однако лицензию на работу в России OneWeb так и не получила. В 2022 г. сотрудничество Роскосмоса с OneWeb было прекращено.

В начале 2000-х годов глобальная система спутниковой голосовой связи Iridium осуществила свой перезапуск, отключив наземную станцию в России. Это лишило российские спецслужбы возможности прослушивать разговоры абонентов Iridium, находящихся на территории России.

Формально Iridium не работал в России, хотя при желании терминалы системы находились в продаже. Вопрос разрешился лишь в 2016 г. после открытия Iridium наземной станции сопряжения в Ижевске, о чём уже рассказывалось на страницах журнала.

Так закончилась WCR'2023. Российская Федерация выразила признательность стране-хозяйке — Объединённым Арабским Эмиратам за безупречную организацию конференции. Теперь впереди воплощение решений WCR'2023 и подготовка к WCR'2027.

Правда, до вопросов, поднятых Николой Тесла в эпиграфе, участники WCR'2023 пока не дошли. Очевидно, всё ещё впереди.

По материалам <https://www.itu.int/wrc-23/ru/>,

<http://cemc.uz/ru/2023-yilgi-butanjahon-radioaloqa-konferentsiyasi>,

<https://www.comnews.ru/content/230295/2023-11-21/2023-w47/1007/rossiya-sovershila-proryv-mse>,

https://www.cnews.ru/news/top/2023-12-19_rossiya_potrebovala_namезhdunarodnom,

<https://ru.techwar.gr/253539/neasimantikes-apofaseis-gia-to-fasma-kaito-mellon-ton-kiniton-epikoinonion-infocom/>,

<https://digital.gov.ru/ru/events/48192/> (фото делегации России),

<https://www.iaru.org/recommendation-on-ai-9-1b-approved-at-wrc-23/> (фото членов IARU),

<https://www.infocom.gr/2023/12/15/simantikes-apofaseis-gia-fasma-kaito-mellon-ton-kiniton-epikoinonion/75633/>



В. СЕРОПЕГИН

КАНД. ТЕХН. НАУК,
Г. КОРОЛЁВ Московской обл.

"Телескоп уменьшает мир,
микроскоп — увеличивает".

Р. Оппенгеймер

Наиболее мощными источниками радиосигналов во Вселенной являются радиогалактики и квазары. Сейчас их наблюдение ведётся с помощью сети радиотелескопов, рассредоточенных по всему земному шару. Исследования в радиоастрономии, обеспечивающие исключительно высокое разрешение, называют радиоинтерферометрией со сверхдлинной базой (РСДБ).

Удачное сочетание методов радиоинтерферометрии с возможностями вычислительной техники позволило получить такие решения, которые казались



Рис. 1

дашёвым (рис. 1), Л. И. Матвеевко и Г. Б. Шоломицкий в 1965 году [1].

В простейшем случае радиоинтерферометр состоит из двух радиотелескопов, разнесённых

на сотни или тысячи километров и наблюдающих один и тот же квазар — звёздopodobный внегалактический источник шумового радиоизлучения с чрезвычайно широким спектром. Квазары находятся на расстояниях от Земли в десятки и сотни миллионов световых лет, практически в бесконечности, поэтому приходящие от квазара радиоволны имеют идеально плоский фронт, а поступающие на оба радиотелескопа сигналы приходят по строго параллельным путям. Эти шумовые сигналы совершенно идентичны, но приходят на радиотелескопы с некоторой временной задержкой τ один относительно другого, обусловленной разностью расстояний ΔS от различных радиотелескопов до квазара. Линию, соединяющую центры антенн радиотелескопов 1 и 2, называют вектором базы D (рис. 2).

Вектор базы D имеет длину $D = \Delta S / \cos \beta$, а так как $\Delta S = Vt$, где V — скорость распространения радиоволн, то $\tau = (D/V) \cos \beta$ (β — угол между базой и направлением на квазар), т. е. задержка τ содержит информацию о длине D . Эта задержка измеряется корреляционным методом (рис. 3). Записи сигналов $S(t)$ и $S(t + \tau)$ на телескопах 1 и 2 сводятся вместе в корреляторе, на выходе которого воспроизводится корреляционная функция $K_{12}(\tau) = \langle S(t) \cdot S(t + \tau) \rangle$, имеющая максимум при $\tau = 0$. Сдвигая записи до появления максимума выходного сигнала, определяют задержку τ , равную сдвигу.

На обоих радиотелескопах шумовые сигналы от квазара записываются с учётом меток времени на широкополосные магнитофоны. Записи сводят вместе в центре обработки на корреляторе, перемножающем сигналы с усреднением произведения за большой промежуток времени, который намного больше периода самой низкой частотной составляющей спектра входных сигналов. Это усреднённое произведение есть корреляционная функция входных сигналов, и её значение снимается с выхода коррелятора.

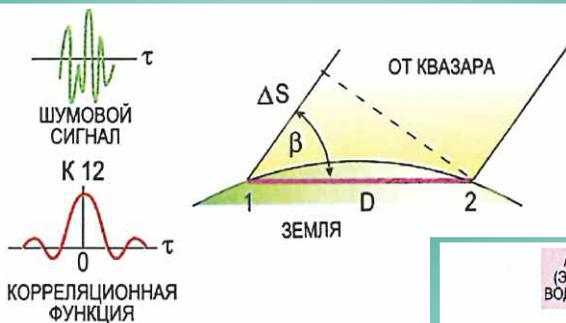


Рис. 2

невозможными в эпоху зарождения радиоастрономии.

С появлением атомных стандартов частоты радиоастрономы синхронизируют результаты наблюдений от нескольких радиотелескопов, разнесённых на огромные расстояния. В результате достигают высокой степени разрешения при астрономических наблюдениях.

При РСДБ используется разнесённый приём радиоизлучений от космических объектов.

Впервые идея РСДБ была предложена учёными нашей страны Н. С. Кар-

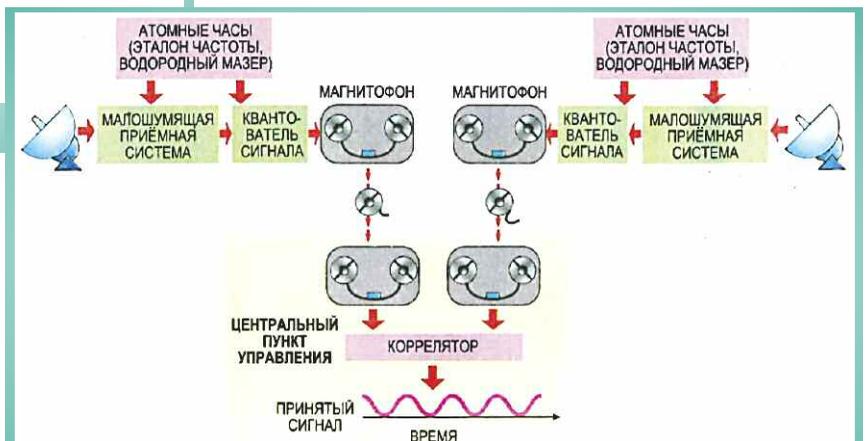


Рис. 3

Сигнал от квазара с антенны поступает в приёмную систему и передаётся в квантовый преобразователь аналогового сигнала в цифровой. Обработанный сигнал вместе с метками времени, которые вырабатывают атомные часы, записываются. В центральном пункте управления записи сигналов от двух радиотелескопов коррелируются для определения временной задержки т.

Теоретически разрешающая способность телескопа определяется как угловой размер наименьшей видимой детали изображения и выражается отношением λ/D , где λ — длина волны излучения, D — диаметр входного отверстия (апертура) [2]. Уже достигнутое практически в радиоастрономии разрешение 0,0001" не противоречит определению этого показателя λ/D . Требуемая для столь высокого разрешения очень большая апертура получается за счёт "апертурного синтеза" — такого способа наблюдения, при котором радиосигналы принимаются и записываются одновременно двумя или более приборами, удалёнными друг от друга на сотни и тысячи километров, а затем складываются. При этом для обеспечения высокой точности сложения в процессе наблюдения поддерживается постоянство фазового соотношения между радиосигналами, которые принимаются различными телескопами, участвующими в виртуальном синтезе. Если это условие соблюдено, принимаемые сигналы — когерентны.

Из-за вращения Земли разность хода ΔS , а следовательно, и задержка τ изменяются (рис. 4). Параметр, пропорциональный скорости изменения задержки, называют частотой интерференции f . По измеренным параметрам τ и f можно получить разность хода ΔS и её изменение во времени. Параметр ΔS является функцией радиус-векторов пунктов 1 и 2 и направления на квазар. Метод РСДБ позволяет определить длину вектора базы с ошибкой 2...3 см и направление на квазар с точностью до 0,001 угловой секунды по обеим угловым координатам [2]. Высокая точность определения длины базы даёт возможность изучать современные движения земной коры в масштабах планеты.

Записи сигналов на радиотелескопах привязаны к единой шкале времени, для чего часы на обеих станциях синхронизируют. Это осуществляется с помощью независимых местных стандартов частоты и времени, которые контролируются по высокостабильному атомному эталону — водородному мазеру с относительной нестабильностью $2 \cdot 10^{-14}$ за сутки. Мазер работает в радиодиапазоне на частоте при-

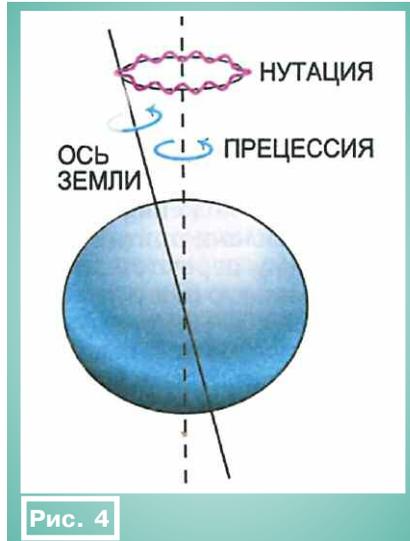


Рис. 4

мерно 1,4 ГГц ($\lambda = 21$ см), а нестабильность $2 \cdot 10^{-14}$ означает, что уход таких "часов" составляет 0,4 за миллион лет. Метки времени записываются одновре-



Рис. 5

менно с записью радиосигналов на обеих станциях РСДБ, и именно по сдвигу одноимённых меток определяют задержку τ при корреляционной обработке записей.

В радиотелескопах применяются полноповоротные параболические антенны диаметром от 20 до 70 м. Телескопы работают в нескольких отдельных диапазонах частот, охватывающих интервал длин волн от нескольких миллиметров до нескольких метров. Приёмные системы радиотелескопов обладают очень высокой чувствительностью. Чтобы свести к минимуму шуму внутри аппаратуры, усилители принимаемых сигналов охлаждаются до температуры 15 К (-258 °С).

В отличие от оптического случая, непосредственной интерференции радиоволн в РСДБ не наблюдают. Она была бы, если два сигнала от одного источника, пройдя различные пути,

приходили бы на один приёмник (телескоп). Но эти сигналы поступают на два отдельных телескопа, огромное расстояние между которыми не позволяет наложить сигналы непосредственно один на другой, как это делается в звёздном интерферометре Майкельсона с помощью системы зеркал.

В случае радиотелескопов речь идёт о синхронизованной интерференции. Дело в том, что в результате обработки получают такой же результат, как если бы наблюдали интерференцию на одном радиотелескопе с диаметром антенны, равном длине базы D — расстоянию между двумя радиотелескопами. Индикатором служит появление сигнала на выходе коррелятора при достаточно близком совпадении записей. Этот сигнал при сдвиге записей прописывает корреляционную функцию, имеющую максимум при $\tau = 0$. В этот момент входные сигналы когерентны и выходной сигнал аналогичен полученному при непосредственной интерференции широкополосных сигналов, поступающих на две антенны.

Высокая точность метода РСДБ обусловлена тем, что использование двух разнесённых антенн даёт разрешающую способность, эквивалентную таковой для одной антенны с огромной апертурой (диаметром), равной длине базы.

На Земле максимальная длина базы, при которой расположенные на её концах радиотелескопы 1 и 2 могут быть направлены на один и тот же участок небесной сферы, составляет примерно 7000 км. Из наблюдений могут быть определены компоненты вектора базы, т. е. три разности координат пунктов 1 и 2 (DX , DY , DZ), по которым вычисляется длина вектора базы D с ошибкой 2...3 см, две угловые координаты квазара с ошибкой 0,001", две координаты точки Северного полюса Земли с ошибкой 3...6 см. Кроме того, определяются параметры прецессии и нутации — явлений, связанных с изменениями направления оси вращения Земли. Ось не сохраняет постоянное положение в пространстве, а описывает конус вокруг перпендикуляра к плоскости земной орбиты (прецессия), и на это движение накладываются колебания относительно среднего положения оси (нутация), обусловленные силами притяжения Солнца и Луны.

РСДБ широко применяют не только для измерения параметров, связанных с Землёй, но и для решения астрономических и астрофизических задач. При этом используется то обстоятельство, что РСДБ позволяет получать высококачественные радиоизображения различных космических объектов, не только квазаров (рис. 5).



Рис. 6

Поскольку метод РСДБ даёт не сами координаты, а их разности, то для перехода к абсолютным координатам необходимо иметь координаты хотя бы из одного пункта сети. Для этого обычно используют метод лазерной локации с искусственных спутников Земли.

Одним из примеров сети РСДБ служит отечественная сеть "Квазар" (рис. 6), задуманная как система радиообсерваторий на территории России и СНГ с передачей данных по спутниковым и оптоволоконным каналам связи в центр управления и обработки. Первая очередь сети по проекту "Квазар" состоит из трёх радиотелескопов с антенными зеркалами диаметром 32 м каждое, расположенных в посёлке Светлое под Санкт-Петербургом (рис. 7), станции Зеленчукская Ставропольского края (рис. 8) и в урочище Бодары в Бурятии, южнее озера Байкал (рис. 9).

Кроме "Квазара", существует европейская РСДБ-сеть EVN (European VLBI Network), американская — VLBA, австралийская — LNA, японский проект — VERA, а также проекты Китая и Южной Кореи.

Следующим шагом в развитии РСДБ стало объединение всех радиотелескопов и сетей в единую мировую радиоинтерферометрическую сеть.

"В 90-е годы, — писал в 1998 г. Н. С. Кардашёв, — в астрономии возникла очень интересная и необычная ситуация — создан принципиально новый радиотелескоп, охватывающий весь земной шар. Все крупнейшие радиотелескопы мира объединены в глобальную систему, они могут по команде наводиться на одну и ту же часть неба. Принимаемые ими сигналы синхронизируются высокостабильными атомными генераторами и обрабатываются. Получающиеся изображения астрономических источников обладают таким же угловым разрешением,

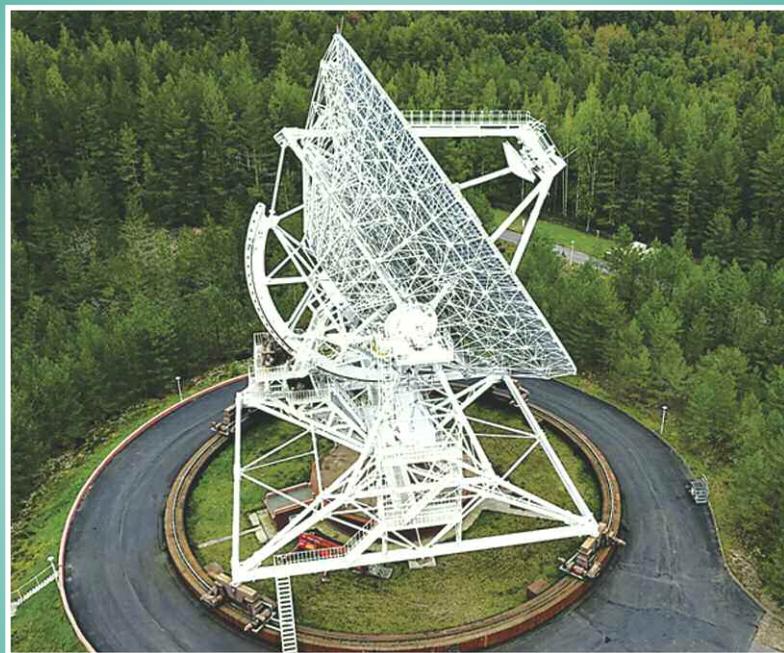


Рис. 7

Дальнейшим шагом в развитии радиоинтерферометрии со сверхдлинной базой стало создание сетей РСДБ из нескольких радиотелескопов, которые управляются из единого центра и наводятся на один объект. Они могут работать в различных интервалах длин волн. Измерительную информацию подвергают совместной обработке, позволяющей получать более подробные сведения о наблюдаемом объекте, чем даёт одна пара радиотелескопов. Разрешающая способность сети определяется отношением длины волны к максимальному расстоянию между её элементами. Для предельно коротких длин волн (миллиметрового диапазона) можно достичь разрешения порядка $0,00003''$, что в миллион раз превышает разрешение человеческого глаза. Из сетей РСДБ можно создать глобальную геодезическую сеть — систему опорных пунктов с известными координатами.



Рис. 8

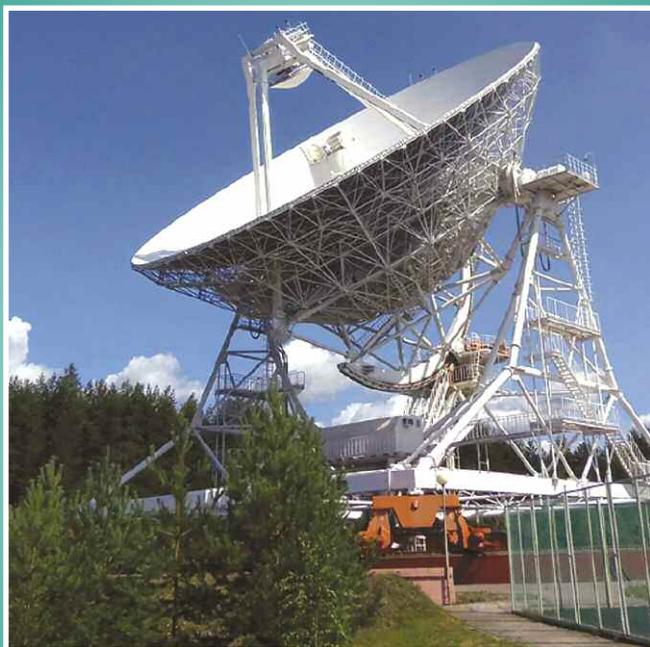


Рис. 9



Рис. 10



Рис. 11

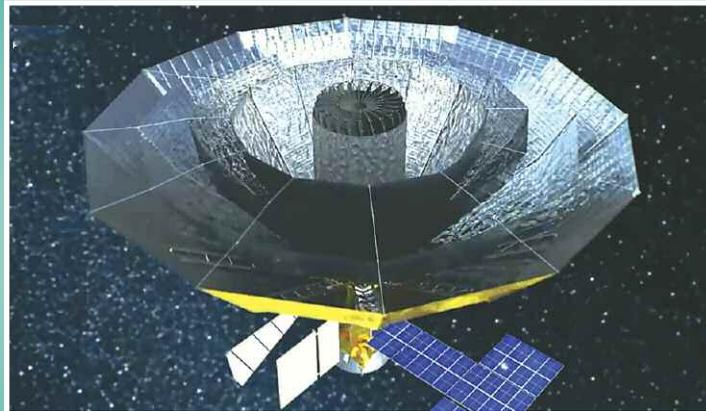


Рис. 12

как если бы мы имели единый радиотелескоп с размерами порядка Земли. Эта глобальная сеть радиоинтерферометров даёт поразительные результаты, которые было трудно предвидеть”.

Все пункты сети “Квазар” включены в Международную глобальную радиоинтерферометрическую сеть. Кроме того, в глобальной сети участвуют ещё несколько инструментов России и СНГ. Это радиотелескопы ОКБ МЭИ диаметром 64 м под Москвой (Медвежьи озёра) и под Калязином (рис. 10), а также 70-метровые радиотелескопы Центров дальней космической связи на востоке (около Уссурийска) и в Крыму (Евпатория). На высокогорном плато Суффа в Узбекистане строится 70-метровый радиотелескоп миллиметровых волн.

Глобальная мировая радиоинтерферометрическая сеть позволяет изучать физические процессы, происходящие в сверхкомпактных космических источниках радиоизлучения (квазары, ядра

галактик, космические мазеры и др.). С её помощью удалось впервые наблюдать очень редкое явление — взрыв сверхновой звезды в его начальной стадии. На базе между радиотелескопом под Калязином и 34-метровой антенной в Кашиме (Япония) проведена серия экспериментов по измерению координат пульсаров — вращающихся нейтронных звёзд. Изучение радиоизображений со сверхвысоким разрешением дало возможность обнаружить чрезвычайно массивные чёрные дыры, работающие как сверхмощный природный ускоритель частиц. Подобные исследования представляют исключительный интерес для астрономии, космологии и физики элементарных частиц.

Самый последний этап в развитии РСДБ — вынос радиотелескопа в космос. Космический радиотелескоп, работающий совместно с наземной сетью, образует радиоинтерферометр,

длина базы которого определяется высотой орбиты, на которую он запущен. Впервые такой проект под названием VSOP (VLBI Space Observation Programme — программа наблюдений с помощью космической РСДБ) осуществили японские исследователи, запустившие в 1997 г. восьмиметровую параболическую антенну на орбиту, максимальное удаление которой от Земли составляет около 20000 км [3]. Глобальная сеть наземных радиоинтерферометров с добавлением космического радиотелескопа VSOP используется для изучения процессов вокруг чёрных дыр, в центрах активных галактик и т. п.

В России предложен крупнейший в мире проект наземно-космической РСДБ — “Радиоастрон”. Его научным руководителем был один из “отцов” РСДБ директор Астрокосмического центра ФИАН академик Н. С. Кардашёв.

В проекте используется десятиметровый космический радиотелескоп "Радиоастрон" (рис. 11) на орбите с максимальным удалением от Земли до 300000 км. Радиointерферометр с такой базой имеет разрешающую способность до одной стотысячной угловой секунды. При таком разрешении наблюдатель с Земли мог бы разглядеть на Луне камешек размером 2 см. В этом глобальном проекте участвуют радиоастрономические обсерватории США, Канады, европейских государств, Китая, Индии и Австралии.

Но мысль учёных идёт ещё дальше. Как отмечал Николай Семёнович Кардашёв, размеры орбиты космического радиотелескопа можно увеличить на много порядков и построить космическую сеть радиотелескопов, работающую совместно с наземной. Для получения наилучших результатов, наивысшего разрешения необходимо правильно выбрать интервал длин волн. При этом следует учитывать два ограничивающих фактора: потери излучения при распространении в космическом пространстве и чувствительность телескопа. Потери излучения в радио-

диапазоне происходят вследствие рассеяния радиоволн на скоплениях межзвёздной плазмы и поглощения в отдельных районах межзвёздной среды. Эти явления меньше всего проявляются в области электромагнитного спектра между радио- и оптическим диапазонами, на длинах волн от нескольких миллиметров до нескольких микрометров в области, оптимальной и с точки зрения чувствительности телескопов. Поэтому дальнейшее развитие радиотелескопии в космосе видится учёным-радиоастрономам в переходе на миллиметровый и субмиллиметровый диапазоны, а в дальнейшем — и на инфракрасный. В Астрокосмическом центре ФИАН разработаны перспективные проекты [4] "Миллиметрон" и "Субмиллиметрон" (рис. 12), предусматривающие создание Международной космической обсерватории-интерферометра "Земля — Космос — Космос", включающей в себя космическую сеть радиотелескопов этих диапазонов.

Таким образом, будущее для размещения такой сети — область на расстоянии 1500000 км от Земли в

противосолнечном направлении. В подобной системе космический телескоп с 12-метровым зеркалом будет эквивалентен по чувствительности наземному радиотелескопу с зеркалом диаметром три километра на волне $\lambda = 2$ см, а в интерферометрическом режиме позволит реализовать разрешение в тысячи раз выше, чем интерферометры с предельной наземной базой.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Матвеев Л.** Радиотелескоп размером с земной шар. — Наука и жизнь, 1973, № 10, с. 25—32.
2. **Кардашёв Н. С.** Радиointерферометрия со сверхдлинными базами. — Вестник РАН, 1998, № 6, с. 529—534.
3. Very Long Baseline Array. — URL: <https://science.nrao.edu/facilities/vlba> (18.11.23).
4. **Gromov V. D., Kardashev N. S., Kuzmin L.** Sub millimeter Space Telescope Project "Submillimetron". — URL: https://www.researchgate.net/publication/44181270_Sub_millimeter_Space_Telescope_Project_Submillimetron (18.11.23).

НОВОСТИ ВЕЩАНИЯ

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

РОССИЯ

ВЛАДИМИРСКАЯ ОБЛ. В Киржаче на частоте 107,1 МГц началась трансляция радио "Юмор FM" (источник — URL: <https://www.gpmradio.ru/news-page/uid/33475> (23.11.23)).

ВОЛОГОДСКАЯ ОБЛ. 26 октября 2023 г. филиал РТРС "Вологодский ОРТПЦ" в торжественной обстановке запустил три радиостанции в Череповце. Впервые на частоте 91,6 МГц заработало "Детское радио". Также начала свою трансляцию радиостанция Like FM на частоте 90,6 МГц, и "Радио Шансон" возобновило трансляцию на новой частоте 88,4 МГц. На текущий момент в Череповце в УКВ-диапазоне доступны 18 радиостанций (источник — URL: <https://vologda.rtrs.ru/prof/rtrs-region/newspaper/teper-v-cherepovtse-rabotaet-18-radiostantsiy/> (23.11.23)).

ЕВРЕЙСКАЯ АО. 4 ноября 2023 г. филиал РТРС РТПЦ ЕАО отметил 85-летие со дня образования радиотелецентра. История основания предприятия неразрывно связана с радиовещанием, которое в России ведётся с 1924 г. С первых дней радиовещанию уделялось большое внимание как основному средству массовой информации большой страны. Была разработана программа развития, строились мощные средневолновые радиостанции, охватывающие своими передачами территории СССР и соседних стран.

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

Последние двадцать лет деятельность филиала была направлена на совершенствование телерадиовещания (источник — URL: https://vk.com/rtrs_info?w=wall-26819787_41602 (23.11.23)).

ИНГУШЕТИЯ. 1 ноября 2023 г. филиал РТРС РТПЦ Республики Ингушетии начал УКВ-трансляцию радио "Ангушт" в Карабулаке. Мощность передатчика — 1 кВт. Трансляция ведётся на частоте 88,4 МГц. Запуск радиостанции стал результатом договорённости главы Республики Ингушетии Махмуда-Али Калиматова и взаимодействия республиканской телерадиокомпании "Магас" с региональным филиалом РТРС (источник — URL: <https://ingushetia.rtrs.ru/tv/radioveshchanie/s-1-noyabrya-peredatchik-rtrs-v-karabulake-nachnet-translyatsiyu-radioprogramm-gau-ri-ntrk-magas/> (23.11.23)).

Власти Ингушетии по итогам совещания в Магасе решили со следующего года запустить вещание нескольких радиостанций за счёт внебюджетных средств. Планируется, что в республике будут вещать пять новых радиостанций: "Радио Шансон", "Радио Дача", Love Radio, "Русский хит" и "Восток". Благодаря их запуску в регионе удастся создать до 130 новых рабочих мест. Вещание радиостанций будет осуществляться не только на русском, но и на ингушском языке (источник — URL: <https://www.interfax-russia.ru/south-and-north-caucasus/news/pyat-radiostantsiy-na-dvuh-yazykah->

[nachnut-veshchat-v-ingushetii-v-2024-godu](https://www.interfax-russia.ru/south-and-north-caucasus/news/pyat-radiostantsiy-na-dvuh-yazykah-nachnut-veshchat-v-ingushetii-v-2024-godu) (23.11.23)).

КАЛУЖСКАЯ ОБЛ. 26 октября 2023 г. "Радио Рекорд" официально начало вещание в Людиново на частоте 101 МГц (источник — URL: https://vk.com/podslushano_40_rus?w=wall-128547540_69254 (23.11.23)).

1 ноября 2023 г. также в Людиново на частоте 96,2 МГц началось вещание "Радио Дача" (источник — URL: <http://www.krutoymedia.ru/news/11502.htm> (23.11.23)).

КИРОВСКАЯ ОБЛ. 1 ноября 2023 г. в Кирове на частоте 89,2 МГц стартовало вещание Love Radio (источник — URL: <http://www.krutoymedia.ru/news/11504.htm> (23.11.23)).

КРАСНОДАРСКИЙ КРАЙ. Радио ХИТ FM начало вещание в Ейске на частоте 98,3 МГц (источник — URL: https://vk.com/tvfm23?w=wall-206132844_1452 (23.11.23)).

В Анапе произошла замена частоты вещания "Автордио". Теперь радиостанция вещает на частоте 105,9 МГц (источник — URL: https://vk.com/tvfm23?w=wall-206132844_1465 (23.11.23)).

ЛЕНИНГРАДСКАЯ ОБЛ. На частоте 101,5 МГц в Лодейном поле и на частоте 101,2 МГц в Подпорожье началось вещание "Русское Радио". Мощность передающего оборудования — 100 Вт (источник — URL: https://vk.com/tvradio47?w=wall-67314840_4981 (23.11.23)).

ЛИПЕЦКАЯ ОБЛ. 7 ноября 2023 г. в Липецке на частоте 91,7 МГц началось вещание "Наше Радио" (источник — URL: <https://nsn.fm/music/nashe-radio-nachalo-veshchanie-v-lipetskenu-chastote-917-fm> (23.11.23)).

МОРДОВИЯ. 17 ноября 2023 г. стартовало наземное и интернет-вещание новой радиостанции "Притяжение FM".

Наземное радиовещание в круглосуточном режиме будет производиться в Zubovo-Polyanskом районе Республики Мордовии, а также на значительном участке федеральной автомобильной трассы М5 (Москва—Самара—Челябинск) на частотах 102 МГц (Зубова Поляна) и 87,6 МГц (Явас) (источник — URL: https://vk.com/prifm?w=wall-128411059_42825 (23.11.23)).

МОСКОВСКАЯ ОБЛ. В Шатуре произошла смена частоты Comedy Radio. Новая частота вещания радиостанции — 101,6 МГц (источник — URL: https://vk.com/radiocityfm?w=wall-49627133_893 (23.11.23)).

НИЖЕГОРОДСКАЯ ОБЛ. С 1 ноября 2023 г. на частоте 96,4 МГц в Нижнем Новгороде началось вещание радиостанции "Радио Шоколад". Владелец частоты ООО "Волга-Радио" произвёл замену радиоканала "Радиола" на программу московского сетевого партнёра "Радио Шоколад". Трансляция осуществляется с башни Нижегородского областного радиотелевизионного передающего центра, мощность передатчика — 1 кВт. Система RDS в настоящее время отключена (источник — URL: https://vk.com/radionov?w=wall-24242046_6059%2Fall (23.11.23)).

ОРЕНБУРГСКАЯ ОБЛ. "Детское радио" зазвучало в Оренбурге 23 октября 2023 г. на частоте 99,3 МГц. Мощность передатчика — 1 кВт (источник — URL: <https://www.gpmradio.ru/news-page/uid/33315> (23.11.23)).

ПРИМОРСКИЙ КРАЙ. Радиостанция "Приморская волна" в Дальнереченске уже вещает на новой частоте 89,8 МГц (источник — URL: https://vk.com/tv_fm?w=wall-57714744_14419%2Fall (23.11.23)).

СВЕРДЛОВСКАЯ ОБЛ. В Асбесте 28 октября 2023 г. на частоте 101,7 МГц начала вещание радиостанция "Маруся FM", а 29 октября 2023 г. на частоте 99,7 МГц начала вещание радиостанция DFM (источник — URL: https://vk.com/ekbradiotv?w=wall-20890825_30671%2Fall (23.11.23)).

САМАРСКАЯ ОБЛ. В Тольятти на частоте 104,4 МГц начала круглосуточное вещание радиостанция "За облаками" (источник — URL: https://vk.com/samara_fm?w=wall-18663493_50069%2Fall (23.11.23)).

СТАВРОПОЛЬСКИЙ КРАЙ. С 1 ноября 2023 г. в Ставрополе начало вещание "Детское радио" на частоте 89,8 МГц (источник — URL: https://vk.com/public204049665?w=wall-204049665_1157 (23.11.23)).

ТАМБОВСКАЯ ОБЛ. На частоте 90,2 МГц в Тамбове началось вещание радиостанции "Маруся FM" (источник — URL: https://vk.com/radiomarusyafm?w=wall-144294334_24862 (23.11.23)).

ТВЕРСКАЯ ОБЛ. В г. Осташкове с 13 ноября 2023 г. начались трансляции Radio Energy (частота вещания — 107,2 МГц) и Radio VANR (частота вещания — 101,7 МГц) (источник — URL: https://onair.ru/main/enews/view_msg/NMID_87570/ (23.11.23)).

ТЮМЕНСКАЯ ОБЛ. 1 ноября 2023 г. к сети вещания радиостанции Love Radio присоединился 21 населённый пункт Тюменской области: Аббатское,

частота вещания — 105,1 МГц; Армизонское, частота вещания — 103,9 МГц; Аромашево, частота вещания — 105,2 МГц; Бердюжье, частота вещания — 104,6 МГц; Большое Сорокино, частота вещания — 101,9 МГц; Вагай, частота вещания — 97,5 МГц; Викулово, частота вещания — 104,5 МГц; Шабаново (Голышманово, Омутинское), частота вещания — 88,7 МГц; Демьянское, частота вещания — 102,1 МГц; Заводуковск, частота вещания — 88,1 МГц; Ишим, частота вещания — 101,7 МГц; Исетское, частота вещания — 99 МГц; Казанское, частота вещания — 91,4 МГц; Нижняя Тавда, частота вещания — 104 МГц; Нагорный, частота вещания — 100,8 МГц; Сладково, частота вещания — 99 МГц; Тобольск, частота вещания — 105,3 МГц; Упорово, частота вещания — 99,8 МГц; Юргинское, частота вещания — 105 МГц; Ялуторовск, частота вещания — 92,2 МГц; Ярково, частота вещания — 90,2 МГц (источник — URL: <http://www.krutoymedia.ru/news/11504.htm> (23.11.23)).

УДМУРТИЯ. Теле радиовещательная компания "Удмуртия" (телеканал "Удмуртия", радио "Моя Удмуртия") включена в прогнозный план приватизации собственности республики на 2024 г. По словам пресс-службы Главы и правительства региона, решение принято в связи с требованиями федерального законодательства о реорганизации государственных и муниципальных унитарных предприятий. "Такие организации должны быть ликвидированы или реорганизованы до 1 января 2025 г. В противном случае они будут ликвидированы в судебном порядке по иску антимонопольного органа" (источник — URL: https://onair.ru/main/enews/view_msg/NMID_87345/ (23.11.23)).

ХАБАРОВСКИЙ КРАЙ. 1 ноября 2023 г. исполнилось 25 лет радиостанции Хабаровского края "Восток России" (источник — URL: https://onair.ru/main/enews/view_msg/NMID_87463/ (23.11.23)).

ЗАРУБЕЖНОЕ ВЕЩАНИЕ

АЗЕРБАЙДЖАН. "Азербайджанское международное радио" с 1 ноября перешло на 24-часовой режим вещания в Карабахском регионе. Вещание на данный момент охватывает только Карабахский регион и осуществляется на частоте 101,1 МГц. В ближайшем будущем планируется охватить весь Азербайджан. "Азербайджанское международное радио" было создано в 1941 г. (источник — URL: https://onair.ru/main/enews/view_msg/NMID_87460/ (23.11.23)).

ВАТИКАН. В связи с переходом на зимнее время, начиная с 29 октября 2023 г., в расписании вещания на русском языке на коротких волнах произошли следующие изменения. Первая передача дня выходит в эфир в направлении Сибири с 12.30 до 12.50 на частотах 11805 кГц и 9810 кГц (передатчики мощностью 250 кВт в Тинанг (Филиппины)). Передача повторяется в направлении Европейской России с 16.20 до 16.40 на частотах 7360 кГц и 9705 кГц (передатчик мощностью 250 кВт в

Санта-Мария-ди-Галерия (Ватикан)). На следующий день передача идёт в повторе в направлении России с 05.00 до 05.20 на частотах 7360 кГц и 9710 кГц (передатчик мощностью 250 кВт в Санта-Мария-ди-Галерия (Ватикан)). Святая Месса латинского обряда на русском языке из часовни Благовещения в Ватикане передаётся во второе и четвёртое воскресенье каждого месяца в направлении Европейской России с 09.30 до 10.50 на частотах 15595 кГц и 17790 кГц (передатчик мощностью 250 кВт в Санта-Мария-ди-Галерия (Ватикан)) (источник — URL: <http://www.novosibdx.info/schedules.html> (23.11.23)).

ВЬЕТНАМ. "Голос Вьетнама" в зимнем сезоне 2023—2024 гг. на русском языке вещает с 11.30 до 11.57 на частоте 7220 кГц, направление вещания — Сибирь, а с 16.30 до 16.57 — на частотах 9730 кГц и 11885 кГц, направление — Европа. Передатчики мощностью 100 кВт расположены во Вьетнаме (источник — URL: <http://www.novosibdx.info/schedules.html> (23.11.23)).

КЫРГЫЗСТАН. Биричин Радио — "Первое радио" вещает с 00.00 до 12.00 на частоте 612 кГц (мощность передатчика — 100 кВт, направление вещания — местное) и с 00.00 до 18.00 на частоте 4010 кГц (мощность передатчика — 50 кВт, направление вещания — местное). Географически передатчики расположены в Красной Речке (Киргизия). Передаются программы на русском и киргизском языках. Выпуски новостей порусски выходят в эфир по будням (понедельник—пятница) в 01.05, 03.00, 04.30, 05.30 и 16.11; понедельник и пятница — в 07.50; суббота — в 01.30, 02.19, 05.00, 06.40, 08.00 и 10.00; в воскресенье — в 04.30, 08.00 и 14.00 (источник — URL: <http://www.novosibdx.info/schedules.html> (23.11.23)).

МОЛДОВА. День "Национального радио" будет отмечаться ежегодно 1 ноября в благодарность людям, внёсшим вклад в развитие радиосвязи и информирования слушателей. Соответствующее постановление правительства вступит в силу со дня опубликования (источник — URL: https://onair.ru/main/enews/view_msg/NMID_87417/ (23.11.23)).

Сайт радиостанции Sputnik оказался в числе подлежащих блокировке в Молдове. Служба информации и безопасности (СИБ) Молдовы опубликовала список сайтов СМИ, которые будут заблокированы на территории страны, в том числе радио Sputnik и другие ведущие СМИ России (источник — URL: https://onair.ru/main/enews/view_msg/NMID_87427/ (23.11.23)).

РУМЫНИЯ. "ИнтерРадио Румыния" на русском языке выходит по следующему расписанию: с 05.30 до 05.56 в аналоговом формате в направлении России — на частоте 9420 кГц. С 14.00 до 14.56 — на частоте 13690 кГц в направлении Дальнего Востока. С 16.00 до 16.26 — в направлении России на частоте 13740 кГц. Передатчики расположены в Цигэнешть, недалеко от Бухареста. Для вещания в аналоговом формате используется мощность 300 кВт.

Хорошего приёма и 73!

Музыкальный инструмент Sensor Ton

А. НОСОВЕЦ, г. Новосибирск

Церковный орган — сложный и дорогой инструмент. Поэтому композитор Иоганн Себастьян Бах не допускал учеников к нему, пока они не научатся играть на досках, на которых были нарисованы клавиши. Так и мы перед покупкой сложного и дорогого инструмента будем учиться играть на досках, на которых нарисованы клавиши, но немного доработанные...

1. Эмуляторы (вместо введения)

В Интернете доступны для бесплатного скачивания программы-эмуляторы различных музыкальных инструментов. В частности, программы виртуальных пианино с приемлемым звуком и

кательную и образовательную ценность приложения. Программу можно русифицировать и подключать качественные звуки пианино, скачав их с сайта. После установки и запуска программы на компьютере необходимо выбрать инструмент, например TruePianos (рис. 1) (при этом плагин скачивается отдельно). Затем можно выбрать тип клавиатуры (рис. 2).

Конечно, исполнять музыкальные произведения придётся на клавиатуре компьютера, нажимая на кнопки, что очень неудобно. Хотя у программы есть функции поддержки внешней MIDI-клавиатуры и VST (Virtual Studio Technology), но мы с вами пойдём другим путём.

2. Плата МК от клавиатуры

Для связи клавиатуры синтезатора с компьютером мы будем использовать интерфейсную плату с микроконтроллером (МК) от компьютерной USB-клавиатуры. Плата МК будет осуществлять опрос состояния матрицы клавиатуры и посылать через USB-порт в компьютер коды нажатых клавиш или функциональных кнопок.

При обследовании плат с МК от компьютерных клавиатур различных типов и производителей выяснилось, что среди них есть существенные различия в размещении кнопок в матрице, а также в программных решениях в работе МК при опросе столбцов и строк, из которых состоит матрица клавиатуры. Несмотря на эти различия, у них одна задача, которая состоит в определении столбца и ряда, которые замыкаются при нажатии на соответствующую кнопку. Причём число одновременно нажатых кнопок (клавиш) может достигать до шести.

Забегая вперёд, необходимо сказать, что может быть такой случай, что одновременно нажатые определённые клавиши не будут звучать на пианино, так как схема матрицы может быть



Рис. 1



Рис. 2

возможностями. Одна из них — Every Piano (фортепиано для всех). Программа способна воспроизводить звуки, точно имитирующие настоящее фортепиано. Фактически звук Every Piano звучит настолько аутентично, что даже имитирует педаль пианино.

Помимо реалистичности, приложение позволяет записывать, настраивать клавиатуру, воспроизводить партитуру, полутона и многое другое. Есть также множество партитур, которые можно использовать, чтобы улучшить свои навыки игры на фортепиано.

С официального сайта Everyone Piano <<https://www.everyonepiano.com>> можно загрузить различные плагины, которые могут повысить развле-



Рис. 3

В этой статье будет рассказано, как изготовить свою клавиатуру, на которой будет также привычно и удобно играть как на настоящем клавишном инструменте — синтезаторе-пианино.

такой, что МК будет не способен одновременно обслужить именно эти кнопки (клавиши).

Для начала необходимо определить назначение выводов платы МК и составить соответствующую таблицу. Выводы МК для подключения матрицы на платах обычно маркируются буквами с индексами R и C (Row — ряд, Column — столбец). Если маркировки на плате нет, ряды и столбцы можно найти с помощью осциллографа по разным видам сигналов, при этом необходимо помнить, что столбцов больше, чем рядов, и при их поиске можно

по-своему пронумеровать выводы платы.

Перед прозвонкой выводы на плате МК необходимо зачистить скальпелем от графитного напыления до меди и

	C0	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15
R0	Q D-1	W E-1	E F-1	R G-1	U C	I D	O E	+ num B+1	9 num A+1	8 num G+1	7 num F+1			P F	Scroll Lock	Pause Break Stop
R1	Tab C-1		F3 LS	T A-1	Y B-1	J A	F7 RO+			5 num D#+2	4 num C#+2	Shift nes. E-3	Back Space A#	[G		
R2		S F#-3	D G#-3	F A#-3	J D#-2		L F#-2	Enter num F+2	3 num E+2	2 num D+2	1 num C+2	Shift nes B-2		G#-2		
R3			F4 RS		H C#-2	F6 LO-							F11 RV+		A#-2	
R4	Z F-3	X G-3	C A-3	V B-3	M E-2	< F-2	> G-2		* num A#+1	/ num G#+1	Вкл.num без флик F#+1		Enter B			
R5			B C-2	N D-2									F12 RV-		A-2	
R6		F1 K+	F2 K-	5 G#-1	6 A#-1	+ G#	F8 RO-	Home D#+1		Insert C#+1	Delete C+1		F9 LV+	- F#		
R7	1 C#-1	2 D#-1		4 F#-1		8 C#	9 D#	End D+1	Page Down E+1				F10 LV-		Print Scrn Play	F5 LO+

Рис. 4

Клавиши	Название нот	Контр октава	Большая октава	Малая октава	Первая октава	Вторая октава	Третья октава
	До		C ₂	C ₁	C	C ₊₁	C ₊₂
	До-диез		C [#] ₂	C [#] ₁	C [#]	C [#] ₊₁	C [#] ₊₂
	Ре		D ₂	D ₁	D	D ₊₁	D ₊₂
	Ре-диез		D [#] ₂	D [#] ₁	D [#]	D [#] ₊₁	D [#] ₊₂
	Ми	E ₃	E ₂	E ₁	E	E ₊₁	E ₊₂
	Фа	F ₃	F ₂	F ₁	F	F ₊₁	F ₊₂
	Фа-диез	F [#] ₃	F [#] ₂	F [#] ₁	F [#]	F [#] ₊₁	F [#] ₊₂
	Соль	G ₃	G ₂	G ₁	G	G ₊₁	
	Соль диез	G [#] ₃	G [#] ₂	G [#] ₁	G [#]	G [#] ₊₁	
	Ля	A ₃	A ₂	A ₁	A _(440 Гц)	A ₊₁	
	Ля-диез	A [#] ₃	A [#] ₂	A [#] ₁	A [#]	A [#] ₊₁	
	Си	B ₃	B ₂	B ₁	B	B ₊₁	

Рис. 5

затем залудить (рис. 3). После их нужно прозвонить перемычкой из провода, попеременно замыкая между собой ряды со столбцами и заполнить таблицу расположения кнопок и нот на матрице. Пример таблицы матрицы расположения клавиш клавиатуры компьютера и соответствующие им клавиши нот синтезатора показан на рис. 4. В пересечении столбцов и строк в ячейках сверху указано наименование соответствующей кнопки компьютерной клавиатуры, а внизу указана нота клавиши либо наименование функциональной кнопки синтезатора.

Обозначение нот на будущей клавиатуре синтезатора показано на рис. 5, где нижний индекс обозначает соответствующую октаву синтезатора. При прозвонке платы МК нужно помнить, что при некоторых комбинациях замкнутых выводов компьютер может уйти в "сон" либо выключиться. Для прозвонки можно использовать программу Keyboard Test Utility 1.4.0, которую можно свободно скачать из Интернета или прозвонить онлайн на сайте <https://key-test.ru/>.

3. Матрица

После прозвонки платы МК приступают к изготовлению основной платы матрицы, повторяющую матрицу компьютерной клавиатуры, состоящую из столбцов и рядов (строк). Далее по технологии, описанной в [1], изготавливаем печатную плату матрицы, плату для

МК и функциональных кнопок. Её чертёж распечатывают на самоклеящейся бумаге формата А4 по размерам, указанном на рис. 6 (на сайте журнала) и рис. 7. На рис. 8 показан чертёж платы 1 матрицы для установки навесным монтажом ключей на транзисторах серии КТ315, эмиттеры подключают к линии (проводу) соответствующего столбца, коллектор — к проводу соответствующей линии строки, а вход (базу) подключают к выходам сенсорных элементов через резисторы сопротивлением 10 кОм. В качестве ключевых транзисторов могут быть использованы любые маломощные транзисторы, например, серий КТ315, КТ3102, КТ3117, ВС547, 2N2222, 2SC1815. Резисторы — любые мощностью 0,125 Вт.

На площадку 2 устанавливают плату МК от компьютерной клавиатуры, 3 — место для установки тактовых кнопок.

Плату клавиатуры изготавливают из картона толщиной 2 мм от канцелярской папки-регистратора. На картон наклеивают чертежи будущих плат. Предварительно чертежи для защиты необходимо заламинировать или покрыть прозрачным скотчем, а потом вырезать их по контуру. Картон лучше резать ножом (рис. 9).

Так как размеры платы больше размеров используемой папки, плату делают из двух частей, которые склеивают клеем ПВА встык, а с задней стороны по краям армируют планками из стеклотекстолита, приклеенными "Су-

перклеем" к картону. После высыхания клея на плате шилом отмечают будущие отверстия, которые затем сверлят сверлом диаметром 1,2 мм. Монтаж на плате ведут медным одножильным лужёным проводом диаметром 0,4...0,5 мм.

Сначала прокладывают провода строк R и крепят их нитками № 10 к плате (рис. 10). Провода столбцов прокладывают снизу платы и в нужных местах выводят наверх, где формируют в виде стяжки (при создании колечка провод может оборваться) для припаивания в последующем в нужных пересечениях столбцов и строк выводов кнопок или выводов ключевых транзисторов (рис. 11). Если на плате МК клавиатуры детали установлены с одной стороны, её крепят к общей плате матрицы с помощью двухсторонней липкой ленты (скотча). Если же детали на плате МК размещены с двух сторон, её устанавливают на монтажные стойки достаточной высоты.

Так как сама плата МК обычно изготовлена из хрупкого гетинакса, для увеличения её жёсткости можно снизу приклеить к ней двухсторонним скотчем пластину из стеклотекстолита толщиной 1 мм. Рядом с выводами платы МК сверлят отверстия на плате матрицы для проводов, которые будут соединять выводы платы МК со строками, столбцами и функциональными кнопками. Контакты для кнопок на плате делают в виде скобок из лужёного одножильного медного провода толщиной 0,5 мм, к которым впоследствии припаивают выводы кнопок (тактовые типа КЛС7). USB-кабель крепят нитками к основной плате рядом с платой МК (рис. 12). Для соединений используется провод МГТФ-0,12 (рис. 13 и рис. 14).

Для большей надёжности плата крепится винтами М3 к шасси, которое изготовлено из оргстекла толщиной 3...4 мм (рис. 15 на сайте журнала).

4. Контакты клавиатуры

Самое простое, что дальше можно сделать, это взять детское электропианино, под клавишами которого уже есть кнопки, которые надо подключить про-

Рис. 9



Катушка индуктивности L1 содержит 100 витков провода ПЭВ-2 0,15, намотанного внавал на корпусе резистора МЛТ-0,5, его номинальное сопротивление должно быть не менее 100 кОм. Возможно использование готовых катушек индуктивностью 10...30 мкГн. Катушки (рис. 17) изготавливают намоточном станке с помощью приспособления, чертежи которого показаны на рис. 18 (на сайте журнала). Перед намоткой на резистор одевают ПВХ-трубку (кембрик), в которую упираются текстолитовые шайбы. После намотки провода шайбы удаляют, витки скрепляют между собой клеем БФ-6. Концы выводов катушки провода припаивают

Рис. 10

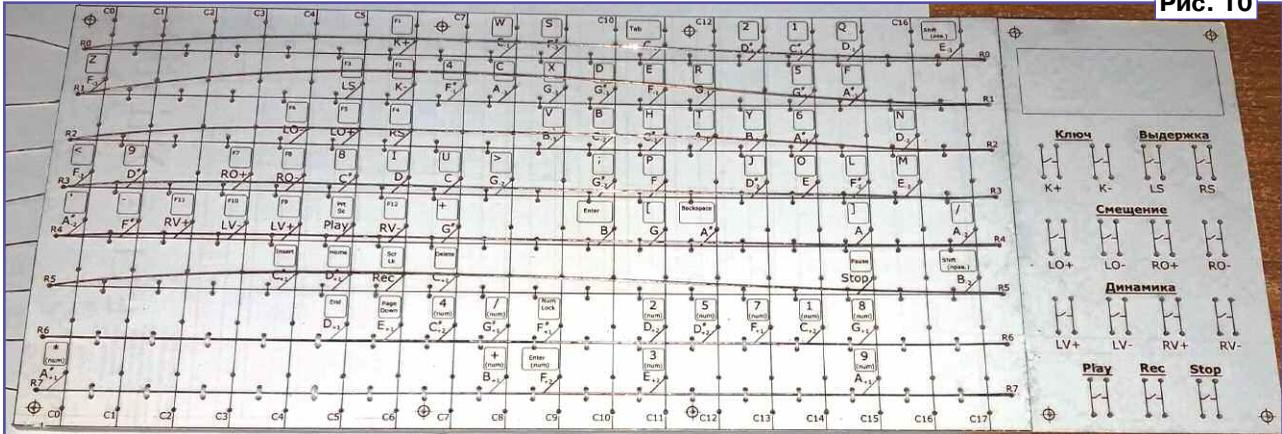


Рис. 12

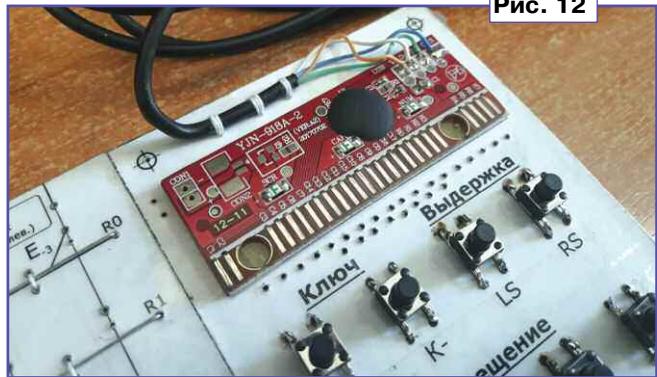


Рис. 13

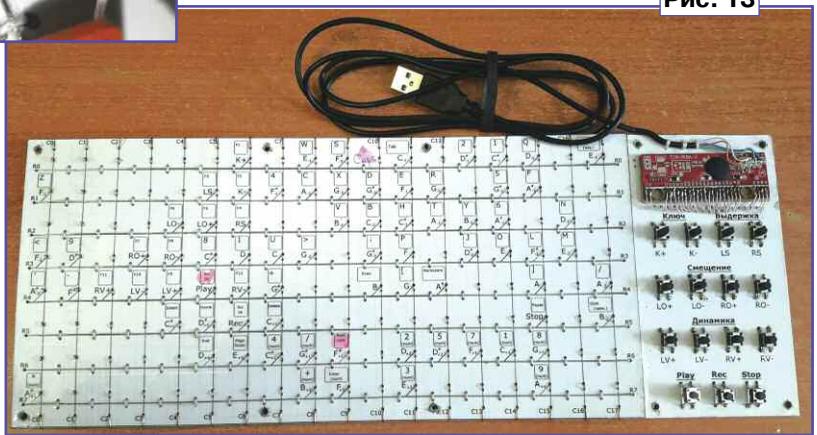
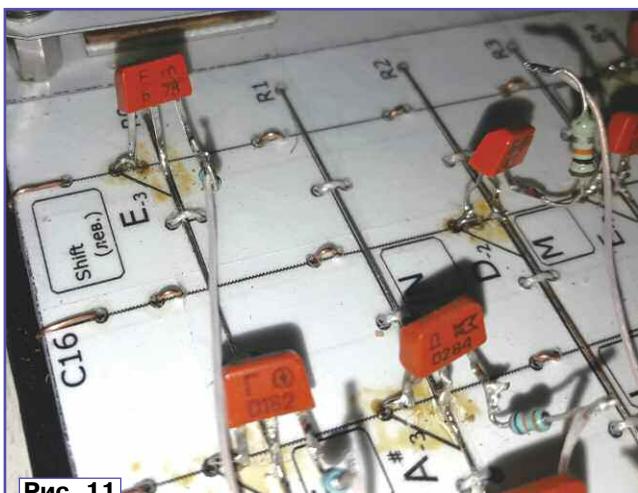


Рис. 11



венно меньше помех. В исходном состоянии транзистор VT2 закрыт, и инвертированное транзистором VT3 напряжение на выходе датчика соответствует лог 0. При касании сенсорного элемента E1 ВЧ-генератор начинает работать, транзистор VT2 открывается, закрывая транзистор VT3, поэтому на выходе устройства появляется лог 1, которая открывает транзистор VT1 на плате матрицы, тем самым соединяя соответствующий столбец C со строкой R, а МК, в свою очередь, выдаёт компьютеру код нажатой клавиши. Этот сенсор надёжно срабатывает при прикосновении пальцев к сенсорному контакту E1.

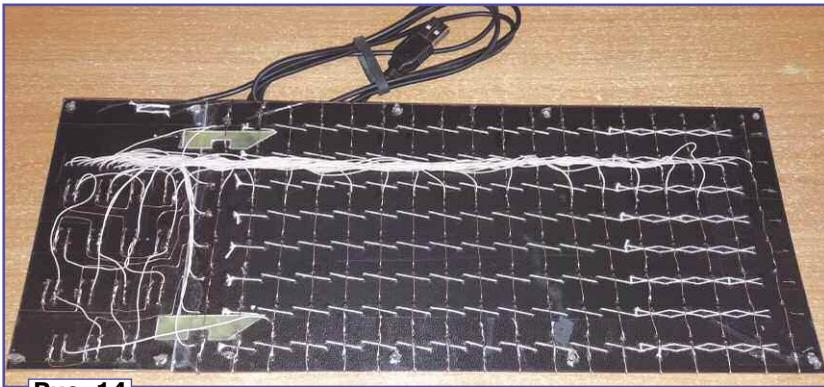


Рис. 14

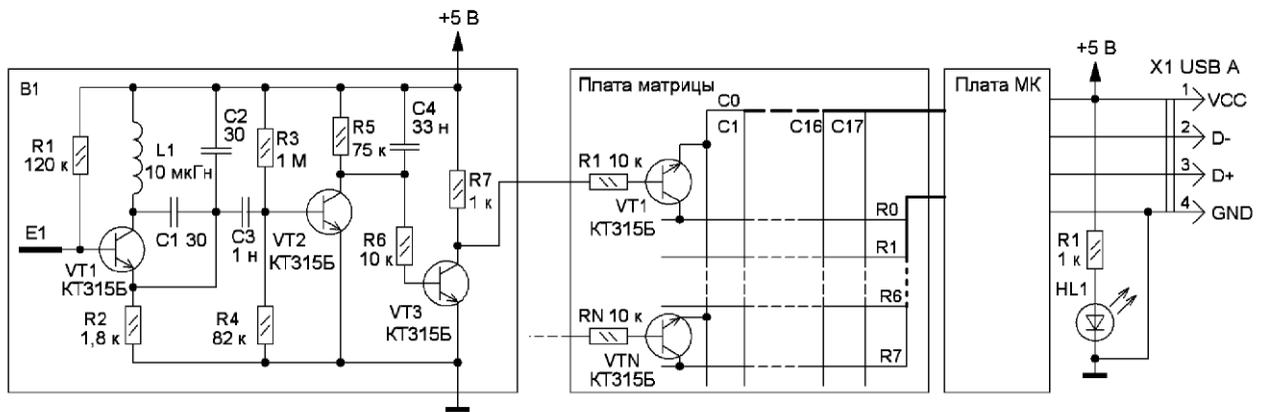


Рис. 16

к выводам резистора. Элементы сенсоров В1 смонтированы на односторонних печатных платах из стеклотекстолита размерами 150×80 мм, по восемь штук сенсоров на плате, чертёж которой показан на рис. 19 (на сайте журнала). Печатная плата была разработана под имеющиеся в наличии радиодетали: трубчатые конденсаторы серии КТ, резисторы МЛТ, её размеры — для термопресса, описанного в [5].

Для этого варианта клавиатуры корпус синтезатора не разрабатывался.

Второй вариант сенсорной клавиатуры состоит из готовых ёмкостных датчиков приближения HW-763 (рис. 20) на микросхемах TTP223-BA6 [6], которые можно приобрести в Интернете. Размеры одной платы — 15×11 мм. Схема подключения платы сенсора В1 к плате матрицы показана на рис. 21. На плате датчика, помимо микросхемы DD1, установлены блокировочный конденсатор по питанию С2 ёмкостью 4,7 мкФ, а также запитанный через резистор R1 светодиод HL1 красного свечения, который включается при срабатывании микросхемы, и на выходе микросхемы появляется лог. 1.

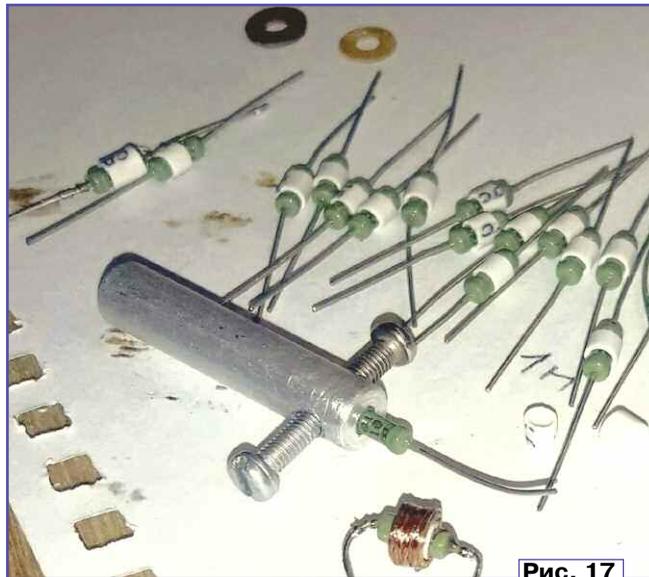


Рис. 17

При налаживании устройства оказалось, что датчики очень чувствительны к помехам, что проявлялось их ложным срабатыванием (хаотичным включением и выключением). Поэтому, для того чтобы снизить их чувствительность, на каждую плату датчика установлен конденсатор С1 ёмкостью 62 пФ. Согласно [6] регулировать чувствительность датчиков можно, изменяя номинал этого

конденсатора от 0 до 50 пФ. Изначально конденсатор С1 на плате отсутствует, а установленный с номиналом 62 пФ — наименьший, что был в наличии в достаточном количестве.

Выход платы датчика через резистор R1 сопротивлением 10 кОм поступает на базу транзистора VT1, который располагается на плате матрицы в нужном пересечении ряда и столбца, как и в первом варианте клавиатуры.

Из особенностей данного сенсора нужно отметить, что при удержании на нём пальца руки более 9...12 с он автоматически переходит в режим низкого энергопотребления (ожидания), при этом на выходе его платы устанавливается лог. 0.

6. Клавиатура

Размеры клавиатуры и клавиш (рис. 22 на сайте журнала и рис. 23 на сайте журнала), как у синтезатора YAMAHA PSS-A50. Клавиши пианино распечатывают на самоклеящейся бумаге, сверху для защиты приклеивают прозрачный скотч, и приклеивают его на основное шасси размерами 740×170 мм и толщиной 5 мм, выполненное из оргстекла (рис. 24 на сайте журнала). Желательно, чтобы основание было по длине с небольшим запасом.

Далее рассказывается о сборке клавиатуры и синтезатора в целом для второго варианта. Так как при покупке платы сенсоров они были скреплёнными между собой по десять штук, было принято решение не разделять их, а прикрепить такую сборку к одноразовой деревянной палочке (размеры — 140×6×2 мм) для размешивания чая (кофе) с помощью двухстороннего скотча. В палочке с двух концов сверлят два отверстия, предварительно зажав её конец в тиски, для того чтобы при сверлении она не раскололась (рис. 25).

Шины питания для сенсоров изготовлены из лужёного медного одно-

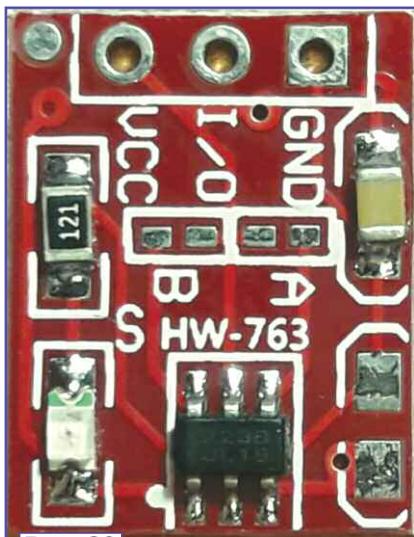


Рис. 20

по всей длине, и крепят их к шасси винтами М3. Также к основному шасси с помощью четырёх винтов М4 крепят шасси, на котором установлены платы матрицы и МК с функциональными кнопками. Резьбу нарезают непосредственно в оргстекле (рис. 28 на сайте журнала). Шины питания всех сенсоров подключены к питанию платы МК (рис. 29).

Поверх наклеенных клавиш наклеивают сенсорные контакты из алюминиевого скотча размерами 11×35 мм для белых клавиш и 8×35 мм — для чёрных клавиш. Затем сверлят отверстия диаметром 1 мм в нужных местах для проводов, идущих к сенсорам (рис. 30).

Далее проводом МГТФ-0,12 проводят подключение плат сенсоров. Со стороны платы провод припаивают к его входу, а со стороны клавиш оголённый провод с метёлочкой на конце закрывают алюминиевым скотчем (рис. 31). На основной плате матрицы распаяивают транзисторы, и к их базам припаивают резисторы. Эту плату крепят к

основанию из оргстекла, которое крепят к основанию клавиатуры.

От сенсорных плат провода к плате матрицы пропускают вдоль натянутой нитки (обмотанной вдоль оргстекла клавиатуры) до своего транзистора на основной плате. Также на ней закреплено вспомогательное кольцо, через которое пропускаются все провода (рис. 32). Чтобы при распайке не запутаться, уже распаянные клавиши лучше пометить точкой жёлтым маркером. С нижней стороны сенсорные платы, а также провода, идущие от них к клавишам, экранируют алюминиевым скотчем, который также выполняет механическую защиту проводов, защищая их от обрыва. Сверху на клавиатуру наклеивают ещё одну самоклеящуюся бумагу, защищённую прозрачным скотчем (рис. 33).

7. Корпус и кнопки управления

Внешний вид расположения клавиш музыкального инструмента пока-

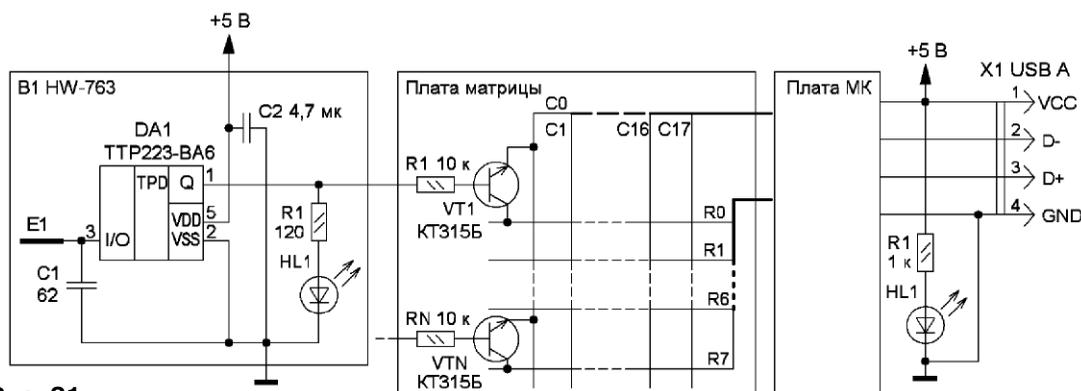


Рис. 21

жильного провода диаметром 0,5 мм. В деревянном бруске размерами 10×10 мм достаточной длины делают отверстия для выводов шины питания с нужным шагом. Для этого прикладывают сборку плат к бруску и делают шилом через отверстия в плате отметки. По этим отметкам сверлят сквозные отверстия диаметром 1 мм. С двух концов бруска вбивают по два гвоздика, к ним изначально с небольшим натяжением крепят одиночный провод. После протягивается другой отрезок провода, который змейкой пропускают через отверстия в бруске и обматывают вокруг первого закреплённого провода.

Далее со стороны контактов первого и второго проводов оба провода спаивают, а снизу петли разрезают кусачками (рис. 26). Всю конструкцию шины питания вынимают из бруска, формируют и впаивают в платы сенсоров (рис. 27). Видео изготовления шин питания для плат имеется по адресу <https://youtu.be/hdBf0UHwoMk?si=NRnuuxY8bF7X_Cny>.

На основном шасси равномерно распределяют планки с платами сенсоров



Рис. 25

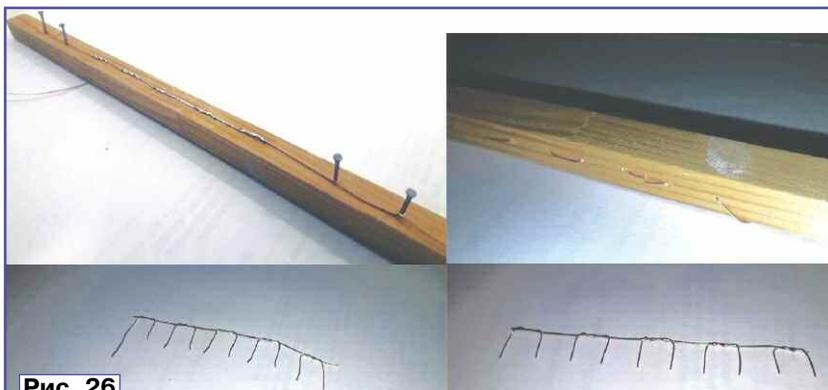


Рис. 26

зан на рис. 34. Размеры устройства — 302×778 мм, сборочный чертёж показан на рис. 35, а — рис. 35, в. На рис. 35, а — вид сверху со снятой крышкой, на рис. 35, б — вид спереди со снятой крышкой, на рис. 35, в — разрез сбоку с верхней крышкой. На этих рисунках 1 — шасси для платы матрицы (оргстекло толщиной 5 мм), размеры — 140×385 мм), 2 — основное шасси (оргстекло толщиной

5 мм, размеры — 177×740 мм), 3 — основание (фанера толщиной 6,5 мм, размеры — 298×740 мм), 4 — задняя стенка (фанера толщиной 6,5 мм, размеры — 41×740 мм), 5 — боковая стенка, 2 шт. (фанера толщиной 19 мм), 6 — брусок 5 шт. (дерево, размеры —

11×11×130 мм), 7 — верхняя крышка (фанера толщиной 6,5 мм, размеры — 165×740 мм), 8 — передняя крышка (фанера толщиной 6,5 мм, размеры — 60×740 мм).

К шасси 1 крепятся платы матрицы и МК десятью винтами М3. Шасси 1 кре-

пится к основному шасси 2 четырьмя винтами М4. К основному шасси 2 также крепятся платы проводов с клавиатурой. В таком виде проводится распайка плат сенсоров к плате матрицы, а также производится налаживание устройства.

Общие габаритные размеры устройства — 302×778×58 мм, масса — 3,6 кг. Диапазон — 62 клавиши от ноты Ми контроктавы до ноты Фа третьей октавы.

Чертёж основания 3 показан на рис. 36 (на сайте журнала). Чертёж задней стенки 4 показан на рис. 37 (на сайте журнала). Чертёж боковой стенки 5 показан на рис. 38 (на сайте журнала). Для печати на самоклеящейся бумаге чертежа боковой стенки можно использовать рис. 39 (на сайте журнала). Чертёж верхней крышки 7, 8 показан на рис. 40 (на сайте журнала).

Рис. 27

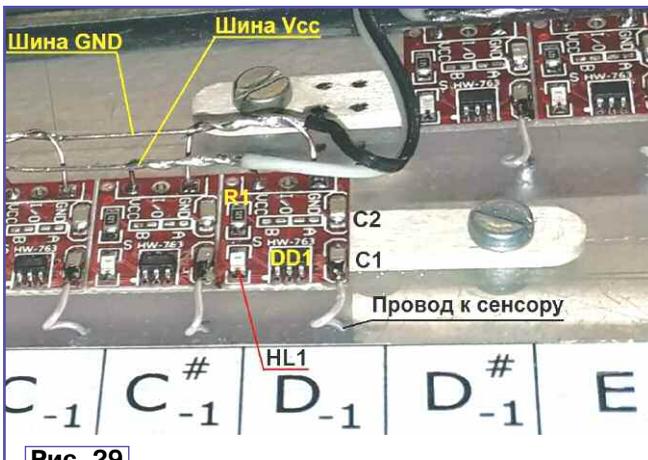
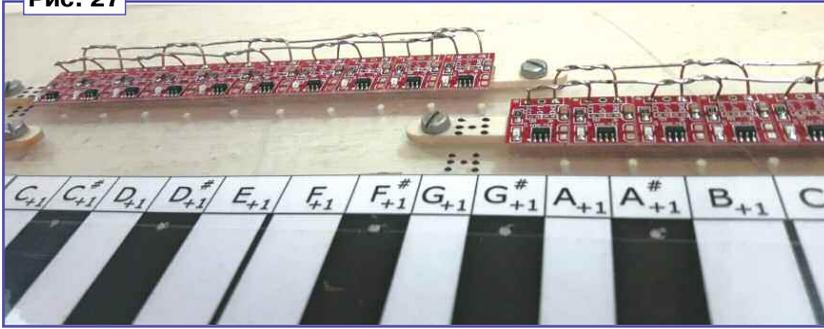


Рис. 29



Рис. 30



Рис. 31

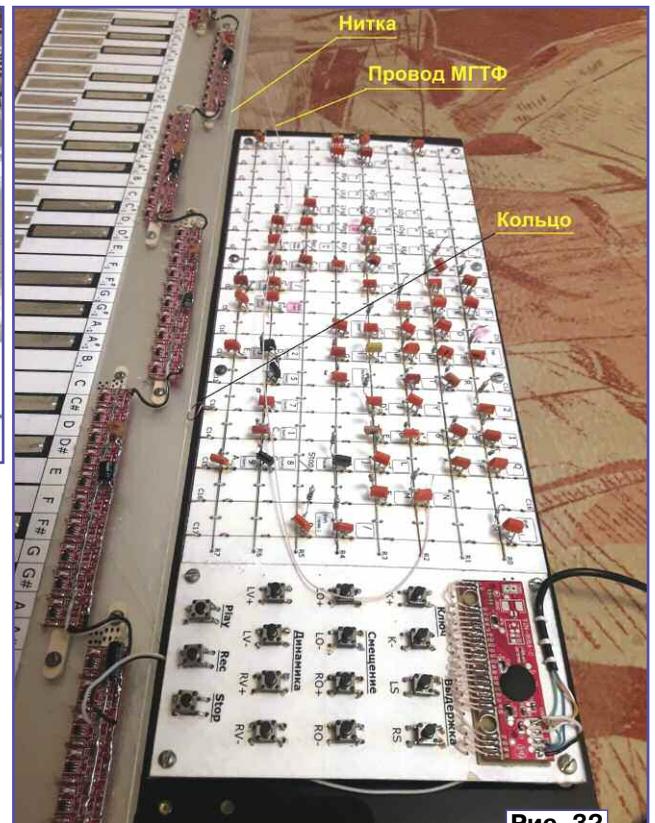


Рис. 32



Рис. 33



Рис. 41

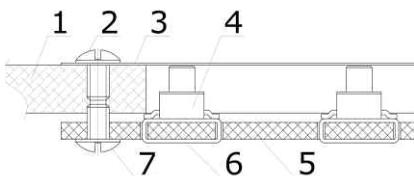


Рис. 43

Заключение

Необходимо отметить отличия первого и второго вариантов сенсоров. У первого варианта быстродействие выше, чем у второго, что повышает отклик инструмента на действия музыканта. Но у первого варианта сенсора необходим прямой контакт пальцев с

на бумаге клавиатурой, т. е. фальшпанелью. У второго варианта есть ещё особенность, о которой сказано выше. Если не убирать палец от сенсора, при длительности нажатия на клавишу более 9...12 с сенсор переходит в ждущий режим.

Если на плате матрицы в качестве ключей применить транзисторы для поверхностного монтажа, основную плату можно выполнить значительно меньших размеров в многослойном исполнении печатной платы. Также применение в первом варианте компонентов для поверхностного монтажа позволит уменьшить размеры платы сенсоров.

Идея использовать в качестве клавиш сенсоров не новая. В продаже есть синтезатор MicroFreak (2019 г.) с сенсорными клавишами, который выпускает французская компания Arturia. У него при касании не только начинает звучать нота клавиши-сенсора, но, перемещая палец по клавише, можно изменять громкость, так как на каждой клавише находятся несколько сенсоров.

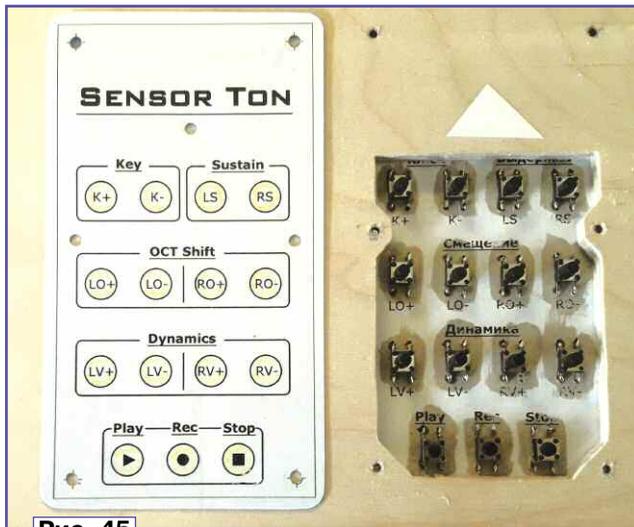


Рис. 45

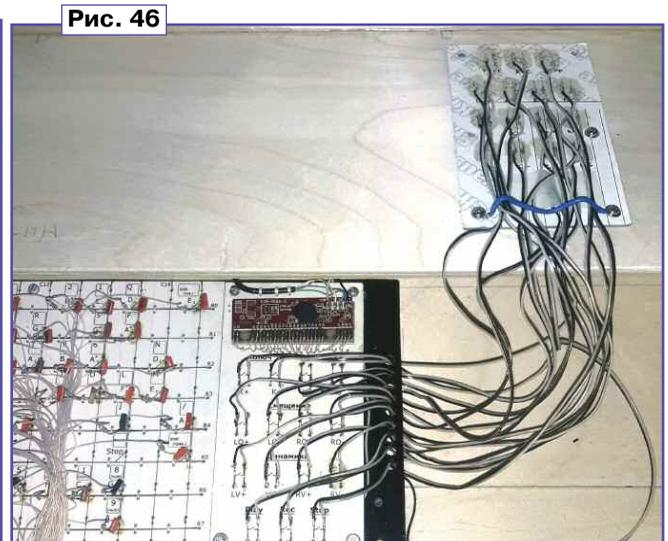


Рис. 46



Рис. 47

После просушки всё собирают, и музыкальный инструмент готов к работе, он показан на рис. 47.

металлизацией сенсора. Тогда как у второго варианта сенсора металлический контакт можно закрыть распечатанной

ЛИТЕРАТУРА

1. Технологические советы. Простейший метод изготовления "печатной" платы. — Радио, 1967, № 8, с. 54.
2. Клавиатура для ЭМИ. — Радио, 1984, № 4, с. 21.
3. Лексинс Валентин и Виктор. Электронное управление бытовым радиокомплексом. — Радио, 1981, № 1, с. 56—59.
4. Карчевский В. Сенсорный узел с ёмкостной задержкой. — Радио, 1982, № 10, с. 37, 38.
5. Носовец А. Термопресс для лазерно-уточной технологии. — Радио, 2020, № 9, с. 12—17.
6. ТР223-ВА6. — URL: <https://click.ru/36mzLt> (25.11.23).

От редакции. Упомянутые в тексте чертежи, а также авторский вариант чертежа печатной платы в программе Sprint-Layout находятся по адресу <http://ftp.radio.ru/pub/2024/01/ton.zip> на нашем FTP-сервере.

Высококачественные цифровые источники звука

Д. ПАНКРАТЬЕВ, г. Ташкент, Узбекистан

Рано или поздно для разработчика или пользователя аудиотехники класса Hi-Fi или Hi-End наступает момент, когда совокупность объективных и субъективных параметров УМЗЧ начинает значительно превосходить возможности используемых в комплексе источников звука. Причин может быть множество, но любая из них так или иначе заставляет искать новые решения, более стабильные и удовлетворяющие самый взыскательный слух. В этой статье рассматривается комплекс таких мер по повышению качественных показателей источников звука, начиная от выбора типа цифроаналогового преобразователя (ЦАП — DAC) и программного аудиоплеера и заканчивая самостоятельным созданием мультимедийного центра на основе одноплатного микрокомпьютера класса Pi (Raspberry Pi и аналогичные). Большинство рассматриваемых программных продуктов предусматривает реализацию под управлением ОС семейства Linux, что обусловлено как объективными, так и субъективными общеизвестными причинами.

Для воспроизведения звука от любого цифрового источника, разумеется, требуется DAC, который может представлять собой самостоятельное устройство или являться основной функциональной частью звуковой карты. Принципиальным отличием DAC от звуковой карты как класса оборудования является отсутствие устройств аудиоввода и разного рода аппаратных предусилителей, например, для подключения головных телефонов. В подавляющем большинстве случаев DAC не страдают от подключения низкоомной нагрузки к выходам и, более того, предусматривают это в токовом режиме. Отдельные каскады усиления мощности и частотной коррекции в них не применяются, поскольку вносят в результирующий аналоговый сигнал нелинейные, частотные и другие искажения. Задача же DAC состоит в формировании высококачественного аналогового сигнала, наиболее точно соответствующего цифровому оригиналу. В то же время в самих DAC часто предусмотрен функционал программируемых цифровых фильтров и de-emphasis (обратной частотной коррекции). Звуковая карта, в простейшем случае, содержит выходной линейный буферный каскад на ОУ, предназначенный для унифицированного сопряжения с наиболее широкой номенклатурой внешних устройств и нагрузок. Наиболее "про-

двинутые" звуковые карты снабжены гораздо более развитой периферией, например, различными коммутаторами сигналов, частотными корректорами, аудиопроцессорами, устройствами ввода и др. Во избежание действий рекламного характера конкретные типы готовых устройств и бренды их изготовителей в статье не указываются. Описание ограничено указанием типов интегральных микросхем, применяемых в DAC и звуковых картах.

Наиболее широко представлены DAC со следующими типами проводных интерфейсов для подключения к источникам цифровых аудиоданных: USB, HDMI и I2S. USB-интерфейс весьма распространён и отличается наибольшей оперативностью, мобильностью и универсальностью в смысле совместимости с различными устройствами. Подавляющее большинство USB DAC поддерживают спецификации USB Audio Device Class Definition [1] и USB Human Interface Device (HID) Class Definition [2] и потому, как правило, начинают работать "из коробки" в любой современной ОС распространённых семейств Linux, MacOS или Windows. HDMI [3] поддерживает передачу многоканальных цифровых аудиосигналов, однако, в силу своей специфики, больше соответствует стационарным системам, например, домашним кинозалам. Также он де-факто признан стандартом комплексного видео-аудио интерфейса для компьютеров практически всех классов, за исключением промышленных (в основном по банальной причине отсутствия механических фиксаторов разъёмов). Интерфейс I2S используется для "ближней" передачи ИКМ-аудиоданных между отдельными блоками и модулями цифровых аудиоустройств [4]. Его встроенная аппаратная поддержка характерна, например, для одноплатных компьютеров Raspberry Pi, Orange Pi, Odroid и аналогичных. Менее распространённые интерфейсы VESA DisplayPort [5], Apple/Intel Thunderbolt [6], MHL от Nokia, Toshiba и Sony [7] и более экзотические и специфические TDM и др. [8] в рамках данной статьи не рассматриваются. Хотя MHL может быть односторонне "состыкован" с HDMI с помощью простого пассивного переходника при использовании устройства с HDMI как приёмника сигнала [9].

На сегодняшний день большинство качественных DAC с USB-интерфейсом построены, как правило, на основе чипов семейства ES90x8 от легендарно-

го производителя Sabre [10, 11], AD1955 от Analog Devices [12] и Asahi Kasei Microdevices семейства Vertita AK449x [13]. Причём разработчики последнего утверждают, что их DAC, начиная с AK4396, принципиально отличаются от других моделей реализацией встроенных фильтров дельта-сигма демодулятора с применением переключаемых конденсаторов. Благодаря этому за пределами полосы пропускания звука в выходном сигнале практически отсутствует ВЧ-шум квантования [14]. Чипы DAC обычно применяются в связке с аудиопроцессорами SA9023A [15], CT7601 [16], CM6631A [17], TE7022 [18], Amanero ATSAM3U1CA-AU [19], XMOS U8/XU208 [20, 21], используемыми как преобразователи USB-интерфейса в стандарты I2S, DSD (Direct Stream Digital) [22] и SPDIF [23].

Ограничение списка указанными наименованиями не означает, что не существует других решений в этом сегменте, но означает, во-первых, что перечисленные платформы широко распространены, и, во-вторых, практически от любого устройства на их основе следует ожидать соответствия достаточно высоким требованиям.

Типовые электрические параметры флагманского ES9038PRO [10]

Разрядность аудиоданных, бит	.....32
Поддержка формата PCM (импульсно-кодовая модуляция — ИКМ) — до 768 кГц/32 бит, DSD1024, DSD256 (DoP)	.....8
Число каналов	.....140/132
Динамический диапазон в режимах моно/восемь каналов, дБ	.....140/132
Интегральный показатель THD+N (КНИ+шум), дБ	.....-122
Частота среза сглаживающего фильтра, МГц	.....1,536
Конфигурация выходов	.....моно, стерео, восьмиканальный в режиме напряжение/ток
Выходное сопротивление в токовом режиме, Ом	.....806

Для сравнения, наиболее значительными отличиями модели ES9018 [11] являются меньшие значения динамического диапазона (135/129 дБ) и интегрального показателя THD+N (-120 дБ).

DAC AD1955 [12] обладает несколько более "скромными" параметрами, что, однако, не выводит его из категории "тяжеловесов" среди DAC.

Основные параметры DAC AD1955

Разрядность аудиоданных,
бит16/18/20/24
Поддержка формата
PCM до 192 кГц/24 бит
Динамический диапазон при
частоте дискретизации
48 кГц в режимах моно/
стерео, дБ123/120
Интегральный показатель
THD+N (КНИ+шум), дБ-110

Очевидно, что *любой* из перечисленных чипов DAC объективно обеспечивает качество звучания, в целом соответствующее требованиям, предъявляемым к звуковому оборудованию классов Hi-Fi и Hi-End, а в ряде случаев даже их превосходит и отвечает условиям более высокого класса устройств Hi-Res (High Resolution — высокая чёткость). Дальше начинаются, как обычно, нюансы и "пляски с бубнами" аудиофилов с выяснениями степени "шероховатости" басов, "резкости" ВЧ или различных видов "тепла". При этом вполне можно оставить за скобками эффекты второго порядка, которые, конечно, имеют место быть, но чаще служат субъективным, нежели объективным обоснованием выбора определённого типа или бренда устройств, такие как значение джиттера сигнала синхронизации интерфейса I2S в конкретной аппаратной реализации, ресемплинг и др.

Что касается стандарта HDMI, базовым форматом представления аудиоданных в нём является несжатый двухканальный PCM с частотой дискретизации 32/44,1/48 кГц [24, 25]. Также поддерживаются LPCM [26], DSD и, естественно, форматы звукового сопровождения DVD — DTS [27] и Dolby Digital [28]. HDMI версии 2.0 и выше поддерживает до 32 каналов несжатого аудио с разрядностью 16/20/24 бита и стандартными значениями частоты дискретизации 32/44/48/88,2/96/176,4/192 кГц.

Для извлечения звуковой составляющей из комплекса интерфейсных сигналов HDMI применяются специальные устройства — аудиоэкстракторы или HDMI-сплиттеры. Как правило, они выполнены на чипах Semiconn семейства EP92A2E/EP92A3E [29—31] или аналогичных. Функционал этих чипов огромен, связан с обработкой и формированием комплексных сигналов HDMI, но в данном случае нас интересует небольшая его часть, а именно декодирование аудио из HDMI в формате восьмиканального I2S/DSD и SPDIF. Для внешних подключений, как правило, используется SPDIF в физической реализации RCA (коаксиальный) и/или TOSLINK (оптический) [32]. Аудиоданные в формате I2S поступают на внутренний DAC и преобразуются в аналоговый звуковой сигнал, который также выводится "наружу" через разъёмы RCA или 3.5 JACK. Обычно такие устройства снабжаются удобными опциями, в частности, пере-

ключателем режима аудиовыхода 5.1CH/2CH/PASS, что соответствует подаче звукового сигнала на физические выходы SPDIF/JACK/HDMI.

Перейдём к рассмотрению наиболее интересного класса — I2S DAC. Стандарт представления I2S (IIS) отличается тем, что сигналы синхронизации и собственно данные передаются по отдельным физическим линиям связи, что существенно уменьшает проявление эффекта джиттера (фазового дрожания) и в целом благотворно сказывается на результирующем качестве звучания. При этом поочерёдно передаются сигналы двух каналов в формате PCM с программно-конфигурируемой разрядностью 16/32 бита и типовой частотой дискретизации в диапазоне 8...192 кГц [33]. Для подключения устройств к шине I2S используются сигнальные линии:

— битовой синхронизации BCK или CLK;

— выбора канала WS (Word Select), иначе именуемая LRCK, LRCLK, SCK;

— линия последовательных данных SD (Serial Data), которая также может называться SDATA, DATA, DOUT/DIN и т. п.

Следует отметить два важных с практической точки зрения момента: протокол I2S не имеет встроенной реализации защиты от ошибок и проверки данных, а потому линии передачи данных оказываются достаточно чувствительны к состоянию и длине, во-вторых, спецификация I2S не определяет максимальное значение тактовой частоты. В силу первой причины рекомендуется, чтобы I2S DAC располагался как можно ближе к источнику сигнала, и длина проводников не превышала 20 см. Тем не менее, для "дальней" передачи на расстояние 1 м и более могут быть применены кабели и разъёмы HDMI или даже обычные экранированные провода с разъёмами RCA. Благодаря возможности повышения тактовой частоты протокол I2S может быть использован (и используется) для передачи различных типов данных, даже видео, но это выходит за рамки данной статьи.

Формат I2S тесно соседствует с ещё одним форматом последовательного представления аудиоданных DSD (Direct Stream Digital). Как видно из приведённых выше характеристик, практически все DAC обеспечивают поддержку этого формата как в нативной (чистой) реализации, так и в виде DSD over PCM (DoP). DSD представляет собой, по сути, одноканальный выходной сигнал дельта-сигма АЦП с высокой частотой дискретизации 2,8224 МГц (DSD64, базовый вариант). Существуют варианты с частотами дискретизации 5,6448 МГц (DSD128)/11,2896 МГц (DSD256)/22,5792 МГц (DSD512). Значение амплитуды выборки аналогового сигнала коррелирует с плотностью импульсов, поэтому этот метод называется также плотностно-импульсной модуляцией (PDM — Pulse-density modulation). Благодаря многократной пере-дискретизации модуль спектральной плотности мощности шума весьма мал, и DSD способна обеспечить динамический диапазон до 120 дБ. Возникновение разновидности DoP связано с

тем, что на начальных этапах становления формата DSD запись производилась с применением профессиональных программно-аппаратных комплексов, работающих в стандарте PCM, что требовало промежуточного перевода данных в привычный формат представления. Тем не менее, независимо от качества звучания, в случае DoP нивелируется заявленная суть Direct Stream Digital как прямого потока от исполнителя к слушателю. Поскольку сигнал в формате DSD не может быть подвергнут непосредственной обработке обычными методами, специально для этих целей была также разработана ИКМ-разновидность сверхвысокого разрешения DXD с разрядностью 24/32 бита и частотой дискретизации 352,8 кГц. Аналогичными параметрами обладает также Hi-Res формат Master Quality Authenticated (MQA) [34], представленный Meridian Audio в 2014 г. и одобренный RIAA для использования в своих продуктах.

Что касается I2S DAC, то, как было отмечено ранее, эту функцию могут выполнять чипы семейства ES90x8. Другими типичными и распространёнными представителями I2S DAC являются специализированные чипы PCM510x от Texas Instruments [35] и UDA1334A от Philips Semiconductors (ныне NXP) [36].

Основные характеристики DAC PCM5102

Разрядность аудиоданных,
бит16/24/32
Частота дискретизации, кГц ...8...384
Отношение сигнал/шум, дБ-112
Интегральный показатель
THD+N (КНИ+шум), дБ-93

UDA1334A имеет следующие параметры:

Разрядность аудиоданных,
бит24
Частота дискретизации, кГц ...16...100
Отношение сигнал/шум, дБ-100
Интегральный показатель
THD+N (КНИ+шум), дБ-90

Рассмотрим вопрос подключения I2S DAC к одноплатному микрокомпьютеру на примере Orange Pi PC Plus, работающего под управлением ОС ARMbian [37], и комплекта DIY на основе PCM5102 или UDA1334A. Этот вариант, несомненно, является более бюджетным и сложным в воплощении, по сравнению, например, с "решением из коробки" Raspberry Pi/ES9038 Pro, но, тем не менее, объективно обеспечивает высококачественное звучание. Следует отметить, что интерфейс I2S всех одноплатных компьютеров семейства Pi обеспечивает поддержку частоты дискретизации 192 кГц при разрядности 24 бита. Задача использования этого интерфейса на Orange Pi сама по себе достаточно нетривиальная, а потому интересная. Есть основания полагать, что именно по причине повышенной сложности полноценной реализации такое решение зачастую объявляется не соответствующим требованиям истинных аудиофилов. Ситуация вполне описывается одной распространённой

поговоркой: "Вы просто не умеете это готовить..."

Итак, предположим, что ОС Armbian предварительно установлена, и доступ к ней в локальной сети через SSH обеспечен. В целом, на этом этапе обычно проблем не возникает, а потому его описание здесь не приводится. Детальное описание процесса установки приведено, например в [38]. На текущий момент актуальной версией Armbian является 23.08 [39].

На самом деле новая система конфигурации довольно проста и эффективна. Для каждого физического устройства создаётся соответствующий ему файл слоя, вернее сказать, файл описания или образ в специальном текстовом формате DTS, с указанием совместимых платформ, используемых драйверов, аппаратных интерфейсов и выводов для внешних подключений и ряда других параметров. Затем созданный образ устройства указывается в

стве и его конфигурации. Вводимый в этой связи термин Device Tree (дерево устройств) служит для представления ядру конфигурации оборудования, а под наложением или слоем подразумевается способ модификации "дерева", с целью предоставления ядру и драйверам необходимых данных о внешних устройствах. С точки зрения перспективной разработки ядра Linux, все неиспользуемые внутренние интерфейсы, использующие GPIO, должны быть



Рис. 1

Для базового конфигурирования драйверов ОС (подсистемы взаимодействия с аппаратной частью) удобно использовать стандартную системную утилиту **armbian-config** (здесь и далее по тексту команды и инструкции выделены курсивом, а знаки препинания не имеют отношения к формату консольных команд, за исключением отдельно оговорённых или очевидных случаев, например, точки перед расширением файла). Её необходимо запустить от имени суперпользователя **root** с помощью префиксной команды **sudo**. Внешний вид главного окна программы показан на рис. 1. При переходе в пункт меню **System**, и затем в подменю **Hardware** (рис. 2), мы, соответственно, получим доступ к настройкам периферийного аппаратного обеспечения (рис. 3). Здесь, в частности, можно управлять частотой ЦПУ, активировать интерфейсы I2C, UART, поддержку аппаратной ШИМ и др. Для решения наших задач следует убедиться, что выделен пункт **audio-codec** (звуковая подсистема) и, при необходимости, включить интерфейс **spdif-out** выбором соответствующего пункта. На этом очевидные действия заканчиваются.

Наиболее сложным моментом является активация поддержки I2S в ОС. Этот режим не может быть активирован подобно **spdif-out** простым выбором опций в меню утилиты **armbian-config**, а требует ручной правки ряда программных модулей ядра Linux. Следует отметить, что в современных версиях Armbian привычный способ хранения данных аппаратной конфигурации в бинарных файлах типа .bin и изменения конфигурации редактированием соответствующих им файлов .fex, заменён на систему Overlays (наложений, совместный или слоев) [40]. Это обычно и является первым затруднением при попытках конфигурирования устройств.

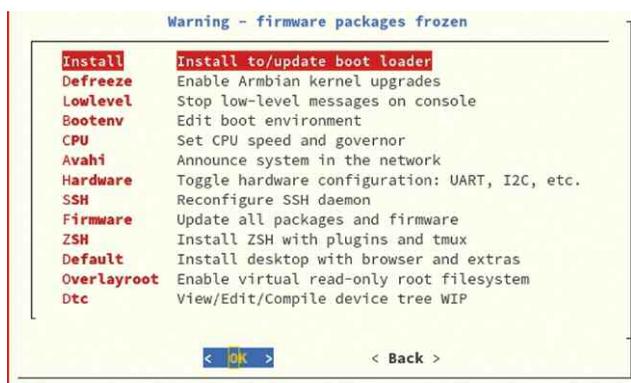


Рис. 2



Рис. 3

файле описания аппаратного окружения для активации в ходе загрузки ОС. Внедрение такого способа объясняется тем, что большинство встроенных интерфейсов и GPIO (SPI, I2C, I2S, UART и т. д.) не имеет механизма обнаружения и идентификации устройств, подключённых к шине, поэтому ядру Linux необходимо явно сообщить об устрой-

отключены по умолчанию, а все контакты интерфейса GPIO должны быть сконфигурированы стандартным образом. В реализации Armbian слою DT являются функциями непрерывной разработки (Work-in-Progress/WIP) и соответствуют определённым образам.

Естественно, что разные SoC (System-On-Chip или однокристалльные устройства) будут иметь разные наборы доступных образов. В нашем случае, в Orange Pi PC Plus используется Allwinner H3 SoC с четырёхядерным ЦПУ Cortex-A7 ARM. Поддержка ЦПУ семейства Allwinner в ядре Linux осуществляется сообществом разработчиков Sunxi Community [41]. Устойчивая поддержка I2S на всей линейке семейства Orange Pi обеспечивается, начиная с версии Armbian v5.05 (2016-03-08), внедрение системы конфигурации Overlays на уровне ядра для Allwinner H3 — с версии v5.20 (2016-09-16), а полноценная реализация Device Tree overlays появляется в версии v5.30 (2017-06-14) [39]. С особенностями подключения интерфейса I2S в "старых" версиях ОС можно ознакомиться в доступных интернет-источниках, например [42]. Мы же, естественно, будем рассматривать современный способ реализации.

Отметим, что имеющийся в утилите **armbian-config** пункт меню **System-Dtc** не предоставляет удобного (user-friendly) интерфейса для модификации дерева устройств WIP, а просто открывает в консольном текстовом редакторе папо файл текущей конфигурации **/tmp/current.dts**, поэтому пользоваться этим пунктом следует с осторожностью.

Перед началом работ рекомендуется установить менеджер файлов Midnight Commander (MC) [43]. Это — клон легендарного Norton Commander для DOS, который позволяет существенно

Таблица 1

```

/dts-v1/;
/plugin/;

/ {
    compatible = "allwinner,sun8i-h3";

    fragment@0 {
        target-path = "/";
        __overlay__ {
            pcm5102a: pcm5102a {
                #sound-dai-cells = <0>;
                compatible = "ti,pcm5102a";
                pcm510x,format = "i2s";
            };
        };
    };

    fragment@1 {
        target = <&i2s0>;
        __overlay__ {
            status = "okay";
            pinctrl-0 = <&i2s0_pins>;
            sound-dai = <&pcm5102a>;
            pinctrl-names = "default";
        };
    };

    fragment@2 {
        target-path = "/";
        __overlay__ {
            sound_i2s {
                compatible = "simple-audio-card";
                simple-audio-card.name = "I2S-master";
                simple-audio-card.mclk-fs = <256>;
                simple-audio-card.format = "i2s";

                status = "okay";

                simple-audio-card.cpu {
                    sound-dai = <&i2s0>;
                };

                simple-audio-card.codec {
                    sound-dai = <&pcm5102a>;
                };
            };
        };
    };
};

```

облегчить и ускорить работу с файловой системой Linux. Его установка производится консольной командой **sudo apt-get install mc**.

После установки запускаем MC от имени администратора **root** командой **sudo mc**. Переходим в директорию

/boot/overlay-user, которая содержит пользовательские файлы описаний устройств, и нажатием клавиш (Shift+F4) открываем окно встроенного текстового редактора MC для создания нового файла в текущей директории. Содержимое нового файла приведено в

табл. 1. По завершении редактирования с помощью клавиши F2 сохраняем его в выбранной директории под именем **sun8i-h3-i2s-out.dts**. Права доступа на этот файл должны иметь значение 755. Права доступа к любому файлу или директории Linux можно проверить с помощью команды **ls -l [filename]** или через меню MC **File-Advanced chown**. Для установки прав используется команда **chown** или тот же пункт меню MC.

Заметим, что назначение клавиш и их сочетания в MC в основном соответствуют принятым в Norton Commander. Так как строка с описанием назначения основных клавиш в MC/NC находится снизу окна программы, и она имеет развитое и интуитивно понятное меню, в дальнейшем явное указание сочетаний клавиш, используемых для выполнения определённых функций и действий, как правило, будет опускаться или сокращённо указываться в круглых скобках. Справку по использованию любой команды Linux можно получить, введя её с ключом **-h** или **--help**. Файлы конфигурации можно, как обычно, создавать и редактировать в любом консольном текстовом редакторе ОС Linux, например, **vim** или штатном **nano**. Главное, чтобы файлы находились в нужных каталогах и имели необходимые права доступа.

Далее, не выходя из текущей директории и временно скрыв панели MC (Ctrl+O), выполняем команду **armbian-add-overlay sun8i-h3-i2s-out.dts**. При этом в текущей директории создаётся файл **sun8i-h3-i2s-out.dtbo**. Вновь включив панели, убеждаемся в его наличии, после чего переходим к редактированию файла описания аппаратного окружения **/boot/armbianEnv.txt** и непосредственно после имеющейся в нём строки, содержащей запись **overlays=analog-codec**, добавляем строку **user_overlays=sun8i-h3-i2s-out**. Владелец файлов **armbianEnv.txt** и **sun8i-h3-i2s-out.dtbo** является суперпользователь **root**, права доступа — 644. Далее выполняем перезагрузку ОС командой **reboot**.

Чтобы удостовериться в том, что интерфейс I2S активен и готов к использованию, воспользуемся утилитой **aplay**. Это консольная программа, осуществляющая проигрывание несжатых звуковых файлов с помощью стандартной аудиосистемы ALSA [44, 45]. Она может выполнять ряд сервисных функций, которые задаются указанием соответствующих ключей. Эта утилита входит в состав пакета **alsa-utils**, поэтому перед её использованием необходимо выполнить команду установки этого и ряда сопутствующих пакетов **sudo apt-get install alsa alsa-utils alsa-firmware alsa-card-profiles alsa-plugins**.

Теперь запускаем команду **aplay -l**, в результате выполнения которой на дисплей выводится список активных звуковых устройств и соответствующих кодеков. Пример показан на рис. 4. В этом случае нас интересует строка с записью **card 1: I2S master**. Номера устройств, их общее число и порядок могут быть другими, в зависимости от конкретной аппаратной конфигурации. Наличие

```

monolito@orangepipcplus:~$ aplay -l
**** List of PLAYBACK Hardware Devices ****
card 0: Codec [H3 Audio Codec], device 0: CDC PCM Codec-0 [CDC PCM Codec-0]
  Subdevices: 1/1
  Subdevice #0: subdevice #0
card 1: I2Smaster [I2S-master], device 0: 1c22000.i2s-pcm5102a-hifi pcm5102a-hifi
i-0 [1c22000.i2s-pcm5102a-hifi pcm5102a-hifi-0]
  Subdevices: 1/1
  Subdevice #0: subdevice #0
card 2: SPDIF [On-board SPDIF], device 0: spdif-dit-hifi dit-hifi-0 [spdif-dit-hifi dit-hifi-0]
  Subdevices: 1/1
  Subdevice #0: subdevice #0
card 3: sun9ihdmi [sun9i-hdmi], device 0: SUN9I-HDMI PCM i2s-hifi-0 [SUN9I-HDMI PCM i2s-hifi-0]
  Subdevices: 1/1
  Subdevice #0: subdevice #0
card 4: PRMA [SXW CTUAD192 PRM-A], device 0: USB Audio [USB Audio]
  Subdevices: 1/1
  Subdevice #0: subdevice #0

```

Рис. 4

```

monolit@orangepipcplus:~$ cat /proc/asound/cards
0 [Codec          ]: H3_Audio_Codec - H3 Audio Codec
                        H3 Audio Codec
1 [I2Smaster      ]: simple-card - I2S-master
                        I2S-master
2 [SPDIF         ]: simple-card - On-board SPDIF
                        On-board SPDIF
3 [sun9ihdmi     ]: sun9i-hdmi - sun9i-hdmi
                        sun9i-hdmi
4 [PRMA          ]: USB-Audio - SXW CTUAD192 PRM-A
                        SXW Tech SXW CTUAD192 PRM-A at usb-1c1b000.usb-1, high spe
ed

```

Рис. 5

```

ALSA-Info script v 0.5.1

This script visits the following commands/files to collect diagnostic
information about your ALSA installation and sound related hardware.

dmesg
lspci
aplay
amixer
alsactl
rpm, dpkg
/proc/asound/
/sys/class/sound/
~/.asoundrc (etc.)

See '/usr/sbin/alsa-info --help' for command line options.

```

Рис. 6

такой строки свидетельствует о правильности настройки интерфейса I2S. При этом нет необходимости в подключении к нему внешнего DAC.

Аналогичная информация, но без указания типов используемых драйверов, может быть получена с помощью команды `cat /proc/asound/cards`, которая выводит на дисплей содержимое соответствующего файла конфигурации ALSA (рис. 5).

Гораздо более обширная информация, при необходимости, может быть получена запуском скрипта `alsa-info`. Как видно из сообщения, появляющегося при запуске (рис. 6), эта программа осуществляет сбор диагностической информации с помощью целого ряда системных утилит и файлов конфигурации, в частности, `dmesg`, `lspci`, `aplay`, `amixer` и др. Собранную информацию она помещает в файл с именем `alsa-info.txt`, содержащим уникальный идентификатор, в директории `tmp`. Этот файл можно просмотреть в любом текстовом редакторе. Фрагменты содержимого файла показаны на рис. 7—рис. 10.

Для мониторинга и управления устройствами звуковой подсистемы ALSA предназначен консольный микшер `amixer`. Результат выполнения команды `amixer -h` (вывод справки по использованию этой программы) показан на рис. 11.

Доступные встроенные команды этой утилиты:

- `scontrols` — вывод списка всех простых элементов управления (пример для устройства по умолчанию `card 0` показан на рис. 12);

- `scontents` — вывод значений параметров всех простых элементов

управления (команда по умолчанию, фрагмент вывода показан на рис. 13);

- `sset sid P` — установка значения простого элемента управления;

```

/tmp/alsa-info.txt.UBGB8dV2Q0
!!Kernel Information
!!-----

Kernel release:      5.15.93-sunxi
Operating System:   GNU/Linux
Architecture:       armv7l
Processor:          armv7l
SMP Enabled:        Yes

!!ALSA Version
!!-----

Driver version:     k5.15.93-sunxi
Library version:    1.2.6.1
Utilities version:  1.2.6

!!Loaded ALSA modules
!!-----

!!Sound Servers on this system
!!-----

No sound servers found.

```

Рис. 7

```

/tmp/alsa-info.txt.UBGB8dV2Q0 2162/39718
!!Soundcards recognised by ALSA
!!-----

0 [Codec          ]: H3_Audio_Codec - H3 Audio Codec
                        H3 Audio Codec
1 [I2Smaster      ]: simple-card - I2S-master
                        I2S-master
2 [SPDIF         ]: simple-card - On-board SPDIF
                        On-board SPDIF
3 [sun9ihdmi     ]: sun9i-hdmi - sun9i-hdmi
                        sun9i-hdmi
4 [PRMA          ]: USB-Audio - SXW CTUAD192 PRM-A
                        SXW Tech SXW CTUAD192 PRM-A at usb-1c1b000.usb-1, high spe
ed

!!PCI Soundcards installed in the system
!!-----

!!Modprobe options (Sound related)
!!-----

snd_pcsp: index=-2
snd_usb_audio: index=-2
snd_atiixp_modem: index=-2
snd_intel8x0m: index=-2
snd_via82xx_modem: index=-2

```

Рис. 8

- `sget sid` — получение значения простого элемента управления;

- `controls` — вывод списка элементов управления для определённой карты (пример для устройства по умолчанию `card 0` показан на рис. 12);

- `contents` — вывод значений параметров элементов управления для определённой карты;

- `cset cid P` — установка значения элемента управления;

- `cget cid` — получение значения элемента управления.

Команды `set | sset <SCONTROL> <PARAMETER>` позволяют установить значения параметров элементов управления простым микшером. Параметр

```

/tmp/alsa-info.txt.UBGB8dV2Q0
!!Modprobe options (Sound related)
!!-----

snd_pcsp: index=-2
snd_usb_audio: index=-2
snd_atiixp_modem: index=-2
snd_intel8x0m: index=-2
snd_via82xx_modem: index=-2
snd_atiixp_modem: index=-2
snd_intel8x0m: index=-2
snd_via82xx_modem: index=-2
snd_usb_audio: index=-2
snd_usb_caiiaq: index=-2
snd_usb_ua101: index=-2
snd_usb_us122l: index=-2
snd_usb_usx2y: index=-2
snd_cmipci: mpu_port=0x330 fm_port=0x388
snd_pcsp: index=-2
snd_usb_audio: index=-2

!!Loaded sound module options
!!-----

!!Sysfs card info
!!-----

!!Card: /sys/class/sound/card0

```

Рис. 9

```

/tmp/alsa-info.txt.UBG8dV2Q0 3100/39718
!!Sysfs card info
!!-----
!!Card: /sys/class/sound/card0
Driver: /sys/bus/platform/drivers/sun4i-codec
Tree:

!!Card: /sys/class/sound/card1
Driver: /sys/bus/platform/drivers/asoc-simple-card
Tree:

!!Card: /sys/class/sound/card2
Driver: /sys/bus/platform/drivers/asoc-simple-card
Tree:

!!Card: /sys/class/sound/card3
Driver: /sys/bus/platform/drivers/sun9i-hdmi-audio
Tree:

!!Card: /sys/class/sound/card4
Driver: /sys/bus/usb/drivers/snd-usb-audio
Tree:

!!USB Descriptors
!!-----
--startcollapse--

Bus 003 Device 002: ID 2fc6:f801 Comtrue Inc. SXW CTUAD192 PRM-A

```

Рис. 10

```

monolit@orangepipcplus:~$ amixer scontrols
Simple mixer control 'Line In',0
Simple mixer control 'Line Out',0
Simple mixer control 'Line Out Source',0
Simple mixer control 'Mic1',0
Simple mixer control 'Mic1 Boost',0
Simple mixer control 'Mic2',0
Simple mixer control 'Mic2 Boost',0
Simple mixer control 'Mixer',0
Simple mixer control 'Mixer Reversed',0
Simple mixer control 'ADC Gain',0
Simple mixer control 'DAC',0
Simple mixer control 'DAC Reversed',0
monolit@orangepipcplus:~$ amixer controls
numid=17,iface=MIXER,name='Line In Capture Switch'
numid=12,iface=MIXER,name='Line In Playback Switch'
numid=2,iface=MIXER,name='Line In Playback Volume'
numid=4,iface=MIXER,name='Line Out Playback Switch'
numid=3,iface=MIXER,name='Line Out Playback Volume'
numid=20,iface=MIXER,name='Line Out Source Playback Route'
numid=8,iface=MIXER,name='Mic1 Boost Volume'
numid=18,iface=MIXER,name='Mic1 Capture Switch'
numid=13,iface=MIXER,name='Mic1 Playback Switch'
numid=7,iface=MIXER,name='Mic1 Playback Volume'
numid=6,iface=MIXER,name='Mic2 Boost Volume'
numid=19,iface=MIXER,name='Mic2 Capture Switch'
numid=14,iface=MIXER,name='Mic2 Playback Switch'
numid=5,iface=MIXER,name='Mic2 Playback Volume'
numid=9,iface=MIXER,name='ADC Gain Capture Volume'
numid=10,iface=MIXER,name='DAC Playback Switch'
numid=1,iface=MIXER,name='DAC Playback Volume'
numid=11,iface=MIXER,name='DAC Reversed Playback Switch'
numid=15,iface=MIXER,name='Mixer Capture Switch'
numid=16,iface=MIXER,name='Mixer Reversed Capture Switch'

```

Рис. 12

может определять уровень громкости, выраженный в процентах от 0 % до 100 % с суффиксом %, усиление в дБ с суффиксом dB (например, -12,5 dB) или иметь точное значение. Значение уровня, выраженный в дБ, допускается использовать только для элементов микшера, информация о которых представлена в таких же единицах. Если

уровень громкости соответственно увеличивается или уменьшается относительно текущего значения.

Основные опции:

- **-c** | **--card N** — выбор карты;
- **-D** | **--device N** — выбор устройства (по умолчанию **'default'**);
- **-s** | **--stdin** — последовательный ввод команд.

```

monolit@orangepipcplus:~$ amixer -h
Usage: amixer <options> [command]

Available options:
-h,--help          this help
-c,--card N        select the card
-D,--device N      select the device, default 'default'
-d,--debug         debug mode
-n,--nocheck       do not perform range checking
-v,--version       print version of this program
-q,--quiet         be quiet
-i,--inactive      show also inactive controls
-a,--abstract L    select abstraction level (none or basic)
-s,--stdin         Read and execute commands from stdin sequentially
-R,--raw-volume   Use the raw value (default)
-M,--mapped-volume Use the mapped volume

Available commands:
scontrols          show all mixer simple controls
scontents          show contents of all mixer simple controls (default command)
sset sID P         set contents for one mixer simple control
sget sID           get contents for one mixer simple control
controls          show all controls for given card
contents          show contents of all controls for given card
cset cID P         set control contents for one control
cget cID          get control contents for one control

Available advanced commands:
sevents           show the mixer events for simple controls
events           show the mixer events for simple controls
monolit@orangepipcplus:~$

```

Рис. 11

после значения громкости добавляется знак плюс (+) или минус (-),

При указании этих опций могут быть выполнены только команды **sset** и **cset**. Другие команды и аргументы игнорируются. Команды для несова-

```

monolit@orangepipcplus:~$ amixer
Simple mixer control 'Line In',0
Capabilities: pvolume pvolume-joined pswitch cswitch
Playback channels: Front Left - Front Right
Capture channels: Front Left - Front Right
Limits: Playback 0 - 7
Front Left: Playback 3 [43%] [0.00dB] [off] Capture [off]
Front Right: Playback 3 [43%] [0.00dB] [off] Capture [off]
Simple mixer control 'Line Out',0
Capabilities: pvolume pvolume-joined pswitch
Playback channels: Front Left - Front Right
Limits: Playback 0 - 31
Mono:
Front Left: Playback 19 [61%] [-18.00dB] [on]
Front Right: Playback 19 [61%] [-18.00dB] [on]
Simple mixer control 'Line Out Source',0
Capabilities: penum
Items: 'Stereo' 'Mono Differential'
Item0: 'Stereo'
Item1: 'Stereo'
Simple mixer control 'Mic1',0
Capabilities: pvolume pvolume-joined pswitch cswitch
Playback channels: Front Left - Front Right
Capture channels: Front Left - Front Right
Limits: Playback 0 - 7
Front Left: Playback 3 [43%] [0.00dB] [off] Capture [off]
Front Right: Playback 3 [43%] [0.00dB] [off] Capture [off]
Simple mixer control 'Mic1 Boost',0
Capabilities: volume volume-joined
Playback channels: Mono
Capture channels: Mono
Limits: 0 - 7
Mono: 4 [57%] [33.00dB]

```

Рис. 13

дающих идентификаторов также игнорируются без сообщений об ошибках.

Примерами использования данного консольного микшера могут служить команды:

- **amixer --card 3 controls**, которая выводит список элементов управления 3-й карты (**рис. 14**);

```
monolit@orangepipcplus:~$ amixer --card 3 controls
numid=4,iface=PCM,name='ELD'
numid=3,iface=PCM,name='IEC958 Playback Default'
numid=2,iface=PCM,name='IEC958 Playback Mask'
numid=1,iface=PCM,name='Playback Channel Map'
```

Рис. 14

— **amixer --card 3 cset 4 127**, которая присваивает 4-му элементу управления 3-й карты значение 127.

Разница между встроенными командами **scntrols** и **controls** видна на рис. 12 — вторая выводит подробный список элементов управления с указанием имён и идентификаторов составляющих их устройств.

Ещё одной полезной программой того же класса, гораздо более удобной для использования, является **alsamixer**. Она также предназначена для мониторинга и оперативного управления параметрами звука подсистемы ALSA и имеет продвинутый псевдографический интерфейс, общий вид которого показан на рис. 15. Интерфейс интуитивно понятен и снабжён развитой системой подсказок и комментариев. Для выбора параметров и изменения их текущих значений используются клавиши со

держку плеера с точки зрения пригодности для высококачественного воспроизведения под управлением ОС Linux в комплексе с УМЗЧ класса Hi-Fi или Hi-End.

Следует акцентировать внимание на том моменте, что здесь говорится именно об УМЗЧ в смысле его классического определения как самостоятельном блочно-модульном устройстве, предназначенном для усиления сигналов звуковых частот по мощности с целью последующего воспроизведения посредством внешних АС, обеспечивающем оптимальное согласование с источником



Рис. 15

держку большинства распространённых форматов звуковых файлов (аудиокодексов и контейнеров), в частности, MPEG Audio Layer III (.mp3), Ogg Vorbis (.ogg)/Ogg Opus (.opus), Windows Media Audio (.wma), Advanced Audio Coding (.aac), MPEG 4 Audio (.mp4, m4a), Free Lossless Audio Codec (.flac) и др.



Рис. 16

стрелками. Для выбора звуковой карты служит клавиша F6 (рис. 16). Для получения системной информации можно воспользоваться клавишей F2, после чего будет предложено выбрать файл-источник данных (рис. 17).

После настройки ОС Linux и звуковой подсистемы ALSA логичным образом возникает вопрос выбора программно-обеспечения для проигрывания звуковых файлов, управления списком воспроизведения и реализации ряда дополнительных функций. Для десктопных версий распространённых ОС существует обширный класс плееров, рассматривать которые в этой статье нет необходимости, поскольку, во-первых, это тема для отдельного большого обзора, даже в отношении одной только ОС Linux, и, во-вторых, практически каждый пользователь ПК, независимо от уровня компетенции, имеет свои личные предпочтения. Однако всё же имеет смысл обозначить некоторые основные критерии, которым должен удовлетво-

рять плеер с точки зрения пригодности для высококачественного воспроизведения под управлением ОС Linux в комплексе с УМЗЧ класса Hi-Fi или Hi-End. Следует акцентировать внимание на том моменте, что здесь говорится именно об УМЗЧ в смысле его классического определения как самостоятельном блочно-модульном устройстве, предназначенном для усиления сигналов звуковых частот по мощности с целью последующего воспроизведения посредством внешних АС, обеспечивающем оптимальное согласование с источником

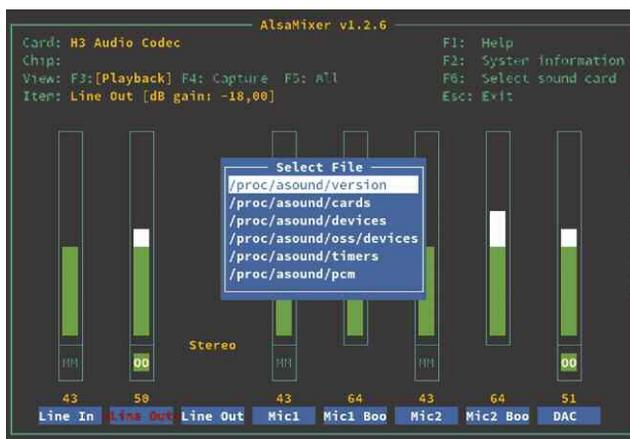


Рис. 17

Что касается форматов аудиофайлов, то, оставляя в стороне их подробное описание и сравнение, следует выделить некоторые из них, имеющие существенные качественные отличия. Так, Ogg и WMA демонстрируют более высокое качество по сравнению с MP3 и AAC при одинаковом битрейте, также являясь кодеками сжатия с потерями. Ogg Vorbis идеален для применения в качестве звуковых дорожек фильмов, так как не изменяет их длину при переменном битрейте, предоставляет возможность хранить в одном файле несколько композиций с собственными метками, по умолчанию имеет переменный битрейт, не ограниченный рядом фиксированных значений, и гибкую частоту дискретизации с любым значением в диапазоне 2...192 кГц. Преимуществами более современной версии Ogg Opus являются низкая задержка кодирования (2,5...60 мс), поддержка многоканального звука (до 255 каналов) и отсутствие требования обязательной

синхронизации частоты дискретизации между кодером и декодером. Проприетарный WMA, в свою очередь, имеет ценное качество, но свободен от проявления эффекта клиппинга. FLAC — известный свободный кодек, предназначенный для сжатия аудиоданных без потерь. AAC является приемником формата MP3 и обеспечивает более высокое качество звука при низком битрейте, поддерживает до 48 каналов и более широкий диапазон частот дискретизации (от 8 до 96 кГц). MP4 и его аналоги от Apple линейки M4* являются медиа-контейнерами, в том числе и для формата AAC [46, 47].

Для высококачественного воспроизведения рекомендуется использовать скорость потока 320 Кб/с в формате MP3 и не менее 192 Кб/с во всех остальных форматах со сжатием при частоте дискретизации 44,1/48 кГц.

Достоинство отдельного упоминания старейшие форматы без сжатия AIFF/WAV, которые основаны на LPCM (линейной ИКМ) и являются файловыми аналогами стандарта цифровой записи CD-DA (CDA). Классическая реализация этого формата проста и как нельзя лучше предназначена для передачи звука "без потерь", так как основана на простой выборке мгновенного значения сигнала с линейным квантованием по амплитуде, шаг которого определяется разрядностью АЦП, при заданной частоте дискретизации [26]. Такая простая реализация естественным образом приводит к большим объемам файлов. Другой особенностью формата WAV является отсутствие строго формализованной системы поддержки метаданных. Однако этот метод часто применяется в профессиональных системах звукозаписи вследствие непревзойдённого качества звучания и лёгкости преобразования в любой другой формат.

Аналогичная реализация формата AIFF от Apple имеет более развитую систему поддержки метаданных. AIFF и WAV, в свою очередь, являются наследниками ещё более ранних форматов универсальных контейнеров IFF и RIFF соответственно [48, 49]. Типовые значения параметров семплирования LPCM в применении к стандарту CD-DA составляют 44,1 кГц/16 бит, что соответствует битрейту 1411 Кб/с.

ЛИТЕРАТУРА

1. Universal Serial Bus Device Class Definition for Audio Data Formats. — URL: <https://www.usb.org/sites/default/files/frmts10.pdf> (10.12.23).
2. Universal Serial Bus (USB) Device Class Definition for Human Interface Devices (HID). — URL: https://www.usb.org/sites/default/files/hid1_11.pdf (10.12.23).
3. HDMI. — URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/HDMI> (10.12.23).
4. I2S. — URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/I2S> (10.12.23).
5. DisplayPort. — URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/DisplayPort> (10.12.23).
6. Thunderbolt. — URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Thunderbolt> (10.12.23).
7. MHL. Expand Your World. — URL: <https://www.mhitech.org/> (10.12.23).

8. Common inter-IC digital interfaces for audio data transfer. — URL: <https://www.edn.com/common-inter-ic-digital-interfaces-for-audio-data-transfer/> (10.12.23).

9. Mobile High-Definition Link. — URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Mobile_High-Definition_Link (10.12.23).

10. ES9038PRO Datasheet. — URL: <https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/1284196/ESS/ES9038PRO.html> (10.12.23).

11. ES9018 Datasheet. — URL: <https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/1242995/ESS/ES9018.html> (10.12.23).

12. AD1955 Datasheet. — URL: <https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/47958/AD/AD1955.html> (10.12.23).

13. AK4396 Datasheet. — URL: <https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/136826/AKM/AK4396.html> (10.12.23).

14. Audio D/A Converters. Audio Components. Products. Asahi Kasei Microdevices (AKM). — URL: <https://www.akm.com/us/en/products/audio/audio-dac/> (10.12.23).

15. SA9023 Datasheet. — URL: <https://forum.vegalab.ru/attachment.php?attachmentid=366213> (10.12.23).

16. CT7601 audio USB bridge. — URL: https://www.comtrue-inc.com/images/aspalathus_CT7601.pdf (10.12.23).

17. CM6631A Datasheet. — URL: <https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/944269/CMEDIA/CM6631A.html> (10.12.23).

18. TE7022L Datasheet. — URL: <https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/1253209/ETC1/TE7022L.html> (10.12.23).

19. OEM Combo384 Module — USB class 2 to I2S 32bit and DSD output Adapter. — URL: <https://amanero.com/> (10.12.23).

20. XS1-U8A-64-FB96 Datasheet. — URL: [https://www.xmos.com/download/XS1-U8A-64-FB96-Datasheet\(1.8\).pdf](https://www.xmos.com/download/XS1-U8A-64-FB96-Datasheet(1.8).pdf) (10.12.23).

21. XU208-256-TQ64 Datasheet. — URL: [https://www.xmos.com/download/XU208-256-TQ64-Datasheet\(1.16\).pdf](https://www.xmos.com/download/XU208-256-TQ64-Datasheet(1.16).pdf) (10.12.23).

22. DSD. — URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/DSD> (10.12.23).

23. S/PDIF. — URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/S/PDIF> (10.12.23).

24. Does HDMI Carry Audio Signals? — URL: <https://mynewmicrophone.com/does-hdmi-carry-audio-signals/> (10.12.23).

25. High-Definition Multimedia Interface. Specification Version 1.4b. — URL: <https://disk.yandex.ru/i/xpTOuSk-HOXY1g> (10.12.23).

26. The Differences Between LPCM and PCM. — URL: <https://boomspeaker.com/lpcm-vs-pcm/> (10.12.23).

27. DTS. — URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/DTS> (10.12.23).

28. Dolby Digital. — URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Dolby_Digital (10.12.23).

29. LVDS/MIPI/HDMI/DP/Type-C — Converter, Splitter, Switch, Repeater ICs by EXPLORE MICROELECTRONICS. — URL: <https://www.semiconn.com/lvds-dvi-hdmi-dp-mipi-type-c> (10.12.23).

30. EP94A2E. — URL: <https://www.semiconn.com/ep94a2e> (10.12.23).

31. EP92A3E. — URL: <https://www.semiconn.com/ep92a3e> (10.12.23).

32. Toslink — что это такое. Передаём "цифру" по оптике. — URL: <https://www.hi-fi.ru/magazine/audio/toslink-что-это-такое-pe/> (10.12.23).

33. I2S bus specification. — URL: <https://digitalcompactcassette.github.io/Documentation/General/I2SBUS.pdf> (10.12.23).

34. Master Quality Authenticated. — URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Master_Quality_Authenticated (10.12.23).

35. PCM5102 Datasheet. — URL: <https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/463439/TI1/PCM5102.html> (10.12.23).

36. UDA1334ATS Datasheet. — URL: <https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/19847/PHILIPS/UDA1334ATS.html> (10.12.23).

37. ARMbian. Linux for ARM development boards. — URL: <https://www.armbian.com/> (10.12.23).

38. Панкратьев Д. Telegram управляет электроприборами. — Радио, 2018, № 5, с. 30—32.

39. Armbian Documentation. Changelog. — URL: https://docs.armbian.com/Release_Changelog/ (10.12.23).

40. Armbian Documentation. Device Tree overlays. — URL: https://docs.armbian.com/User-Guide_Allwinner_overlays/ (10.12.23).

41. H3. — URL: <https://linux-sunxi.org/H3> (10.12.23).

42. I2S on Orange Pi H3. — URL: <https://forum.armbian.com/topic/759-i2s-on-orange-pi-h3/> (10.12.23).

43. Welcome to the Midnight Commander Development Center. — URL: <https://midnight-commander.org/> (10.12.23).

44. ALSA. — URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/ALSA> (10.12.23).

45. Advanced Linux Sound Architecture (ALSA) project homepage. — URL: <https://www.alsa-project.org/?hl=com> (10.12.23).

46. Audio coding format. — URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Audio_coding_format (10.12.23).

47. List of codecs. — URL: https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_codecs (10.12.23).

48. Interchange File Format. — URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Interchange_File_Format (10.12.23).

49. Resource Interchange File Format. — URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Resource_Interchange_File_Format (10.12.23).

(Продолжение следует)

МОДУЛЬНАЯ РЕКЛАМА

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

Занятия проводятся по электронной почте или с помощью программы Skype.

Обучение может быть направлено на решение стоящей перед вами задачи.

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

Доработка AC Sven и USB-розетка

А. СТЕПАНОВ, г. Санкт-Петербург

Принёс мне приятель две звуковые колонки от музыкального центра, замолчавшие одновременно, когда он наращивал кабель и замкнул выход на АС. Исследование показало, что микросхема УНЧ раскололась в "ключья". Видимо, приятель припаивал провода паяльником, на котором присутствовало напряжение сети, когда активная колонка не была выключена (вторая — пассивная, там установлена только динамическая головка). Другой причины я не вижу, поскольку в микросхеме усилителя есть защита от замыкания выхода.

Каково же было моё удивление этим чудом техники, когда я увидел, что колонки работали в режиме "Моно". Один усилитель оказался работоспособен и стоял на месте, а обе колонки

алюминиевой пластине на активной колонке. Создалось впечатление, что усилители перегревались из-за само-

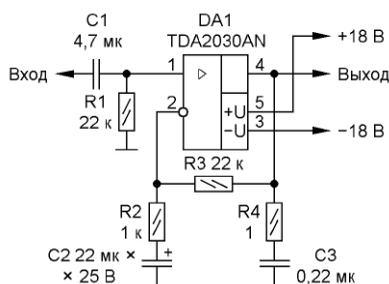


Рис. 1

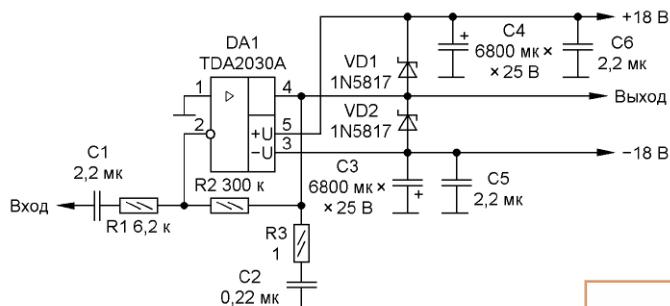


Рис. 2

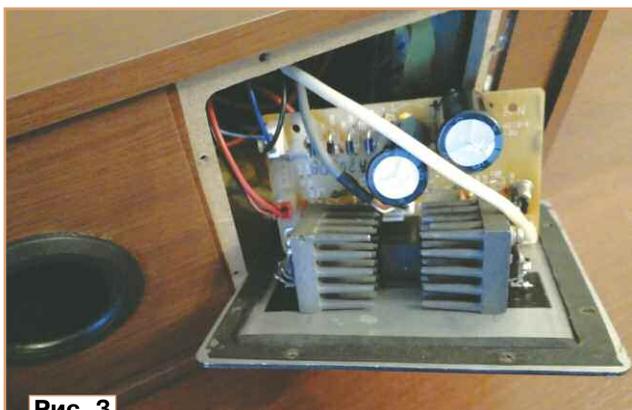


Рис. 3

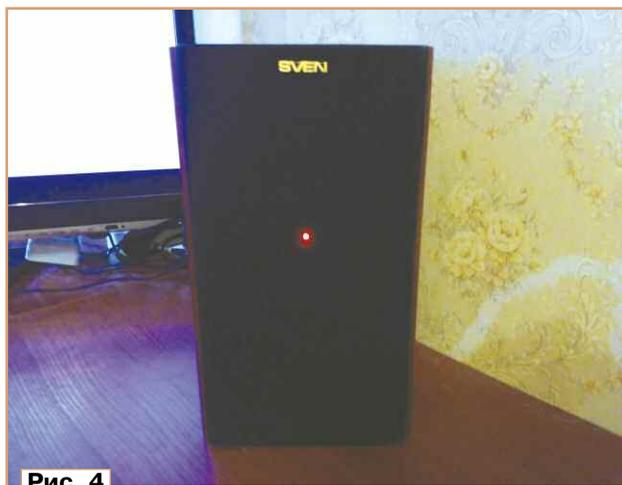


Рис. 4

были подключены внутри перемычкой параллельно на один вышедший из строя усилитель. Тут же у меня возник любопытный вопрос: в радиомастерской просто переключили бы колонки на уцелевший усилитель или известили о необходимой доработке колонок?

Я приобрёл две микросхемы TDA2030A и заменил установленные в АС. Штатно они прикреплены к задней

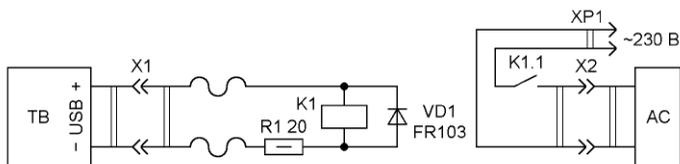


Рис. 5

возбуждения на какой-то высокой частоте, тем более, что в микросхеме есть защита от перегрева. Изучать эту проблему я не стал и сразу в Интернете попытался узнать, как устранить эту проблему.

Схема включения штатных микросхем приведена на рис. 1. Коэффициент усиления приблизительно равен 20. Подобная проблема с микросхемой широко обсуждается на форумах, там рекомендовали поставить параллельно резистору обратной связи R3 последовательную RC-цепь из резистора сопротивлением 2,4 кОм и конденсатора ёмкостью 3300 пФ, но я не стал проводить такие эксперименты. Я кардинально изменил схему подключения усилителей, переведя их в режим инвертирования сигнала. Генерация пропала несмотря на то, что керамические конденсаторы по питанию были припаяны далеко от выводов микросхемы. Результат был достигнут "малой кровью".

На рис. 2 показана доработанная схема. Добавлены защитные диоды VD1, VD2, ёмкость конденсаторов фильтра увеличена до 6800 мкФ, параллельно им установлены керамические конденсаторы. Добавлены два штыревых теплоотвода, к которым прикреплены микросхемы (рис. 3). Некоторое охлаждение теплоотводов происходит через отверстие фазоинвертора колонки. Светодиод с задней стенки перемещён на лицевую панель активной колонки на рис. 4, а на точках его бывшего крепления установлен разъём. Диоды выпрямителя заменены на диоды Шоттки 1N5817.

И теперь самое главное. Подключил я колонки к своему 3D-телевизору, имеющему слабую, хотя и стереоакустику. Колонки приходилось включать вручную, а телевизор — с пульта.

Это вызывало раздражение, особенно когда в телевизоре использовался режим выключения по таймеру сна, колонки оставались включёнными до утра. И родилось прекрасное решение запитать колонки через реле, включающее их от USB-порта телевизора по схеме на **рис. 5**. В дополнительную переходную сетевую розетку установлены реле (**рис. 6**) и защитный диод параллельно обмотке реле. Было приобретено реле NRP05-A05D, срабатывающее от напряжения 5 В и коммутирующее своими контак-



Рис. 6

тами напряжение 230 В. Реле имеет сопротивление обмотки 50 Ом. Оно нагревалось, и пришлось последовательно с ним включить резистор сопротивлением 20 Ом. Без резистора реле уверенно включалось от 3 В. Другие реле с номинальным напряжением 5 В я не проверял. Применённый защитный диод можно заменить на КД102А.

Предлагаемую розетку можно применить для включения других устройств, например DVB-T2-конвертера для телевизора.

Генератор синусоидальных сигналов низких частот

Н. ШИЯНОВ, г. Люберцы Московской обл.

Генераторы низких частот (ГНЧ) — источник незатухающих синусоидальных колебаний в диапазоне частот от единиц герц до сотен килогерц, они широко используются при разработке и налаживании разнообразной радиоэлектронной аппаратуры. При разработке высококачественных низкочастотных усилителей необходимы генераторы с малыми гармоническими искажениями и расширенными функциональными возможностями.

Ниже описан прибор, в котором генератор синусоидального сигнала с низким коэффициентом гармоник дополнен измерителями амплитудного значения напряжения и частоты выходного сигнала.

RC-генератор (**рис. 1**) выполнен на основе моста Вина-Робинсона, включённого в цепь положительной обратной связи ОУ. Частота квазирезонанса такого моста при условии, что $R1.1=R1.2$ и $C1=C5$, на которой возбуж-

дается усилитель, равна $F=0,159/RC$ [1]. Добротность моста — $Q=0,33$. Для возникновения автогенерации коэффициент передачи усилителя должен быть >3 , входное сопротивление ОУ — $R_{вх} \gg R1$, а выходное сопротивление — $R_{вых} \ll R1$. Современные ОУ с полевыми транзистором на входе вполне удовлетворяют этим условиям.

Общий диапазон частот разделён на четыре поддиапазона: 10...100 Гц, 100...1000 Гц, 1...10 кГц, 10...100 кГц.

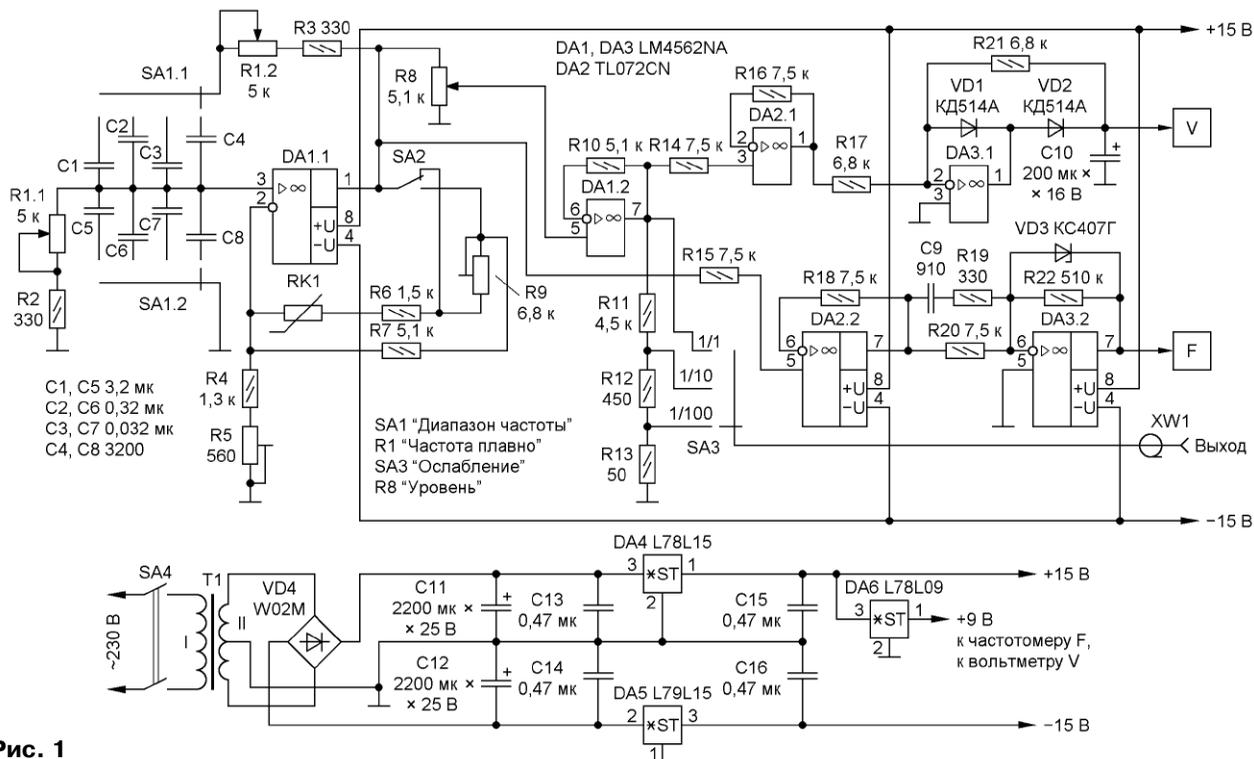


Рис. 1

Ёмкости частотодающих конденсаторов С1—С8 подбирают с погрешностью не более 1 %. Для получения указанных на схеме значений ёмкостей несколько подобранных конденсаторов соединяют параллельно. В генераторе применены плёночные лавсановые и полипропиленовые конденсаторы с малым ТКЕ и ESR K73-17, СBB. Переключатель поддиапазонов SA1 — RS1010 на четыре положения, два направленные.

Частота синусоидального сигнала плавно перестраивается двухсекционным переменным резистором R1. Резисторы R2, R3 — ограничительные. Неравномерность амплитуды сигнала генератора по частоте существенно зависит от разбаланса секций сдвоенного резистора. Желательно, чтобы он не превышал 3 %. В приборе применён проволочный переменный резистор с линейной зависимостью ПЛ2-1, разбаланс секций которого соответствует указанному значению. Нестабильность амплитуды в первом, втором и третьем частотном диапазоне не более ±1,5 %, в четвёртом диапазоне — ±2,5 %.

Возможен вариант перестройки частоты сдвоенным переменным конденсатором. Обычно для этого используют конденсаторы переменной ёмкости (КПЕ), имеющие $Stax=500$ пФ. Измерения показали, что разбаланс ёмкостей секций подобных конденсаторов с воздушным диэлектриком не превышает 1,5...2 %. Ёмкость таких конденсаторов можно подстраивать, подгибая крайние лепестки ротора. В этом случае для обеспечения минимальной частоты генерации около 10 Гц в мосте необходимо использовать резисторы сопротивлением 28 МОм. Столь высокоомные цепи весьма чувствительны к наводкам и помехам, что потребует тщательного экранирования переменного конденсатора и платы переключателя диапазонов. Корпус КПЕ изолируют от шасси.

Для получения малых значений коэффициента гармоник на частотах более 3 кГц применён быстродействующий операционный усилитель LM4562NA (DA1) с частотой единичного усиления $F1=55$ МГц.

Амплитуда выходного напряжения генератора стабилизируется цепью отрицательной обратной связи (ООС), в которую включён терморезистор (термистор) ТПМ-2/0.5А (RK1), сопротивление полупроводникового элемента которого уменьшается с ростом протекающего через него тока [2]. В показанном на схеме положении переключателя SA2 режим работы цепи автоматической регулировки определяется в основном термистором и резистором R6. Амплитуда выходного напряжения равна 5 В. В этом режиме прибор удобно применять для быстрого измерения АЧХ. В противоположном положении

переключателя SA2 ток, протекающий через термистор, падает, что приводит к снижению коэффициента гармоник, но увеличивается нестабильность амплитуды по частоте. Этот режим применяют, когда АЧХ измерена, и определены частоты, на которых необходимо измерить коэффициент гармоник.

На рис. 2 в логарифмическом масштабе показаны зависимости коэффициента гармоник выходного сигнала K_g

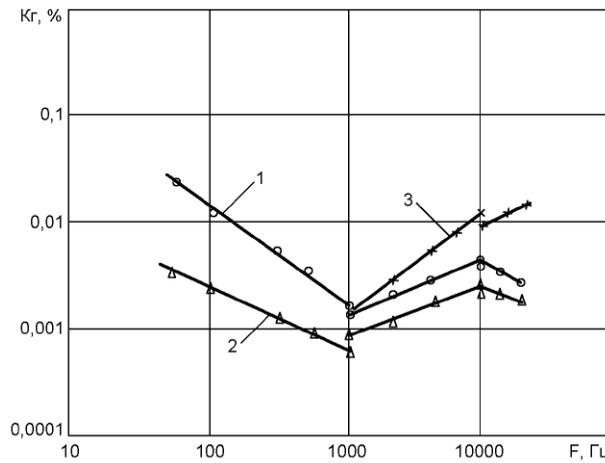


Рис. 2

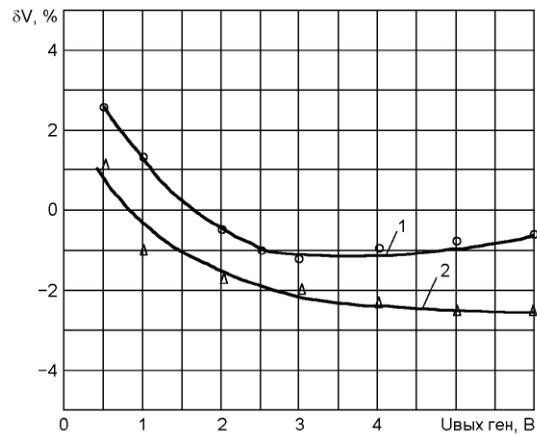


Рис. 3

от частоты F в первом (кривая 1) и втором (кривая 2) режимах работы. В первом режиме генератор обеспечивает более высокую стабильность выходного напряжения в диапазоне частот, во втором режиме — более низкий коэффициент гармоник. В измерениях использована программа Spectralab и 24-разрядная звуковая карта ASUS Xonar D2X.

В первом режиме на частоте 1 кГц коэффициент гармоник генератора — около 0,002 %, во втором режиме — около 0,0008 %. На частотах ниже 1 кГц коэффициент гармоник увеличивается за счёт модуляции полупроводникового элемента термистора выходным сигналом. Для сравнения на рис. 2 (кривая 3) показана зависимость коэффициента гармоник в третьем и четвёртом частотных поддиапазонах в случае замены микросхемы LM4562 ($F1=55$ МГц) на менее широкополосную TL072 ($F1=3$ МГц).

Выходной сигнал ОУ DA1.1 поступает на переменный резистор R8, выполняющий функцию плавной регулировки выходного сигнала генератора. Буферный каскад на ОУ DA1.2 имеет коэффициент передачи, равный единице. Выходное напряжение этого каскада подаётся на ступенчатый делитель SA3, имеющий коэффициенты деления 1/1, 1/10, 1/100. Требуемые значения сопротивлений R11—R13 подобраны путём параллельного соединения резисторов.

Для расширения функциональных возможностей прибора в него введены измерители амплитуды и частоты выходного сигнала. Весьма привлекательным является использование недорогих модулей трёхвыводных цифровых вольтметров [3, 4] и цифрового пятиразрядного частотомера [5].

Измерения характеристик нескольких экземпляров модулей вольтметров, проведённые прибором FLUKE-287, имеющим базовую погрешность 0,02 %, показали следующее. Входное сопротивление вольтметров — около 120 кОм, период измерения — 0,3 с. Погрешность измерения напряжений в интервале 3...8 В находится в пределах 0,5...1,5 %. При снижении входного напряжения до 800...400 мВ погрешность возрастает до 2...4 %. При входных уровнях менее 200...300 мВ вольтметры выключаются.

Канал измерения выходного напряжения генератора состоит из буферного каскада на ОУ DA2.1 ($K_u=1$) и пикового детектора на основе ОУ DA3.1. Применение быстродействующего ОУ и высокочастотных диодов КД514А с малыми ёмкостью р-п перехода и временем восстановления обратного сопротивления позволило получить малые погрешности измерений на высокочастотных третьем и четвёртом поддиапазонах.

В приборе применён четырёхразрядный вольтметр [4], поскольку он имеет несколько меньшие погрешности на низких уровнях по сравнению с [3]. На рис. 3 показаны зависимости относительной погрешности показаний указанного вольтметра, подключённого к выходу пикового детектора от выходного напряжения генератора на частоте 1 кГц (кривая 1) и на частоте 100 кГц (кривая 2). Можно видеть, что в наиболее важном с практической точки зрения интервале 500 мВ...5 В относительная погрешность не превышает ±2,5 %.

Модуль пятиразрядного частотомера [5] после сборки дополнительного налаживания не требует. Измерения показали, что его чувствительность — около 3 В, входное сопротивление изменяется от 1,5 МОм на частоте 100 Гц до 3 кОм на частоте 100 кГц. Допустимое напряжение питания — 5...9 В. Период измерения частоты — переменный. В диапазоне 0...9,999 кГц период измерения — 1 с.

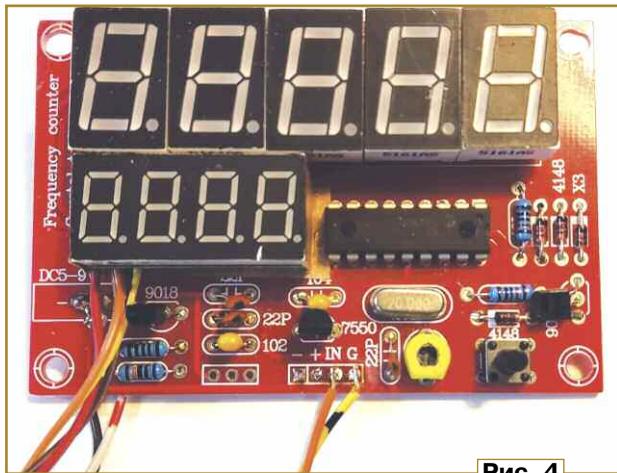


Рис. 4



Рис. 6

В диапазоне 10...99,99 кГц период измерения — 0,5 с, переключение диапазонов — автоматическое. Для установки модуля вольтметра на лицевую сторону платы частотомера восемь резисторов (см. [5] под индикатором)

Форсирующая цепь на конденсаторе C9 и резисторе R19 увеличивает фронт импульсов, снижая тем самым случайные

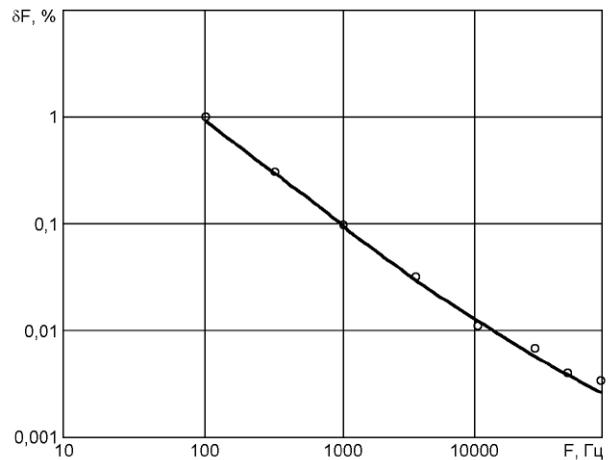


Рис. 5



Рис. 7



Рис. 8

перенесены (перепаяны) с лицевой стороны платы частотомера на тыльную. На их место через изолирующую пластину приклеен модуль вольтметра (рис. 4).

Канал формирования импульсов, подаваемых на вход частотомера, состоит из буферного каскада на ОУ DA2.2 и усилителя-ограничителя на ОУ DA3.2.

скорость нарастания импульсов, снижая тем самым погрешности измерений частоты. Амплитуда импульсов формирователя, подаваемых на вход частотомера, равна 4,5 В. На рис. 5 в логарифмическом масштабе приведена зависимость относительной погрешности частотомера от частоты сигнала. При сравнении отсчётов частоты в качестве образцового использован восьмиразрядный частотомер РЧ-07-0002.

Блок питания каких-либо особенностей не имеет. Переменное напряжение на вторичной обмотке относительно среднего вывода равно 14...15 В. Стабилизаторы DA4, DA5 выдают напряжение питания ± 15 В, можно также использовать стабилизаторы LM317, LM337. На выходе стабилизатора DA6 — напряжение +9 В питания частотомера и вольтметра.

Внешний вид прибора показан на рис. 6, монтаж — на рис. 7, рис. 8. Платы генератора и времязадающих конденсаторов помещены в экран, изготовленный из фольгированного стеклотекстолита толщиной 2 мм. Фольга на стыках граней пропаивается. На оси переменного резистора R1 установлен верньер 3:1.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вавилов А. А. Низкочастотные измерительные генераторы. — М.: Энергоатомиздат, 1985.
2. ТПМ-2/0.5А. — URL: <https://www.chipfind.ru/search/?part=%D0%A2%D0%9F%D0%9C-2/0.5%D0%90> (06.12.23).
3. Цифровой вольтметр с дисплеем, 0,28 дюйма, 30/100 В, цвет в ассортименте. — URL: https://aliexpress.ru/item/1005003922909295.html?sku_id=12000027475064577&spm=a2g2w.productlist.search_results.0.255c74b0J47ual (06.12.23).
4. Цифровой вольтметр. — URL: https://aliexpress.ru/item/4000333701897.html?sku_id=10000001372129208&spm=a2g2w.productlist.search_results.0.59ab243bqAd8UE (06.12.23).
5. Набор для самостоятельной сборки RF 1 Гц-50 МГц кварцевый генератор частотомер цифровой светодиодный тестер. — URL: https://aliexpress.ru/item/32847750953.html?sku_id=65142627686&spm=a2g2w.productlist.search_results.16.71b87432onY (06.12.23).

Частотомер на Arduino pro mini (ATmega168)

С. СИДОРЕНКО, г. Раменское Московской обл.

Основой описываемого частотомера является модуль Arduino pro mini [1] на микроконтроллере (МК) ATmega168. Выбор этого модуля обусловлен принципом "разумной достаточности", поскольку в нём использован кварцевый резонатор HC-49S, объём памяти МК для загрузки кода — 15 кБ, а объём доступностью и приемлемой стоимостью, что позволяет получить максимальную эффективность при минимальных затратах.

Частотомер выполнен по классической схеме счёта числа импульсов за определённый промежуток времени.

Основные технические характеристики

Диапазон измеряемых частот	.....10 Гц...6 МГц
Чувствительность, мВ	.....100
Напряжение питания, В	.....5
Потребляемый ток в покое, мА	.....20
Потребляемый ток в режиме измерения, мА	.....26

Схема частотомера показана на рис. 1. По своим параметрам он немного превосходит частотомер [2].

Выводы RS, E и четыре линии данных DB4—DB7 ЖКИ подключены к выводам A0—A5 модуля A1. Цифровые выводы пригодятся для дальнейшей модернизации. Линия R/W подключена к общему проводу, так как нам потребуется только функция записи в память ЖКИ. Измерительный интервал 1 с формируется с помощью двух восьмизрядных таймеров T2 и T0 МК, которые работают независимо от режима работы самого МК.

Подсчёт импульсов ведётся с помощью таймера T1 (вход — контакт 5 A1). Поскольку он шестнадцатизрядный, поэтому считает до 65536. Конечно, это слишком мало. Поэтому используем возможности таймера T1 по переполнению. Для этого обычно используется обработчик прерываний по переполнению, но мы будем использовать регистр флагов TIFR. Скetch в цикле `loop()` контролирует таймер T1 и в режиме счёта при установке флага переполнения счётчика добавляет 1 к переменной `count`.

По истечении времени измерения, когда на выходе А таймера T0 (контакт 6 A1) устанавливается лог. 0, производится расчёт измеренной частоты и вывод получившегося значения на ЖКИ HG1. Весь цикл

Изначально планировалось сделать два режима измерения: 1 с и 0,1 с. Оказалось, что при 0,1 с вывод на экран требуется делать в течение не менее 0,5 с. В противном случае показания на экране будут "мельтешить". Разница в 1 с и 0,6...0,8 с на глаз не сильно заметна, а вот точность показаний в десять раз хуже. Поэтому я отказался от периода измерения в 0,1 с. Да и скetch получился проще.

Использование таймера T0 в качестве счётчика-делителя лишает нас функций `delay()` и `millis()`. Поэтому сделана подпрограмма `pausa()`, чтобы облегчить работу МК.

Печатная плата для частотомера не разрабатывалась, поскольку время, затраченное на разработку, травление, лужение, сверление отверстий, намного больше, чем монтаж элементов устройства на макетной печатной плате размерами 60×80 мм с металлизированными отверстиями. Соединения между деталями и узлами произведены с помощью проводников от шлейфа IDE HDD компьютера (такие HDD уже не используются). Толщина их менее 0,1 мм, но этого достаточно для прохождения сигнала. Изоляция у них виниловая, хорошо снимается, если это необходимо. В одно отверстие на

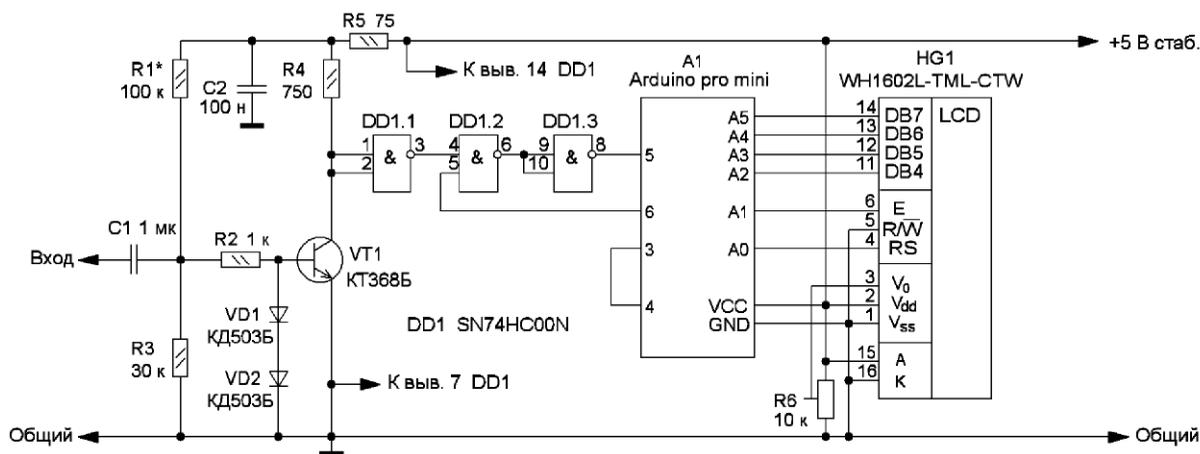


Рис. 1

Измеряемый сигнал поступает на вход усилителя-формирователя на транзисторе VT1 и логическом элементе DD1.1. Логический элемент DD1.2 разрешает прохождение импульсов на вход модуля A1. Микроконтроллер модуля формирует измерительный интервал, производит подсчёт импульсов и выводит результат измерения на ЖКИ.

измерения и отображения составляет чуть больше 1 с. Для коррекции показаний введена переменная `Kk`. Обычно она имеет тип `float`, что для МК не очень хорошо. Но у нас `Kk` — `integer` и содержит погрешность показаний в герцах на частоте 4 МГц. Корректируются показания пропорционально частоте.

плате легко входят три проводника в изоляции. Сами проводники хорошо облуживаются.

Сначала устанавливают перемычку между контактами 3 и 4 на плате модуля Arduino pro mini. Затем устанавливают саму плату на небольшой высоте над макетной платой. Контакты для программирования МК модуля припаяны к

Доработки налобного светодиодного аккумуляторного фонаря

И. НЕЧАЕВ, г. Москва

В статье рассмотрена ещё одна конструкция китайской промышленности — налобный светодиодный аккумуляторный фонарь (рис. 1), его основные недостатки и возможные доработки, которые по желанию радиолюбителя можно реализовать, все или только некоторые. В комплект этого устройства входят собственно сам фонарь, дер-

зарядки её продолжительность — 8 ч. Почему это не совсем безопасно, будет ясно далее.

Схема фонаря показана на рис. 3. Источником энергии служит аккумулятор G1, о котором сказано выше. Источником света служит светодиодный модуль с маркировкой MF2042-12 и с алюминиевым основанием (рис. 4), на

Был измерен ток, потребляемый от аккумулятора для разных режимов работы. Результат показан на рис. 5. Максимальный потребляемый матрицей светодиодов ток при полностью заряженном аккумуляторе достигает 800 мА, а одиночного светодиода — 270 мА. При снижении напряжения аккумулятора ток существенно снижа-



Рис. 1

жатель с эластичной лентой и кабель для зарядки аккумулятора. Фонарь имеет магнит для фиксации на железных предметах и регулируемый угол наклона.

По информации на упаковке (рис. 2) он оснащён аккумулятором ёмкостью 800 мА·ч. При разборке фонаря оказа-

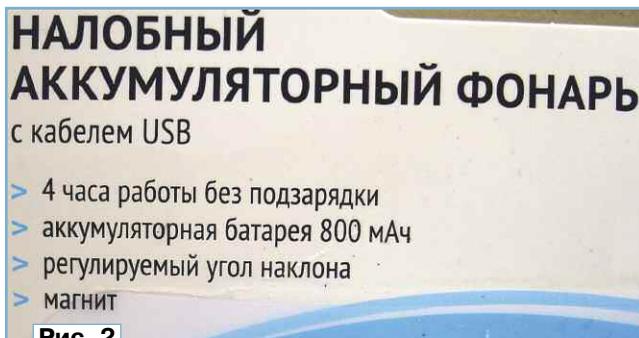


Рис. 2

котором размещены отдельный светодиод EL1, имеющий узкую диаграмму излучения, а также матрица из двенадцати светодиодов EL2—EL13, залитых компаундом



Рис. 4

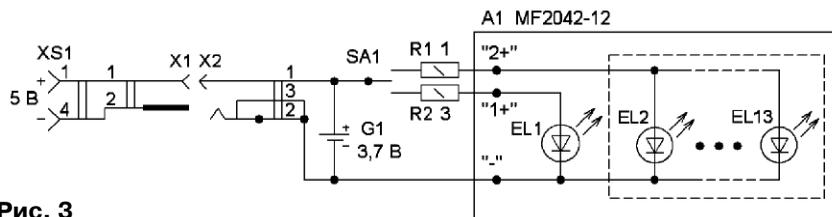


Рис. 3

лось, что в него встроен Li-Ion аккумулятор типоразмера 18650. Для такого типоразмера его ёмкость мала, поэтому можно предположить, что он не слишком высокого качества. В сопроводительной документации на фонарь зарядку аккумулятора рекомендуется проводить от USB-порта компьютера, ноутбука или от внешнего зарядного устройства в течение 3 ч, а для первой

и формирующих рассеянный свет. Включение фонаря и переключение режимов свечения осуществляют кнопочным переключателем SA1. Для ограничения тока использованы резисторы R1 и R2. Для зарядки аккумулятора фонарь снабжён разъёмом X2, к которому с помощью кабеля с USB-разъёмом XS1 подключают зарядное устройство — источник питания напряжением 5 В.

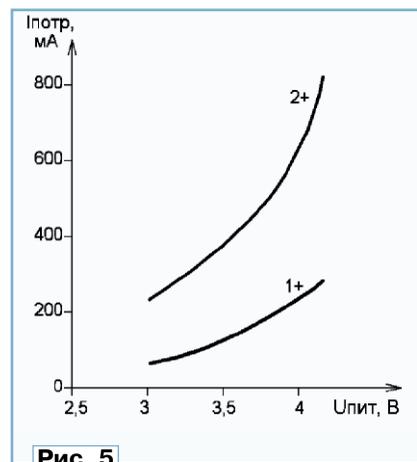


Рис. 5

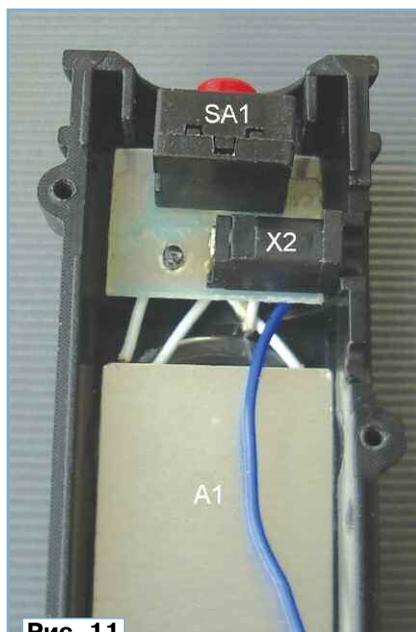


Рис. 11

текает выходной ток микросхемы DA1, и когда напряжение на нём достигнет около 0,6 В, откроется транзистор VT1 и напряжение на затворе транзистора уменьшится, что приведёт к уменьшению (ограничению) тока через светодиод EL1. Порог ограничения устанавливает подстроечный резистор R3. Конденсатор C1 обеспечивает устойчивую работу ограничителя тока.

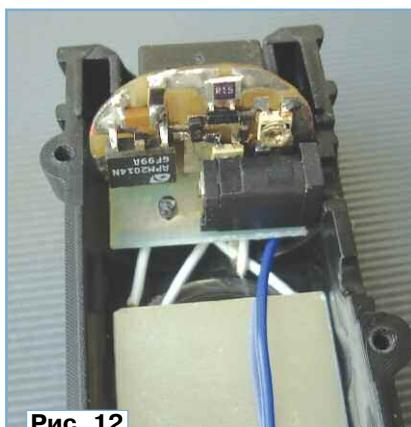


Рис. 12

толита толщиной 0,5 мм, чертёж которой показан на рис. 9,а, размещение на ней элементов — на рис. 9,б. Применены постоянные резисторы для поверхностного монтажа типоразмера 1206, подстроечные резисторы — серии PVA3A (RVG3A), конденсатор C1 — керамический для поверхностного монтажа типоразмера 1206. Смонтированная плата показана на рис. 10.

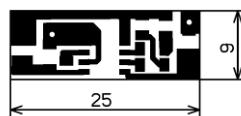
Форма печатной платы обусловлена конструкцией фонаря и расположением его элементов. На рис. 11 показана внутренняя конструкция фонаря (без аккумулятора). На штатной печатной плате установлены переключатель SA1, разъём X2 и



Рис. 13

лятора, на штатную плату со стороны печатных проводников можно установить элементы VD1 и R6 (см. рис. 7).

Подборкой резистора R6 устанавливают максимальный ток зарядки, а диод VD1 снижает напряжение на аккумуляторе на 0,6...0,7 В по сравнению с выходным напряжением зарядного устройства (5 В). Но это, конечно, не лучший вариант,



а)

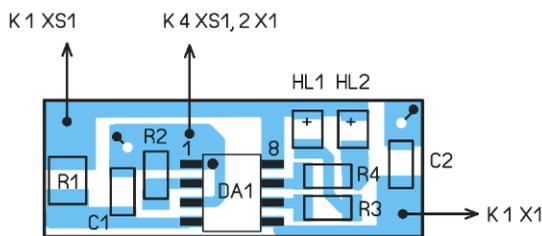


Рис. 15 б)

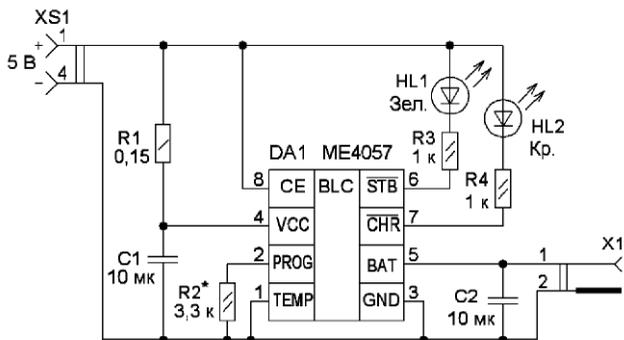


Рис. 14

В верхнем по схеме положении подвижного контакта переключателя SA1 напряжение поступает на матрицу светодиодов EL2—EL13. Поскольку потребляемый ею ток в несколько раз больше, к выходу микросхемы DA1 через открытый транзистор VT3 подключается подстроечный резистор R4, которым и устанавливают порог ограничения тока для матрицы светодиодов. На рис. 8 показаны примеры зависимости тока через светодиод и светодиодную матрицу. При напряжении менее 3,2 В ток через них начинает уменьшаться, при этом уменьшается яркость, что свидетельствует о разрядке аккумулятора.

Все вновь введённые элементы размещены на печатной плате из одностороннего фольгированного стеклотек-

резисторы R1 и R2. Плату с новыми элементами устанавливают между переключателем и гнездом (рис. 12), предварительно соединив её с элементами фонаря и установив подстроечными резисторами требуемый ток через светодиод и светодиодную матрицу.

Поскольку тип и параметры светодиода EL1 неизвестны, облегчить его тепловой режим можно, если нанести на него по периметру теплопроводящую пасту (рис. 13). Насколько эффективно такое решение, не проверялось, но хуже точно не будет, тем более что временные затраты при этом минимальны.

Но ещё осталась проблема с зарядкой аккумулятора. Для того чтобы избежать излишне большого тока и уменьшить вероятность перезарядки аккумуля-

поскольку не исключает небольшой перезарядки Li-Ion аккумулятора, к которой они чувствительны. Поэтому в этом случае потребуется контроль времени зарядки. Такое решение с учётом невысокой стоимости фонаря может быть оправданным.

Чтобы исключить чрезмерную разрядку аккумулятора, в фонарь можно установить микросхему супервизора K1274CP33P (DA2) (см. рис. 7) [7] или её аналоги — микросхемы KP1171CP33 или микросхемы серий KIA7033, PST529G. Место для установки такой микросхемы навесным монтажом в корпусе фонаря найдётся.

При частом пользовании фонарём лучше позаботиться о правильной зарядке аккумулятора. Для этого можно

использовать контроллер зарядки от вышедшего из строя Li-Ion аккумулятора, включив его в разрыв штатного кабеля. Подойдёт и недорогая готовая плата специализированного контроллера зарядки, выбор которой в интернет-магазинах велик.

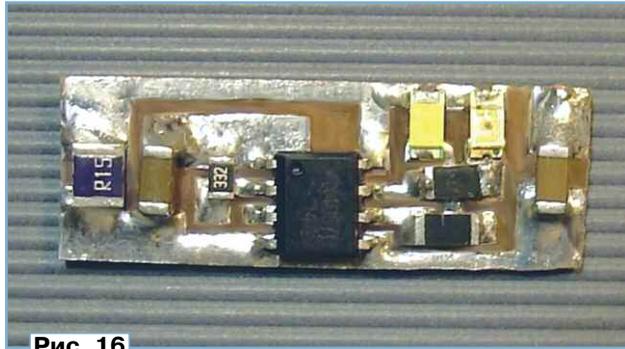


Рис. 16

Но можно сделать такой контроллер самостоятельно, применив одну из микросхем контроллера зарядки, например серии ME4057 [8]. Схема такого контроллера показана на рис. 14. Ток зарядки устанавливается подборкой резистора R2. Светодиод HL2 сигнализирует о процессе зарядки, а светодиод HL1 — о её окончании.

Элементы зарядного драйвера размещены на двухсторонней печатной плате из фольгированного стеклотекстолита толщиной 1 мм. Вторая сторона со сплошной металлизацией использована как общий провод и соединена

через отверстия с проводниками первой стороны с помощью отрезков медного лужёного провода. Чертёж платы показан на рис. 15,а, а размещение на ней элементов — на рис. 15,б. Применены резисторы и конденсаторы для поверхностного монтажа типоразме-

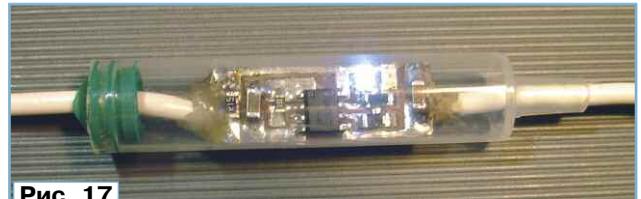


Рис. 17

ра 1206. Светодиоды применены также для поверхностного монтажа, их цвет свечения может быть другим, главное чтобы различным. Вид смонтированной платы показан на рис. 16. В качестве корпуса контроллера зарядки можно использовать любой подходящий прозрачный пластмассовый корпус. На рис. 17 показан вариант с корпусом от одноразового шприца объёмом 2 мл.

ЛИТЕРАТУРА

1. Нечаев И. Из начинки одноразовых электронных сигарет. Карманный фонарь. — Радио, 2023, № 9, с. 57—60.
2. ZXCT1009 high-side current monitor. — URL: <https://click.ru/36fbuV> (18.11.23).

3. Нечаев И. Микросхема ZXCT1009F и конструкции на её основе. Часть 1. Измерение больших постоянного и переменного токов. Приставка к мультиметру. — Радио, 2018, № 11, с. 55—58.

4. Нечаев И. Микросхема ZXCT1009F и конструкции на её основе. Часть 2. Уст-

ройства защиты и ограничители (стабилизаторы) тока. — Радио, 2018, № 12, с. 53—56.

5. Нечаев И. Микросхема ZXCT1009F и конструкции на её основе. Часть 3. ЗУ и устройство питания микродрели. — Радио, 2019, № 1, с. 58—60.

6. APM2014NU N-Channel Enhancement Mode MOSFET. — URL: <https://click.ru/36fc2a> (18.11.23).

7. K1274CPxx. — URL: https://integral.by/sites/default/files/pdf/k1274_0.pdf (18.11.23).

8. ME4057. — URL: <https://datasheet-pdf.com/PDF/ME4057-Datasheet-Microne-967807> (18.11.23).

От редакции. Чертежи печатных плат находятся по адресу <http://ftp.radio.ru/pub/2024/01/fonar.zip> на нашем FTP-сервере.

Громкоговорящее многоканальное симплексное переговорное устройство

Ю. ИСАЕВ, г. Москва

Это переговорное устройство предназначено для организации громкоговорящей связи в симплексном режиме между центральным пультом (ЦП) и абонентскими устройствами (АУ), число которых может быть от двух до десяти и более.

При выборе конструкции были проанализированы схемы из журналов "Радио", брошюр "В помощь радиолюбителю" и др. Однако, по тем или другим параметрам, существующие варианты меня не удовлетворили, и я занялся разработкой собственной конструкции, которая содержала схемные решения, которые позволили предельно упростить схему коммутации устройства, применяемые коммутационные элементы и схему в целом. При этом устройство не требует какой-либо настройки и не критично к номиналам компонентов (кроме компонентов микросхемы усилителя мощности).

Наиболее близкая конструкция предложена С. Добровановым в статье "Переговорное устройство" в "Радио", 2004, № 10, с. 52 и № 11, с. 57, 58. Однако там применены реле и более сложные коммутирующие элементы.

Схема переговорного устройства в составе ЦП и десяти АУ представлена на рис. 1. В ЦП входят УЗЧ на микросхеме DA1, микрофонный усилитель на транзисторах VT1, VT2, генератор вызывного сигнала на транзисторах VT3, VT4, динамическая головка BA1, блок питания, а также элементы коммутации и индикации для каждого из АУ. В состав АУ входят (для АУ 1) микрофонный усилитель на транзисторах 1VT1, 1VT2, динамическая головка 1BA1 и кнопка 1SB1 "Приём-Передача". Нумерация элементов в АУ и относящихся к нему элементов коммутации начинается с цифры, соответствующей его номеру.

Переговорное устройство позволяет вести переговоры в симплексном режиме с каждым из десяти абонентов, выбор которых осуществляется с помощью кнопок 1SB2—10SB2, или сразу с несколькими абонентами.

Для усиления сигнала микрофона, в качестве которого используется динамическая головка 1BA1, используется микрофонный усилитель, коэффициент усиления которого — около 200 (на нагрузке 1R4) и который располагается непосредственно в корпусе АУ1. Питание этого усилителя осуществляется по двухпроводной линии связи через открытый светодиод 1HL1 и резистор 1R4. При этом выходной сигнал (при передаче с АУ1) снимается с резистора 1R4 и через открытый диод 1VD1, резистор 1R5 и регулятор громкости R1 подаётся на УМЗЧ на микросхеме DA1, находящегося в ЦП. Для исключения выхода из строя микросхемы в слу-

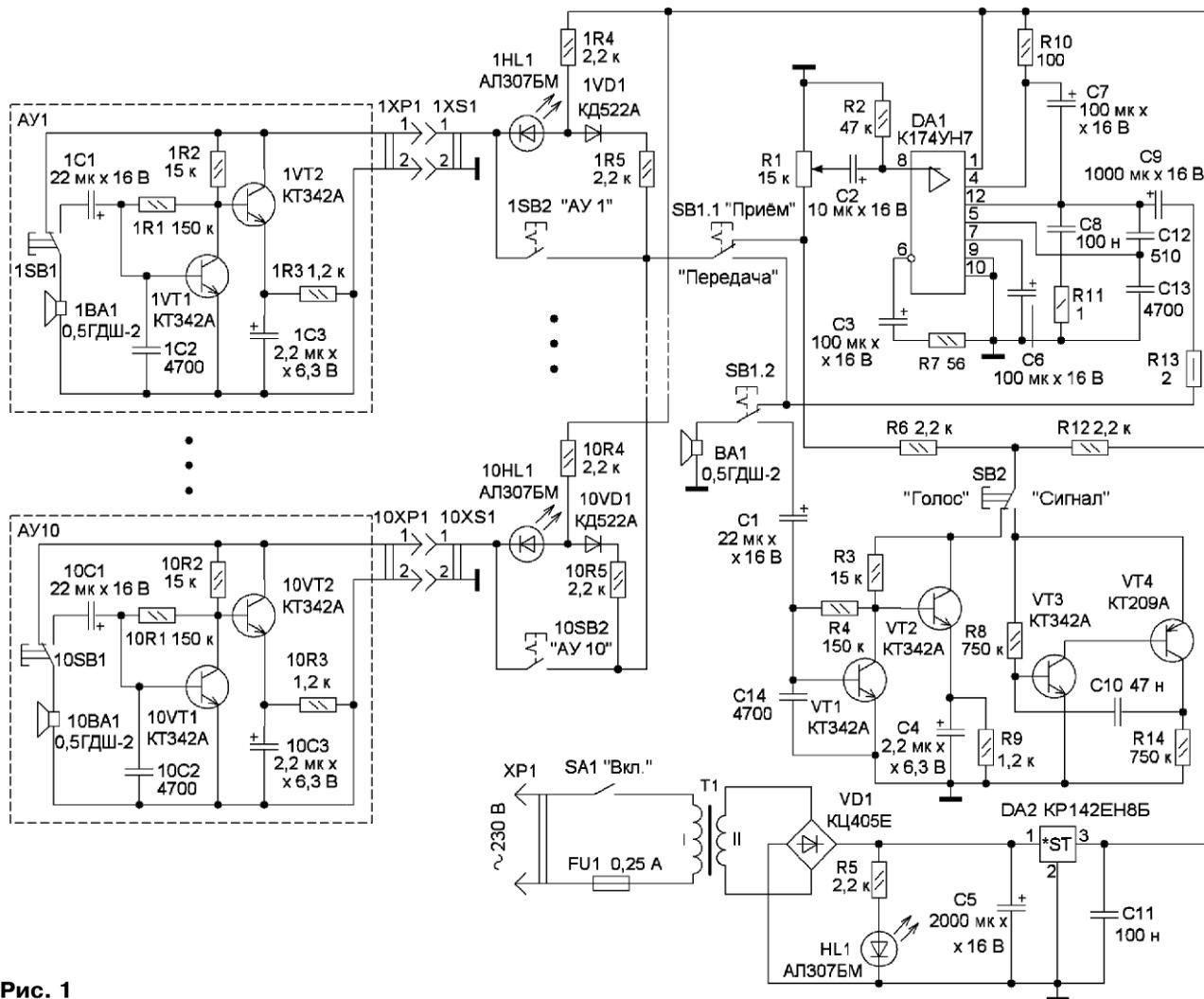


Рис. 1



Рис. 2

чае КЗ в линии связи последовательно с ней подключён резистор R13.

При передаче сигнала с ЦП на АУ1 (кнопка 1SB2 замкнута) переменное выходное напряжение сигнала ЗЧ с усилителя мощности ЦП поступает по линии связи на динамическую головку 1BA1 АУ1, но поступает и на другие АУ, значительно ослабляясь, проходя через элементы 10R5, 10VD1, 10HL1. Паразитное проникновение не превышает 10...20 мВ на головке 10BA1, что практически исключает нежелательное прослушивание.

В исходном состоянии (показано на рис. 1) все кнопки 1SB1—10SB1 в АУ1—АУ10 находятся в режиме приёма, а кнопки 1SB2—10SB2 в ЦП разомкнуты. Светодиоды 1HL1—HL10 светят (потребляемый ток — приблизительно 5 мА), указывая на подключение соответствующего АУ и целостность линии связи с абонентами.

Вызов с АУ1 (аналогично с любого другого АУ или нескольких сразу) осуществляется нажатием на кнопку 1SB1 (в АУ1), и голосом вызывается оператор ЦП. При этом светодиод 1HL1 резко

снижает яркость (потребляемый ток — приблизительно 1 мА), что указывает оператору ЦП на конкретного абонента. Светодиоды других абонентов при этом сохраняют прежнюю яркость. Кнопка 1SB1 (в АУ1) переводится в режим приёма (показан на схеме). На ЦП переключатель SB1.1 "Приём/Передача" переводится в положение "Передача", и кнопка 1SB2 АУ1 (или несколько соответствующих кнопок сразу в ЦП) переводится в нижнее по схеме положение. Голосом оператор ЦП отвечает абоненту.

Вызов одного из абонентов или нескольких сразу с ЦП осуществляется в следующей последовательности. Нажимают на кнопку 1SB2 АУ1 (или другие). Переключатель SB1 переводится в положение "Передача", и голосом или тональным сигналом (кнопка SB2 в положении "Сигнал") вызывается требуемый абонент. После передачи сообщения кнопочный переключатель SB1 переводят в исходное положение и ожидают ответа абонента.

Число абонентов несложно увеличить. Напряжение питания устройства не критично и может быть в интервале

9...15 В. Для этого в блоке питания следует применить микросхему стабилизатора DA2 на соответствующее выходное напряжение.

В устройстве применены постоянные резисторы МЛТ, С2-23, переменный — СП, СПО с линейной характеристикой. В качестве кнопочных выключателей 1SB2—10SB2, SB1 и кнопки SB2 использованы два блока кнопок П2К-н-6-15 с независимой фик-

красного свечения, при этом светодиоды повышенной яркости свечения могут светить слишком сильно. Взамен выпрямительного моста КЦ405Е можно применить другой с выходным током до 1 А и обратным напряжением не менее 50 В или отдельные выпрямительные диоды. Стабилизатор напряжения (микросхема DA2) из серий КР142ЕНхх или 78хх. Усилитель мощности (микро-

дельных блоков, их работоспособности и соединению в соответствии с приведённой схемой. Подключение АУ проводится с учётом полярности.

Подсоединение линий связи АУ к ЦП производится с помощью клеммной колодки ЗПС21-10, причём, если к ЦП не подсоединён один или несколько АУ, каждый из них следует заме-



Рис. 3



Рис. 4

сацией (кнопка SB2 — без фиксации). Можно применить и одиночные переключатели П2К с фиксацией и без неё. В АУ использованы микропереключатели МП или кнопки КМ1-1. Сетевой выключатель SA1 — ПКН41-1-2. Динамические головки могут быть любыми малогабаритными с сопротивлением катушки 8 Ом. Транзистор КТ209 можно заменить транзисторами серий КТ361, КТ3107. Остальные транзисторы могут быть серий КТ342, КТ312, КТ3102 и др. с коэффициентом передачи тока базы не менее 100 и допустимым напряжением коллектор—база не менее 15 В. Диоды можно применить любые маломощные импульсные с допустимым обратным напряжением не менее 20 В. Светодиоды обязательно должны быть

схема DA1) может быть любой с чувствительностью по входу около 0,1 В и выходной мощностью несколько ватт. Микросхемы устанавливаются на теплоотвод площадью не менее 30 см². Оксидные конденсаторы — К50-16, К50-35, К53-14, остальные — серий К73, К10-17. В качестве понижающего трансформатора подойдёт любой мощностью не менее 10 Вт, напряжением вторичной обмотки 12 В и выходным током не менее 500 мА. Можно взять готовый выносной блок питания с такими же параметрами, которых сейчас множество, в этом случае в цепь питания микросхемы DA1 желательно установить оксидный конденсатор ёмкостью не менее 1000 мкФ.

Наладивание устройства сводится к проверке правильности монтажа от-

стить "заглушкой", содержащей резистор сопротивлением несколько сотен Ом.

Внешний вид передней панели устройства показан на рис. 2. Чертежи печатных плат не приводятся. Все детали можно смонтировать на макетных печатных платах. Элементы коммутации АУ в ЦП смонтированы навесным методом на переключателях П2К. Корпус ЦП подбирается из имеющихся в наличии в соответствии с применяемыми компонентами (рис. 3).

В качестве корпуса АУ использовано "Устройство переговорное громкоговорящее УПГ" производства НПО "Волна", выпускающиеся ещё в советское время (рис. 4). Но, конечно, подойдут и другие подходящие корпуса.

Доработка бензинового электрогенератора

Huter DY6500LX

В. КИБА, г. Волжский Волгоградской обл.

На случай отключения централизованного электроснабжения был приобретён бензиновый электрогенератор Huter DY6500LX. Когда он работает, принципиальных претензий к нему нет. Но когда заводишь двигатель электрогенератора, в момент, когда он только завёлся и ещё не набрал обороты, дёргается как припадочный, и в этот

moment надо, изогнувшись, держать рычаг для закрытия воздушной заслонки на карбюраторе, чтобы при наборе оборотов успеть её открыть, иначе двигатель начинает дёргаться ещё сильнее. При этом другой рукой приходится держать ключ зажигания, вырывающийся из пальцев. По этим причинам было решено упростить себе жизнь, устано-

вить на карбюратор автоматический узел, регулирующий угол закрытия заслонки.

Изучив информацию по этой тематике в Интернете, узнал, что есть такой же электрогенератор с узлом автоматики — простым соленоидом, который подключается к выходу напряжения 12 В электрогенератора. Когда электро-



Рис. 1

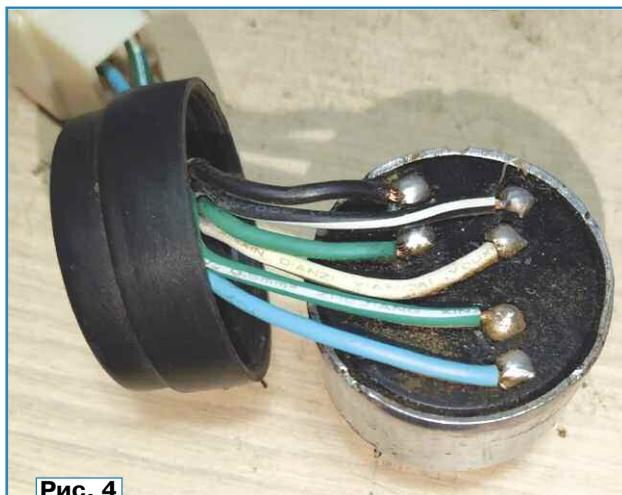


Рис. 4

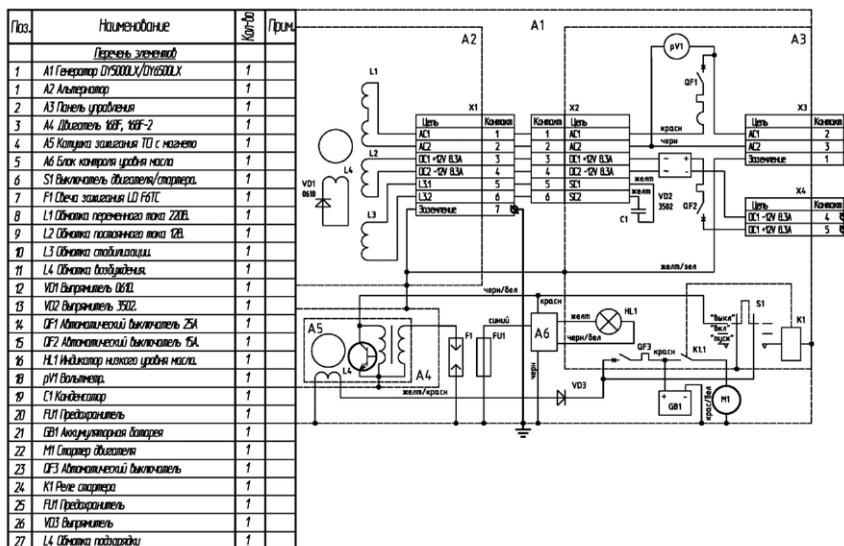


Рис. 2

генератор начинает работать, соленоид открывает воздушную заслонку, а когда генератор не работает, пружина её закрывает. Как примерно выглядит этот узел (он от другого генератора и к моему не подходит), показано на рис. 1. Но когда узнал цену на такой узел, понял, что мне на порядок дешевле обойдётся добавить к карбюратору сервомотор и модуль Arduino Nano для управления его воздушной заслонкой, тем более всё это есть в наличии. Также было решено добавить блокировку включения стартера при работающем двигателе генератора и заменить неудобный замок зажигания.

После доработки электрогенератора запускается лёгким нажатием на кнопку и больше не надо никаких манипуляций — это мечта лентяя. А чтобы быть полным лентяем и даже не нажимать на кнопку, надо добавить к генератору АВР (автомат ввода резерва), который уже собран на Arduino Uno и ждёт своего времени, но это уже другая история.

Схема электрогенератора, которая находилась в его сопроводительных документах, показана на рис. 2. К сожа-

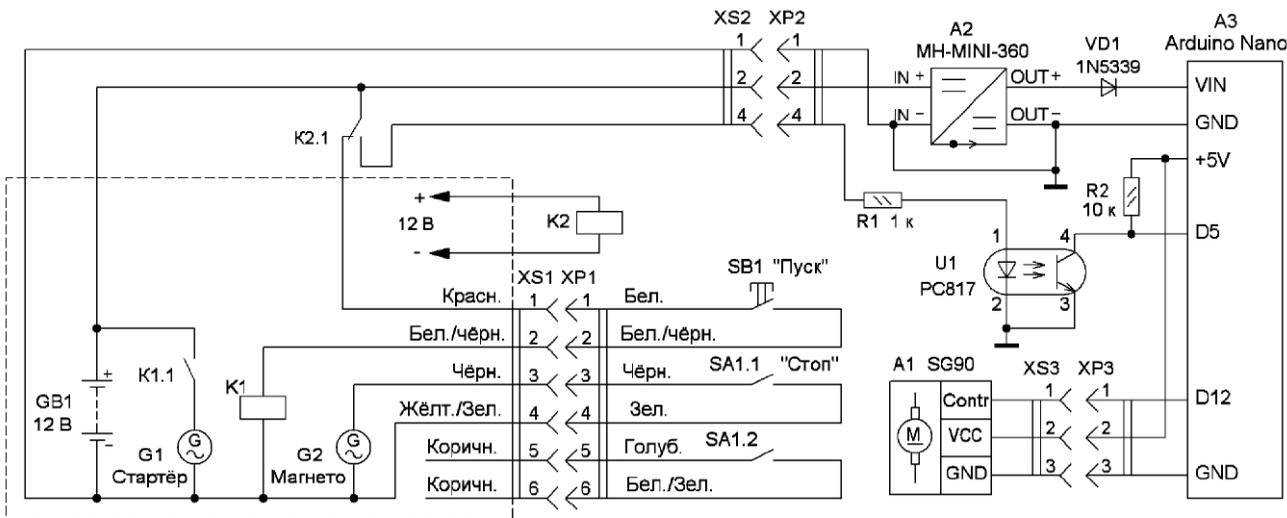


Рис. 3



Рис. 5

лению, оказалось, что она не полная и отличается от того, что находится в электрогенераторе на самом деле, но с помощью метода научного тыка удалось разобраться с нюансами и приступить к доработке.

Схема доработки электрогенератора показана на рис. 3. Меня не устраивал замок зажигания (рис. 4), поскольку у него было плохое крепление, и он вращался в своём крепёжном отверстии. Поэтому не хватало третьей руки, чтобы одной рукой держать замок, другой — ключ зажигания и в момент, когда двигатель генератора завёлся, найти рычаг воздушной заслонки и открыть её. Поэтому замок зажигания был удалён, а вместо него были поставлены переключатель SA1 "Старт/Стоп" и кнопка SB1 "Пуск" для включения стартера, кнопка защиты стартера и индикаторный светодиод уровня масла перенесены вправо (рис. 5).

На схеме (см. рис. 3) показано только то, что подверглось модернизации, указаны цвет проводов, подключённых к разъёму замка зажигания, разъёмы XS1 и XP1 — это штатные разъёмы генератора, с его помощью подключался замок зажигания, который был заменён переключателем SA1 и кнопкой SB1. С помощью этой кнопки SB1 включают стартер, а реле K2 выполняет две функции — блокирует кнопку SB1 при за-



Рис. 6

дённом двигателе электрогенератора, а также подаёт сигнал модулю A3 для открывания воздушной заслонки. В этом электрогенераторе есть выход постоянного напряжения 12 В, обозначенный "Выход/DC" (рис. 6), предназначенный, например, для зарядки аккумуляторных батарей. К нему подключено ре-

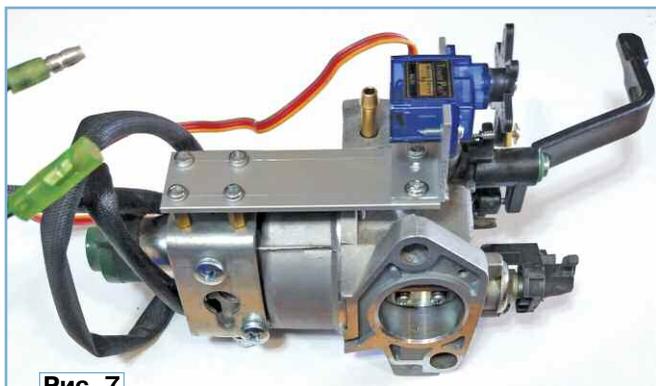


Рис. 7

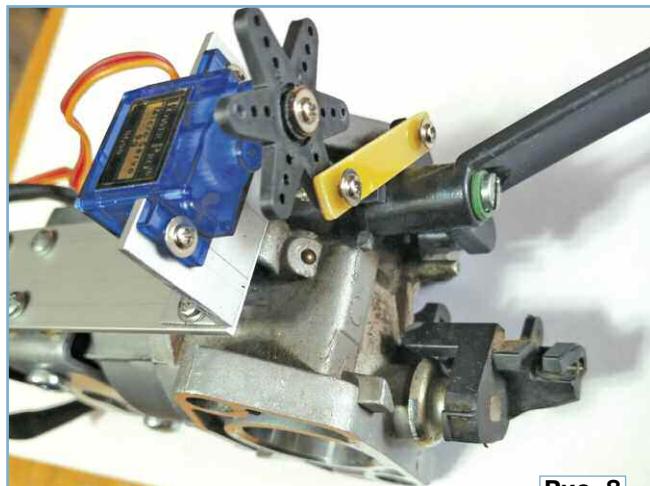


Рис. 8

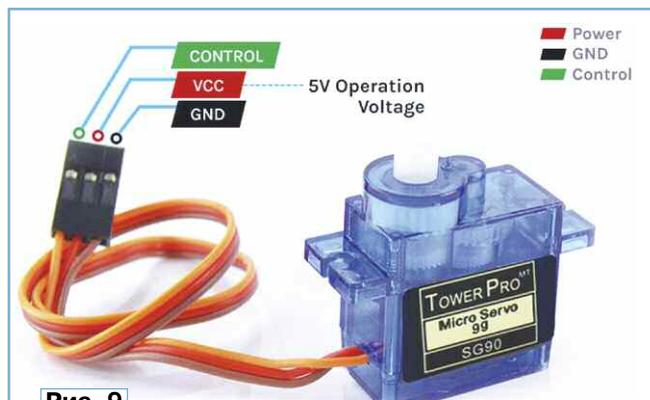


Рис. 9

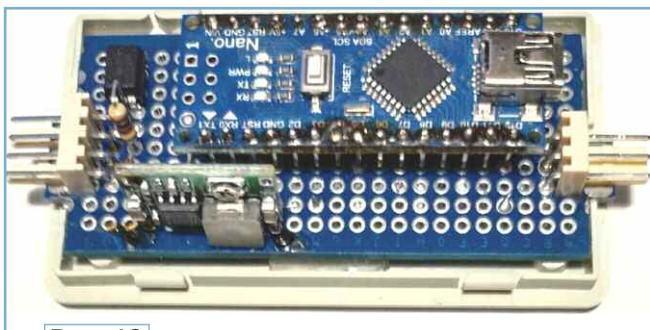


Рис. 10

ле K2, и при появлении на этом выходе напряжения 12 В реле K2 включается и

блокирует включение стартера. Переключатель SA1 в разомкнутом состоянии разрешает запуск двигателя, при замкнутом состоянии глушит его.

На рис. 7 и рис. 8 показан доработанный карбюратор с установленным сервомотором. Он с помощью металлических уголков и пластины закреплён на карбюраторе, а тяга качалки соединена с рычагом воздушной заслонки. Сервомотор не мешает вручную управлять рычагом воздушной заслонки, но для этого надо отключить провод его подключения к блоку управления Arduino Nano, если подключена аккумуляторная батарея.

Блок управления собран на модуле A3 (Arduino Nano) и сервомоторе A1 (рис. 9). При подключении аккумуляторной батареи микроконтроллер модуля A3 с помощью сервомотора A1 закрывает воздушную заслонку и ждёт, пока не будет заведён двигатель и электрогенератор не начнёт вырабатывать энергию. Когда на его выходе появляется напряжение 12 В, включается реле K2, которое подаёт напряжение на излучающий диод оптрона U1. При открывании его фототранзистора на входе D5 модуля A3 устанавливается лог 0 и микроконтроллер открывает воздушную заслонку. При остановке двигателя электрогенера-

тора воздушная заслонка автоматически закрывается.

Блок управления был собран на макетной печатной плате (рис. 10), которая помещена в пластмассовый корпус размерами 70×40×23 мм. Для желающих повторить конструкцию на рис. 11 показан чертёж односторонней печатной платы из стеклотекстолита толщиной 1,5 мм. Плата рассчитана на установку постоянных резисторов МЛТ, С2-33, резисторов для поверхностного монтажа типоразмера 1206, или импортных аналогов. Реле K2 включения стартера — автомобильное 90.3747.

Налаживание автоматики карбюратора заключается в установке на выходе модуля A2 напряжения 9 В. Также можно изменить угол поворота сервомотора, для этого в программе в строке `byte Angle[] = {0, 95, 135}`; можно изменить углы открытия и закрытия заслонки. В этом случае значение 95 — угол закрытия заслонки, 135 — угол открытия заслонки.

Все библиотеки, которые применены в скетче, можно загрузить с сайта <https://github.com/rudoc>.

От редакции. Скетч для Arduino Nano и чертёж печатной платы в формате Sprint-Layout находятся по адресу <http://ftp.radio.ru/pub/2024/01/gen.zip> на нашем FTP-сервере.

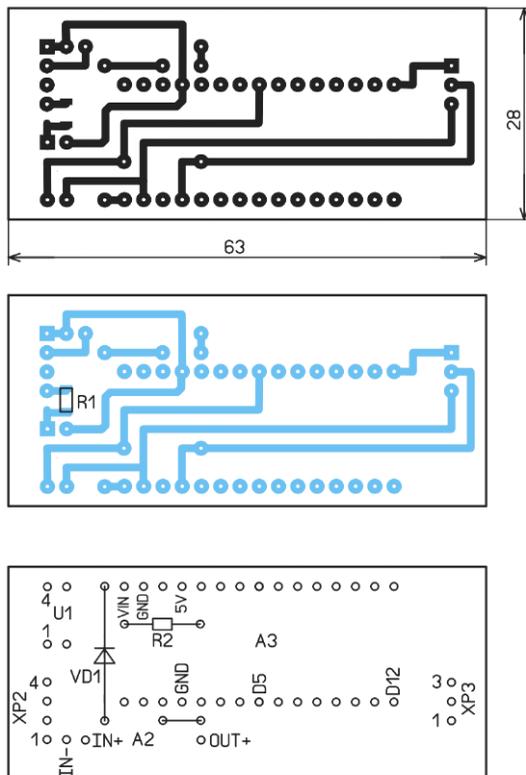


Рис. 11

Сигнализатор довзрывоопасных концентраций

А. ВОВК, г. Ангарск Иркутской обл.

Предлагаемый сигнализатор предназначен для контроля довзрывоопасных концентраций газов и паров в воздухе производственных помещений, рабочих зон, в местах хранения и использования горючих веществ, на предприятиях коммунально-бытового обслуживания. Автором на сигнализатор получен патент на изобретение РФ № 2558006.

Схемное решение предлагаемого устройства существенно отличается от серийно выпускаемых отечественных приборов СТМ-30, ДАТ-М, ЩИТ-3 и др., а также зарубежных фирм MODCON, OLDHAM и др., также использующих термокаталитический способ измерения, когда горючие вещества окисляются (сгорают) на платиновой спирали с нанесённым (в виде капли, бусинки) катализатором. В нём нет моста Винсто-

на, смежными плечами которого являются рабочий и сравнительный чувствительные элементы, строго подобранные по сопротивлению. Сравнительный чувствительный элемент имеет одинаковый температурный коэффициент с рабочим чувствительным элементом, служит для температурной компенсации и поддерживает измерительный мост в сбалансированном состоянии, при отсутствии горючих веществ.

Почему выбран термокаталитический метод измерения? Это, в первую очередь, связано с небольшой стоимостью и простотой изготовления самих чувствительных элементов. Во-вторых, с универсальностью — перечень горючих веществ, которые определяет термокаталитический элемент, составляет около 300 видов. В-третьих, термокаталитический элемент обладает быстрым откликом, малым временем

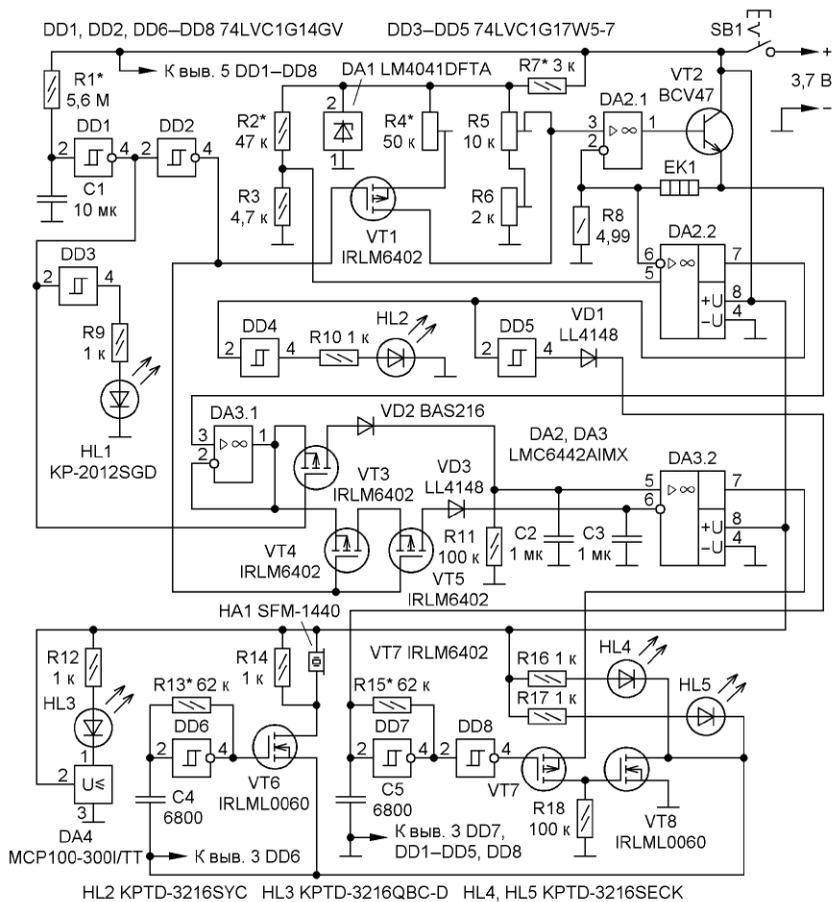


Рис. 1

восстановления, широким рабочим температурным интервалом (от -60 до $+180$ °C), что очень важно при эксплуатации приборов с термokatалитическими датчиками на предельных режимах и в суровых климатических условиях.

Оптические (инфракрасные) датчики для определения дозврывоопасных концентраций газов и паров дороги и порою по цене приближаются к стоимости прибора, в который они устанавливаются. Они теряют чувствительность при загрязнении и конденсации влаги на элементах оптического тракта. Такие датчики не анализируют горючую пыль, газы и пары в виде аэрозолей и туманов. Кроме того, перечень определяемых компонентов ограничен. Отсутствуют оптические сенсоры для взрывоопасных концентраций водорода (H_2), наиболее опасного компонента с точки зрения промышленной безопасности и охраны труда, используемого в технологических процессах нефтеперерабатывающих и химических производств.

Наличие двух чувствительных элементов требует значительного объёмного пространства для их установки, следовательно, необходимо большое количество воздуха и дорогостоящей поверочной газовой смеси (ПГС) для продувки и заполнения рабочего реакционного объёма, что, в свою очередь, не позволяет использовать малогабаритные картриджи с воздухом и ПГС,

находящиеся под давлением для дистанционной настройки и проверки стационарных сигнализаторов дозврывоопасных концентраций по месту монтажа, а переносных, индивидуальных в труднодоступных и удалённых местах в процессе выполнения работ.

Описываемый сигнализатор дозврывоопасных концентраций не содержит микропроцессоров, микроконтроллеров, не требует их программирования, имеет простой и понятный алгоритм работы, прост в применении и ремонте, что немаловажно при промышленной эксплуатации. Он содержит один термокatalитический элемент и отличается от выпускаемых отечественных и зарубежных аналогов тем, что на нём формируется как начальное, так и пороговое падение напряжения с плавающим изменяющимся значением.

Техническая задача изобретения — снижение стоимости, уменьшение габаритов и числа электронных компонентов, исключение сравнительного чувствительного элемента, упрощение процедуры настройки, устранение влияния на результат измерения совокупности изменяющихся внешних факторов, таких как температура, давление, влажность. Отмечу, что это влияние одинаково для начального и порогового падения напряжения. Для аналогов порог задаётся с помощью прецизионного источника образцового напряжения (ИОН)

при настройке и не меняется, хотя при интенсивной эксплуатации и старении чувствительных элементов происходят разбаланс моста и дрейф показаний как в сторону увеличения, так и в сторону уменьшения, что, в свою очередь, приводит к ложным срабатываниям — прибор уходит в состояние "Порог" или в "Отказ".

Сигнализатор дозврывоопасных концентраций выполнен на современной элементной базе с использованием компонентов для поверхностного монтажа. Для выполнения логических операций применены микросхемы серии LVC (одиночные триггеры Шмитта — корпус SOT-23, напряжение питания — $1,65 \dots 5,5$ В, выходной ток — 24 мА), что позволило повысить помехоустойчивость устройства, уменьшить габариты и упростить разводку печатной платы. Линейка микросхем LVC очень приличная, как по типоразмерам, так и по функциональным возможностям, в одном корпусе размещены один, два и три логических элемента. В устройстве применены ОУ LMC6442 (корпус SO-8, напряжение питания однополярное $2,2 \dots 10$ В, ток потребления — $0,95$ мкА, типовое значение входного тока — 5 фА (5×10^{-15} А)). Входное сопротивление у этой микросхемы фактически равно сопротивлению лучших диэлектриков, таких как стекло, полистирол, слюда, фторопласт и др. На ней реализована функция запоминания порогового значения.

В статье приведена схема устройства. В описании патента РФ № 2558006 представлены три исполнения сигнализатора дозврывоопасных концентраций, но показаны только блок-схемы.

Предлагаемый сигнализатор — это переносной вариант, который может размещаться в отдельном корпусе или в шумоподавляющем наушнике защитной каски. Печатная плата с деталями была смонтирована в датчик прибора СТМ-30, запитана напряжением 5 В и прошла успешные испытания в течение двенадцати месяцев в тяжёлых сибирских условиях (ветер, дождь, туман, сильные перепады давления, температура от $+35$ до -45 °C). Не было зафиксировано ни одного ложного срабатывания.

Рассмотрим работу переносного однопорогового сигнализатора дозврывоопасных концентраций, схема которого приведена на рис. 1. После подачи напряжения питания кнопкой SB1 начинает заряжаться конденсатор C1 через резистор R1 примерно в течение $40 \dots 50$ с. Пока заряжается этот конденсатор, на выходе микросхемы DD1 (выв. 4) присутствует высокий уровень, который поступает на вход микросхемы DD3, загорается светодиод HL1 ("прогрев"), этот же уровень закрывает полевой транзистор VT3. На выходе микросхемы DD2 (выв. 4) присутствует низкий уровень, он открывает полевые транзисторы VT4, VT5, включённые последовательно для увеличения общего сопротивления стока—исток, выполняющие функцию высокоомного ключа.

При открывании транзистора VT1 параллельно верхнему плечу подстроечного резистора R5 через переход

сток—исток подключается резистор R4 ("порог"), тем самым увеличивается напряжение на неинвертирующем входе ОУ DA2.1 и соответственно увеличивается ток через чувствительный элемент EK1.

Начальное напряжение, когда закрыт транзистор VT1, задаётся делителем из подстроечных резисторов R5, R6 ("грубо", "точно"), которые входят в состав генератора стабильного тока, собранного на ОУ DA2.1, составном транзисторе VT2, образцовом резисторе R8, чувствительном элементе EK1, включённых последовательно в эмиттерную цепь транзистора VT2. В качестве источника образцового напряжения (ИОН — 1,225 В) выступает микросхема DA1, рабочий ток ИОН задаёт резистор R7.

Ток, протекающий и разогревающий чувствительный элемент до температуры 400...450 °С, для осуществления термокаталитической реакции при появлении горючих газов и паров равен 100...110 мА (например, для рабочего чувствительного элемента датчика прибора СТМ-30 с сопротивлением 8 Ом) и поддерживается с высокой точностью за счёт того, что падение напряжения, поступающее на инвертирующий вход ОУ DA2.1, снимается с образцового резистора R8, сопротивление которого стабильно. В отличие от образцового резистора, сопротивление чувствительного элемента значительно изменяется при сгорании на нём определяемых горючих веществ.

Падение напряжения, снимаемое с чувствительного элемента, поступает на повторитель, собранный на ОУ DA3.1, и далее на исток транзисторов VT3, VT4. Во время прогрева через открытые транзисторы VT4, VT5 и диод VD3 пороговое напряжение поступает на конденсатор C3 и заряжает его, оно фиксируется и всегда выше начального.

После зарядки конденсатора C1 и окончания прогрева транзисторы VT1, VT4, VT5 закрываются высоким уровнем, поступающим с выхода микросхемы DD2, а транзистор VT3 открывается низким уровнем, поступающим с выхода микросхемы DD1, сигнализатор переходит в режим измерения.

Теперь изменяющееся падение напряжения на чувствительном элементе через диод VD2 поступает на неинвертирующий вход компаратора, выполненного на ОУ DA3.2, и сравнивается с зафиксированным пороговым напряжением на конденсаторе C3. Если напряжение на конденсаторе C2 становится больше, чем на конденсаторе C3, компаратор переключается, и на его выходе (выв. 7) появляется высокий уровень. Он поступает на исток транзистора VT7, который периодически открывается низким уровнем с частотой примерно 0,5 Гц, поступающим с тактового генератора, собранного на микросхемах DD7, DD8. С этой же частотой открывается транзистор VT8 и соединяет с общим проводом светодиоды HL4, HL5 и минусовой вывод питания микросхемы DD6, на которой собран звуковой генератор. Светодиоды начинают мигать, а пьезоизлучатель HA1, включённый в стоковую цепь транзистора VT6,

излучает прерывистый звуковой сигнал. Когда сигнализатор размещён в шумоподавляющем наушнике защитной каски и нет загазованности или горючих веществ, о его работе судят по негромким щелчкам излучателя, напоминающим тикание часов.

При уменьшении падения напряжения на чувствительном элементе конденсатор C2 разряжается обратным током диода VD2 через открытый канал сток—исток транзистора VT3 и выходные цепи повторителя DA3.1.

Узел регистрации обрыва чувствительного элемента выполнен на компараторе DA2.2. Напряжение, поступающее с делителя на резисторах R2, R3,

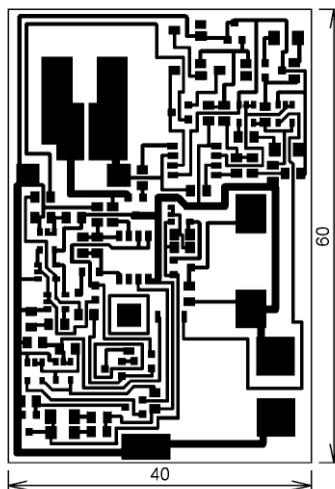


Рис. 2

сравнивается с падением напряжения на образцовом резисторе R8 при протекании через него тока, которое на инвертирующем входе выше, чем на неинвертирующем. Если происходит обрыв чувствительного элемента, инвертирующий вход компаратора через образцовый резистор R8 соединяется с общим проводом и компаратор переключается. На его выходе (выв. 7) появляется высокий уровень, который поступает на вход микросхем DD4, DD5. Микросхема DD4 включает светодиод HL2 ("обрыв"), а высокий уровень с выхода микросхемы DD5 через диод VD1 блокирует работу тактового генератора на микросхемах DD7, DD8.

Монитор напряжения питания собран на микросхеме DA4, если напряжение становится меньше 3 В, включается светодиод HL3 ("батарея").

Налаживание сигнализатора сводится к установке рабочего тока (начального падения напряжения на чувствительном элементе) и установке порогового тока (порогового падения напряжения на чувствительном элементе).

После прогрева сигнализатора и погасания светодиода HL1 (прогрев) на чистом воздухе (движки

резисторов R5, R6 предварительно находятся в среднем положении), не обращая внимания на световую и звуковую сигнализацию, производят измерение и установку рабочего тока. При токе 100 мА падение напряжения на образцовом резисторе R8 равно 499 мВ. Начальное падение напряжения на EK1 будет зависеть от сопротивления используемого чувствительного элемента.

Далее на чувствительный элемент подаётся поворачиваемая газовая смесь (ПГС), смесь метана (CH₄) с воздухом 20 % НКПП (нижний концентрационный предел распространения пламени для метана равен 5 %), поэтому подаём однопроцентную объёмную смесь метана с воздухом и измеряем относительно общего провода напряжение на эмиттере транзистора VT2 (это пороговое падение напряжения на чувствительном элементе).

Выключаем, выдерживая небольшую паузу, и включаем сигнализатор, пока горит светодиод HL1 ("прогрев"), выставляем резистором R4, движок которого предварительно установлен в среднее положение, на инвертирующем входе ОУ DA3.2 напряжение, равное измеренному пороговому напряжению на чувствительном элементе при продувке ПГС. Щупы измерительного прибора нужно убрать до окончания прогрева, иначе конденсатор C3 разрядится через внутреннее сопротивление измерительного прибора.

Когда погаснет светодиод HL1 ("прогрев"), пороговое падение напряжения сохранится на конденсаторе C3. При последующем выключении, включении сигнализатора на чистом воздухе и переходе в режим измерения изменяющееся падение напряжения на чувствительном элементе будет срав-

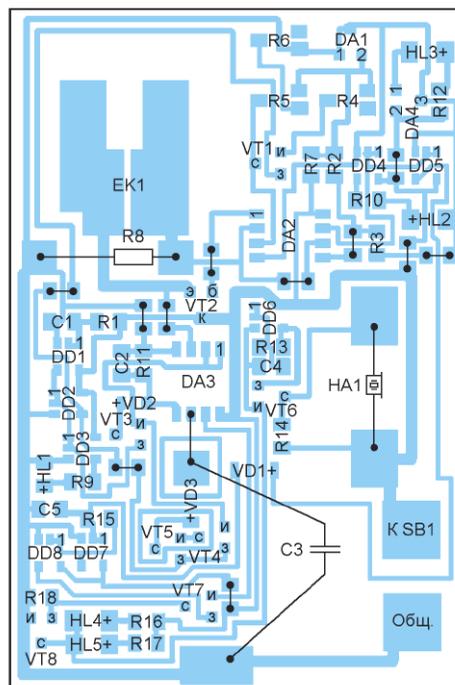


Рис. 3

ниваться с запомненным, зафиксированным пороговым напряжением на конденсаторе С3, и, если в рабочей зоне, где присутствуют горючие вещества, оно его превысит, сработает световая и звуковая сигнализация.

Сигнализатор собран на печатной плате из фольгированного с одной стороны стеклотекстолита толщиной 1 мм, изготовленной струйно-диффузионным способом, который описан в моей статье "Струйно-диффузионный способ изготовления печатных плат" ("Радио", 2011, № 2, с. 33—35). Чертёж платы показан на **рис. 2**, а расположение элементов в масштабе 1,5:1 — на **рис. 3**.

Пайку деталей следует производить с использованием канифоли и до установки подстроечных резисторов, пьезоизлучателя и чувствительного элемента тщательно, с помощью кисточки, промыть в ацетоне или растворителе для нитрокрасок. Нельзя использовать кислотные и другие электропроводящие флюсы.

Для обеспечения взрывозащиты сам чувствительный элемент помещён в медный пористый стакан (максимальная пора — не более 100 мкм), который с помощью компаунда герметично приклеивается к плате.

Верхний по схеме вывод запоминающего конденсатора С3 припаян к контактной площадке, окружённой замкнутым проводящим квадратом для исключения токов утечки, и он же припаян непосредственно к выводу 6 микросхемы DA3. Таким же замкнутым проводящим многоугольником окружён канал сток—исток транзистора VT5 и сток транзистора VT4. Такое решение позволило сохранять заряд на конденсаторе С3 не менее 12 месяцев (срок испытания). Плату желательно поместить в экран и не использовать изолирующие лаки с сопротивлением покрытия менее 10×10^5 Ом.

В сигнализаторе применены детали для поверхностного монтажа типоразмеров 0805 и 1206. Образцовый резистор R8 — прецизионный С2-29В. Керамические конденсаторы можно заменить на номинальное напряжение 10...25 В. Запоминающий конденсатор С3 — отечественный К73-17 на номинальное напряжение 63 В, он отлично держит заряд. Поскольку сигнализатор не критичен к сопротивлению чувствительного элемента, подойдёт любой российский или зарубежного производителя. Составной транзистор BCV47 можно заменить на BCV27. Полевые транзисторы и диоды — любые, близкие по параметрам указанным на схеме. Пьезоизлучатель SFM-1440 можно заменить на аналогичный, подходящий по габаритам, без встроенного генератора. Подстроечные резисторы — PVZ3A (аналог З303W-3). Микросхему DA1 (ИОН) необходимо прозвонить, обнару-

жилось несоответствие нумерации выводов, это, скорее всего, зависит от производителя.

При питании сигнализатора напряжением 5 В (стационарное исполнение) лучше установить прецизионные операционные усилители LMC6062 с расположением выводов, как у LMC6442 (корпус — SO-8, напряжение питания — однополярное 4,5...15 В, ток потребления — 16 мкА, типовое значение входного тока — 10 фА (10×10^{-15} А), напряжение смещения — 100 мкВ, коэффициент усиления — 140 дБ).

Светодиод HL1 — зелёного свечения, светодиод HL2 — жёлтого, светодиод HL3 — синего, светодиоды HL4, HL5 — суперъяркие оранжевого свечения.



Рис. 4

ёмкость литий-полимерного аккумулятора — около 2000 мА·ч (двукратный запас для восьмичасового рабочего дня). Собранный сигнализатор со снятой крышкой показан на **рис. 4**.

Два, три порога для переносного сигнализатора делать не имеет никакого смысла, поскольку исполнитель должен покинуть рабочую зону при первых признаках загазованности. Значение порога 10 %, 20 % или 40 % НКПП сигнала устанавливается технологическим регламентом.

В стационарный сигнализатор, имеющий три порога, добавляют дополнительные запоминающие каскады и два

каскада, таких же, как на DD1, DD2. Во время прогрева происходит поочерёдная фиксация (со сдвигом по времени) порогового напряжения, предварительно настроенного по ПГС. После этого прибор переходит в режим измерения. Исключаются каскад контроля разряда батареи на DA4, звуковой генератор на DD6, тактовый генератор на DD7, DD8, каскад блокировки тактового генератора на DD5. Удаляют транзистор VT7.

Транзистор VT8 и добавленные VT8.1, VT8.2 открываются непосредственно сигналом с компаратора DA3.2 и добавленных DA3.2.1, DA3.2.2. Транзисторы VT8, VT8.1, VT8.2 нагружены не на светодиоды, а на реле, с них снимается сигнал, который уходит в систему сигнализации и блокировки (отображается "ПОРОГ1", "ПОРОГ2", "ПОРОГ3"). Вместо светодиода HL2 и резистора R10 также устанавливается транзистор плюс реле, которое выдаёт сигнал об обрыве чувствительного элемента (неисправности прибора).

Основное преимущество описываемого сигнализатора — то, что пороговое падение напряжения на чувствительном элементе следует за начальным падением напряжения при воздействии внешних факторов (температура, давление, влажность и т. д.).

В случае сильного ветра, газовоздушных потоков (шахты, тоннели, открытые терминалы, морские платформы, парки) чувствительный элемент в режиме измерения охлаждается, поэтому начальное падение напряжения будет всегда ниже порогового, что не приведёт к ложному срабатыванию.

При включении сигнализатора (присутствуют переходные процессы) он не сработает и не выдаст управляющий сигнал в систему сигнализации и блокировки, поскольку сначала запоминается пороговое значение, которое всегда выше начального.

Если по каким-то причинам напряжение на конденсаторе С3 уменьшится (во время испытания заряд конденсатора не изменялся), уменьшится и пороговое значение, что соответственно увеличит чувствительность сигнализатора, и что очень немаловажно, он сработает и выдаст сигнал при более низкой концентрации горючих веществ.

МОДУЛЬНАЯ РЕКЛАМА

Маленькие детали
для большого успеха!

Интернет-магазин
на Петропавловской.

www.radiodetali.perm.ru

Тел: 8-800-201-75-54

Ремонт автомобильного запускающего устройства

С. БИРЮКОВ, г. Москва

В резервной Li-Ion батарее аккумуляторов NEOLINE, предназначенной для аварийного запуска автомобильного двигателя, вышла из строя плата узла управления, индикации уровня зарядки и питания USB-устройств, а собственно батарея с защитным контроллером осталась исправной. Выяснилось, что зарядку батареи можно осуществлять через выходные контакты, для чего было разработано новое зарядное устройство.

В качестве основы зарядного устройства использован преобразователь напряжения AC/DC 220/24 В, 1,5 А, приобретённый в АлиЭкспрессе, маркировка на плате преобразователя и на его трансформаторе — XPJ-02D. Преобразователь собран весьма добротно — на входе установлены предохранитель, варистор, помехоподавляющий фильтр, во вторичной цепи предусмотрена RC-цепь, шунтирующая выпрямительный диод Шоттки, П-образный LC-фильтр, стабилизация выходного напряжения производится с помощью "регулируемого стабилизатора" TL431.

источника в режим ограничения тока; P1 — вольтметр-амперметр, позволяющий следить за зарядкой батареи.

Напряжение на полностью заряженной батарее устройства составляло 16,8 В, что соответствует четырём последовательно соединённым Li-Ion аккумуляторам. Для исключения перезарядки аккумуляторной батареи напряжение на выходе преобразователя снижено до указанного значения установкой резистора R25 (нумерация добавляемых элементов продолжает существующую). Измеренная с помощью прибора [2, 3] ёмкость батареи оказалась равной 5 А·ч.

изменяющегося в процессе зарядки батареи, и стабильностью работы устройства.

В качестве токоизмерительного шунта R24 используются два резистора для поверхностного монтажа типоразмера 1206 сопротивлением 0,1 Ом, соединённые параллельно. Резистор R28 составлен из двух последовательно соединённых резисторов C5-16В сопротивлением 0,51 Ом и мощностью 1 Вт. Цифровой вольтметр-амперметр P1 — трёхразрядный, приобретён в АлиЭкспрессе, его тонкий чёрный провод никуда подключать не надо.

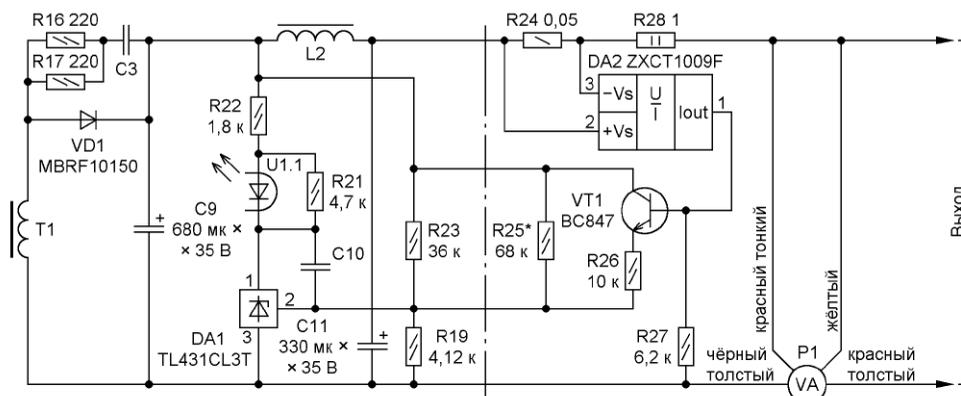


Рис. 1

В журнале "Радио" ранее было описано, как обеспечивать в импульсных преобразователях напряжения режим ограничения тока, если в них есть точка, которую можно считать входом подстройки и на которую можно подавать уменьшающий выходное напряжение втекающий ток [1]. Схема доработки источника приведена на рис. 1, показаны только его вторичные цепи.

На схеме слева от вертикальной штрих-пунктирной линии — элементы импульсного источника питания. Микросхема DA2, транзистор VT1 и связанные с ними детали — дополнительные элементы, обеспечивающие переход

Точкой входа подстройки, как и в [1], является управляющий вход микросхемы DA1 (вывод 2), однако непосредственное подключение эмиттера транзистора токо-измерительной цепи, аналогичной применённой в [1] (резистор R24, микросхема DA2, транзистор VT1), к этой точке привело к крайне неустойчивой работе устройства из-за очень высокого усиления в цепи обратной связи. Стабильной работы удалось добиться установкой резистора R26 в эмиттерную цепь транзистора VT1 и резистора R28 в выходную цепь устройства. Их сопротивления являются компромиссом между поддержанием тока,

Детали, используемые для доработки, кроме резистора R28, установлены на печатной плате размерами 10,5×20,5 мм, приобретённой там же. На плате, на расстоянии 7,62 мм друг от друга, сделаны два ряда по восемь металлизированных отверстий с шагом 2,54 мм и пара контактов для элементов, предназначенных для поверхностного монтажа. На рис. 2 приведён схематический чертёж установки элементов и перемычек на плате (для R24 отведено два посадочных места), а на рис. 3 — фотография платы с установленными элементами и перемычками.

Плата с деталями крепится к плате преобразователя тремя отрезками медного провода диаметром 0,5 мм (соединения с минусовым выводом конденсатора C11, резистором R22, выводом 2 микросхемы DA1). Соединение с плюсовым выводом конденсатора C11 выполнено тонким гибким изолированным проводом.

Устройство собрано в пластмассовом корпусе с габаритными размерами 140×82×38 мм (рис. 4). Для подключения проводов к штыревым контактам преобразователя использованы укороченные гнезда от разъёма 2PM под штыри диаметром 1,5 мм. Для подключения к заряжаемой батарее применены штыревые контакты от соединителя 2PM диаметром 2 мм. Для облегчения теплового режима в боковых стенках



Рис. 3

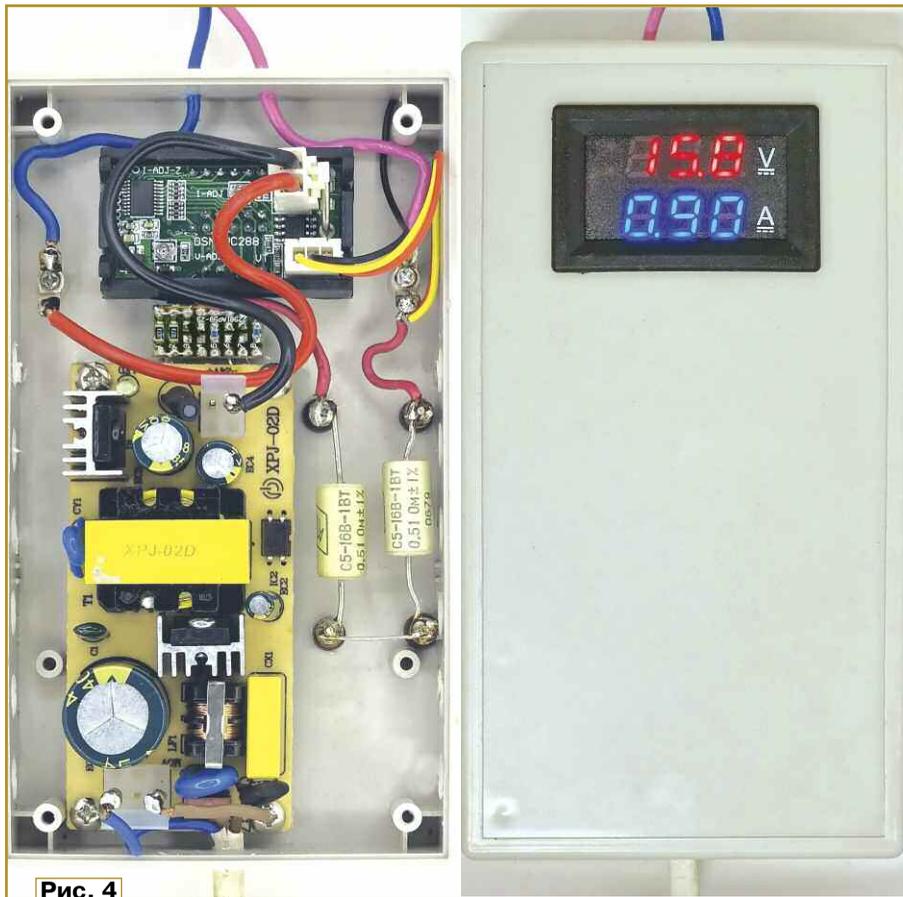


Рис. 4

корпуса просверлены 24 отверстия диаметром 8 мм. Налаживание устройства заключается в подборке резистора R25 (его подпаивают к плюсовому выводу конденсатора C9 и точке соединения резисторов

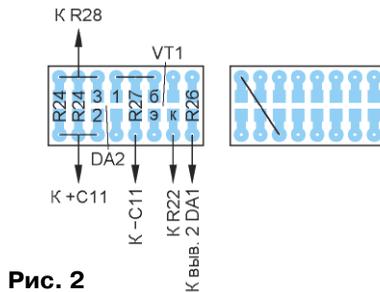


Рис. 2

R19 и R23 на плате преобразователя) для обеспечения выходного напряжения преобразователя на холостом ходу 16,8 В. Это напряжение следует измерять с погрешностью не более 0,5 %. Также подборкой резистора R24 необходимо установить выходной ток в пределах 1,1...1,2 А при выходном напряжении 14 В. Если ток меньше, при установленном на плату резисторе R24 следует подобрать на длинных проводниках обычный резистор, подключаемый параллельно ему для обеспечения необходимого тока, а затем впаять

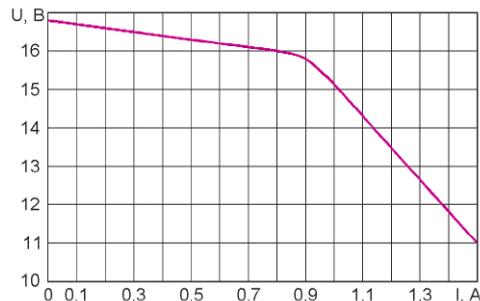


Рис. 5

резистор для поверхностного монтажа ближайшего номинала на место с противоположной стороны платы. А если ток больше, следует установить резистор R24 большего сопротивления.

На рис. 5 показана экспериментально снятая зависимость выходного напряжения изготовленного зарядного устройства от тока зарядки. Таким образом, при подключении к зарядному устройству разряженной до 11 В батареи (минимальное допустимое напряжение для такой батареи) зарядный ток вначале равен 1,5 А, по мере зарядки и повышении напряжения на нём до 15,8 В ток уменьшается примерно до 0,9 А. Далее, при повышении напряжения на заряжаемой батарее ток снижается довольно быстро, и при приближении к полной зарядке (напряжение 16,8 В) защитная плата батареи прекращает зарядку.

Цифровой вольтметр-амперметр P1 позволяет следить за процессом зарядки. Не включая зарядное устройство в сеть, прибор P1 можно также использовать как вольтметр для контроля степени зарядки аккумулятора, подключив его к выходу зарядного устройства.

Перед использованием батареи необходимо снять с её обратной стороны тонкую декоративную накладку, отвинтить заднюю крышку и растыковать разъём, через который батарея с защитным контроллером подключается к плате узла управления.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бирюков С. Зарядное устройство ... из кубиков. — Радио, 2021, № 12, с. 13, 14.
2. Бирюков С. Универсальный эквивалент нагрузки. — Радио, 2022, № 4, с. 12—15.
3. Бирюков С. Усовершенствование эквивалента нагрузки. — Радио, 2022, № 6, с. 31, 32.

Молодёжный кубок им. А. С. Попова —

2023 год

Шестой раз эти соревнования проводились в ранге официальных, включённых в единый план всероссийских мероприятий на 2023 г.: спортивная дисциплина радиосвязь на КВ —



Участник команды радиостанции UA4S Иван Бебенин.

телефон 1450061811Я, номер-код ЕКП Минспорта России — 30589. В них приняли участие 145 спортсменов (115 юношей и 30 девушек), 64 радиостанции (представили отчёты — 63; из них в зачёт — 52). Это на два участника меньше, чем в прошлом году. Среди них — 19 кандидатов в мастера спорта,

29 имеют первый спортивный разряд, 16 — второй спортивный разряд, семь человек — третий спортивный разряд, три — первый юношеский спортивный разряд, три — второй юношеский спортивный разряд, три — третий юношеский спортивный разряд.

В спортивных соревнованиях среди молодёжи "Кубок им. А. С. Попова" в 2023 г. участвовали представители 31 субъекта Российской Федерации из восьми федеральных округов.

В индивидуальном зачёте (вид программы SO — радиостанция с одним участником в возрасте до 19 лет, все диапазоны) первое место, как и в прошлом году, занял Игорь Филоненко из ст-цы Выселки Краснодарского края, работавший позывным RM7A с коллективной радиостанции. Его тренирует Сергей Георгиевич Карабут (R7AW). На втором месте — Дмитрий Алексеев (R3DCY) из г. Серпухова Московской обл. Третий результат показал Егор Петров из г. Новотроицка Оренбургской обл., который работал позывным RN9T с коллективной радиостанции станции юных техников. Его тренирует Данила Евгеньевич Шляхов (UB8SGY).

В 2023 г., как и в предыдущие годы, команды коллективных радиостанций были разделены на три возрастные группы: радиостанции с двумя или тремя участниками в возрасте до 13 лет, с двумя или тремя участниками в возрасте до 15 лет и с двумя или тремя участниками в возрасте до 19 лет.

Среди команд коллективных радиостанций с участ-

никами в возрасте до 13 лет на первое место, как и в предыдущие два года, вышла команда UA4S из г. Волжска Республики Марий Эл. В составе этой команды выступали Данила Василенко, Иван Бебенин и Павел Казаков. Тренирует команду Виктор Павлович Василенко (RU4SU). На втором месте в этой группе — команда коллективной радиостанции RK4W Дворца детского (юношеского) творчества г. Ижевска. В её составе — Александра Дерюгина, Радмила Пономарёва и Ярослав



Игорь Филоненко — победитель в индивидуальном зачёте.

рое место занял Данила Москальчук (R6H-25), на третьем месте — Екатерина Косухина (R6H-120). Все участники — из г. Изобильного Ставропольского края.

Технические результаты участников приведены в **таблице** по группам: занятое место, позывной, число подтверждённых связей, число очков за подтверждённые связи, множитель, итоговый результат. Полные технические результаты можно посмотреть по адресу http://www.radio.ru/cq/contest/result/y_popov_cup_2023_tab_site.pdf на сайте журнала "Радио", а также по адресу <https://srr.ru/wp-content/uploads/2023/11/Protokol-GSK-Kubok-Popova-2023.pdf> на сайте Союза радиолубителей России.

НА ЛЮБИТЕЛЬСКИХ ДИАПАЗОНАХ

EU-DX Contest проводится каждые первые полные выходные февраля, начиная с 12:00 UTC субботы и заканчивая в 11:59 UTC воскресенья.

В 2024 г. контеcт пройдёт с 12:00 UTC 3 февраля до 11:59 UTC 4 февраля.

Подробнее <https://clck.ru/36xhfr>.

MFJ-4402 для защиты мобильного трансивера

Лука КЛЭРИ (IW7EEQ), г. Таранто, Италия

Эта маленькая коробочка поможет защитить вашу мобильную радиостанцию от ряда проблем, связанных с её электропитанием.

Бывают случаи, когда во время запуска двигателя автомобиля напряжение в бортовой сети падает до уровня, при котором происходит сбой контроллера радиостанции или повреждение внутренней памяти. В подобных случаях могут происходить неправильное включение радиостанции, потеря каналов памяти, а также повреждение служебной и установочной памяти (скрытых меню). Даже при выключенном питании некоторые цепи всё ещё остаются под напряжением. MFJ-4402 имеет узел таймера задержки, управляемый от линии датчика зажигания, который гарантирует, что ваша

радиостанция или магнитола не включится, пока двигатель автомобиля не запустится и напряжение в бортовой сети не достигнет нормального уровня. Это происходит путём отключения питания до истечения периода ожидания.

Другая проблема — использование радиостанции или магнитолы при выключенном двигателе. В какой-то момент напряжение аккумуляторной батареи упадёт настолько, что радиостанция или магнитола может работать неправильно, например, будет искажаться

звук, происходит сдвиг частоты с модуляцией или даже напряжение уменьшится до такой степени, что двигатель автомобиля не запустится. В MFJ-4402 имеется узел отключения до того, как напряжение упадёт слишком низко для правильной работы.

Третья проблема, которая иногда возникает, заключается в том, что токи утечки в цепях радиостанции или магнитолы, которые не отключаются при отключении питания, достигают уровней, которые могут привести к разрядке аккумуляторных батарей, особенно батарей, срок службы которых близок к концу. MFJ-4402 полностью отключает питание радиостанции или магнитолы от плюсовой линии аккумуляторной батареи, гарантируя, что радиостанция или магнитола с большой утечкой тока не станет причиной разрядки батареи.

Четвёртая проблема — это проблема со скачками напряжения в бортовой сети автомобиля. Регулятор генератора может выйти из строя, что приведёт к чрезмерному

напряжению, могут происходить внезапные изменения нагрузки, вызывающие кратковременные выбросы напряжения генератора. Кроме того, возможно изменение напряжения во время попытки завести двигатель от бортовой сети другого автомобиля — «прикурить» или, что ещё хуже, от бортовой сети грузового автомобиля с номинальным напряжением 24 В. Внутреннее устройство защиты от переключений кратковременных скачков напряжения, а плавкая вставка перегорает в случае продолжительных изменений напряжения. Плавкая вставка также защитит при изменении полярности напряжения в случае неправильного подключения аккумуляторной батареи.

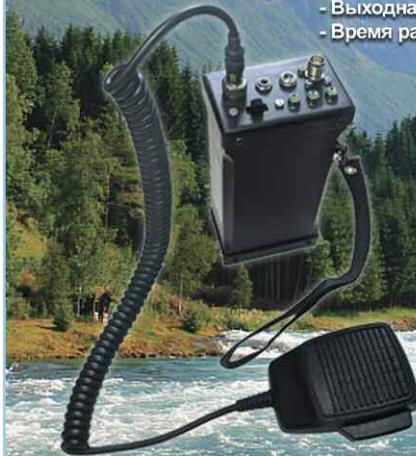
Соединения между MFJ-4402 и автомобильным радиооборудованием осуществляются через разъёмы Anderson Powerpole® для силовых линий и отдельный разъём для линии датчика зажигания. Плавкая вставка на максимальный ток 30 А используется для защиты от перегрузки по току и обратного напряжения.



РАДИОСТАНЦИЯ КОРТКОВОЛНОВАЯ "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 РАССТОЯНИЯ ДО 150-200 КМ В ДНЕВНОЕ ВРЕМЯ В ПОЛЕВЫХ ИЛИ СТАЦИОНАРНЫХ УСЛОВИЯХ.

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

Двухдиапазонная J-антенна 145/435 МГц

Николай ЕГОШКИН (R2SDN), г. Рязань

В статье предложена конструкция двухдиапазонной J-антенны на диапазоны 145 МГц (f_1) и 435 МГц (f_2) с усилением 2,5/6 дБи, которую можно изготовить из цельной трубы без разрывов и лишних опорных изоляторов. Для эффективной работы антенны на диапазоне 435 МГц добавлен продольный резонатор. Исследованы модели коллинеарных J-антенн с таким резонатором.

Широко известна J-антенна, которая представляет собой вертикальный штырь — полуволновый диполь, запитанный с конца и согласуемый с использованием четвертьволнового резонатора-противовеса [1]. Получается прочная и удобная конструкция, которая не требует разрезания вибратора. Такую антенну можно изготовить из цельного отрезка провода или металлической трубы. Известны также коллинеарные J-антенны с большим усилением, но их конструкцию усложняют линии задержки.

Разработка двухдиапазонной J-антенны (например, на диапазон 145/435 МГц) представляет собой определённые трудности [2]. Даже если на втором диапазоне 435 МГц обеспечивается приемлемое согласование, диаграмма направленности (ДН) оказывается неподходящей для дальних связей. Известна антенна Open Stub J-Poles с дополнительным штырём [3], но её изготовление требует использования опорного изолятора для одного из штырей, при этом ДН несимметричная, а усиление на втором диапазоне не намного больше, чем у диполя. Более перспективно превращение антенны на втором диапазоне в коллинеарную с большим усилением [2]. Однако это решение требует внесения разрыва в вибратор антенны, что усложняет конструкцию и снижает её прочность.

В описываемой конструкции предлагается вместо разрыва вибратора антенны использовать дополнительный проводник, располагаемый вдоль вибратора и соединённый с ним. Хорошо известно, что короткозамкнутая двухпроводная линия длиной $0,25\lambda$ может использоваться для отсечки тока. По тому же принципу работает предлагаемый продольный резонатор. Подбирая его положение и длину (около $0,2\lambda$), можно заставить антенну работать на двух диапазонах. На практике дополнительный резонатор удобно выполнить из провода меньшего диаметра, тогда он может быть буквально закреплён в нужном месте основного вибратора без снижения механической прочности J-антенны. На рис. 1 приведена конструкция предлагаемой антенны, допол-

нительный продольный резонатор показан синим цветом.

На основной частоте влияние продольного резонатора на характеристики антенны минимальное. На втором диапазоне его итоговый вклад теоретически оценить не так-то просто. Поэтому для подбора оптимальных размеров антенны использовалось имитационное

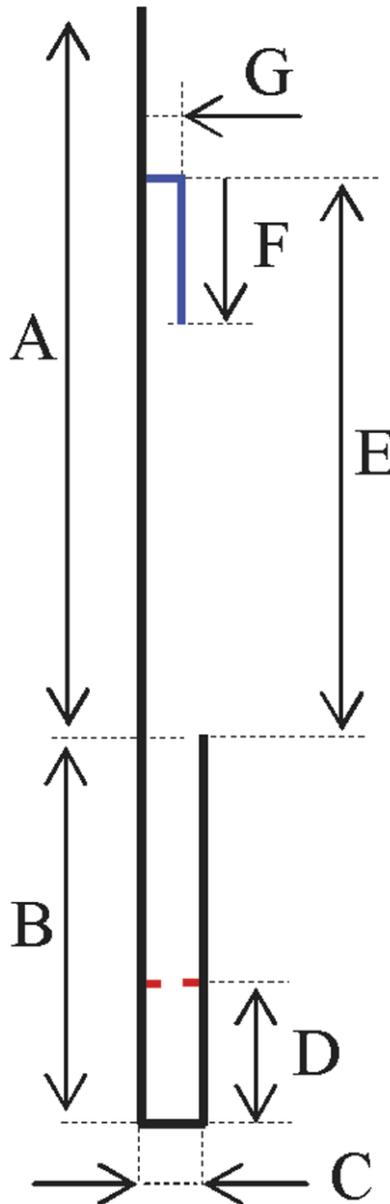


Рис. 1

моделирование в известной программе MMANA-GAL. Для определённости рассматривалась J-антенна на основной частоте $f_1 = 145,5$ МГц из алюминиевой трубы диаметром 8 мм с продольным резонатором из провода диаметром 2 мм. Вторая рабочая частота f_2 , на которой антенна должна хорошо работать, перебиралась в диапазоне 424...446 МГц с некоторым шагом, что позволяло оценить возможности введения второго диапазона в антенну. При оптимизации в модели требовалось обеспечить точное согласование антенны с кабелем с волновым сопротивлением 50 Ом на частоте $f_1 = 145,5$ МГц. При этом КСВ антенны на частоте f_2 должен быть приемлемым и должно быть получено максимальное усиление антенны на частоте f_1 и особенно на частоте f_2 в горизонтальной плоскости, которое как раз и важно для дальних связей. Расчёты проводились в свободном пространстве без учёта влияния поверхности Земли, что на УКВ предпочтительнее.

На рис. 2 показаны достигнутые при оптимизации результаты. На частоте f_1 всегда обеспечивался КСВ = 1 и усиление в горизонтальной плоскости $\approx 2,5$ дБи, это чуть ниже, чем можно достигнуть для однодиапазонной J-антенны ($\approx 2,7$ дБи), потому что необходим компромисс с работой на частоте f_2 . Ширина полосы на первом диапазоне — около 3 МГц при КСВ < 1,5. В диапазоне 430...440 МГц можно получить приемлемое согласование (КСВ < 1,2) и хорошее усиление (до 6 дБи). Ширина полосы антенны с $f_2 = 435$ МГц — около 3,8 МГц при КСВ < 1,5. Поэтому размеры антенны следует выбирать с учётом предполагаемой частоты работы f_2 . На сайте редакции имеется файл в формате Excel (*.xls), содержащий размеры оптимизированных под конкретную частоту f_2 антенн, их параметры, рассчитанные программой MMANA-GAL, а также набор файлов моделей соответствующих антенн в этом формате (*.maa).

Снижение требований к КСВ позволяет поднять усиление на частоте f_2 , а ведение КСВ на частоте f_2 до идеала, наоборот, может заметно снизить усиление. Поэтому представленные результаты моделирования лучше рассматривать как ориентир для будущей пользовательской оптимизации. В принципе, добавив ещё один продольный резонатор, можно получить точное согласование на частоте f_1 и на частоте f_2 в диапазоне 424...462 МГц (файлы моделей выложены на сайте редакции), но едва ли такое усложнение целесообразно практически.

Антенна проявляет некоторые направленные свойства. Излучение в горизонтальной плоскости в направлении расположения резонатора на частоте f_2 примерно на 1,4 дБ больше, чем в противоположном. Поэтому антенну следует располагать "выступом" в сторону потенциальных корреспондентов. Эту асимметрию можно уменьшить, используя не один, а два продольных резонатора, располагаемых симметрично с разных сторон от вибратора, но это едва ли оправдано.



Рис. 2



Рис. 3

Антенна изготовлена из алюминиевой трубы диаметром 8 мм, согнутой соответствующим образом. Для продольного резонатора использован провод диаметром 1,8 мм. Модель изготовленной антенны — в файле **R2SDN_Test1.maa**. Для крепления продольного резонатора труба облужена в нужной точке с помощью флюса для пайки алюминия, провод резонатора накручен на трубу и припаян (рис. 3). Для упрочнения конструкции использована вставка-стойка из фольгированного стеклотекстолита, у кото-

рого фольга оставлена только на концах, которые и припаяны к трубе и резонатору. Две таких вставки-стойки использованы и в первом диапазоне (рис. 4). Лучше не ставить стойки в местах пучности напряжения.

Для подключения кабеля питания в нужных точках труба облужена, на неё накручена лужёная проволока и затем пропаяна, образуя "усы" для подключения. Рядом с местом подключения кабеля обязательно необходим развязывающий дроссель — пять или шесть витков кабеля на оправке диаметром 30 мм или ферритовые кольца, надетые на кабель. Автор использовал дроссель из кабеля RG-58 A/U, но из-за высоких потерь он не пригоден при большой длине кабеля снижения.

Для крепления антенны к мачте использовались стандартные крепления для пластиковой водопроводной трубы, поскольку мачта для антенны должна быть диэлектрической (антенна не имеет грозозащиты!). Моделирование не подтверждает мнение, что нижнюю часть J-антенны можно заземлять. Заземление непредсказуемо испортит согласование и ДН. Для корректного заземления J-антенн необходим четвертьволновый отсекающий стакан. Верхняя часть трубы антенны заткнута пенопластом и залита герметиком. В нижней части антенны просверлено дренажное отверстие.

Испытания реальной антенны показали отличное соответствие модели. КСВ на частоте 145,6 МГц — 1,01 без какой-либо подстройки J-согласования. На втором диапазоне после установки стеклотекстолитовых вставок резонанс оказался заметно ниже по частоте, вероятно не следовало оставлять металлизацию у стеклотекстолита и припаивать к проводу продольного резонатора, лучше было бы просто приклеить. Получить требуемый резонанс помогло подрезание провода резонатора на пару миллиметров, тогда КСВ на частоте 435 МГц уменьшился до 1,16.

После изготовления антенны возник интересный вопрос. Насколько вообще эффективны коллинарные J-антенны с

Рис. 4



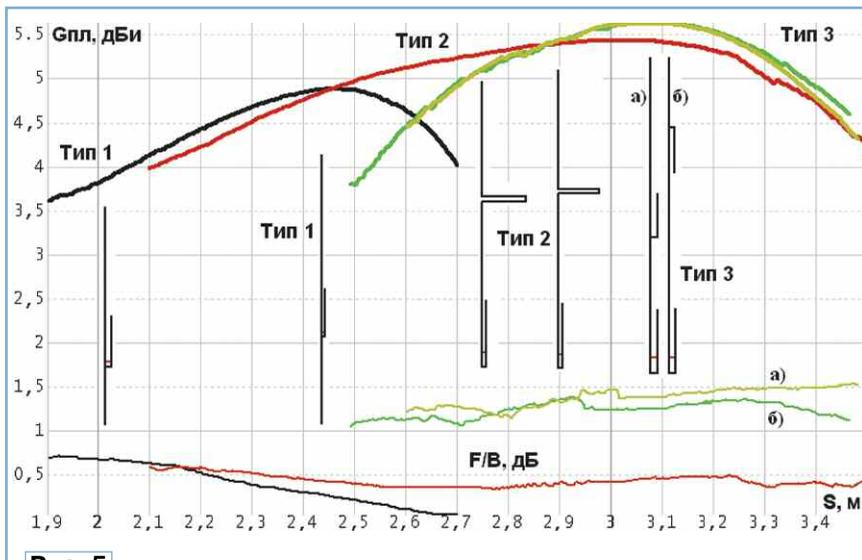


Рис. 5

Коллинеарная J-антенна на частоту 435 МГц	$G_{пл}$, дБи	F/V, дБ	Общая длина, м	Полоса пропускания, МГц (по уровню КСВ < 1,5)
3×5/8 классическая	6,85	0,5	1,5	15,9
3×5/8 с продольным симметричным резонатором	6,85	1,2	1,66	6,9
3×5/8 с продольным резонатором	7,4	2,6	1,67	5,4
4×5/8 классическая	7,7	0,6	2,02	16,9
4×5/8 с продольным симметричным резонатором	7,85	0,9	2,22	3,7
4×5/8 с продольным резонатором	8,53	2,9	2,24	3,6

продольным резонатором по сравнению с традиционными вариантами, например с использованием поперечной линии задержки [2]? Имеет смысл сравнить между собой антенны трёх типов. Первый — J-антенна с дополнительным проводником внизу. Такой проводник часто присутствует у практических реализаций J-антенн, но строго говоря, в итоге получается другая антенна. Второй тип — обычная коллинеарная J-антенна с линией задержки. Третий тип — коллинеарная антенна с продольным резонатором, который направлен вверх (а) или вниз (б).

Моделирование этих типов антенн для частоты $f_1 = 145,5$ МГц выполнено в программе MMANA-GAL. Материал антенн — алюминиевая труба диаметром 8 мм. Общий вертикальный размер (длина) антенны — S (как сумма длин штыря, резонатора и проводника внизу для первого типа) изменялся в некотором интервале. Это было необходимо, поскольку, вообще говоря, усиление антенны зависит от её длины, а J-резонатор согласует антенну почти любой длины. Для каждого значения S проводился подбор длины штыря, размеров резонатора и точки подключения кабеля для точного согласования антенны с кабелем с волновым сопротивлением 50 Ом при условии максимума усиления антенны $G_{пл}$ в горизонтальной плос-

кости. Для массового расчёта применялось внешнее управление программой MMANA-GAL [4].

Результаты моделирования представлены на рис. 5. Показаны зависимости $G_{пл}(S)$, отношение вперёд-назад (F/V) и схематично внешний вид антенн разных типов. На сайте редакции выложены файлы в формате Excel с размерами оптимизированных антенн и достигнутыми параметрами, а также соответствующие файлы моделей (*.maa). Конечно, полученные модели следует рассматривать лишь как ориентир, поскольку нельзя исключить, что возможны и более удачные варианты, оптимизация может быть выполнена по другим критериям.

Антенна первого типа 1 (с проводником внизу) наиболее компактна. Максимум $G_{пл} \approx 4,9$ дБи (2,7 дБд) достигается уже при $S \approx 2,45$ м, получается аналог — "две по 5/8 λ ". Но следует констатировать, что это уже не совсем J-антенна, ибо она питается не с конца, и соответственно возникает проблема корректного вывода кабеля. Для этого его надо выводить вбок или использовать четвертьволновый стакан. Например, можно провести кабель вниз внутри трубчатого проводника, а оплётку кабеля ухитриться подключить к трубе на расстоянии 0,5 м от конца трубы. В итоге получается, как это ни удивитель-

но, антенна с продольным резонатором, который заставляет цельную трубу работать подобно разрезному вибратору. Такая антенна может быть изготовлена из единой трубы, к которой в нужном месте припаян четвертьволновый продольный резонатор (тогда его можно сделать из более тонкой проволоки).

Антенну первого типа можно делать короче оптимальной, соответственно проигрывая в усилении. Стоит отметить, что удлинение классической J-антенны, не имеющей дополнительного проводника внизу, бессмысленно, ведь усиление в горизонтальной плоскости не растёт.

Обычная коллинеарная J-антенна (второй тип) позволяет обеспечить прирост эффективности. Максимум $G_{пл} \approx 5,4$ дБи при длине $S = 2,93$ м. Такая антенна самая широкополосная из рассматриваемых, полоса пропускания — 4 МГц по уровню КСВ < 1,5. Её тоже можно делать короче оптимальной, при этом полоса пропускания даже растёт.

А вот антенны третьего типа с продольным резонатором делать короткими нет смысла. Зато при длине $S = 2,9$ м этот тип даже обгоняет по усилению второй тип. Правда, у третьего типа ДН чуть менее симметричная, о чём сказано выше.

Аналогичные выводы можно сделать и по результатам моделирования коллинеарных J-антенн с большим числом звеньев. Полученные при оптимизации параметры показаны в таблице (модели *.maa выложены на сайте редакции).

Таким образом, коллинеарные J-антенны с продольным резонатором вполне имеют право на существование не только в двухдиапазонном варианте. Их преимущество в том, что они могут быть изготовлены из цельной трубы без разрывов, хотя оказываются более узкополосными, а их оптимальный размер больше. Но J-антенны вообще не самые лучшие по соотношению усиление/размер из-за наличия "лишнего" противовеса — резонатора длиной $0,25\lambda$, да и для установки их на токопроводящей мачте необходим ещё и отсекающий стакан такой же длины.

ЛИТЕРАТУРА

1. Полуволновые антенны с резонаторным питанием. — URL: <https://www.qrz.ru/schemes/contribute/antenns/rk3zk-ant.shtml> (04.12.23).
2. J-антенна 145/435 МГц. — URL: <http://dl2kq.de/ant/3-85.htm> (04.12.23).
3. Наружная двухдиапазонная 144/440МГц J-антенна Open Stub J-Poles. — URL: <https://qth.kz/v-pomoshch-nachinayushchim/antenne-khozyajstvo/126-naruzhnaya-dvukhdapazonnaya-144-440mgt-j-antenna-open-stub-j-poles> (04.12.23).
4. Программа для внешнего управления моделировщиком MMANA-GAL при оптимизации УКВ-антенн с учётом формы ДНА. — URL: http://zvzd3d.ru/AntExp1/Yagi3Opt430_2.htm (04.12.23).

От редакции. Файлы для моделирования антенн находятся по адресу <http://ftp.radio.ru/pub/2024/01/j-ant.zip> на нашем FTP-сервере.

Говорящий датчик движения

И. ЮСУПОВ, г. Бирск, Башкирия

Обычно датчики движения используются для включения света в различных помещениях или для охранной сигнализации. Их часто совмещают с сиреной или с источником сигнала, воспроизводящим лай собак, и другими пугающими звуками. Но подобные устройства можно использовать и в "мирных" целях. Если "подружить" датчик движения с плеером, функциональные возможности датчика движения

показала практика, такой датчик не воспринимается даже взрослыми людьми как просто датчик, а чаще как какое-то умное устройство. Тем более, что он может общаться и с умными колонками. Человек заходит в помещение, а датчик говорит: "Алиса, какие в мире новости?", и колонка начинает читать новости. А так как число фраз, которое может воспроизвести плеер, поистине огромно, и их ещё легко добавлять, напри-

движения HC-SR501, который показан на **рис. 1**, формирует на своём выходе уровень лог. 1 (3,3 В) при обнаружении движения. Длительность этого импульса можно регулировать подстроечным резистором на его плате в интервале от нескольких секунд до примерно пятнадцати минут. Напряжение питания модуля — 3...15 В. На плате модуля есть перемычка, которая определяет логику его работы. В одном положении, после

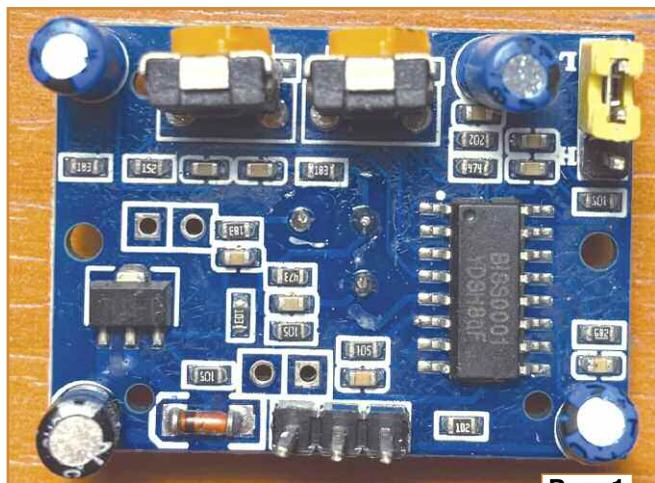


Рис. 1

можно существенно расширить. Например, использовать его как умную игрушку, которая будет мимоходом даже учить ребёнка загадывать загадки, знакомить с пословицами и поговорками, считалками, дразнилками и т. д. Можно установить его в прихожей, и он будет развлекать входящих и уходящих, а если поставить его на холодильник, можно записать в него шутки про диету и т. п. Говорящий датчик может выполнять и охранные функции, например, разбудить задремавшего вахтёра. Как

мер, к определённом празднику, такое устройство люди тоже считают умным и привывают к нему, как к домашнему питомцу.

Используя готовые модули, например, ИК-датчик движения и MP3-плеер, можно буквально за вечер сделать говорящее устройство, которое может найти множество применений.

Сначала рассмотрим кратко используемые в устройстве модули. Датчик

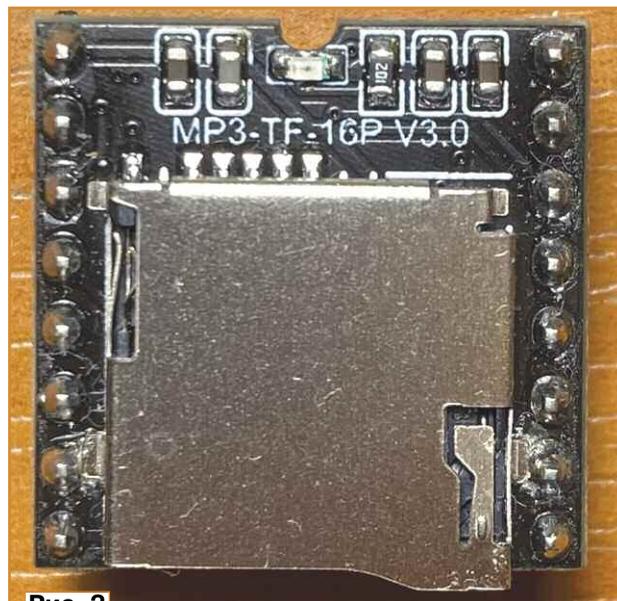


Рис. 2

обнаружения движения, запускается таймер, и если даже в контролируемой зоне движения нет, лог. 1 на выходе будет присутствовать в течение установленного времени таймера. После этого он сменится на лог. 0. В другом положении наличие движения будет постоянно запускать таймер, и датчик выключится, только когда движение

прекратится и пройдёт установленное время. В зависимости от производителя модуля эти положения разнятся, и их придётся определить самостоятельно.

Недостатком этого ИК-датчика является невозможность его надёжной работы на прямом солнечном свете. Он может устойчиво работать во дворе частного дома под навесом или в помещении.

Модуль MP3-TF-16P (рис. 2) может проигрывать файлы в формате MP3, которые должны быть записаны на SD-карту объёмом до 32 Гб. Максимальное число файлов — 65535, если они будут располагаться в корневом

рой кнопки, соединённой с выводом 9 модуля, можно уменьшать громкость при длительном нажатии и при кратковременном заставить модуль проигрывать предыдущий файл. После того как файл проигран, модуль останавливает воспроизведение и ждёт следующей команды.

Схема устройства показана на рис. 3. На транзисторах VT1, VT2 и светодиоде HL1 собраны преобразователь уровня напряжения и индикатор состояния ИК-датчика движения. При срабатывании ИК-датчика на его выходе появляется лог. 1, которая через резистор R1 поступает на базу транзис-

няет с минусовой линией питания вывод 11 модуля A2. Этот модуль проигрывает очередной файл и ждёт следующей команды. После зарядки конденсатора C1 транзистор VT3 закрывается. Поскольку воспроизводимый файл обычно короткий, длительность сигнала ИК-датчика должна быть значительно больше. Это сделано для того, чтобы он не мешал постоянной "болтовнёй", если в его зоне началось оживлённое движение. Вот тут-то и нужен этот блок индикации состояния ИК-датчика. Горящий красный светодиод говорит о том, что датчик уже сработал и больше воспроизводить ничего не

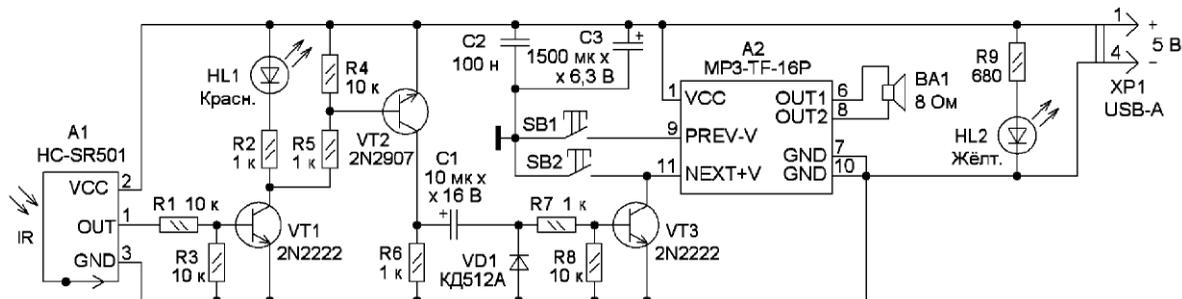


Рис. 3

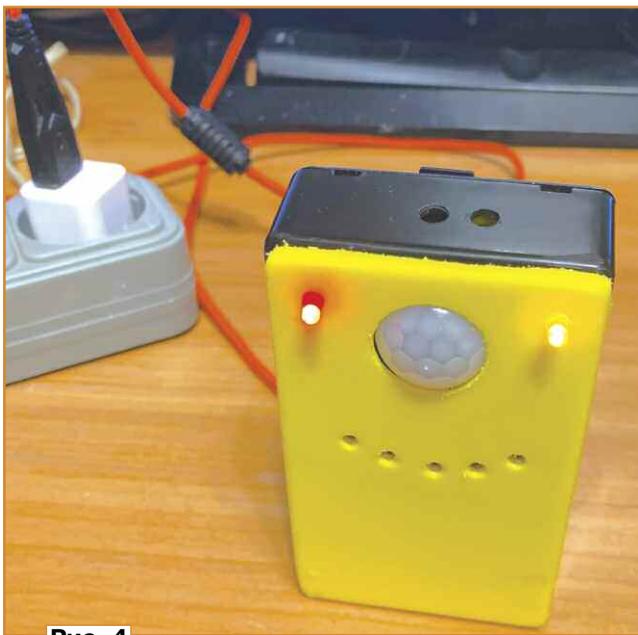


Рис. 4



Рис. 5

каталоге, или файлы можно размещать в папках, которых может быть до 100 и в каждой папке — до 255 файлов. Этот модуль позиционируется для работы с модулями Arduino, однако он может работать самостоятельно, а управлять им можно с помощью двух кнопок. Кратковременное нажатие на кнопку, соединяющую вывод 11 модуля с минусовой линией питания, заставляет модуль проигрывать следующий файл, а продолжительное нажатие увеличивает громкость сигнала. С помощью вто-

тора VT1 и открывает его. Включится светодиод HL1 красного свечения, который находится на передней панели устройства. Одновременно открывается и транзистор VT2, и на резисторе R6 появляется почти всё напряжение питания (5 В). В момент появления этого напряжения происходит зарядка конденсатора C1. Диод VD1 закрыт, поэтому почти весь ток зарядки конденсатора проходит через резистор R7 и эмиттерный переход транзистора VT3, который открывается полностью и соеди-

будет до тех пор, пока он не погаснет. Когда движение прекратится и пройдёт заданное таймером время, на выходе ИК-датчика появится лог. 0, транзисторы VT1 и VT2 закроются, светодиод HL1 погаснет, а конденсатор C1 разрядится через резистор R6 и открывшийся диод VD1. Устройство придёт в исходное состояние, и при обнаружении движения всё повторится. Питается устройство от источника питания напряжением 5 В, в качестве которого используется зарядное устройство от сотово-

го телефона. Индикатор наличия напряжения питания — светодиод HL2.

Конструкция устройства может быть любой, желательно только, чтобы был облегчён доступ к подстроечным резисторам ИК-датчика движения и была возможность быстрой замены SD-карты. Транзисторы, резисторы, конденсаторы и диод размещены на двух макетных печатных платах. Применены резисторы MLT, C2-23 или импортные. Конденсатор C2 — керамический или плёночный, остальные — оксидные K50-35 или импортные. Конденсаторы C2 и C3 надо разместить близко к выводам модуля

для его линзы просверлено отверстие. Вид на внутренний монтаж устройства показан на **рис. 6**. Шнур питания устройства взят от неисправной USB-мыши с разъёмом USB A. Если провода в шнуре питания будут слишком тонкими, а громкость большой, возможна просадка напряжения питания, светодиод HL2 в такт звукам будет уменьшать яркость, а модуль A2 может начать воспроизводить подряд все записанные файлы без остановки. В этом случае надо применить кабель питания с более толстыми проводами, уменьшив его длину или уменьшив громкость.

блок питания. Должен загореться светодиод жёлтого свечения, показывающий, что питание подключено. Как правило, на выходе ИК-датчика сразу устанавливается лог. 1, светодиод красного свечения тоже загорится, но модуль A2 ещё не готов к воспроизведению. Через несколько минут красный светодиод погаснет, и устройство будет готово к работе. Надо измерить этот временной промежуток. Допустим, это произошло после пяти минут. Теперь датчик можно повернуть на себя, он должен сработать, и будет проигран первый файл. В поле зрения ИК-датчика должен нахо-

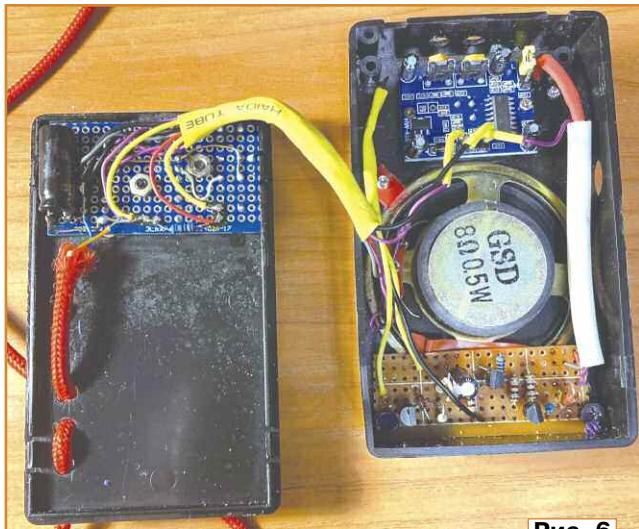


Рис. 6



Рис. 7

ля A2. Конденсатор C1 желательно применить с малым током утечки, но я ставил обычные, выпаянные из старых материнских плат компьютеров. Диод VD1 — кремниевый маломощный выпрямительный или импульсный, например 1N4148. Динамическая головка должна иметь сопротивление не менее 8 Ом. В корпусе небольшого размера удобно использовать головки от ноутбуков и мониторов. Если сопротивление головки менее 8 Ом, можно последовательно включить две головки или дополнительный резистор, чтобы не перегружать встроенный в модуль усилитель ЗЧ, громкости хватит даже в этом случае. Светодиоды — любые маломощные с диаметром корпуса 3...5 мм, HL1 — красного свечения, HL2 — жёлтого или зелёного.

Возможная конструкция устройства показана на **рис. 4**. В качестве корпуса использована пластиковая коробка размерами 100×60×25 мм. Вид конструкции сзади показан на **рис. 5**. Модуль плеера вынесен за пределы корпуса и соединяется с макетной платой с установленными на ней гнездами, поскольку вилки уже установлены на плате модуля. На этой же плате установлены и две кнопки (тактовые без фиксации). ИК-датчик движения закреплён на передней стенке корпуса,

Собранное из исправных деталей устройство в налаживании почти не нуждается, но требует некоторой настройки в зависимости от цели применения. Резистор R9 можно подобрать так, чтобы не было большой разницы в яркости свечения светодиодов. Сначала надо подготовить SD-карту. Для проверки не обязательно покупать новый носитель, можно использовать и БУ SD-карту ёмкостью от 32 Мб. Надо записать на неё несколько MP3-файлов, лучше небольшой продолжительности. Это может быть речь или отрывки музыки, в крайнем случае можно сбросить просто несколько песен. Вставляют SD-карту с файлами в модуль A2 и подключают устройство к блоку питания. Жёлтый светодиод должен загореться. Кратковременным нажатием на кнопку SB2 запускают воспроизведение. Должен начать проигрываться файл, который записан первым. Длинными нажатиями на кнопки убеждаются, что громкость регулируется.

Для проверки датчика движения устанавливают подстроечные резисторы в положение, показанное на **рис. 7**. Отверачивают датчик в сторону, в его поле видимости не должно быть подвижных объектов. Включают устройство, просто подключив в USB-гнездо

даться хотя бы один человек, который движется с паузами, меньшими, чем то время, которое мы измерили. Если светодиод красного свечения каждые пять минут гаснет и загорается вновь и каждые пять минут проигрывается очередной файл, надо выключить устройство, переставить перемычку на ИК-датчике движения, отвечающую за логику работы в другое положение. После этого надо опять его включить и выйти из комнаты на время, превышающее установленное на датчике, например, выйти на 6...8 мин. Через это время на появление человека в комнате датчик должен сработать, загорится красный светодиод, будет проигран очередной файл и больше воспроизведения не будет, пока в комнате будет находиться движущийся человек. На этом устройстве считается настроенным и готовым к применению.

Подготовка файлов выходит за рамки этой статьи. Один из самых простых способов — воспользоваться услугами специальных сайтов, которые превращают текст в речь. Обычно они дают скачивать файлы с низким качеством бесplatно. Времени на создание качественных файлов, хотя бы двухсот, уходит гораздо больше, чем на сборку самого устройства, но оно того стоит.

Сувенир "Индикатор"

Д. ЛЕКОМЦЕВ, г. Орёл

Автономные светодиодные садовые светильники (газонные светильники) на солнечных батареях хорошо подходят для изготовления на их основе различных электронных конструкций [1, 2]. Низкая цена, простое устройство и

аккумулятор ёмкостью около 40 мА·ч и номинальным напряжением 1,2 В. При снижении освещённости от этого аккумулятора питается повышающий преобразователь напряжения на микросхеме YX8018, от которого, в свою очередь,

выйти из строя, потерять герметичность и повредить своим содержимым соседние электронные компоненты. С питанием от ионистора максимальное время работы устройства после его зарядки составляет 6...7 мин. По мере снижения напряжения на ионисторе цвет свечения светодиода HL1 меняется с многоцветного на красный.

Впрочем, можно не проводить замену аккумулятора ионистором, в этом случае с полностью заряженным аккумулятором продолжительность работы сувенира существенно увеличится.

Рис. 1

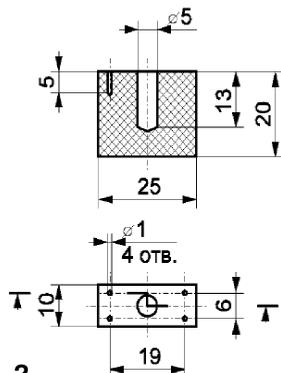
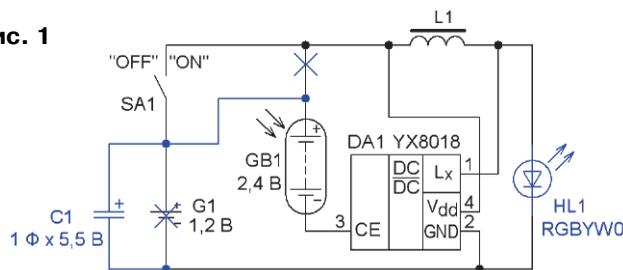


Рис. 2

наличие деталей, которые можно применить в различных радиолюбительских разработках, делают их популярными у любителей электроники. В предлагаемой вниманию читателей статье предлагается изготовить на основе такого светильника сувенир, стилистика которого навеяна мультфильмом "Тайна третьей планеты".

Наверное, среди читателей журнала "Радио" не найдётся тех, кто не видел этот замечательный мультипликационный фильм режиссёра Романа Качанова. Этот мультфильм — экранизация повести Кира Булычёва (Игорь Можейко) и снят по его сценарию. В этом мультфильме фигурирует загадочное инопланетное животное "Индикатор", которое представляет собой параллелепипед на тонких ножках. По сюжету это существо способно менять свой цвет в зависимости от того, какие эмоции оно испытывает.

За основу конструкции сувенира был взят автономный садовый светильник в цилиндрическом корпусе. В светлое время суток в таком светильнике солнечная батарея заряжает Ni-Mh аккумуля-

Рис. 4

и питается светодиод. В схему светильника были внесены незначительные изменения и проведены замены некоторых элементов. Это показано на рис. 1, где все изменения выделены цветом. Светодиод белого свечения был заменён переливающимся разноцветным светодиодом RGBYW0 [3]. Так как от сувенира не требовалась длительная автономная работа, и была необходимость сделать его долговечным и необслуживаемым, указанный аккумулятор был удалён, и на его место установлен ионистор C1 ёмкостью 1 Ф с номинальным напряжением 5,5 В. Эта доработка была проведена потому, что аккумулятор через несколько лет может

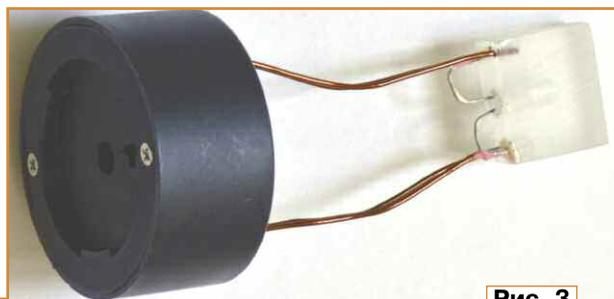


Рис. 3

Основанием сувенира служит корпус садового светильника диаметром 55 мм и высотой 25 мм. Он является своеобразным пьедесталом, на котором стоит "Индикатор". В корпусе просверлены четыре отверстия диаметром 1,1 мм для ног "Индикатора". Они изготовлены из медного лакированного провода диаметром 1 мм. Длина ног составляет примерно 60...70 мм. Две из них используются для подачи питания на светодиод HL1. Ноги "Индикатора" зафиксированы в отверстиях с помощью клея. Тело "Индикатора" изготовлено из органического стекла толщиной 10 мм. Его габаритные размеры — 25×20×10 мм, в нём просверлены отверстия для крепления ног и установки светодиода. Чертёж этой детали представлен на рис. 2.

После изготовления тела "Индикатора" его внешнюю поверхность следует обработать мелкозернистой наждачной бумагой так, чтобы она стала равномерно матовой. Внешний вид собранного устройства представлен на рис. 3.

Устройство не требует настроек и при правильной сборке начинает работать сразу (рис. 4), если, конечно, аккумулятор или ионистор заряжен. Этот сувенир хорошо подходит на роль первого устройства начинающего любителя электронных самоделок.

ЛИТЕРАТУРА

1. Нечаев И. Сигнализатор необходимости полива комнатных растений. — Радио, 2017, № 10, с. 50—53.
2. Лekomцев Д. Автономные пробники. — Моделист-конструктор, 2022, № 12, с. 16—18.
3. RGBYW0 (7 color). — URL: <https://www.chipdip.ru/product/5-mm-rgbzyw0-7-color> (04.07.23).

Имитатор различных видов индикации цифр с помощью цветных TFT-дисплеев 1.77" 160×128

Д. МАМИЧЕВ, п. Шаталово Смоленской обл.

В последнее время появилось большое число самодельных радиолобительских конструкций с оригинальными способами индикации выходных данных. Один из примеров — часы с цифровой индикацией (рис. 1) могут быть на газоразрядных индикаторах 1, с перекидными плашками 2 или гравировкой и подсветкой изображений цифр на листовом акриле 3. Их светотехника и конструкции разные, не всегда удобные для повторения начинающими.

Было решено изготовить имитатор индикаторов (рис. 2), содержащий набор цветных дисплеев 1, расположенных на самодельном макетном модуле-

подставке 2. В качестве управляющего устройства был выбран модуль ESP32 Wemos D1 R32 [1]. Схема макета имитатора показана на рис. 3. Выбор типов дисплеев обусловлен их ценовой доступностью и соответствием размеров размерам реальных индикаторов. С помощью резисторов R1—R4 можно регулировать яркость свечения экранов. Их желательно подобрать экспериментально для выравнивания яркости подсветки всех дисплеев. Выводы IO4, IO26, IO25, IO17 модуля A1 управляют дисплеями, определяя какой из них принимает данные. Уровень лог. 0 разрешает, а уровень лог. 1 запрещает этот приём. Число используемых экранов в

esp32_test_A наглядно демонстрирует перебор цифр в сегментах от 0 до 9. Основная функция `indicator(0,1,2,3)`; выводит на дисплеи слева направо указанную в аргументах комбинацию цифр. Эта функция позволяет использовать макет как четырёхразрядный семисегментный светодиодный индикатор, только со значительно большим графическим потенциалом. Значение переменной `z` определяет вид используемых цифр. При `z = 0` будет имитация газоразрядных индикаторов. Если `z` присвоить значение 1 и вновь перезагрузить скетч в модуль A1, индикатор будет имитировать анимацию перекидных цифр. Для просмотра третьего ва-



Рис. 1

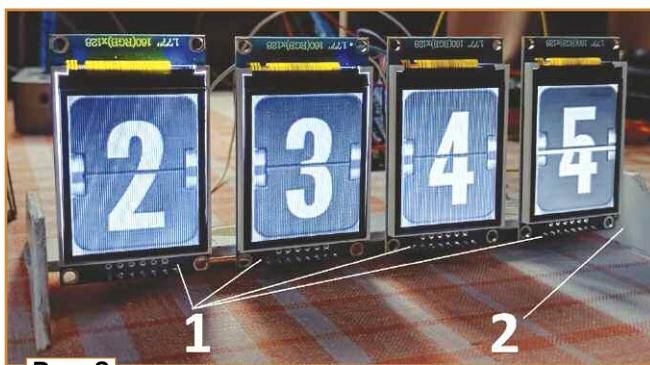


Рис. 2

зависимости от решаемой задачи может быть другим, больше или меньше четырёх.

На рис. 4 изображены элементы макета. Элементы 1 — опорные стойки с прорезями для крепления с помощью клея планки 2. К ней, в свою очередь, приклеены разъёмы 3 для дисплеев и управляющей платы. Электрические соединения произведены пайкой с помощью отрезков гибких проводов 4.

Вариант графического набора цифр для имитации индикаторов показан на рис. 5. Размер каждого изображения должен составлять 128×160 пикселей. Тестовый скетч

рианта следует закомментировать строку 5 скетча и раскомментировать строку 7. Переменную `z` приравнять `z = 3` и вновь перезагрузить скетч.

Более сложный вариант индикации, с возможностью анимации представлен на рис. 6. Кроме смены цифр, он дополнительно имитирует их горение в огне. Для создания эффекта используется два набора картинок с числом N1 и N2 соответственно (рис. 7). Первый набор, по сути, является набором спрайтов, в котором пиксели красного цвета при выводе на экран заменяются соответствующими пикселями из набора N2. Картинка-трафарет слева как бы накладывается на фоновое изображение справа. В итоге, перебирая фоны, создаётся иллюзия горения. Общий набор вариаций картинок равен произведению N1 на N2. В примере `esp32_test_C` оно равно 60 (шесть фоновых для огня и десять спрайтовых для цифр). Для вывода графики использована отдельная функция (`drawFoto_spr()`), позволяющая отображать и сти-

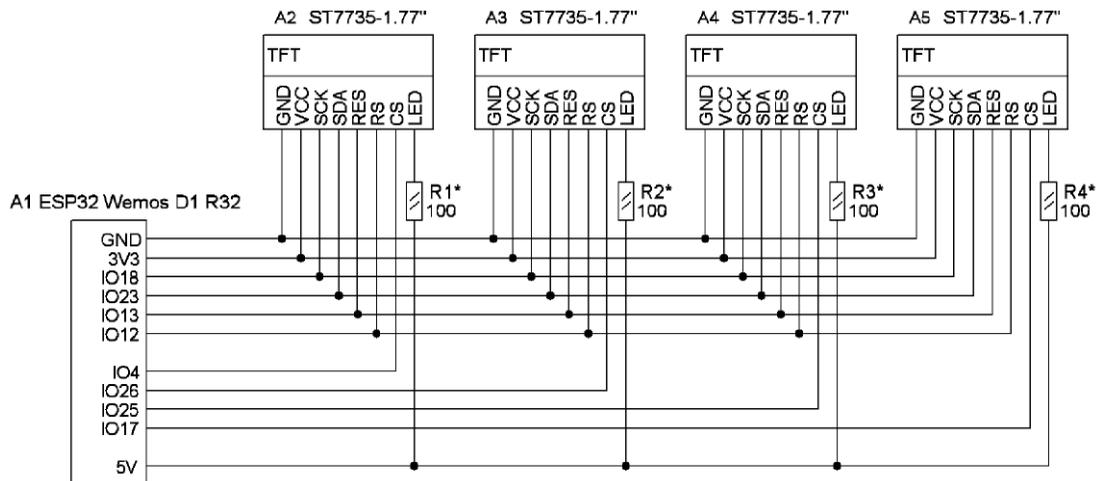


Рис. 3

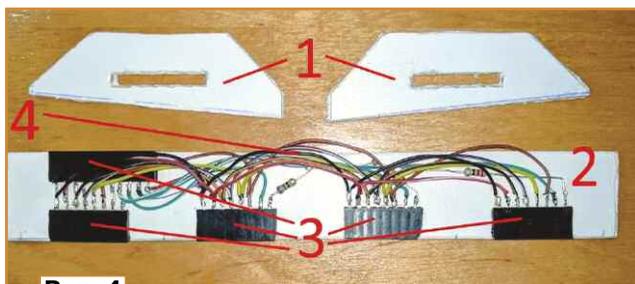


Рис. 4



Рис. 6

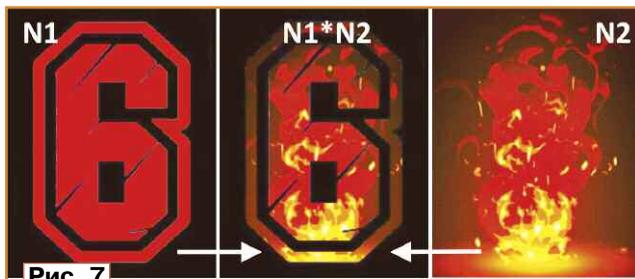


Рис. 7

рать спрайт на фоновой картинке. Ранее она использовалась в [2].

Ещё один вариант сюжетной анимации представлен на рис. 8 (скетч `esp32_test_E`). Любопытные цифры-человечки, сменяя друг друга, интересуются порхающей бабочкой. Здесь также использованы два спрайта с изображением бабочки на фоне картинок-цифр. Положение бабочки на первом экране задаётся псевдослучайным образом.

Пример варианта практического использования индикатора и анимации

представлен на рис. 9. За основу для повторения взята статья из "Радио" [3]. На дисплеех последовательно сменяются даты и годы: **31.12,2023,01.01,2024**, символизируя уход старого года и наступление нового. Управляющий скетч — `esp32_test_H`.

Устройство питается от USB ПК и может служить дополнительным элементом праздничной иллюминации или релаксационной игрушкой при работе

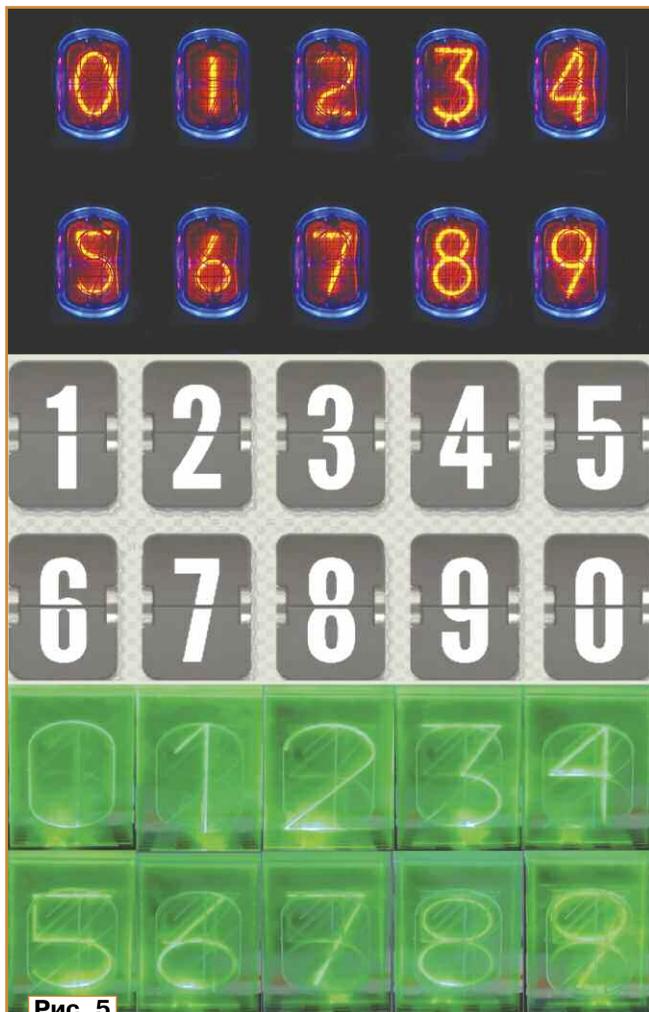


Рис. 5

на компьютере. Также имитатор будет полезен при макетировании конструкций различных вариантов часов, подобных из описания [4] и представленных на рис. 10.

Автор надеется, что публикация будет полезна радиолюбителям при разработке собственных изделий с использованием анимации цифровой индикации.



Рис. 8



Рис. 9

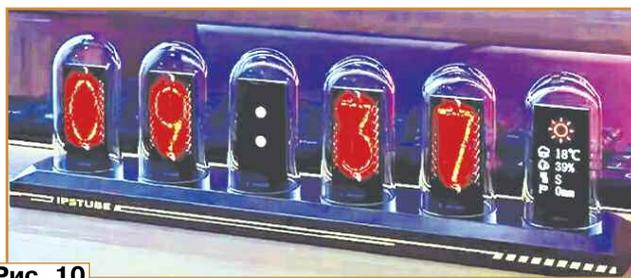


Рис. 10

ЛИТЕРАТУРА

1. WeMOS D1 R32 ESP32 Wi-Fi and Bluetooth Board. — URL: <https://click.ru/36iYGY> (21.11.23).

2. Мамичев Д. Вывод изображений на цветной TFT дисплей 1.77" 160×128 с помощью ESP32 Wemos D1 R32. — Радио, 2023, № 6, с. 60—62.

3. Нечаев И. Индикатор наступающего года. — Радио, 2001, № 11, с. 54, 55.

4. Часы в виде трубки с RGB-подсветкой и цветным IPS-экраном. — URL: https://aliexpress.ru/item/1005006117309776.html?sku_id=12000035827599250&spm=a2g2w.productlist.search_results.1.3c2863e6r7NdKZ (22.11.23).

От редакции. На нашем FTP-сервере по адресу <http://ftp.radio.ru/pub/2024/01/imitator.zip> находятся материалы проекта и видеоролики, иллюстрирующие работу устройства.

Викторина

"Микрокомпьютеры Raspberry Pi"

Р. СЕРГЕЕНКО, г. Гомель, Беларусь

Микрокомпьютер — это одноплатный модуль на базе прикладного процессора, по возможностям соответствующий компьютеру начального уровня и имеющий размер с банковскую карту. Прикладной процессор, согласно англоязычной терминологии, называется Application Processor (AP), а микрокомпьютер, он же одноплатный компьютер, — Single Board Computer (SBC).

Первым массовым SBC считается Raspberry Pi (RPi), который был представлен в виде концепта в мае 2011 г. британцем David John Braben. Слово "Raspberry" в переводе означает "малина", что созвучно с популярными в то время "фруктовыми" названиями бытовой электроники: Apple, BlackBerry, Apricot. Слово "Pi" (рус. "пай") является отсылкой к языку программирования Python, который широко используется в RPi.

Все изделия RPi делятся на пять поколений в зависимости от типа применяемого AP. Строго говоря, модули первого и второго поколений, а также RPi Pico относятся к промежуточному зве-

ну между микроконтроллерными платами и SBC. Причина — низкая тактовая частота AP (менее 1 ГГц), что не соответствует классификации, предложенной в книге <https://dmkpress.com/files/PDF/978-5-93700-264-8-2.pdf>.

Состав SBC-версий RPi:

— RPi 3A+, RPi 3B, RPi 3B+ — модули третьего поколения с четырёхъядерным AP BCM2837, тактовая частота — 1,2...1,4 ГГц, ОЗУ — 0,5...1 ГБ, интерфейсы: Ethernet, HDMI, microSD, 4×USB 2.0, Wi-Fi, Bluetooth 4, MIPI DSI, MIPI CSI, TV-Out, 28×GPIO;

— RPi 4B — модуль четвёртого поколения с четырёхъядерным AP BCM2711, тактовая частота — 1,5...1,8 ГГц, ОЗУ — 1...8 ГБ, интерфейсы: Gigabit Ethernet, 2×HDMI, microSD, 4×USB 2.0/3.0, Wi-Fi, Bluetooth 5, MIPI DSI, MIPI CSI, TV-Out, 28×GPIO;

— RPi 400 аналогичен по функциям RPi 4B, но в корпусе мини-ПК с клавиатурой;

— RPi 5 — свежий модуль пятого поколения образца 2023 г. с четырёхъядерным AP BCM2712, тактовая час-

тота — 2,4 ГГц, ОЗУ — 4...8 ГБ, интерфейсы аналогичны RPi 4B с добавлением PCIe 2.0, RTC, Power On/Off и увеличенной производительностью MIPI DSI/CSI и GPU;

— RPi Zero, RPi Zero W, RPi Zero 2W — упрощённые модули с AP BCM2835, RP3A0, работающие на частоте 1 ГГц, ОЗУ — 512 МБ, интерфейсы: USB 2.0, Wi-Fi, Bluetooth 4, HDMI, microSD, MIPI-CSI, 28×GPIO;

— RPi Computer Module 3, RPi Computer Module 4 — версии модулей RPi 3x, RPi 4B в формфакторе SODIMM (200 печатных ламелей, 46 линий GPIO), рассчитанные на подключение к специальной переходной плате RPi Computer Module IO Board.

В **таблице** показаны фрагменты схем и фотографии SBC семейства RPi (<https://www.raspberrypi.com/documentation/>). На каждый вопрос викторины следует выбрать ответ 0 или 1, после чего записать их в ряд слева направо в виде двоичного числа. Если после перевода в десятичный вид получится 3185 или 3313, значит, все ответы правильные.

1 Raspberry Pi 3B

Останется ли включённым светодиод D1 при "просадке" напряжения VCC с 5 до 4,63 В?
 0 - гарантированно продолжит светиться;
 1 - может светиться, а может и нет

2 Raspberry Pi 3B+

Почему светодиод D6 включается при закрытом транзисторе Q4?
 0 - нельзя изменить полярность сигнала "LED";
 1 - светодиод индицирует наличие питания 5 В

3 Raspberry Pi 3x (4B, Zero)

Охранная система A1 при сигнале тревоги может замыкать или размыкать цепь между клеммами "ALARM". Какую строку надо ввести в программу на языке Python для входной линии GPIO23?
 0 - pullUpDnControl (23, PUD_UP);
 1 - pullUpDnControl (23, PUD_DOWN)

4 Raspberry Pi 3A+

К какому типу относится разъём J7 для подключения стереоусилителя и телевизора (композитный видеосигнал)?
 0 - тип TRRS;
 1 - тип TRRS

5 Raspberry Pi Zero 2W

Что находится внутри чипа RP3A0-AU?
 0 - кристаллы двух отдельных микросхем;
 1 - более 800 золотых перемычек

6 Raspberry Pi 4B

В каком порядке следует расположить радиоэлементы по мере увеличения их габаритных размеров?
 0 - FB12, C118, R79, C19;
 1 - C118, R79, C19, FB12

7 Raspberry Pi 3x (4B, Zero)

Можно ли плавно регулировать яркость свечения светодиода HL1, перемещая движок резистора R1?
 0 - можно, методом программного ШИМ;
 1 - нельзя, нужно изменить схему

8 Raspberry Pi 3B+

Почему в тракте HDMI извилистые проводники размещаются слева от прямых проводников, а в тракте CAMERA — наоборот?
 0 - для экранирования трактов HDMI и CAMERA;
 1 - по конструктивным причинам

9 Raspberry Pi Compute Module IO Board

Какую функцию выполняют разъёмы J14, J15?
 0 - J14 (USB Host), J15 (USB Slave);
 1 - J14 (USB Slave), J15 (USB Host)

10 Raspberry Pi 3A

Почему сигналы, подходящие к контактам J3:11—J3:14, отделяются "разъёмами"?
 0 - эти сигналы используются на других листах электрической схемы;
 1 - эти сигналы выводятся на разъёмы

11 Raspberry Pi 3B

В каком направлении протекает ток?
 0 - от цепи Vbus к цепи 5V;
 1 - от цепи 5V к цепи Vbus

12 Raspberry Pi 3x (Zero W)

Как надо выставить биты Data Strength Control, чтобы ток ограничения GPIO4 составлял 8 мА?
 0 - DR[0] = 0; DR[1] = 0; DR[2] = 1;
 1 - DR[0] = 1; DR[1] = 1; DR[2] = 0

Получатель АНО "Редакция журнала "Радио"
ИНН 7708187140, р/с 40703810538090108833 в
в ПАО Сбербанк г. Москва, к/с 3010181040000000225,
БИК 044525225, КПП 770801001

Цена одного номера журнала **2024 г.** (с 1-го по 6-й номер) при покупке
в редакции — **490 руб.**

Стоимость полугодовой подписки с
рассылкой из редакции (адресная рас-
сылка) для индивидуальных подпис-
чиков России — 3600 руб., для индиви-
дуальных подписчиков из стран зару-
бежья — 4800 руб.

Стоимость для юридических лиц
России — 3840 руб., для юридических
лиц из стран зарубежья — 5280 руб.

Год выпуска	Номер журнала	Стоимость одного номера в редакции	Стоимость одного номера с пересылкой	
			В Россию	В остальные страны
2021	11—12	395 руб.	490 руб.	800 руб.
2022	1—12	430 руб.	530 руб.	840 руб.
2023	2—12	470 руб.	570 руб.	880 руб.
2024	1—6	490 руб.	600 руб.	800 руб.

На бланке напишите, за какие журналы Вы переводите деньги и укажите свой точный адрес (с почтовым индексом). После того как деньги поступят на расчётный счёт, мы отправим Вам журналы. При переводе денег почтовым переводом может понадобиться почтовый индекс банка 101000. Наложённым платежом редакция журналы и наборы не высылает!

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



ОФОРМЛЯЙТЕ ПОДПИСКУ НЕ ВЫХОДЯ ИЗ ДОМА



на сайте
podpiska.pochta.ru



в мобильном приложении
Почты России



через почтальона

Доставка
На адрес получателя

Адрес

ФИО получателя

Месяцы подписки
2020 Янв Фев Мар Апр Май Июн Июл Авг Сент Октяб Ноябрь Декабрь

1 мес. 2020 1 мес. 2020 за выходы 2020
1-е полугодие 2-е полугодие 1-е полугодие 2-е полугодие

*** ** Р *** ** Р *** ** Р



2024
от
589,16 руб.
месяц

Мы заботимся о Вашей безопасности! Ваше здоровье – главный приоритет

ЯНВАРЬ

ПН	ВТ	СР	ЧТ	ПТ	СБ	ВС
1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28
29	30	31				

ФЕВРАЛЬ

ПН	ВТ	СР	ЧТ	ПТ	СБ	ВС
			1	2	3	4
5	6	7	8	9	10	11
12	13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24	25
26	27	28	29			

МАРТ

ПН	ВТ	СР	ЧТ	ПТ	СБ	ВС
				1	2	3
4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17
18	19	20	21	22	23	24
25	26	27	28	29	30	31

2024

АПРЕЛЬ

ПН	ВТ	СР	ЧТ	ПТ	СБ	ВС
1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28
29	30					

МАЙ

ПН	ВТ	СР	ЧТ	ПТ	СБ	ВС
		1	2	3	4	5
6	7	8	9	10	11	12
13	14	15	16	17	18	19
20	21	22	23	24	25	26
27	28	29	30	31		

ИЮНЬ

ПН	ВТ	СР	ЧТ	ПТ	СБ	ВС
					1	2
3	4	5	6	7	8	9
10	11	12	13	14	15	16
17	18	19	20	21	22	23
24	25	26	27	28	29	30

www.radio.ru

ref@radio.ru

ИЮЛЬ

ПН	ВТ	СР	ЧТ	ПТ	СБ	ВС
1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28
29	30	31				

АВГУСТ

ПН	ВТ	СР	ЧТ	ПТ	СБ	ВС
			1	2	3	4
5	6	7	8	9	10	11
12	13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24	25
26	27	28	29	30	31	

СЕНТЯБРЬ

ПН	ВТ	СР	ЧТ	ПТ	СБ	ВС
						1
2	3	4	5	6	7	8
9	10	11	12	13	14	15
16	17	18	19	20	21	22
23	24	25	26	27	28	29
30						

15 августа — день рождения журнала "Радио" — 100 лет!

ОКТАБРЬ

ПН	ВТ	СР	ЧТ	ПТ	СБ	ВС
	1	2	3	4	5	6
7	8	9	10	11	12	13
14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27
28	29	30	31			

НОЯБРЬ

ПН	ВТ	СР	ЧТ	ПТ	СБ	ВС
				1	2	3
4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17
18	19	20	21	22	23	24
25	26	27	28	29	30	

ДЕКАБРЬ

ПН	ВТ	СР	ЧТ	ПТ	СБ	ВС
						1
2	3	4	5	6	7	8
9	10	11	12	13	14	15
16	17	18	19	20	21	22
23	24	25	26	27	28	29
30	31					