

В номере:

СЪЕЛ И ПОЛОН ЭНЕРГИИ:
биоразлагаемые СЭС
для РЭА

СВЕРХУСИЛИЯ
ДЛЯ СВЕРХПРОВОДИМОСТИ:
заключительная часть статьи

ТЕХНОЛОГИИ, СВОИ
И ЧУЖИЕ: перспективы
технологического суверенитета



Электронная
версия этого
журнала



ИСПЫТАТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

КЛИМАТИЧЕСКИЕ КАМЕРЫ · ВИБРОСТЕНДЫ
СТЕНДЫ УДАРА · СТЕНДЫ ПАДЕНИЯ



НОВИНКА

ККВ АкмеТех Климатическая камера с вибростендом

Объем рабочей камеры:
до 1000 л
Температурный диапазон:
от -70 до +150°C
Частотный диапазон
виброустановки:
3 Гц – 3000 Гц
Амплитуда вибростола:
25-51 мм, по осям Z, X, Y



akmetron.ru

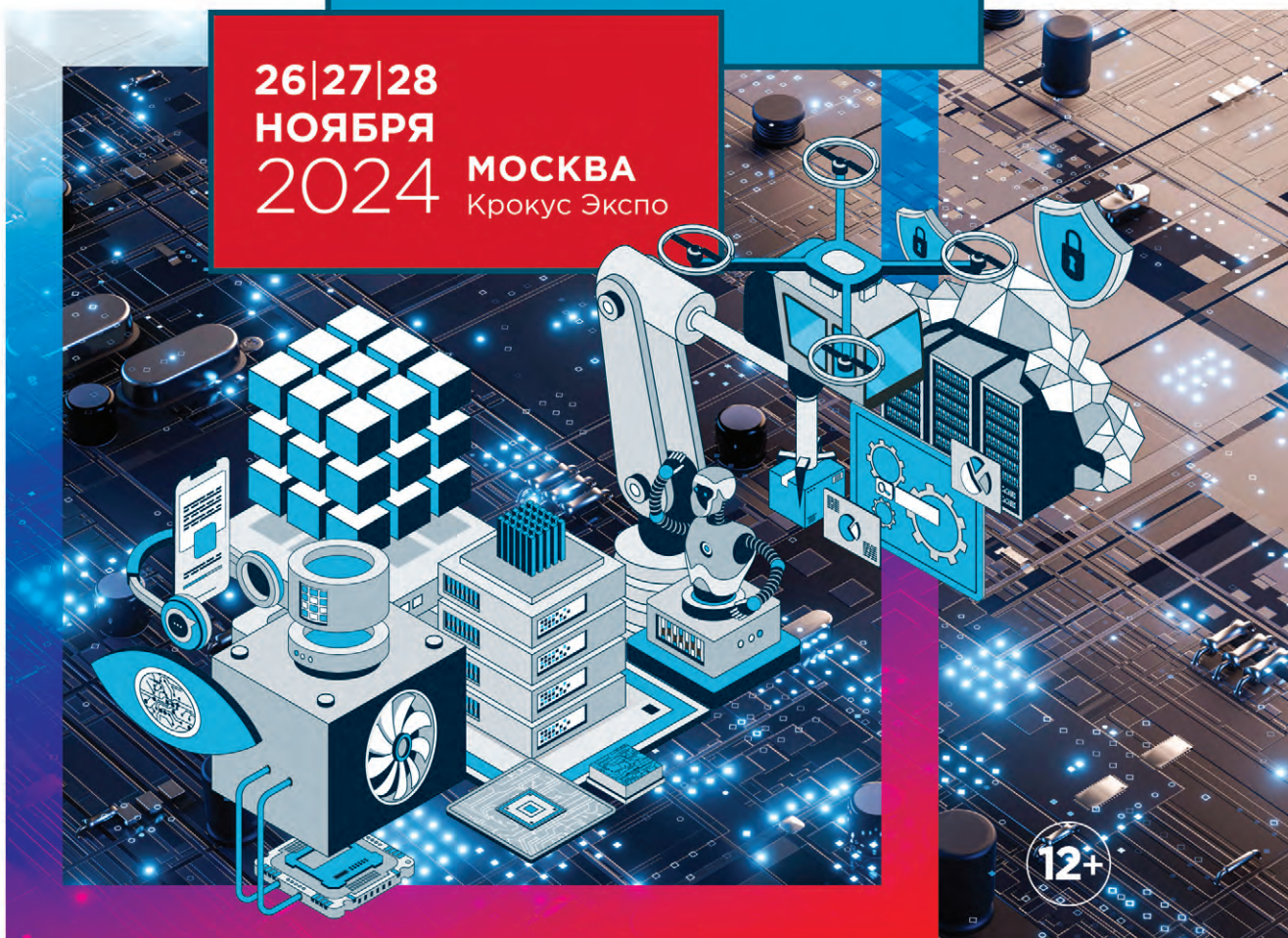
rus-elektronika.ru



ЭЛЕКТРОНИКА РОССИИ

Международная
ВЫСТАВКА-ФОРУМ

26|27|28
НОЯБРЯ
2024 МОСКВА
Крокус Экспо



Забронируйте стенд:

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



Организатор:



Официальная поддержка:



Партнеры:





Медиапортал СЭТА

Современная Электроника и Технологии Автоматизации

ТОВАРИЩ!
БИЗНЕС РОСТ ЗАМЕДЛИЛ?

РАНО ВПАДАТЬ В СТУПОР!

НУЖНО КРИЧАТЬ О СЕБЕ НЕМЕДЛЯ,

А МЫ

ОБЕСПЕЧИМ РУПОР!



Журналы

Два наших журнала уважают в отрасли. Ваши статьи и рекламу в них увидят все наши читатели



Видеоканалы

YouTube, RuTube VK – предоставляют вам возможность интересно рассказать о себе



Медиапортал

Это ваши новости и статьи, оперативно доставленные по адресу



Конференции

На наших конференциях ПТА вы заведёте новые контакты и расскажете о себе специалистам



Дизайн-студия

Дизайнеры и верстальщики сделают для вас эффективную рекламу, баннер, ролик



СОВРЕМЕННАЯ
ЭЛЕКТРОНИКА

Издательство «СЭТА-ПРЕСС» +7 (968) 567-30-06 / shop@cta.ru / www.cta.ru

Приглашаем вас к сотрудничеству!



Здравствуйтесь, уважаемые друзья!

В этом выпуске журнала читайте завершающую часть статьи, посвящённой рассказу о состоянии и перспективах исследований в области высокотемпературной сверхпроводимости. Во второй её части мы рассказали историю открытия вещества LK-99, из заключительной же части вы узнаете о том, что в высокой науке тоже есть место мистификациям и шарлатанству.

С развитием полупроводниковой элементной базы электронные устройства становятся всё более «высокочастотными», и это влечёт за собой не только очевидные выгоды, но и технические сложности. В частности, остро стоит вопрос проводной передачи радиочастотных сигналов с минимальными искажениями и потерями. В одной из статей мы рассмотрим радиочастотные соединители повышенной мощности от компании RADIALL, применяемые в антеннах и базовых станциях сотовой связи.

В этом номере вы прочитаете о технологиях NFC и E-Lock и их интеграции в ЕБС СКУД, об интересных схемных решениях для акустических светодиодных драйверов с низковольтным питанием, об универсальном программируемом выключателе электропитания, о модернизированном стабилизированном блоке питания для аудиоусилителя, а также о многом другом.

Заходите на наш обновлённый информационный портал www.cta.ru, где вас ждут новости из мира электроники и промышленной автоматизации, а также свежие статьи, публикуемые в наших журналах!

Спасибо, что остаётесь с нами, читайте с удовольствием. Всего вам доброго.

Юрий Широков, главный редактор

Журнал «Современная электроника»
Издаётся с 2004 года

Главный редактор Ю. В. Широков
Заместитель главного редактора А. В. Малыгин
Редакционная коллегия А. Е. Балакирев, В. К. Жданкин,
С. А. Сорокин, Р. Х. Хакимов
Вёрстка М. Ю. Соколов
Обложка Д. В. Юсим
Реклама Н. А. Антипов +7 (968) 567-30-06 (antipov.n@cta.ru)

Учредитель и издатель ООО «СТА-ПРЕСС»
Генеральный директор К. В. Седов
Адрес учредителя и издателя:
117279, г. Москва, ул. Профсоюзная, д. 108,
пом/ком/эт 1/67/тех
Почтовый адрес: 117437, г. Москва,
Профсоюзная ул., 108
Тел.: (495) 232-00-87
shop@cta.ru • www.cta.ru

Производственно-практический журнал
Выходит 9 раз в год. Тираж 10 000 экз.
Цена свободная

Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору за соблюдением законодательства в сфере массовых коммуникаций и охране культурного наследия (свидетельство ПИ № ФС77-18792 от 28 октября 2004 г.)

Отпечатано: ООО «МЕДИАКОЛОР».
Адрес: Москва, Сигнальный проезд, 19,
бизнес-центр Вэлдан.
Тел./факс: (499) 903-69-52

Перепечатка материалов допускается только с письменного разрешения редакции.
Ответственность за содержание рекламы несут рекламодатели.
Ответственность за содержание статей несут авторы.
Материалы, переданные редакции, не рецензируются и не возвращаются.
Мнение редакции не обязательно совпадает с мнением авторов.
Все упомянутые в публикациях журнала наименования продукции и товарные знаки являются собственностью соответствующих владельцев.

© СТА-ПРЕСС, 2024

Мы в соцсетях!



СОДЕРЖАНИЕ 7/2024

РЕКЛАМОДАТЕЛИ

Delta Design	4-я стр. обл.
Litemax	60
Rfcore	13
Raystar	51
МикроЛАБ Системс	35
Элеконд	15
Электроника России	2-я стр. обл.
Эркон	9

**Макро Групп:
кому не страшно
доверить бизнес**



**Смотрите на канале
СОВРЕМЕННАЯ
ЭЛЕКТРОНИКА**

Интервью
с Дмитрием Велеславовым –
генеральным директором
Макро Групп

RUTUBE YouTube VK

РЫНОК

- 4 Россия и все остальные: перспективное партнёрство в области современных электронных технологий, поставок и кадров**

Кашкаров Андрей

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

- 8 Биоразлагаемые источники питания: необычные технические решения и перспективы**

Жосс Бомон

ЭЛЕМЕНТЫ И КОМПОНЕНТЫ

- 18 E-Lock как элемент ЕБС СКУД: перспективы систем NFC Key и ISBC Key**

Вадим Экземплярский

- 30 Радиочастотные соединители повышенной мощности компании Radiall, применяемые в антеннах и базовых станциях**

Джуринский Кива

ВОПРОСЫ ТЕОРИИ

- 36 Сверхпроводимость при высоких температурах реальность и фальсификации. Часть 3. Афера Ранга Диаса**

Алексеев Виктор

ИНЖЕНЕРНЫЕ РЕШЕНИЯ

- 47 Программируемый выключатель электропитания в электроустановке**

Шижкин Сергей

- 52 Модернизированный стабилизированный блок питания с защитой по току и низким уровнем пульсаций для аудиоусилителя**

Кузьминов Алексей

- 61 Акустические светодиодные драйверы с низковольтным питанием**

Одинец Александр

Россия и все остальные: перспективное партнёрство в области современных электронных технологий, поставок и кадров. Обзор

Андрей Кашкаров

В последние годы ориентация сотрудничества российских разработчиков РЭА с международными коллегами и цепочки поставок компонент для РЭА меняются. В ответ на вызовы времени идёт поиск новых поставщиков и новых зарубежных партнёров, рынки которых перенасыщены инвестициями и в целом – заняты. В этой ситуации в поиске взаимовыгодных путей применяют креативные решения. В обзоре рассматриваются временные трудности и перспективы, с которыми сталкиваются разработчики в России, а также особенности и решения, влияющие на достойный выход из кризиса.

Россия и Китай в проекции поставок электронных компонентов

Специалисты отрасли знают о сложностях экспорта электронных компонентов, плат, серверов и в целом РЭА с начала 2024 года. В марте падение экспорта составило 14%, в апреле – 10,2% по отношению к аналогичным периодам 2023 года. При этом, согласно данным главного таможенного управления КНР, в 2023 году экспорт из Китая в Россию увеличился на 46,9% и составил в денежном выражении около \$110,97 млрд [6]. КНР много десятилетий является ключевым поставщиком электроники в Российскую Федерацию. А в текущем году Шанхайская организация сотрудничества и Исполнительный комитет Содружества Независимых Государств впервые стали организациями-партнёрами 14-й Международной промышленной выставки ИННО-ПРОМ-2024, о новостях которой мы будем говорить далее.

Особенности цепочки поставок

Во время возникшего кризиса альтернативным вариантом можно было назвать расчёт через агентов третьих стран, дружественных России: Кыргызстана, Казахстана и даже Индии. Это работало, пока не стали пристально проверять экспортную декларацию с указанием

кода ТН ВЭД. Довольно обширен список таможенных кодов (ТН ВЭД) на товары, находящиеся под экономическими санкциями. В списке товаров современной электроники двойного назначения занимают первые места. Если в документах указывали код ТН ВЭД на санкционный товар, то платёж не проходил или значительно задерживался. Задержку проведения платежа на 40 дней объясняли законной проверкой документов у китайского банка, затем платёж возвращался отправителю. Такие результаты санкционной политики против России и ужесточения требований по проверке контрагентов. До последнего времени это приводило к срывам поставок, задержке отгрузок, ужесточению требований к документации и росту цен. Рабочий и легальный вариант расчётов с поставщиками электроники производства КНР отлажен, когда у российского покупателя и китайского поставщика открыты счета либо в филиале китайского банка в России, либо в филиале российского банка в Китае. Когда нет возможности открыть счета в одном банке, партнёры находят агентов – доверенных юридических лиц в Китае. Ситуация решалась поиском юридического лица – агента-посредника в КНР, принимавшего платёж от российских партнёров и рассчитывавшегося за товар внутри страны. А на политическом уровне разре-

нию ситуации с поставками и платежами помог недавний визит Президента России в КНР.

Причины роста цен

Когда размышляют о росте цен на электронику из Китая и компоненты для собственного производства в России, учитывают несколько значимых факторов. Рост цен обусловлен не только проблемами с переводом платежей, но и проблемами в логистике, в частности с дефицитом контейнеров, автотранспорта и даже водителей с категорией «Е» и с международным опытом (факторы, приводящие к удорожанию доставки и товара). При росте вакансий на 60% количество резюме растёт только на 5%; в грузоперевозках дефицит достиг 25%, при этом средний возраст водителей приближается к 50 годам. Агенты-посредники, о которых мы говорили выше, способны провести легальные платежи, требуют комиссию в 7–12%. Она закладывается в цены на товары. К прямым импортёрам подключаются посредники. Цепочка растягивается, поэтому стоимость операций увеличивается до 30% [6]. Разумеется, идёт поиск новых решений. Криптовалюты в КНР пока запрещены. Заключение бартерных сделок можно рассматривать как альтернативный вариант сотрудничества. Пока это прерогатива только крупных компаний, холдингов. Обычно проводят оплаты через небольшие региональные банки в Китае: они менее зависимы от ограничений. Российские компании пользуются возможностью и открывают счета. Китайские банки серьёзно относятся к транзакциям и проверяют, куда груз пойдёт из страны-посредника. Чтобы срочно осуществить поставку, требуется заплатить дополнительный процент агенту-посреднику.

Очевидно, что есть разные возможности, но нет единой надёжной схемы поставок, которая обеспечивала бы непрерывное сотрудничество со странами-посредниками и гарантировала бы результат. Россия и КНР имеют давние партнёрские отношения в сфере современной электроники, поэтому нахождение новых цепочек поставок для улучшения выгодного сотрудничества – вопрос времени.

Преграды и перспективы

Несмотря на то что Россия много лет старается сблизиться со странами Ближнего Востока, путь предстоит долгий и сложный. С одной стороны, российские разработчики по менталитету ближе к европейцам, и требуются консультанты – специалисты-востоковеды, чтобы максимально наладить переговорный процесс. С другой стороны, рынок стран Ближнего Востока переполнен инвесторами, найти в нём перспективные ниши хоть и удаётся, но развиваются они с большим трудом. Одна из проблем конкурентной способности в сфере современной электроники в России пока не решена. В ряде направлений интеллектуальные продукты отечественных разработчиков не уступают ни западным, ни восточным странам, но максимально коммерциализировать их пока не научились. Говоря об особенностях отрасли и нынешнем состоянии производств, нельзя не отметить кадровый голод.

Современная электроника, ИИ и кадровый голод

Информационные технологии, прямо связанные с компонентной базой РЭА, вошли во все сферы производства, бизнеса и жизни. Цифровизация процессов в России увеличивается, будет увеличиваться и спрос на специалистов высокого класса. Активно развивается финтех, строятся центры обработки данных. Но если, как мы показали выше, существуют проблемы с электронными компонентами, то есть и проблема человеческого фактора. Дефицит кадров в IT-отрасли и особенно в востребованном сегменте инфобезопасности достигает сотен тысяч человек. Такие данные приводит центр стратегических разработок «Северо-Запад» и компания Positive Technologies. А в Data Nanny дефи-

цит оценивают в 55%, причём за два истёкших года ситуация «резко ухудшилась» [1]. И это несмотря на количественный рост специалистов на 13% по итогам 2023 года (данные Росстата); спрос рынка остаётся неудовлетворённым. Потребность в специалистах, работающих в формате многозадачности, будет только увеличиваться. Наиболее востребованы программисты и разработчики РЭА, эксперты по работе с ИИ, специалисты техподдержки, аналитики данных, наладчики РЭА, тестировщики и специалисты по информационной безопасности. Любопытно, что кадровый голод в разной степени испытывают даже промышленные предприятия, куда по некоторым инициативам хотят привлекать на оплачиваемую практику школьников. Сегодня молодой специалист обладает высокими требованиями к работодателю, а чтобы диверсифицировать риски от сокращений и роста инфляции, опережающей индексацию зарплат, стремится получить больше источников дохода: например, может работать сразу на несколько компаний. Реагировать на вызовы времени пока планируют так: вводить вакансии с гибридным графиком, чтобы удерживать и привлекать высококвалифицированных специалистов.

Психологический императив, или Наша смена завтра

Весьма интересно, кто придёт на смену сегодняшним разработчикам РЭА завтра. Разумеется, мы говорим о тенденциях, в которых всегда есть исключения. Однако тенденции в том, что именно самостоятельность современной молодежи не нужна: общение, любовь и работа не в почёте, интерес к ним упал в разы.

Речь идёт о так называемых постмиллениалах, «поколении Z», родившихся условно после 1997 года и набирающих профессиональный опыт. Внутри страты можно наблюдать различные деления, но всех объединяет опыт общения с электронной техникой: они уже с детства столкнулись с техническим прогрессом. Электронные гаджеты окружают повсюду. Когда малыши плачут в колясках, им дают в руки смартфон с завлекающим контентом, чтобы успокоить. Подростковый пери-

од максимально короткий. Детство, наоборот, сильно затянуто. Взросление замедлено. Продолжительность жизни незначительно увеличилась.

Причина в том, что детей окружают заботой, удовлетворяют потребности до того, как сам ребёнок их осознает. Иногда это сохраняется и с возрастом. Среди причин – родительская гиперопека детей в мегаполисах, рост благосостояния и смена ценностной жизненной парадигмы. Психологи полагают, что «поколение Z» утратило бунтарский дух, стало более толерантным, менее счастливым и не готовым к взрослой жизни. Но тут нужно договориться о смыслах, чтобы понимать, что именно мы ею называем. Сегодня понятие ответственности весьма трансформировалось, а смена места работы или занятий не вызывает стресса. Из условных плюсов: число хоть раз пробовавших алкоголь до 30 лет упало с 82 до 55%. Число подростковых преступлений находится на минимальном уровне за всю историю наблюдений.

Вместо того чтобы водить машину, встречаться с противоположным полом или много работать, мальчики поколения Z проводят время за видеоиграми, а девочки – в социальных сетях. Как итог, растёт уровень депрессии. У девочек – ускоренными темпами: за 10 лет доля девочек, страдающих от диагностированной депрессии, выросла почти в два раза, до 25%. Девочки сильнее ориентированы на коммуникацию, общение. А виртуальное общение не даёт эмоциональной близости и с накопительным эффектом вызывает беспокойство. Если не ответили на сообщение в социальной сети – это почти стресс. А если опубликовала фото, а лайкают его меньше, чем у одноклассницы, – стресс тройной. Ибо в соцсетях демонстрируют потрясающий стиль жизни, а ты «сидишь дома, страдаешь...».

Тотальную демотивацию тоже можно объяснить. Организм работает так, что получает гормональное подкрепление за предвкушение и достижение целей. Лёгкое и доступное удовольствие не требует усилий. Так теряется мотивация к действиям, и ценность другого человека снижается. Всё можно заменить, всех можно заменить. Зачем сдавать на права, если есть такси?

Однако даже такие аргументы ещё не свидетельство, что одно поколение хуже другого; каждое имеет особенности. Посмотрим на эти особенности, чтобы понять, что ждёт современную электронику завтра.

Люди в прошлых веках уже проходили через смены различных культурных парадигм. Было время, серьёз боялись, что электричество опасно, что телевизор убьёт книги и театр, а эстрада уничтожит классическую музыку. Нынешние 20–25-летние кандидаты в разработчики РЭА социализированы иначе и мыслят примерно на уровне 14–18-летних подростков образца семидесятых годов XX века. Визуализация информации также имеет значение. Когда человек читает текст, он усваивает информацию на 25% быстрее, чем при просмотре видеоконтента. Это отличие также связано со способами получения, систематизации и запоминания информации. При этом систематизации, накопления информации почти не происходит. Работает принцип «увидел и забыл». И действительно, зачем помнить информацию, если в любой момент можно её получить? Технический прогресс – всего лишь механизм. Можно и его поставить на службу изобретениям. Но большинство пользуются им с потребительской точки зрения. Поэтому место для воображения существенно сужается.

Что нас ждёт дальше

Несмотря на тревожные цифры, паниковать, пожалуй, не стоит. Самый точный и распространённый способ оценки биологического возраста – определение длины теломер. В анализе крови из вены исследуется средняя длина концевых участков лейкоцитов. Открытие механизма дисфункции митохондрий подтолкнуло учёных к разработке специальных веществ для утилизации стареющих клеток либо ограничения их активности. Известно более 200 веществ с сенолитической активностью, и можно ожидать их выхода на рынок в составе специальных средств. Разработаны и аналитические методики, где для расчёта используются результаты лабораторных исследований и различные физические параметры (пол, рост, вес, электрическая проводимость и сопротивление тканей). Уже сегодня

есть уникальный опыт уменьшения биологического возраста. Применение индивидуально разработанных комплексных программ, направленных на коррекцию нарушенных процессов, в течение нескольких лет ведёт к уменьшению биологического возраста на 3–8 лет, а в некоторых случаях – до 10–15 лет.

Таким образом, инфантильность приходящего нам на смену поколения специалистов-разработчиков РЭА свидетельствует о том, что пик их активной деятельности не возможен, а только сместится во времени и будет приходиться примерно на возраст 40 лет, что соответственно продлевает активную профессиональную жизнь более ранних поколений специалистов, активность которых продлится ещё на 10–12 лет при отсутствии непреодолимых медицинских проблем.

Венгрия, ОАЭ, ЮАР и другие

Россия старается выстраивать партнёрские отношения буквально везде, где партнёры позволяют это делать. Особое направление – работа с партнёрами в регионе Латинской Америки и, в частности, продолжающееся сотрудничество с Венесуэлой. Из европейских стран наиболее лояльно относятся к современной России в Венгрии. Страна неоднократно представляла национальную экспозицию на ежегодной выставке ИННОПРОМ в сопровождении статусных официальных лиц. На перспективные отношения значительно влияют 13 пакетов санкций, введённых европейским сообществом [5]. На африканском континенте ЮАР, Египет и Алжир представляют наибольший интерес. Особенно Южноафриканская республика, с которой дипломатические отношения находятся на высоком уровне: в Москве работает Посольство ЮАР в России, на Урале открыт институт Почетного консула, и с каждым годом находят новые точки соприкосновения.

Активно развиваются отношения с Северной Кореей, о которой говорят как о наиболее мотивированной на экономический прорыв стране. Между нашими странами заключены долгосрочные сделки на поставки вооружений, продовольствия и электроники – экспорт из России. На основе имеющегося потенциа-

ла в машиностроении в Северной Корее развивается атомная отрасль и ракетостроение, что невозможно без развития современной электроники. Однако фактически подписанные договорённости свидетельствуют о том, что подготовительная работа над политическими решениями проводилась постоянно: в течение предшествующих лет. Сегодня эти намерения только обрели силу государственных соглашений. Примерно так же обстоит дело с другими странами, рассматриваемыми у нас в стране как стратегические партнёры.

Объединённые Арабские Эмираты – ещё одна страна, с которой Россия проводит политику улучшения сотрудничества и взаимодействия. Экономические отношения с ОАЭ, в том числе в областях промышленного IT, индустриальной автоматизации, металлообработки и новых материалов, вышли на новый уровень: товарооборот в 2023 г. превысил \$10 млрд [2]. Арабские шейхи проявляют заинтересованность в России: в качестве статусных партнёров и гостей их неоднократно видели на презентационных площадках российских экспозиций международных выставок в России и за её пределами. В Екатеринбурге 8 июля 2024 года стартовала традиционная (ежегодная) международная выставка промышленности и технологий ИННОПРОМ-2024. В этом году с 8 по 11 июля выставка работала под эгидой «Технологическое партнёрство: формируя образ будущего». Предполагалось участие в выставке более 46 тысяч гостей и партнёров, нескольких сотен компаний-экспонентов и проведение около 100 мероприятий деловой программы. Объединённые Арабские Эмираты официально позиционируют себя страной-партнёром. Экспозиция страны-партнёра разворачивается с участием 100 компаний ОАЭ из разных отраслей: от производителей медицинской электроники и продуктов питания до оборудования для банковской сферы и особой экономической зоны. Главная стратегическая сессия состоялась во второй день выставки – 9 июля. На неё были приглашены премьер-министр РФ Михаил Мишустин, премьер-министр Беларуси Роман Головченко, премьер-министр Таджикистана Кохир Расулзада, министры промыш-

ленности России и ОАЭ Антон Алиханов и Султан бен Ахмед Аль Джабер [3]. За ОАЭ и не в последнюю очередь идут Иран и Саудовская Аравия. Ожидается, что деловое партнёрство придаст дополнительный импульс развитию кооперационных связей между дружественными странами.

Тем не менее восточному этикету свойственны нюансы. Легко нарушить его в силу простого незнания особенностей переговорного процесса. Успешное и продуктивное партнёрство в этих странах мира немислимы без глубоких познаний российских разработчиков и специалистов в традициях, деловой культуре и менталитете. Важно знать, о чём можно и нежелательно говорить, как адаптировать стиль коммуникации во множестве неочевидных этикетных норм, чтобы избежать слабой позиции, как арабы тестируют иностранцев с приёмами корректной провокации и многое другое. Почитать об этом дополнительно можно в [4].

Новации ИННОПРОМ-2024

Технологии и решения, составляющие основу современного «цифрового предприятия», в том числе промышленный искусственный интеллект, роботизация бизнес-процессов, системы полного жизненного цикла и математическое моделирование – в центре предметного обсуждения. На сессии Росатома «Российский рынок CAE-систем: перспектива использования новейших технологий при проектировании и создании высокотехнологичных изделий» состоялось экспертное обсуждение расширения сотрудничества российских разработчиков в рамках обеспечения технологической независимости отечественных предприятий в сфере применения ПО класса CAE. Отдельное мероприятие посвящено теме искусственного интеллекта. На сессии «Цифровое ускорение: ИИ и роботизация бизнес-процессов для эффективности промышленных предприятий» обсудили подходы к прорывному использованию промышленных цифровых решений на основе ИИ для конкурентоспособности предприятий.

Активно участвуют в выставке компании из Москвы и других регионов, Группа компаний «Синара», Росатом и др. Считается, что каждый 9-й промышленник в России из Москвы. В этом году стенд правитель-

ства Москвы на Международной промышленной выставке ИННОПРОМ посвящён развитию важного индустриального направления: станкоинструментальной отрасли промышленности. Российский разработчик инженерного программного обеспечения и ИТ-интегратор компания «Аском» на XIV Международной промышленной выставке ИННОПРОМ впервые покажет рабочее место инженера, созданное на импортонезависимых операционных системах. В качестве аппаратной части системы используется графическая станция «Аквариус» российского производства. Таким же примером является система проектирования КОМПАС-3D для работы на российских операционных системах на базе ядра Linux без дополнительных приложений и эмуляторов. Всё это показывает тренд времени и перспективы: стремление к Windows-независимости и реализация управления электронными системами на отечественных программных платформах.

Тренд на Windows-независимость

Так, уже созданная система «КОМПАС-3D» является одной из массовых САД-систем в промышленности России, Беларуси и Казахстана. Она развивается на протяжении 35 лет, основана на собственном геометрическом ядре и содержит набор инструментов для коллективной работы с цифровыми моделями разной сложности. Совершенствование «КОМПАС-3D» для Linux ведётся в рамках перевода PLM-решения на российские операционные системы и СУБД. Прежде всего, оно предназначено для промышленных предприятий, обеспечивающих независимость и безопасность критической информационной инфраструктуры. Альфа-версия САД-системы уже готова и была продемонстрирована на ИННОПРОМ-2024. При партнёрской поддержке АСКОН и фирмы «1С» в рамках деловой программы международной выставки состоялась сессия «Экономика данных промышленности от проектирования до производства». Подробно узнать о результатах работы выставки можно в [3].

Выводы

По многим не противоречащим друг другу оценкам, на развитие микроэлектроники в России в ближайшие

15 лет потребуется 800–1000 млрд рублей. Из них примерно половина необходима на расширение локального производства оборудования для создания кремниевых пластин – основы для чипов и оборудования для фотолитографии, а также на субсидирование научно-исследовательских работ. Ещё 300 млрд рублей понадобится на развитие собственных компетенций в разработке и изготовлении как базовых, так и современных чипов. По заявлению премьер-министра Михаила Мишустина на форуме ИННОПРОМ-2024, доля российской радиоэлектронной продукции на внутреннем рынке к 2030 году увеличится почти в 6 раз, с 12 до 70%. Для этого поставлены задачи нарастить производственные мощности по всем сегментам и радикально увеличить присутствие РЭА отечественного производства и технологий на внутреннем рынке. Задачи логичные и понятные, ведущие к устойчивости и независимости отечественного производства. Из этого следует, что рынок РЭА в России, несомненно, является развивающимся. Вопрос лишь в том, что и с чем сравнивать. Если сравнивать с прошлыми годами, прогресс очевиден. Если сравнивать с развитием технологий и НИОКР в некоторых других странах (к примеру, в ЕС, КНР и США), то они тоже не стагнируют и ещё стремительнее развиваются. Поэтому в данном обзоре мы отказались от субъективных оценок, но привели некоторые аргументы относительно того, что нас ждёт в будущем.

Литература

1. Дефицит кадров в ИТ – до 700 тыс. человек. URL: <https://www.dk.ru/news/237205265>.
2. ИННОПРОМ-2024 пройдёт с особым размахом: гид по главной промышленной выставке. URL: <https://www.dk.ru/news/237205536>.
3. ИННОПРОМ-2024. URL: <https://expo.innoprom.com>.
4. Менталитет и деловая культура ОАЭ: как достойно принять арабских партнёров? URL: <https://www.dk.ru/news/237205331>.
5. Путь на Ближний Восток может быть более сложным и тернистым, чем в Западную Европу. URL: <https://www.dk.ru/news/237205248>.
6. Отрежут ли США Россию от китайских товаров. URL: <https://www.dk.ru/news/237204999>.



Биоразлагаемые источники питания: необычные технические решения и перспективы

Жосс Бомон

В статье приводятся сведения об инновационных разработках безопасных биоразлагаемых элементов питания как предтечи создания съедобных электронных модулей и блоков для медицинской диагностики организма человека, повышения его живучести и приумножения энергетического потенциала. Черпая вдохновение в свойствах живых организмов, ферментов, использующих окислительно-восстановительные кофакторы для биогенераторов, автор представляет описание перезаряжаемой съедобной АКБ из доступных материалов в проекции создания и других природных источников возобновляемой энергии.

Учёные утверждают, что, если по месту жительства отключат электричество, они смогут некоторое время освещать дом при помощи лимонов. Однако в каждом из подобных инфоповодов, вовсе не предназначенных для того, чтобы их воспринимали буквально, есть рациональное зерно. Современная электроника была и есть развивающейся областью с перспективами и успехами в разработке легкоусвояемых (безопасных биоразлагаемых) устройств с пищевыми ингредиентами и добавками. Действительно безопасных, и на протяжении нашего обзора покажем это аргументированно.

Прогресс медицинских технологий

Научно-технический прогресс в здравоохранении способствовал увеличению средней продолжительности жизни человека. Велика в этом роль медицинской диагностики. Диагностические методы, например, используемые для мониторинга желудочно-кишечного тракта, совершенствуются благодаря современной электронике. Проглатываемые электронные медицинские устройства помогают заменить неудобные для пациента инвазивные медицинские процедуры, такие как гастроскопия и колоноскопия, устройствами размером с таблетку, содержащими видеокамеры и датчики химического состава среды, в том числе pH. Медицинские диагностические процессы все ещё связаны с обязательным наблюдением дипломированного специалиста, что значительно увеличивает стоимость медицинских операций и

снижает эффективность диагностических устройств. Обоснованное внимание к экологически чистым и безопасным проглатываемым миниатюрным электронным устройствам привело к новым разработкам, реализация которых не обязательно связана с постоянным наблюдением пациента медицинским специалистом. Съедобный датчик с функцией беспроводной передачи данных (передатчик) даёт развитию отрасли огромные перспективы. Разносторонние и неограниченные способы реализации креативной инженерной мысли довели социум уже до того, что обозначился термин «съедобные электронные устройства» – СЭС. Действительно, биоразлагаемые элементы уже много лет используются в медицине, помогают в диагностических процедурах, в мониторинге желудочно-кишечного тракта, терапии, других медицинских исследованиях жизненно важных органов человека, в оперативном определении качества продуктов питания. СЭС предполагает создание модулей и датчиков с не менее безопасными и съедобными источниками питания. Это действительно инновационная и быстроразвивающаяся область современной электроники.

Как элемент СЭС разработана перезаряжаемая съедобная АКБ, изготовленная из материалов, съедаемых в повседневной жизни. На основе знаний об окислительно-восстановительных свойствах живых организмов путём иммобилизации рибофлавина и кверцетина, типичных пищевых ингредиентов и пищевых добавок на активированном угле разработана новая маломощная АКБ, способ-

ная обеспечить электропитание небольших электронных устройств. В качестве анода используется рибофлавин, а в качестве катода – кверцетин. Электроды помещены в пчелиный воск. Первые варианты рассматриваемой АКБ вырабатывали разность потенциалов (напряжение) 0,65 В с силой постоянного тока 48 мкА; эти значения оставались относительно неизменными в течение 12 минут, затем изменялись в сторону уменьшения. Этот опыт даёт перспективу новым исследованиям безопасных электронных приложений для качественной и оперативной медицинской диагностики, лечения и неизведанных ранее способов контроля качества продуктов питания.

Из истории

Основа любого гальванического источника тока неизменно связана с опытом и устройством, созданным Алессандро Вольта. Но предпосылки к изобретению первого химического источника электрического тока возникли почти случайно. В конце XVII века итальянский учёный Луиджи Гальвани занимался исследованием реакций животных на внешние воздействия разного свойства. Присоединял полоски из разных металлов в разных местах лягушачьей лапки и наблюдал эффект. Попытки Гальвани стали основой исследований Алессандро Вольта. Внутри сухого элемента питания имеются 3 основные и важные для понимания принципа действия части. Отрицательный электрод (-), положительный электрод (+) и находящийся между ними электролит, представляющий смесь химических веществ в той или иной форме. Постоянный ток в электрической цепи возникает по известному физическому закону: химические реакции заставляют электроны двигаться от отрицательного электрода через замкнутый контур – только при его наличии возникает электрическая цепь – к положительному электроду. По мере того как химические ингредиенты расходуются, ток уменьшается. Это общий принцип работы, который при

постоянном роде тока касается всех источников электропитания вне зависимости от их мощности, формы или состава, и также биоразлагаемого, или «естественного», как овощные гальванические элементы, качества.

Если анализировать то, что перед глазами, и обрывочные сведения о мировых инновационных проектах, может показаться, что элементы и разработки в области «съедобной электроники», как и полвека назад, находятся в зачаточном состоянии. Однако это не так. В связи с развитием медицинской техники и микроэлектроники в недавние годы созданы устройства, соответствующие критериям полностью съедобного безопасно разлагаемого в желудке человека или животного электронного элемента. Уже запатентован электрохимический сенсор Вана – для обнаружения молекул катехола, мочевой и аскорбиновой кислот, дофамина, ацетаминофена и др. Цзян и др. разработали съедобный датчик, реагирующий на плотность и жёсткость жидкости pH, радиочастотный фильтр и микрофон. Созданием «съедобного» датчика размораживания и не менее съедобной таблетки для воздействия на ткани организма мир обя-

зан разработчику из Италии Марио Кайрони [10]. Причём речь идёт именно о недавних разработках – которым не более 10 лет. Недавние достижения в области разработки полупроводниковых материалов на основе натуральных красителей и «транзисторов с медовым затвором» подтверждают перспективы и потенциал разработчиков отрасли, то есть возможность создания полностью «съедобных модулей» в обозримом будущем. Эти примеры съедобных датчиков и не менее съедобных активных электрических компонентов чрезвычайно способствуют разработкам и более сложных «съедобных электронных систем» (СЭС). При этом для стабильной работы СЭС требуется надёжный источник питания. Уже известные электрохимические источники энергии, такие как ионисторы, суперконденсаторы и АКБ, могут хранить энергию с помощью технически реализованного двойного электрического слоя и посредством внутренних окислительно-восстановительных реакций, в итоге дающих разницу потенциалов на противоположных электродах. Но суперконденсаторы как элементы СЭС не подходят в качестве источников питания из-за недостаточной плотно-

сти энергии и изменяющегося рабочего напряжения [8]. Для пищевых продуктов предпочтительным источником питания являются электронные гальванические элементы (батареи). Альтернативой батареям являются съедобные топливные элементы, действующие за счёт сжигания этанола, но низкая объёмная плотность энергии делает их пока непригодными для питания СЭС [7].

Результаты интересных и продолжающихся исследований в Istituto Italiano di Tecnologia (ИИТ – Итальянский технологический институт) при поддержке гранта Европейского исследовательского совета опубликованы за авторством Ivan K. Ilic, Valerio Galli, Leonardo Lamanna, Pietro Cataldi, Lea Pasquale, Valerio F. Annese, Athanassia Athanassiou, Mario Caironi [1, 10]. Исследование проведено группой Марио Кайрони, координатора лаборатории печатной и молекулярной электроники Центра ИИТ в Милане (Италия). Кайрони сосредоточился на изучении электронных свойств продуктов питания и их побочных продуктов, чтобы создать новые «съедобные электронные материалы». В 2019 году Caironi выиграла консолидационный грант

ERKON
НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ

ПРОИЗВОДСТВО, РАЗРАБОТКА И ПОСТАВКА ПОСТОЯННЫХ РЕЗИСТОРОВ, АТТЕНУАТОРОВ И ЧИП-ИНДУКТИВНОСТЕЙ

- Современная производственная база
- Высокое качество
- Индивидуальный подход к потребителю
- Изделия по вашему ТЗ

НОВИНКИ

Эквиваленты нагрузок РР1-24 (от 50 Вт-2000 Вт)
 Атенуаторы РР1-25 (от 50 Вт - 2000 Вт)
 ТПИ - тепловые чип-перемычки
 СВЧ-резисторы Р1-160 (до 40 ГГц)
 Мощные СВЧ-резисторы Р1-170 (до 1000 Вт)
 Силовые резисторы Р1-150М (до 1500 В)

603104, Г. Нижний Новгород, ул. Нартова, д.6.
 тел.: 8 (831) 202 - 24 - 34 (многоканальный)
 8 (831) 202 - 25 - 52 (отдел продаж)
 E-mail: gr@erkon-nn.ru
 www.erkon-nn.ru

Реклама



Рис. 1. Готовая к употреблению биоразлагаемая батарея производства Istituto Italiano di Tecnologia

ERC в размере 2 миллионов евро для проекта ELFO, изучающего сферу СЭС.

Коммерческие литий-ионные аккумуляторы, которые сегодня питают большинство портативных электронных устройств, подвергаются восстановлению оксидов металлического лития на катоде и окислению литированного графита на аноде во время разряда. Li-ion батареи и АКБ других технологий (к примеру, свинцово-кислотные) не подходят для питания СЭС, ибо содержат токсичные материалы. О том, какие материалы используют в современных медицинских технологиях совместно с биоразлагаемыми полимерами, рассказано в [5].

К примеру, при дыхании человека усиливаются окислительно-восстановительные реакции. Говоря терминами биохимиков, окисляется никотинамидадениндинуклеотид (НАД), высвобождая электроны, а жизненно важный для эффективной и длительной мозговой деятельности убихинон восстанавливается из хинона в гидрохиноновую форму. Такие безвредные окислительно-восстановительные пары могут быть использованы для создания «съедобных батарей». Согласно более ранним исследованиям, был успешно испытан непerezаряжаемый элемент питания Беттингера (и др.), где в качестве анода использовался меланин, а в качестве катода – оксид марганца [6]. Батарея функционировала, пока оксид марганца восстанавливался, а меланин окислялся. Однако оксид марганца можно употреблять только в небольших количествах, поскольку адекватная (безопасная) суточная норма марганца для человека составляет 3 мг, то есть примерно 50 мкг на 1 килограмм массы тела. Энергетический заряд, который могли обеспечить такие элементы СЭС, ограничен, и существует необходимость в

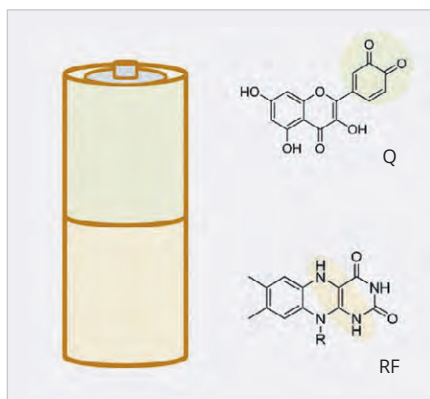


Рис. 2. Наглядная иллюстрация химического состава АКБ для СЭС

разработке инновационных батарей с использованием материалов с более высокой безопасностью – относительно параметру «съедобности».

Инновационные биоразлагаемые СЭС

Сведения о первой АКБ, прошедшей лабораторные испытания для СЭС и основанной только на органических окислительно-восстановительных материалах, опубликованы в 2023 году. Материалы, использованные при формировании батареи, – обычные пищевые ингредиенты и добавки, которые человек может без вреда употреблять в адекватных количествах >100 мг ежедневно. Вот как рассказывают об этом авторы исследования [9].

«После тестирования электрохимических характеристик композитов установили две альтернативы катодных и анодных материалов. Мы выбрали материалы с самым высоким и самым низким окислительно-восстановительным потенциалом, а именно рибофлавин (витамин B₂) и кверцетин, и собрали батарею, используя съедобные токопроводящие оболочки. Сначала мы приготовили композит из редокс-активных пищевых добавок и ингредиентов с активированным углём – токопроводящей пищевой добавкой для стимуляции движения электронов к окислительно-восстановительным центрам. Такую батарею можно использовать для питания съедобных электронных устройств, работающих вне человеческого тела, а также работающих внутри, если оболочка адаптирована для конкретного применения. Хотя «перезаряжаемость» биоразлагаемой батареи – бесполезное свойство при кратковременном использовании внутри человеческого тела, другие съедобные электронные устройства, рабо-

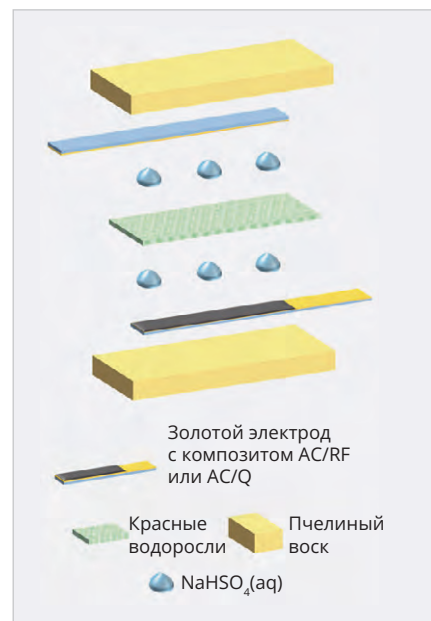


Рис. 3. Редокс-активные материалы IC и RF

тающие вне человеческого тела, можно перезаряжать, продлевая срок их службы. Это достижение не только позволяет разрабатывать съедобную электронику, но также может проложить путь к замене коммерческих батарей в устройствах, принимаемых внутрь, снижая риск при их проглатывании.

Готовая биоразлагаемая батарея представлена на рис. 1. Из особенностей отметим, что редокс-активные рибофлавин и кверцетин включены в композиты с активированным углём, чтобы обеспечить поток свободных электронов от и к окислительно-восстановительным центрам. Это обеспечивается подходящим растворителем. IC (индигокармин), RF (рибофлавин) и Q (кверцетин) растворимы в воде, но для облегчения диспергирования активированного угля использовалась смесь воды и этанола. Поскольку ЭА (эллаговая кислота) более растворима в этаноле, чем в воде, для приготовления этого композита использовали чистый этанол. Композиты наносились на золотые съедобные токопроводящие и связывались этилцеллюлозой. Батарею закрывали сепаратором из водорослей нори, пропитанным водным раствором гидросульфата натрия. Анодный композит с рибофлавином показал отчётливую окислительно-восстановительную активность с разрядной ёмкостью до 36 мА·ч·г⁻¹, тогда как катодный композит с кверцетином достигал 18 мА·ч·г⁻¹. Окислительно-восстановительная активность

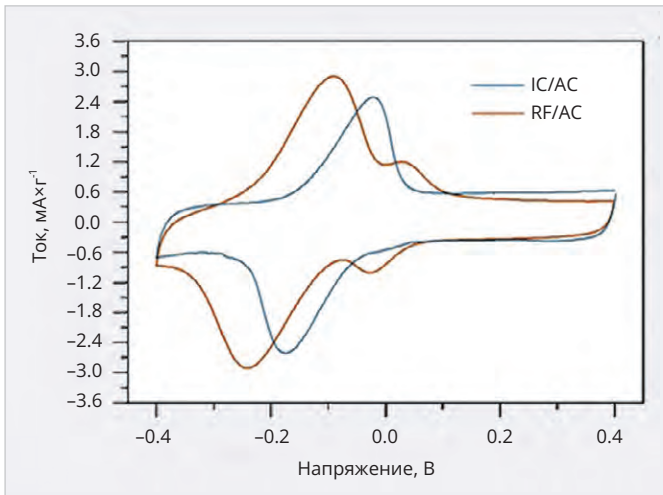


Рис. 4. Циклическая ВАХ композитов IC/AC и RF/AC при уровне 5 мВ/с

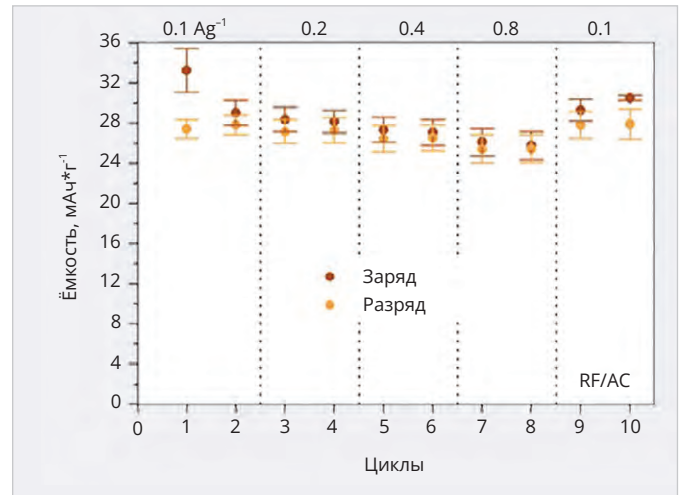


Рис. 5. Циклические вольтамперограммы RF/AC при различных скоростях сканирования

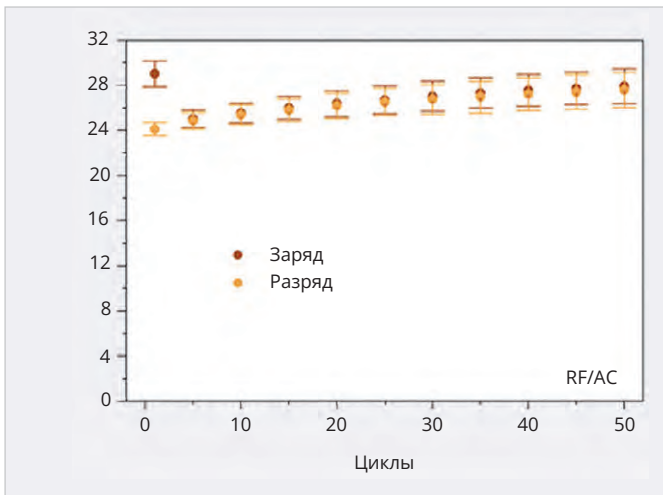


Рис. 6. Гальваностатическая зарядно-разрядная способность композита RF/AC при различных скоростях зарядки

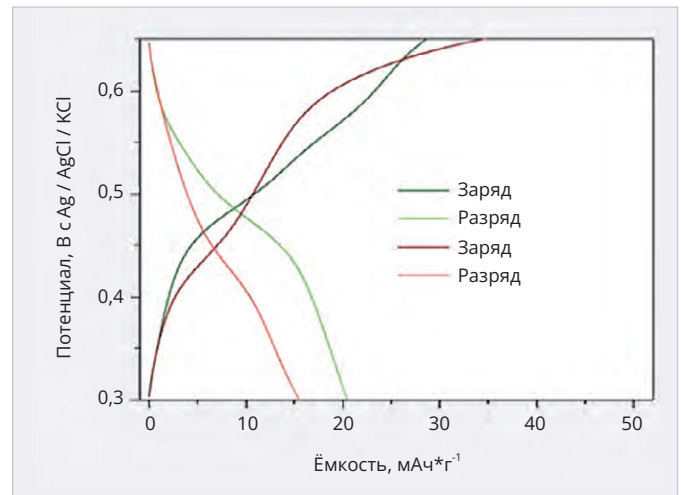


Рис. 8. Эксперимент с последующими циклами гальваностатической зарядки-разрядки

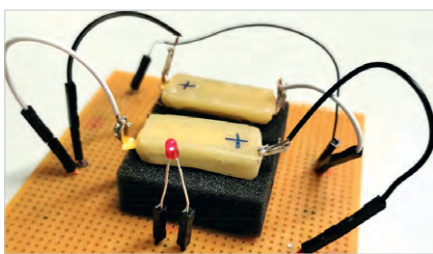


Рис. 7. Готовая батарея, подключённая в электрическую цепь

рибофлавина на 0,7 В ниже, чем у кверцетина. Полностью заряженная батарея продемонстрировала максимальное напряжение 0,65 В и ёмкость $7,2 \text{ мАч} \cdot \text{г}^{-1}$. Потенциально масштабируемая «съедобная батарея», инкапсулировавшая анод и катод съедобным пчелиным воском, позволяет генерировать ток 48 мкА в течение > 12 минут при использовании элемента с активной площадью 1 см^2 . Но даже этот размер (формат) считается громоздким.

Основа, принципы и результаты исследований

Редокс-активные пищевые добавки и ингредиенты состоят из молекул, обладают низкой электропроводностью и пока не могут использоваться отдельно в качестве электродов аккумулятора. Чтобы решить проблему проводимости электрического тока, основные элементы смешали с активированным углём (АС, E153). В лабораторных условиях протестированы 2 редокс-активные пищевые добавки: индигокармин (IC, E132) и рибофлавин (RF, E101), а также 2 пищевых ингредиента: кверцетин (Q – флавоноид, обнаруженный в каперсах) и эллаговая кислота (ЭА, полифенол, распространённый в пищевых продуктах, в частности в гранате). На рис. 2 представлена наглядная иллюстрация химического состава АКБ для СЭС. К примеру, сепаратор, выбранный для АКБ СЭС, чтобы избежать

короткого замыкания, изготовлен из морской воды. Затем электроды помещены в пчелиный воск, с выпуском по два контакта из пищевого золота (используемого кондитерами).

Молекулы образуют плотный композит с активированным углём, поскольку они адсорбируются на поверхности. Композиты вводили в электроды путём связывания пищевой добавкой, растворимой в этаноле этилцеллюлозой (E462). Из-за его высокой электропроводности в качестве токоёмных выводов использовалось пищевое декоративное золото (E175), ламинированное на этилцеллюлозу. Для активных компонентов анодов протестированы редокс-активные материалы: IC и RF (рис. 3). Пищевой краситель IC, не имеющий биологической функции окислительно-восстановительного медиатора, используют в качестве окислительно-восстановительной субстанции для хранения энергии. Материал RF явля-

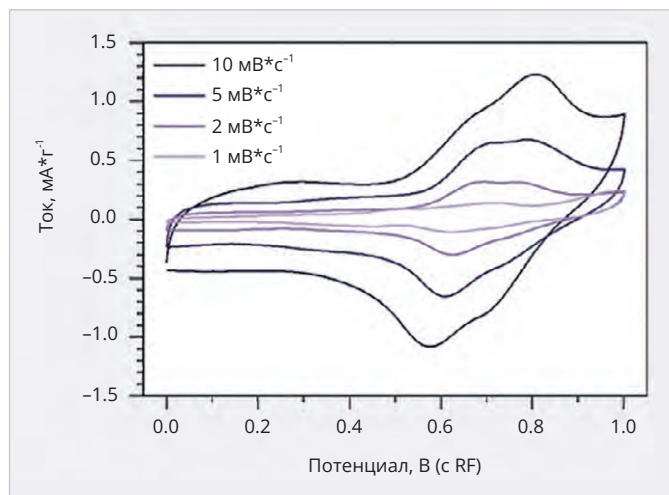


Рис. 9. ВАХ заряженной батареи при различных скоростях сканирования

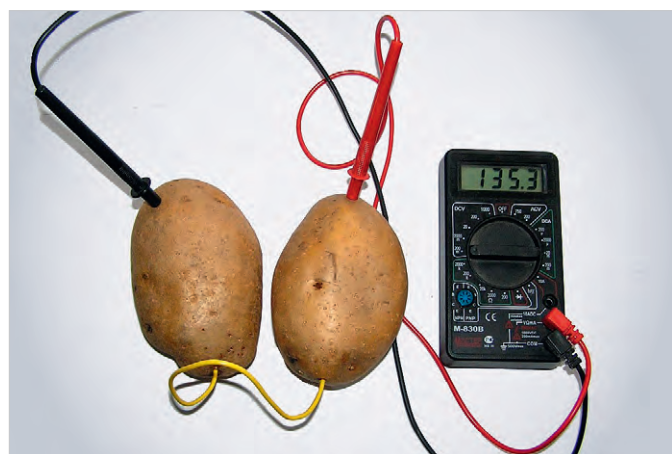


Рис. 11. Эксперимент с двумя картофелинами, последовательно подключёнными в электрическую цепь

ется распространённой пищевой добавкой, естественным окислительно-восстановительным кофактором, хорошо известным как витамин B_2 . Ранее RF использовался в качестве катодного материала в литий-ионных батареях и анодного материала в водных окислительно-восстановительных батареях. В сравнении со стандартным водородным электродом (SHE) при pH = 0 обе составляющие АКБ СЭС демонстрируют окислительно-восстановительные реакции, что сделало их хорошим выбором для анодных материалов в электролитах. В данном случае задействован водный раствор гидросульфата натрия (NaHSO_4 , E514), представляющий пищевую соль с незначительной кислотностью, это означает, что протоны и катионы с наибольшей подвижностью в воде активно используются для транспортировки заряда. Все измерения проводились с композитами малых молекул IC и RF, смешанными с AC. На рис. 4 показана циклическая ВАХ композитов IC/AC и RF/AC

при уровне 5 мВ/с. Зарядно-разрядная ёмкость IC/AC и RF/AC не демонстрирует значительного ухудшения в течение 6 циклов, при этом разрядная ёмкость составляет ≈ 26 и $36 \text{ mA}\cdot\text{ч}\cdot\text{г}^{-1}$ для IC/AC и RF/AC соответственно. На рис. 5 представлены циклические вольтамперограммы RF/AC при различных скоростях сканирования. Ёмкость композитов RF/AC определяется измерениями гальваностатической зарядки-разрядки при токе $0,8 \text{ A}\cdot\text{г}^{-1}$ (см. рис. 5). При этом материалы RF/AC демонстрируют превосходное сохранение ёмкости при увеличении скорости зарядки, таким образом, быстрая зарядка возможна. Кроме того, RF/AC показывает небольшое увеличение ёмкости в течение 50 циклов зарядки-разрядки при $0,8 \text{ A}\cdot\text{г}^{-1}$, достигая значения $\approx 25 \text{ mA}\cdot\text{ч}\cdot\text{г}^{-1}$. Эффект объясняется перестройками в материале во время зарядки-разрядки, что приводит к лучшей доступности окислительно-восстановительных центров. Эффективность в течение 50 циклов остаётся высокой, выше 98%

[9]. Материал IC подвергается одноэтапному процессу двухэлектронного восстановления, тогда как RF подвергается восстановлению в 2 этапа. Кривые гальваностатической зарядки-разрядки подтверждают наблюдаемые тенденции. Гальваностатическая зарядно-разрядная способность композита RF/AC при различных скоростях зарядки представлена на рис. 6. Относительно высокая разрядная ёмкость RF/AC и более низкий потенциал доминирующего пика/плато сделали данный материал предпочтительным выбором в качестве анода. На рис. 7 представлена готовая батарея, подключённая в электрическую цепь. Полная АКБ собиралась в разряженном состоянии.

EA и Q – пищевые ингредиенты, протестированные как потенциальные катодные материалы. Все измерения проводились с композитами малых молекул EA и Q, смешанными с AC. Хотя Q/AC демонстрирует окислительно-восстановительную активность (ОВА) около 0,5 В по сравнению с

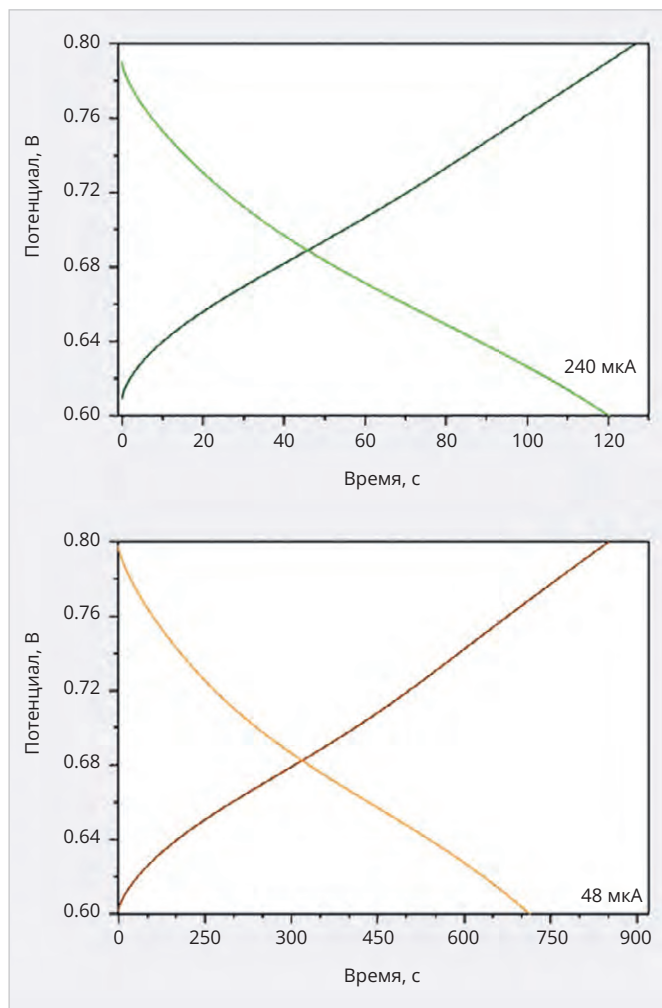


Рис. 10. Гальваностатические зарядно-разрядные способности АКБ СЭС при токе 240 мкА (вверху) и 48 мкА (внизу).

Ag, не было обратимой ОВА EA/AC. Наоборот, во время первого цикла зарядки в композитах EA/AC наблюдали пик необратимого окисления, поэтому сделан вывод, что композит является окислительно-восстановительным, но необратимым. То же подтверждается экспериментами последующих циклов гальваностатической зарядки-разрядки. Интересно, что (согласно графику рис. 8) для Q/AC заметна некоторая стабилизация около 0,5 В в зависимости от Ag, тогда как для EA/AC динамических изменений почти не наблюдается. Измерения гальваностатической зарядки-разрядки указывают на более высокую зарядную, чем разрядную ёмкость в течение первого цикла не только для EA/AC, но и для композитов Q/AC. Кроме того, первая высокая зарядная способность электродов Q/AC может быть приписана переменному току, поскольку тот же эффект наблюдался во время первого цикла зарядки чистого переменного тока [9]. Q/AC показывает разрядную ёмкость $\approx 18 \text{ mA}\cdot\text{ч}\cdot\text{г}^{-1}$, а AC показывает $\approx 10 \text{ mA}\cdot\text{ч}\cdot\text{г}^{-1}$. Около 28% теоретической ёмкости Q используется в композите Q/AC, поэтому материал выбрали

в качестве катодного материала для «съедобной батареи». Кривые зарядки-разрядки подтверждают окислительно-восстановительную реакцию при $\approx 0,5 \text{ В}$ по сравнению с Ag. Разрядная ёмкость немного возрастает в течение первых 50 циклов с ≈ 12 до $13 \text{ mA}\cdot\text{ч}\cdot\text{г}^{-1}$ при 0,8 А/г. После первого цикла зарядки-разрядки, который включает первоначальное окисление и потерю ёмкости, эффективность быстро стабилизируется на уровне выше 95%, что указывает на хорошую цикличность материала. Окончательная конструкция съедобной батареи включает композиты RF/AC и Q/AC в качестве анода и катода соответственно. Полные испытания батареи проводились путём погружения двух электродов в электролит, водный раствор NaHSO_4 на глубину 1 метр внутри пластикового контейнера. Анод был загружен 0,75 мг RF/AC, а катод – 0,6 мг Q/AC. Разница в нагрузке анода и катода нужна, чтобы сбалансировать высокую первую зарядную ёмкость Q/AC по сравнению с RF/AC. Молекулы съедобного (биоразлагаемого) материала термодинамически реагируют, выделяя энергию в виде тепла. Поэтому во

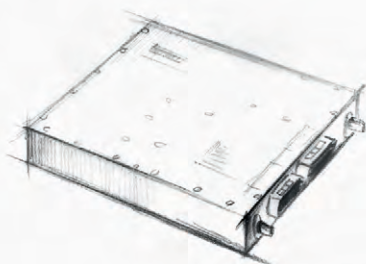
время зарядки Q подвергался окислению, а RF восстанавливался. Иллюстрация теста батареи с композитом Q/AC в качестве катода и композитом RF/AC в качестве анода представлена на рис. 9 (циклическая ВАХ заряженной батареи при различных скоростях сканирования). ВАХ батареи показывает окислительно-восстановительную активность в значении около 0,7 В по сравнению с RF. Как анод, так и катод испытываемой батареи показали хорошую пропускную способность, о чём свидетельствует снижение разрядной ёмкости полной батареи с 22 до всего лишь $18 \text{ mA}\cdot\text{ч}\cdot\text{г}^{-1}$, тогда как скорость зарядки увеличилась с 0,1 до 0,8 А/г.

Обоснование ограничения потенциала

Даже при том, что полученное напряжение 0,6–0,8 В может показаться низким по сравнению с типичными маломощными АКБ промышленного изготовления (2,7–3,7 В), низкие напряжения подходят для обеспечения питания устройств медицинской микроэлектроники с крайне малым энергопотреблением. Тем не менее, имея перспективы, разработчики пока

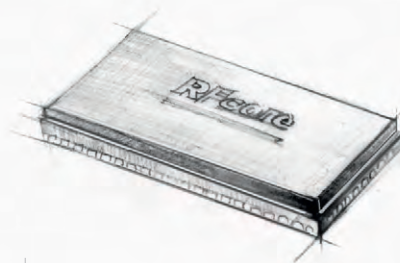


НОВЫЕ МОЩНОСТИ — НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ



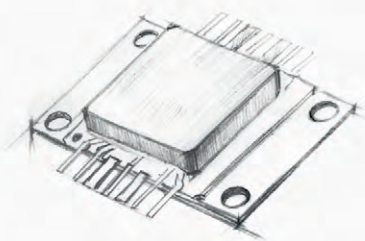
СВЧ-усилители мощности

- Диапазон частот: от HF до Ku
- Выходная мощность: 2...1000 Вт
- Типовое усиление: 25...65 дБ
- Рабочее напряжение: 28, 40 В



Многофункциональные CMOS MMIC

- Диапазон частот: S, C, X, Ku
- Выходная мощность: до 15 Вт
- Исполнение: QFN-корпус



GaN и GaAs MMIC

- Диапазон частот: 2...18 ГГц
- Выходная мощность: до 12 Вт
- Типовое усиление: 10...23 дБ
- Исполнение: QFN-корпус/кристалл

PROCHIP
POWERED BY PROSOFT

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР

АКТИВНЫЙ КОМПОНЕНТ ВАШЕГО БИЗНЕСА

(495) 232-2522 ▪ INFO@PROCHIP.RU ▪ WWW.PROCHIP.RU



powered

не торопятся создавать более мощные элементы питания, и вот почему. Установлено, что при напряжении (в условиях среды) ниже 1,23 В не возникает эффект электролиза, в то время как при нахождении в кишечнике человека элемента с напряжением выше этого значения неизбежно возникает дополнительная химическая реакция, связываемая с электролизом, безотносительно того, является «элемент питания» биоразлагаемым или нет. С этим знанием также связана проблематика последствий проглатывания малолетними детьми элементов питания разной формы, в частности, маленьких дисковых батареек для часов (и др.), – к примеру, дисковые (плоские) элементы типа CR2016 и более мощные имеют напряжение 3 В.

Особенности зарядного тока

Энергетический потенциал, обеспечиваемый батареей на основе Li-ion, должен быть достаточно стабильным, а разрядка при критично низком потенциале или зарядка при слишком высоком потенциале могут необратимо повредить аккумулятор. В начальном цикле зарядки предварительно полностью разряженного аккумулятора его ёмкость примерно в 3 раза выше ёмкости в последующих циклах. Батарею испытали в 50 циклах заряда и разряда, при этом получили данные о неравномерном убывании энергоёмкости. Так, разрядная ёмкость увеличивается в течение первых 8 циклов до $7,2 \text{ мА} \cdot \text{ч}^{-1}$ и падает до $5,4 \text{ мА} \cdot \text{ч}^{-1}$ после 50 циклов. Вероятная причина – из-за растворения молекул и заряженных частиц.

Чтобы сделать гальванический элемент безопасным и биоразлагаемым, активные (основные) материалы нанесены на ламинированную золотом этилцеллюлозу, которая служит токосъёмником, как и в случае с полностью заряженной батареей. Количество загрузки составляло 1,5 мг для композита RF/AC и 1,2 мг для композита Q/AC, распределённого на площади 1 см^2 . Оболочку аккумулятора создали из пчелиного воска, а в качестве сепаратора использовались водоросли нори. При следующих экспериментах водный раствор электролита NaHSO_4 не меняли, но использовали в меньшем количестве ($\approx 300 \text{ мкл}$). Водоросли нори замачивали в электролите и помещали на токосъёмники с предварительно нанесённым небольшим количеством электролита [9].

Ячейка была протестирована при гальваностатической зарядке-разрядке при токе 240 мкА при циклическом напряжении от 0,6 до 0,8 В (см. рис. 10 вверху). Разрядная ёмкость первоначально возрастает в течение первых 50 циклов с 6,3 до $7,0 \text{ мА} \cdot \text{ч}^{-1}$, а затем остаётся постоянной. Это можно объяснить смачиванием электрода, поскольку электролит достигает большей площади поверхности электрода инертно. Для зарядки и разрядки элемента требуется ≈ 2 минуты. Тот же эксперимент был проведён при более низком токе, 48 мкА, что привело к более высокой разрядной ёмкости, $\approx 10 \text{ мА} \cdot \text{ч}^{-1}$ (рис. 10 внизу). В этом случае установлено незначительное падение энергоёмкости с 10,1 до $9,1 \text{ мА} \cdot \text{ч}^{-1}$ после 18 циклов заряда-разряда. Профиль кривой зарядки-разрядки аналогичен показанному ранее: для полной зарядки требуется около 13 минут, а для полной разрядки примерно 12 минут (рис. 10).

В итоге при последовательном подключении двух рассмотренных батарей исследователи добились свечения светодиода HLMPK150 фирмы Broadcom. После предварительной и полной зарядки батарей светодиод был активен с плавным снижением яркости свечения в течение 12 минут (см. иллюстрацию рис. 7). Опыт наглядно доказал практическую возможность применения «съедобных» батарей в качестве источника питания с током от 0,2 мА. Составляя последовательно-параллельно подобные источники тока, можно добиваться существенного увеличения мощности АКБ СЭС.

Для других перспективных направлений исследований обратим внимание на естественные источники тока из овощей и фруктов. Это также направление совершенствования разработок в области безопасных для человека и животного биоразлагаемых материалов.

Маломощные биоразлагаемые батареи могут питать электронные устройства сверхмалой мощности. В эксперименте показаны светодиоды, питаемые током 10 мА. Этого тока и напряжения уже сегодня вполне достаточно, чтобы обеспечить электропитанием микроэлектронные модули современной медицинской электроники. Перспективы применения такой инновации в здравоохранении бесконечны, а с учётом совершенствования технологии и увеличения мощности

источника питания – способны проорывным образом двигать НТ прогресс.

Источники питания из овощей и фруктов

Обыкновенный картофелевый клубень можно использовать в качестве источника питания малой мощности. Оказывается, в сырой картошке (более интенсивно, чем в сухой) постоянно происходят химические процессы. Процессы взаимодействия неодинаково сильны в клубне, положенном на свет (в том числе естественный), и картофелине, упрятанной в погреб. Несколько проведённых автором экспериментов с картофелевыми клубнями нового урожая привели к тому, что удалось зафиксировать между различными частями (концами) картофелины электрический ток малой силы (рис. 11). Сначала взята одна картофелина, к которой подключён в режиме измерения постоянного напряжения популярный цифровой тестер M-830. Предел измерения постоянного напряжения установлен 200 мВ. Показания вольтметра 19,1 мВ. При подключении 2 клубней в последовательную электрическую цепь напряжение, зафиксированное вольтметром постоянного тока, составило уже 135,3 мВ. Учитывая, что вольтметр имеет определённое внутреннее сопротивление (шунтирует проверяемую цепь), а отдаваемый ток ничтожно мал (порядка 5 мкА), естественно, значение фиксируемого напряжения на щупах вольтметра (разных концах картошки) со временем падает, и корректнее его измерять не бытовым, а лабораторным милливольтметром [3].

Так, во втором эксперименте с двумя картофелинами напряжение в электрической цепи упало за 1 мин со 141 мВ до 119,5 мВ. Это позволяет сделать вывод, что использовать картофель для питания электронных конструкций (даже самых маломощных) вряд ли целесообразно. Простые подсчёты (основанные на законе Ома) показывают, что для получения в произвольном источнике питания напряжения 13,5 В и тока 10 мА потребуется не менее 220 картофелин, включённых параллельно (для увеличения выходного тока) и последовательно (для увеличения выходного напряжения). Эксперимент, проведённый автором, показал, что выходное напряжение зависит также и от размера клубня, мест и глубины внедрения щупов, дли-

ны соединительных проводников и от состояния картофеля (влажность, «старость» клубня – состояние, освещение).

Если в качестве электродов применить однородный материал, тогда полярность нетрадиционного источника питания находят опытным путём. Если несколько клубней соединить в последовательную электрическую цепь, получится электрическая батарея, которая может давать напряжение и 5, и 10, и 20 В – проверено авторскими (и не только) экспериментами. Род тока постоянный, а сила тока в цепи условно мала – всего несколько миллиампер. Однако с учётом современных разработок (в том числе в сфере медицинской электроники) датчиков и РЭА с крайне малым энергопотреблением рассматриваемые источники тока вполне применимы. Они дополняют уже известные способы и технологии, связанные с уже известными возобновляемыми источниками энергии из естественной среды – энергии ветра, солнца, воды (гидрогенераторы) и даже компоста (биогенераторы) и др. Подробнее об этом в [4].

Если подключить несколько клубней последовательно-параллельно (при

параллельном включении источников ток в цепи увеличивается), от 4–5 средних размеров картофелин можно питать светодиод, а от 20–30 – заряжать аккумулятор миниатюрного сотового телефона условно небольшой энергоёмкости – до 100 мА. В сравнении с известными и популярными многофункциональными смартфонами, АКБ которых обладают энергоёмкостью в несколько ампер, рассматриваемый пример кажется «детским и пионерским», однако нет пределов совершенству инженерной мысли: если уже можно получить ток в несколько мА, наступит время, когда технология усовершенствуется до необходимого усиления тока и до десятков ампер, а возможно, и больше. «И Рим не сразу строился»... Кто знает, не доживём ли мы до того, что энергия земли в сочетании с фотосинтезом будет естественным образом применяться как источник энергии почти в любом месте: «втыкаете два проводника в землю и заряжаете средство связи». Как бы фантастически не выглядели теперь эти мысли, они представляются реальными в будущем, вопрос только в конкретной форме их реализации.

Что до настоящего времени, то несколько лет назад выпускался и был популярен миниатюрный и сверхплоский сотовый телефон Elari (рис. 12) с АКБ энергоёмкостью 100 мА·ч. К слову, сей сотовый телефон автором был протестирован разносторонне, и он действительно работал до очередной подзарядки в течение одних суток при средней активности звонков и СМС.

Практическое применение

Рассмотренный выше нетрадиционный источник питания (состоящий из нескольких картофельных клубней) может применяться для питания детекторного приёмника с высокоомным телефоном, на это «сил» хватит. Другой, более специфичный вариант применения – короткий импульс малого напряжения для запуска электронных конструкций, реализованных с входными цепями по МОП-технологии.

Особенности сохранения потенциала

Экспериментально установлено, что постепенно напряжение на «вкусных» батарейках уменьшается. Лучше все-



АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
ЭЛЕКОНД

РАЗРАБОТКА И ПРОИЗВОДСТВО КОНДЕНСАТОРОВ

<p>Оксидно-электролитические алюминиевые конденсаторы K50-... Номинальное напряжение, $U_{ном}$, В, Номинальная ёмкость, $C_{ном}$, мкФ, Диапазон температур среды при эксплуатации, $T_{ср}$, °С</p>	<p>3,2 ... 485 1,0 ... 470 000 -60 ... 125</p>	
<p>Объёмно-пористые танталовые конденсаторы K52-... Номинальное напряжение, $U_{ном}$, В, Номинальная ёмкость, $C_{ном}$, мкФ, Диапазон температур среды при эксплуатации, $T_{ср}$, °С</p>	<p>3,2 ... 200 1,5 ... 60 000 -60 ... 175</p>	
<p>Оксидно-полупроводниковые танталовые конденсаторы K53-... Номинальное напряжение, $U_{ном}$, В, Номинальная ёмкость, $C_{ном}$, мкФ, Диапазон температур среды при эксплуатации, $T_{ср}$, °С</p>	<p>2,5 ... 63 0,033 ... 2 200 -60 ... 175</p>	
<p>Суперконденсаторы K58-... Номинальное напряжение, $U_{ном}$, В, Номинальная ёмкость, $C_{ном}$, Ф, Диапазон температур среды и эксплуатации, $T_{ср}$, °С</p>	<p>2,5 ... 2,7 1,0 ... 4 700 -60 ... 65</p>	
<p>Накопители электрической энергии на основе модульной сборки суперконденсаторов НЭЭ, МИК, МИЧ, ИТИ Номинальное напряжение, $U_{ном}$, В, Номинальная ёмкость, $C_{ном}$, Ф, Диапазон температур среды при эксплуатации, $T_{ср}$, °С</p>	<p>5,0 ... 48 0,08 ... 783 -60 ... 65</p>	

Россия, 427968, Удмуртская Республика, г. Сарапул, ул. Калинина, 3
 Тел.: (34147) 2-99-53, 2-99-89, 2-99-77, факс: (34147) 4-32-48, 4-27-53
 e-mail: elecond-market@elcudm.ru, www.elecond.ru


Реклама



Рис. 12. Сотовый телефон Elari с АКБ энергоёмкостью 100 мА·ч

го потенциал сохраняет варёный картофель, но по энергоёмкости варёный картофель уступает свежему при прочих равных условиях форм-фактора, влажности, окружающей температуры и расстояния между электродами, погружёнными в овощ. На большую величину напряжение уменьшилось у яблока и лука из-за химического состава (чем больше сахара – тем хуже), а также из-за того, что сравнительно быстро происходит процесс окисления фрукта после повреждения кожуры – доступа воздуха. В этом смысле уместно сделать и такие выводы, что наиболее энергоёмкими являются естественные «электрические батареи», сделанные посредством соединения овощей и фруктов со следующими условиями, особенностями и составами:

- минимальное содержание сахара (свёкла даёт меньше энергии, чем картофель, а брюква – больше);
- минимальное наличие жидкости и «жидкой массы», консистенции внутри овоща (солёный огурец даёт меньше электроэнергии, чем свежий);
- максимальная твёрдость овоща и плотность кожуры (мягкий «полежалый» картофель даёт меньше энергии, чем плотный, твёрдый, более свежий);
- энергетическая эффективность и потенциальная польза для РЭА естественного биоразлагаемого источника энергии зависит от многих факторов, таких как состояние овоща, его химический состав, состояние среды, мест погружения и расстояния между электродами для съёма-измерения разницы потенциалов и др.

Есть и другие выявленные знания законов гальванофизики, химии и эмпирическим способом замечательные особенности и перспективы применения овощей и фруктов в качестве безопасных и биоразла-



Рис. 13. Сведения о разных значениях выявленного напряжения и естественных биоразлагаемых источниках тока

Таблица 1. Сведения сохранения электрического потенциала в нескольких разных источниках – овощах и фруктах

Основа естественного источника тока	Напряжение, В		
	Через 1 день	Через 5 дней	Через 10 дней
Лимон	0,6	0,14	0,08
Лук	0,7	0,1	0,08
Яблоко	0,6	0,08	0,06
Картофель	0,6	0,2	0,1
Варёный картофель	0,6	0,6	0,4

гаемых источников электрического тока, но если приводить их все – так мы никогда не закончим. На рис. 13 (график) представлены сведения о разных значениях выявленного напряжения и естественных биоразлагаемых источниках тока. В табл. 1 даны сведения сохранения электрического потенциала в нескольких разных источниках – овощах и фруктах [3].

В естественных источниках тока постоянно протекают электрохимические процессы, все они до конца не изучены, или, по крайней мере, результаты исследований и выводы по ним досконально не обобщены – это дело будущего.

Выводы и перспективы

Разработка перезаряжаемых АКБ как элементов СЭС имеет важное значение для экологии и «зелёной» электроники, поскольку позволяет использовать АКБ повторно, к примеру, для мониторинга качества пищевых продуктов, так сокращается количество отходов. Полностью биоразлагаемую, а потому безопасную и съедобную аккумуляторную

батарею вполне можно использовать для питания таких же биоразлагаемых датчиков, вводимых в организм человека и животного с целями медицинских и иных исследований. Таким образом, открыт путь к совершенствованию разработок в области «съедобной электроники». Потенциально масштабируемая «съедобная батарея», имеющая анод и катод, инкапсулированные в съедобный пчелиный воск, позволяет генерировать ток 48 мкА в течение 12 минут при использовании элемента с активной площадью 1 см². Но даже этот размер (формат) считается громоздким, поэтому в будущем размер АКБ СЭС будут стремиться сокращать. Свойства гибкости электродов стремятся использовать для дальнейшего уменьшения объёма батареи при заданной ёмкости, что позволяет поместить батарею в таблетку или другие легко проглатываемые контейнеры-формы. Уже сегодня разработчики заняты поиском более тонких и гибких материалов для «съедобных корпусов-оболочек» на примере гибких и тонких плёнок, биоразлагаемых мелких пакетов. В поиске матери-

алов для биоразлагаемых источников тока сегодня используют электролиты с содержанием воды. В этой среде удобно испытывать АКБ СЭС, поскольку вода является основой природных окислительно-восстановительных систем. В частности, речь о перспективах разработки окислительно-восстановительных чернил для печати, что даёт перспективы производства съедобных и безопасных чернил.

АКБ как элемент СЭС в связи с современной электроникой даёт импульс развитию огромному количеству приложений в здравоохранении, фармакологии и гастрономической сфере, ускоряя переход от биоразлагаемых, безотходных к «полностью съедобным» технологиям и устройствам. В среднесрочной перспективе новые технологии биоразлагаемых АКБ заменят токсичные аккумуляторы (проблема проглатывания), которые в настоящее время используются в портативных электронных устройствах. Рассмотренные выше АКБ – элементы СЭС уже на текущем этапе показали потенциал развития в сравнении с ранее разработанными «съедобными суперконденсаторами» и съедобными топливными элементами и представляют многократно перезаряжаемое устройство. Также мы показали возможности по извлечению электроэнергии из обычных овощей и фруктов.

Пищевая электроника – новая область с большими перспективами и связями с медицинской микроэлектроникой для обследования, качественной диагностики и терапии не только заболеваний желудочно-кишечного тракта. Следовательно, все работы в означенной области направлены на решение важнейшей проблемы человечества – продления жизни и сохранения здоровья людей и животных.

Литература

1. Аккумуляторная батарея, сделанная из еды (A rechargeable battery made from food). URL: <https://opentalk.iit.it/en/a-rechargeable-battery-made-from-food/>.
2. Камалетдинова К.Ф. Электрический ток в овощах и фруктах. URL: <https://infourok.ru/issledovatel'skaya-rabota-elektricheskij-tok-v-ovoshah-i-fruktah-6232804.html>.
3. Кашкаров А.П. Электронные опыты для юного радиолюбителя. Ростов н/Д: Феникс, 2013. 160 с.
4. Кашкаров А.П. Отходы – в доходы: правила и проекты безубыточного хозяйствования. М.: ДМК-Пресс, 2012. 152 с.
5. Электронный самоликвидирующийся стимулятор восстановления повреждённых тканей на основе PLGA. Опыт США и России. URL: <https://www.cta.ru/articles/>

- soel/2023/2023-7/169731/?sphrase_id=394749.
6. Biologically derived melanin electrodes in aqueous sodium-ion energy storage devices. URL: <https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:000328858800029?SID=EUW1ED0D02H45z6uZfnNkYRQgF8w1>.
 7. Jeerapan I., Ciui B., Martin I., Cristea C., Sandulescu R., Wang J., Mater J. Chem. B 2018, 6, 3571. URL: <https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:000434242500015?SID=EUW1ED0D02H45z6uZfnNkYRQgF8w1>.
 8. Wang X., Xu W., Chatterjee P., Lv C., Popovich J., Song Z., Dai L., Kalani M.Y.S., Haydel S.E., Jiang H. Food-Materials-Based Edible Supercapacitors. Adv. Mater. Technol. 2016, 1, 1600059. URL: <https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:000398995500006?SID=EUW1ED0D02H45z6uZfnNkYRQgF8w1>.
 9. Ilic Ivan K. An Edible Rechargeable Battery. URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/adma.202211400>.
 10. Pengzhou Li, Zhe Yang, Chuanfa Li, Jiabin Li, Chuang Wang, Jiawei Chen, Sijia Yu, Yanan Zhang, Yi Jiang, Yue Gao, Bingjie Wang, Huisheng Peng. Swimmable Micro-Battery for Targeted Power Delivery, Advanced Functional Materials, 10.1002/adfm.202312188, 34, 9, (2023).



НОВОСТИ МИРА

В России создадут первый отечественный станок для нарезания заготовок из кремниевых пластин

Как пишут Ведомости, Минпромторг объявил конкурс на разработку опытного образца станка для нарезания заготовок из кремниевых пластин – первого этапа в технологическом процессе изготовления микропроцессоров и электронной компонентной базы.

Станок, пока не имеющий конкурентов в России, должен стать функциональным аналогом продукции сразу трёх иностранных компаний. В списке упомянуты Meyer Burger, Linton Kayex и Diamond Wire Technologies.

Станок, разработку которого заказал российский Минпромторг, предназначен, как пишут «Ведомости», для «отсечения конусов и нарезания заготовок из кремниевых и германиевых стержней диаметром не более 300 мм и заготовок из синтетического сапфира, кварца, арсенида галлия, карбида кремния диаметром не более 150 мм».

«Данный тип оборудования является ба-

зовым в технологической цепочке производства, – говорится в техзадании к тендеру Минпромторга. – Вследствие возникающей необходимости технического перевооружения существующих в России производств, а также развития импортнезависимой отечественной силовой электроники существует значительная потребность в данном оборудовании».

russianelectronics.ru

Китай пригрозил Японии жёстким ответом в случае ограничений поставок оборудования для чипов по требованию США

КНР пригрозила Японии жёсткими ответными санкциями в случае ограничений поставок оборудования для чипов по требованию США, пишет в понедельник агентство Bloomberg.



В июне сообщалось, что Вашингтон добивается от Нидерландов и Японии введения новых ограничений на поставки в КНР оборудования для производства передовых чипов.

Япония, по данным источников Bloomberg, пока не решает на дополнительные ограничения, поскольку опасается, что Китай в таком случае заблокирует ей поставки сырьевых товаров, без которых не сможет обойтись автомобильная промышленность страны, в частности, компания Toyota.

Напомним, введённые ранее ограничения Китая на экспорт галлия и германия ударили по цепочке поставок полупроводниковой продукции Запада, а также привели к значительному росту цен.

Отметим, в августе президент России поручил снизить налоги на средства производства в радиоэлектронной промышленности.

По данным отраслевой организации SEMI, Россия не входит в пятёрку рынков оборудования для полупроводников. В лидерах Китай, Корея, Тайвань, ЕС и Северная Америка.

industry-hunter.com

E-Lock как элемент ЕБС СКУД: перспективы систем NFC Key и ISBC Key

Вадим Экземплярский

В статье рассматриваются перспективы применения электронных замков (E-Lock) в системах контроля и управления доступом, включая технологии NFC Key и ISBC Key. Описаны преимущества использования смартфонов с функцией NFC и RFID для бесконтактного управления доступом и обеспечения безопасности. Приведены примеры применения в гостиницах, офисах и жилых помещениях, а также результаты тестирования различных моделей электронных замков.

Сегодня полностью русифицированные и простые в использовании электронные средства позволяют управлять электронным замком (ЭЗ, E-Lock) из одного приложения. Также возможно управление с компьютера, передача прав администратора другим людям. Находясь в любой точке мира, можно создать коды, действующие строго определённое время. Этот способ много лет применяется в системах апартаментов, причём доступ конкретных лиц осуществляется по времени и месту не только в помещения, но и в сауну, зону отдыха, бассейн, спортивную площадку, игровую зону, парковку, конференц-зал – и всё это под постоянным цифровым контролем (посещения фиксируются в цифровом виде). Есть различные типы замков под разные двери (входные, межкомнатные, офисные, стеклянные). В ЭЗ предусмотрены и другие виды доступов: отпечаток пальца, карты, Bluetooth. Кро-

ме того, в современных электронных устройствах реализована возможность отслеживать доступ, если ЭЗ совмещён в системе безопасности с ЕБС и камерами видеонаблюдения территории. Далее рассмотрим некоторые модели ЭЗ с подтверждёнными положительными отзывами эксплуатационными характеристиками и проследим эволюцию того, как смартфон стал ключом от всех дверей.

Электронная система NFCKEY

Она основана на технологии NFC, которая есть почти в каждом смартфоне, где организована как элемент бесконтактной платёжной системы. На самом деле её функционал не ограничен банковскими транзакциями, а сама идея послужила основой разработки и совершенствования технологии, принятой отечественными разработчиками из Московского политехническо-

го университета [2]. NFCKEY – команда энтузиастов, стремящаяся стать первым серьёзным игроком на рынке «умных замков» среди российских производителей. Видео по особенностям эксплуатации системы и подробности разработки доступно в [3].

Отличие отечественной разработки в том, что применяется микроконтроллер и алгоритм безопасности собственной разработки. Это и есть конкурентное преимущество на современном рынке E-lock. Отпечаток пальца является крайне удобным для личного пользования, но не подходит для организации доступа в помещения (или краткосрочной аренды). Кроме того, выдача дистанционного доступа по отпечатку пальца невозможна. Нужно присутствие человека, чтобы внести данные в электронную базу на сервере.

Способ открытия с прообразом NFC – отличительная черта разработки. Выпущены приложения для смартфонов под две самые популярные мобильные операционные системы. Применение у ЭЗ NFCKEY широкое: замена типичных замков в домах, помещениях и даже сейфах. На рис. 1 представлена иллюстрация взаимодействия электронного замка и пароля в системе обмена данных NFCKEY.

При предоставлении доступа выдается «код-пароль» на ограниченное время, которое может быть продлено. Добавление пользователей в систему доступа предусмотрено по иерархии с помощью разделения ролей с разным статусом. Это позволяет сделать бесконечное количество электронных ключей с их хранением и перепрограммированием на смартфоне. Теперь нет необходимости ограничивать друг друга в пользовании картой-ключом (если доступ имеется у нескольких человек) и не так критично потерять саму карту. Код-пароль не нужен. Ключом для открывания ЭЗ является смартфон. Такой подход оказался быстрее, удобнее, надёжнее и не требует запоминания кодов и особенностей. Причём доступ можно передать через приложение на любом расстоянии, и другой человек, так же приложив теле-

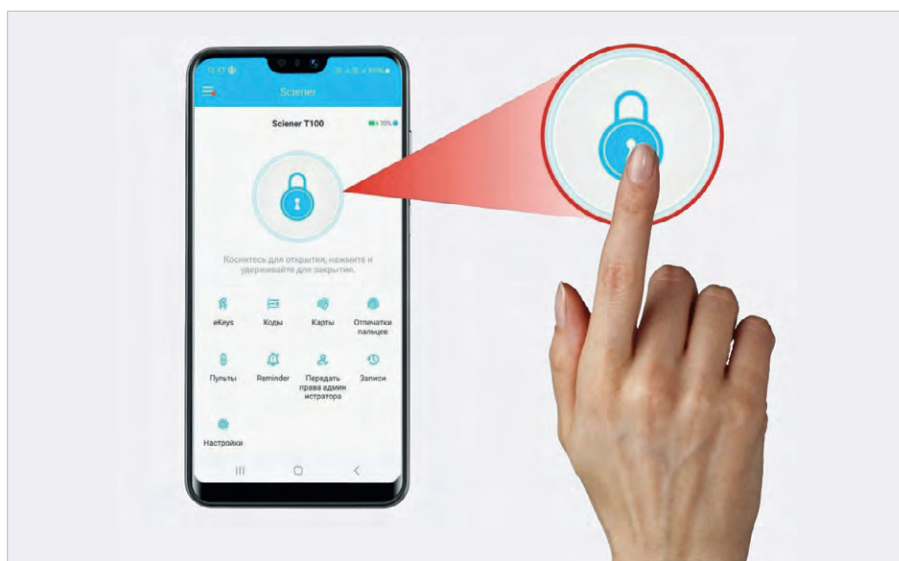


Рис. 1. Иллюстрация взаимодействия ЭЗ и пароля в системе обмена данных NFCKEY

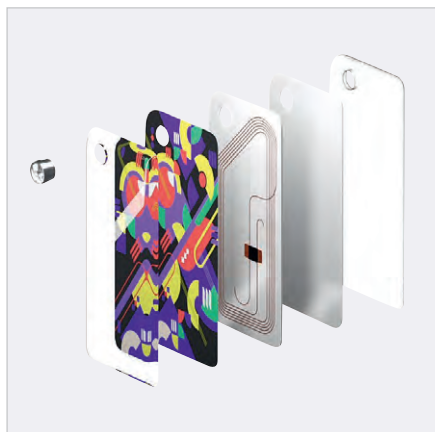


Рис. 2. ISBC Key-брелок для ключей с RFID-чипом и антенной в разрезе

фон, может открыть желанную дверь. При этом в системе решены вопросы несанкционированных хакерских атак, похищения данных и в целом безопасности; надёжность не хуже, чем в системах подтверждения банковских транзакций с помощью NFC.

Все цифровые данные при обмене в технологии NFC зашифрованы и защищены. Когда смартфон с включённой функцией NFC приближают к ЭЗ на расстояние 5–10 см, электронные устройства – смартфон и считыватель ЭЗ – обмениваются данными и, если они корректные, происходит открытие запорного устройства [11]. Уведомление о доступе по Интернету отправляется всем пользователям замка, кто подключён к системе. Однако непосредственно ЭЗ не имеет выхода в глобальную сеть. Благодаря такому решению разработчики смогли избавиться от уязвимостей, неизбежных для устройств с постоянным и беспроводным подключением к Интернету. С одной стороны, это ограничивает функционал ЭЗ в системе NFCKEY, однако это не критично, так как для разных задач разработаны разные модели замков, удовлетворяющие конкретные запросы – об этом далее.

Перезаписываемый RFID-ключ в системе ISBC Key

Универсальность перезаписываемого RFID-ключа обосновывается возможностями системы ISBCKey. Это новое поколение носимых устройств для бесконтактной идентификации. ISBCKey даёт почти безграничные варианты идентификации по серийному номеру ключа, QR- и штрих-кодам, и другим способам доступа. Подходит как ключ доступа, платёжное средство (для кредитных организаций и опла-

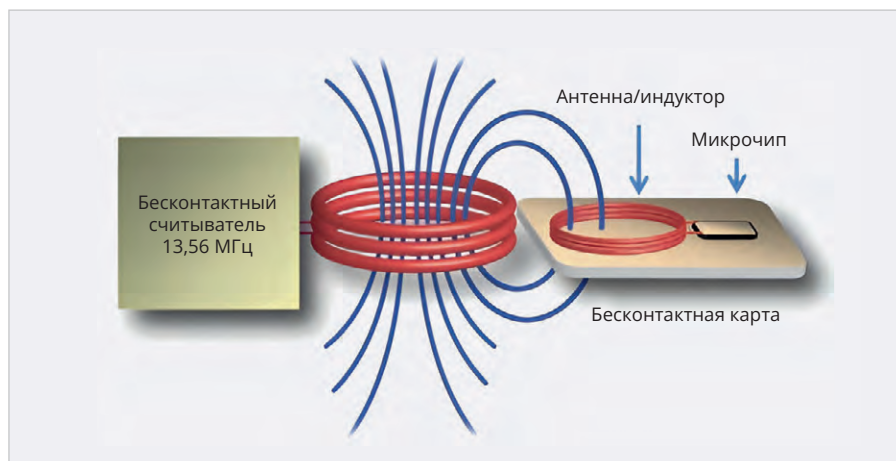


Рис. 3. Схема взаимодействия электронных устройств в NFC

т услуг, к примеру, транспортных), носитель информации, включая возможности электронных паспортов и свидетельств. ISBC Key представляет собой прочный брелок для ключей с RFID-чипом и антенной, покрытый прозрачным герметичным полиуретановым компаундом (рис. 2).

Система обеспечивает цифровую связь по защищённому каналу связи на базе платформы собственной разработки ePerso [9]. Из дополнительных плюсов – пыле- и водостойкость, защита от ультрафиолета, устойчивость к механическим воздействиям. Защита по стандарту IP65. RFID-антенна и микрочип полностью инкапсулированы и защищены от воды полиуретановым корпусом брелока.

Прообразом этих разработок является известная технология беспроводной передачи данных малого (ближнего) радиуса действия NFC (Near Field Communication), позволяющая обмениваться данными между устройствами, находящимися на небольшом расстоянии до 10–12 см.

Основа NFC

В отличие от Bluetooth, NFC не требует ручного сопряжения или обнаружения устройств для передачи данных. Соединение автоматически запускается, когда другое устройство NFC входит в ранее указанный диапазон. NFC поддерживает три режима работы.

- Чтение и запись. Устройства работают как смарт-карты, к примеру, при выполнении транзакции (платежа).
- Одноранговая связь. Два устройства с поддержкой NFC взаимодействуют друг с другом для обмена информацией и файлами.
- Эмуляция карты. Устройства считывают информацию в NFC-тегах или

метках, встроенных в интеллектуальные плакаты и дисплеи, либо записывают информацию.

Один из режимов можно назвать активным, когда девайс считывает или записывает данные с метки или ключа-карты (данные на NFC метки можно записывать). Второе – передача между равноправными устройствами, к примеру, с подключением к смартфону беспроводных наушников или использованием (ранее) Android Beam, когда по NFC происходило подключение, а передача файла шла по каналу Bluetooth. Другой режим – пассивный; устройство используется как аккумулятор цифровых данных, к примеру, средства оплаты проезда в общественном транспорте. Но есть и другие, малоизвестные режимы работы NFC, например, беспроводная зарядка: фитнес-браслеты и смарт-часы типа Forerunner-965 можно заряжать и от смартфона, просто положив их на корпус с тыльной стороны.

На рис. 3 представлена схема взаимодействия электронных устройств в NFC.

В основе работы устройств лежит электромагнитная индукция. NFC является продвинутой веткой стандарта RFID и читает часть соответствующих меток. А главное отличие в том, что NFC умеет ещё и передавать данные, в том числе зашифрованные. NFC работает на частоте 13,56 МГц, что позволяет развить скорость обмена данными до 424 Кбит/с (объёмный MP3-файл загружается за пару минут, но только на расстоянии до 10 см между устройствами) [10]. Элемент системы NFC – небольшая катушка. На примере одного из смартфонов прикреплена к крышке и выглядит, как на рис. 4, но может иметь и другой вид.



Рис. 4. Катушка для NFC в смартфоне



Рис. 5. Запорное устройства как вариант электронного замка



Рис. 6. Электронный замок модели BW823-T6 в смартфоне

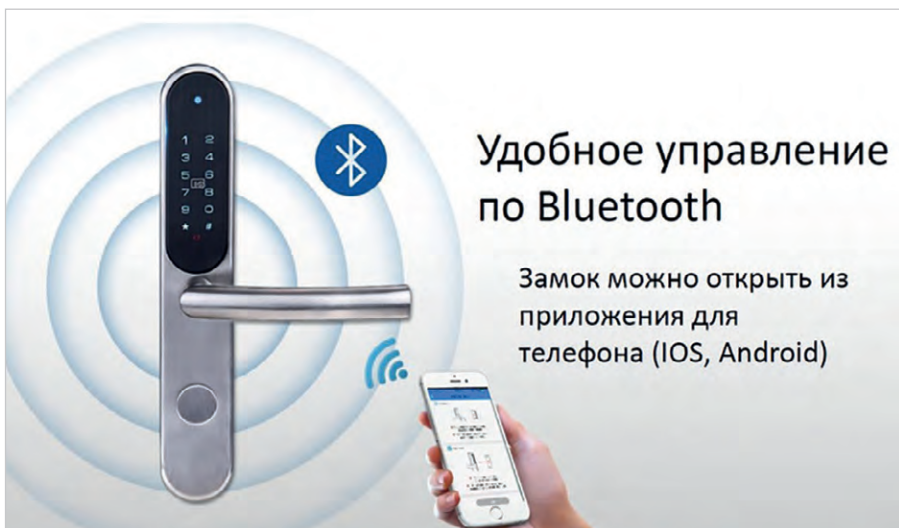


Рис. 7. Интеллектуальный электронный замок E-LOCKS Slim

Казалось бы, зачем NFC, если есть Bluetooth и Wi-Fi, ведь у последних и скорость, и радиус действия больше? Однако NFC имеет следующие преимущества. Мгновенное подключение менее 0,1 секунды. Низкое энергопо-

требление – 15 мА, у Bluetooth – до 40 мА. Теги не требуют собственного питания, а условно малый радиус действия можно представить и как плюс: это необходимо для безопасности транзакций. О технологии NFC подробнее

можно прочитать в [10]. Далее рассмотрим эволюцию и перспективы электронных замков, а также меток-ключей для их управления.

Механическая и техническая надёжность E-Lock

История связана с первыми прототипами-замками на соленоидах и коммутирующих СЭМР, управляемых токовым ключом. Сегодня редко кто вспомнит «прошлый век», к примеру, удерживающие ЭМ-полем запертые устройства (рис. 5).

Но о надёжности E-Lock даже старого поколения (производства Франции) скажем отдельно. При смене старого оборудования на новое в 2023 году по согласованию с владельцем отеля проведён краш-тест замка BW823-T6.

Замок модели BW823-T6 (рис. 6) изготавливается в двух цветовых решениях. Модель из нержавеющей стали отлично смотрится на дверях тёмных оттенков. Она подходит для стилей хай-тек, модерн или лофт. Устанавливают ЭЗ в домах, фитнес-клубах и небольших офисах, где есть локальная сеть. Подключение осуществляется с помощью витой пары. Питанием электронного контроллера служат четыре элемента типа АА. Для устройства предусмотрена интеграция (SDK) с любыми гостиничными системами: «Облако гостеприимства», Bnovo, TravelLine, Frontdesk24, CLOFFHotel, Shelter, 1C:Отель, Logus, Fidelio, Бит.Отель, Эдельвейс, Libra и другими. ПО на русском языке. Врезной механизм: ANSI, ANSI-S (для дверей от 32 мм и других). Из дополнительных полезных функций предусмотрена защита электронных ключей на чтение, запись, копирование. Перезапись ключей-карт можно осуществлять более 100 000 раз.

Итак, для теста на выносливость была предоставлена одна дверь и один ЭЗ. Воздействие происходило по трём направлениям: подбором ключей-меток, воздействием на электронную начинку и механическим давлением с целью разбить корпус замка и «отжать дверь». Попытки открыть ЭЗ подбором разных ключей-меток не увенчались успехом. Затем был открыт отсек элементов питания и проведено воздействие на устройство приложением повышенного напряжения 24 В. После этого устройство подвергли напряжению 230 В переменного тока (чтобы освободить запертое устройство).



Рис. 8. Механическая часть запорного устройства

И только потом дверь удалось открыть с помощью «фомки» и кувалды.

Замок всегда закрыт, пока на него не подаётся питание. При отключении электроэнергии замок будет закрыт. В результате краш-теста оказалось, что как бы ни был деформирован корпус механическим воздействием, отпирающий механизм ЭЗ не повреждается.

Интеллектуальный электронный замок E-LOCKS Slim

E-LOCKS Slim является самостоятельной электронной системой с возможностью комплексного доступа. Способ разблокировки: приложение, отпечаток пальца, ключ-карта, цифровой код, ПДУ, механический мастер-ключ. Тип карт: Mifare, средства передачи кода – Bluetooth, клавиатурный набор, отпечаток пальца посредством ЕБС. Приложение русифицированное и простое в использовании, позволяет управлять несколькими замками с одного устройства. Возможно управление с компьютера, передача прав администратора другим людям.

Максимальное количество пользователей: в системе ЕБС – 200, по коду – 150, по ключу-карте – 200. ЭЗ обеспечивает рабочие режимы «Анти-паника», «Офисный режим», «Гостиничный режим». Врезной механизм для дверей 38–120 мм. Материал: алюминиевый сплав, ABS-пластик. Диапазон рабочих температур: $-10...+55^{\circ}\text{C}$. Допустимая влажность в диапазоне 0–95%. Вес: 3 кг. Интеллектуальный электронный замок E-LOCKS Slim представлен на рис. 7.

Подходит к дверям толщиной 40–120 мм из любого материала, в том



Рис. 9. Хаб Wi-Fi для ELOCKS Slim

числе годен для уличного использования. Чтобы закрыть замок, надо поднять ручку вверх (вертикально), чтобы открыть – пройти электронную верификацию (отпечаток пальца, код, карта или открытие с приложения смартфона), после чего только нажать на ручку. ЭЗ потребляет порядка 10 мкА в режиме ожидания, не требует прокладки проводов, не зависит от наличия электричества в здании. Работает от 4 элементов питания типа АА, практически зафиксировано время непрерывной работы до полутора лет. Замки поддерживают открывание от различных видов ключей: кодовая комбинация, пластиковая карта, отпечаток пальца, приложение (ПО) и механический ключ. Ключи имеют ограничения по типу и количеству. В аварийной ситуации предусмотрена возможность открыть замок обычным механическим ключом даже тогда, когда элементы питания разрядились. Управление доступом к замку осуществляется со смартфона из русифицированного мобильного приложения, которое свободно скачивают для различных операционных систем. ЭЗ, предназначенные для работы по Wi-Fi, имеют систему сопряжения. Применение ЭЗ E-LOCKS Slim: СКУД для офисов, квартир, домов, отелей и фитнес-клубов. Механическая часть запорного устройства представлена на рис. 8.

Система сопряжения Hub Wi-Fi для E-LOCKS Slim

Hub Wi-Fi для E-LOCKS Slim (рис. 9) функционирует как шлюз, связывающий электронный замок с сетью Интернет.



Рис. 10. Электронный офисный замок модели SHS-6020XBS/EN

Поэтому система позволяет с помощью мобильных устройств (смартфон/планшет) открывать замок из любой точки мира, где есть доступ в глобальную информационную сеть. Функционал реализован с помощью приложения Sciener. Связь с сетью Интернет осуществляется через роутер по Wi-Fi 2,4 ГГц стандарта IEEE: 802.11. Доступ по Bluetooth возможен на расстоянии не более 4–8 метров от замка. Устройство позволяет с помощью мобильных устройств (смартфон/планшет) открывать замок, удалять/изменять удалённо зарегистрированные пароли, отслеживать и назначать доступ, получать push-уведомления сразу после открытия замка с указанием времени и имени пользователя, контролировать уровень заряда батарей, а также регистрировать ключи доступа из любой точки мира. Можно использовать одновременно с несколькими замками, если расстояние между ними не превышает 10 метров. Приложение запускается на смартфоне: пользователь добавляет Wi-Fi-шлюз, вводит пароль Wi-Fi-сети, и оборудование подключается к системе.

Условия питания постоянным током с интерфейсом Type-C USB 5В/500 мА: при настройке устройства важен статус. В режиме ожидания и готовности к сопряжению с другим электронным оборудованием индикатор мигает попеременно красным и синим цветом. Если горит только один цвет, статус распознаётся как рабочий режим – синий, сбоя сети – красный. Сопряжение Wi-Fi Hub с приложением осуществляется так: после активации приложения на смартфоне и в режиме



Рис. 11. «Электронная ручка» (накладка) модели АУТ-929

«готовность к сопряжению» (см. выше) добавляют шлюз, затем выбирают сеть и вводят пароль.

Электронные замки Samsung

SHS-6020 – электронный замок от Samsung, сочетающий в себе стильный дизайн с высоким уровнем защиты. ЭЗ открывается путем ввода цифрового кода, прикладывания RF-карты или типичным механическим ключом. В модель включены: звуковая сигнализация, пожарный датчик безопасности, охранная функция «Тревога» с передачей сигнала дистанционным способом, организован ввод произвольной цифровой комбинации перед основным кодом, индикатор разряда сменных элементов питания. Сфера применения ЭЗ Samsung SHS-6020 – офисные двери, кабинет директора/руководителя, входные квартирные двери. Благодаря ПДУ можно открыть/закрыть дверь, не вставая с места. На рис. 10 представлен электронный офисный замок модели SHS-6020XBS/EN с кодовой клавиатурой и картами доступа формата Mifare (13,56 МГц), с пультом Д/У и многоуровневой системой доступа.

В табл. 1 представлены технические характеристики изделия SHS-6020XBS.

Аналогичные характеристики свойственны электронным накладным замкам с кодовой клавиатурой и картами Mifare, с пультом Д/У моделей SHS-2320 и SHS-1321 без возможности открывания механическим мастер-ключом.

Офисные электронные биометрические ЭЗ

Рассмотрим на примере модель 929-F – офисный электронный биометри-



Рис. 12. Электронный цилиндр RECC510-L/RECC520-L

ческий замок (накладка) с кодовой клавиатурой – как элемент СКУД для офисов, квартир и домов, не требующий ПО. Стандарт ключа: код, отпечаток пальца (биометрия). Количество кодов такое же, как и отпечатков, – до 200. Рабочий диапазон температур: –20...+60°C. Назначение: превращает обычный замок в электронный [8].

Польза «электронной ручки»

Использование «электронной ручки» взамен типичной механической позволяет менять запирающее устройство без смены врезного механизма «старого» замка. Поскольку большинство типоразмеров и форм-факторов механических и ЭЗ стандартизированы по размерам и типам, достаточно установить в старую дверь безотносительно её материала новую электронную ручку АУТ 929, чтобы доступ стал «электронным». Изготовление ручек электронного замка АУТ 929 из нержавеющей стали и герметичность модуля управления делает ЭЗ надёжным и позволяет использовать его почти в любых условиях, в том числе при монтаже на внешних дверях с выходом на улицу. Внешний вид электронной ручки представлен на рис. 11.

Основные характеристики «электронной ручки»:

- условия доступа: отпечаток пальца или код;
- надёжность ключей-карт обеспечена тем, что они рассчитаны для многократной перезаписи (не менее 100 000 раз) и размагничиванию не подвержены.
- элементы питания: 4 батареи типоразмера ААА;

Таблица 1. Некоторые технические характеристики изделия SHS-6020XBS

Количество цифр кода доступа	4–12
Количество RF карт	20 шт.
Запорное устройство	Накладной (2 запирающих язычка)
Толщина и материал двери	40–50 мм; алюминий, акрилат, поликарбонат, SUST
Допустимая влажность	20–80%
Температурный диапазон	–20...+60°C
Питание	DC с суммарным напряжением 6 В, 4 батареи АА
Срок службы батареи	10 месяцев
Размеры внешней/внутренней частей	65,2×170,5×22,5 мм / 90×182×40,7 мм

- расход элементов питания: до 12 месяцев активного пользования в зависимости от климатических условий;
- предупреждение о разряде батарей: при напряжении меньше 3,5 В устройство сигнализирует о недостаточном напряжении. Но даже в таком режиме остаточного питания хватает более чем на 100 срабатываний;
- ток потребления в режиме ожидания 12 мкА, в активном (импульсном) режиме – 200 мА;
- автоматическое закрытие замка: спустя 7 секунд после открытия замка или сразу после нажатия ручки;
- экстренное открывание: можно воспользоваться мастер-картой или уникальным механическим ключом, предусмотренным к каждому замку, при этом в памяти устройства фиксируется, каким именно способом был произведен доступ;
- варианты врезного механизма: стандарт EURO (опционально);
- вес ЭЗ – 2,5 кг.

Дополнительные функции:

- «анти-паника» – позволяет открыть дверь изнутри одним нажатием на ручку, даже если была закрыта на дополнительный ригель;
- «офисный режим» – позволяет оставить помещение открытым в течение нужного времени;
- «гостиничный режим» – позволяет определить время пребывания гостя, причём эта информация, а также номер заселения, отображаются в приложении смартфона пользователя;
- антиотжимный механизм препятствует вскрытию запорного устрой-

ства методом отжима между полотном двери и дверной коробкой.

Для примера рассмотрим «интеллектуальный» электронный замок, обслуживающий до 250 пользователей в формате «накладки» модели УТ 929-6-F. Устройство вариативно (настраивается) реагирует на отпечаток пальца, карту доступа формата Mifare (13,56 МГц), вводимый вручную цифровой код или сигнал, переданный дистанционным способом через Bluetooth. Применяется в СКУД для офисов, фитнеса, квартир, дач, домов, гостиниц и отелей. Мастер-карта программируется производителем (не требует ПО). Врезной механизм из нержавеющей стали подходит для дверного полотна толщиной 30–50 мм. Рабочая температура эксплуатации в диапазоне $-20...+60^{\circ}\text{C}$.

Основное использование электронной ручки – замена существующей механической. Открывать замок можно не только с помощью перечисленных условий, но и комбинируя способы для дополнительной безопасности, к примеру, «карта и код», фитнес-браслет и сотовый телефон с поддержкой Bluetooth.

Электронные цилиндры

Электронные цилиндры – уникальное продуманное решение на рынке замков, обеспечивающее высокий уровень безопасности, контроля и комфорта доступа. ЭЦ устанавливают в подходящие по форм-фактору типичные замки взамен существующих механических цилиндров и «личинок». К примеру, типовой электронный цилиндр (отдельной конфигурации) RECC510-L/RECC520-L представлен на рис. 12.

Среди группы ЭЦ различают модели RECC510-L (без механического ключа), RECC520-L (с механическим ключом), RAY-HS-L (ручной ридер) и RAY-TR-L (кодировщик). Для ЭЦ моделей RECC520-L-60, RECC520-L-65, RECC520-L-70, RECC520-L-75, RECC520-L-80, RECC520-L-85, RECC520-L-90 – две последние цифры маркировки обозначают длину рабочей части – в мм. Электронный цилиндр (ЭЦ) программируется с помощью специального ПО (разные виртуальные сетевые решения) и монтируется вместо механической личинки. Управляется с помощью ключей-карт Mifare 1K (13,56 МГц). Диапазон считывания ключа-карты до 5 см. Рабочая температура в

широком диапазоне $-40...+100^{\circ}\text{C}$ позволяет использовать его даже в Объединенных Арабских Эмиратах. Количество пользователей не ограничено. Количество цилиндров в одной системе также не ограничено. Объём электронной памяти хранения событий – до 5000. Новые карты программируются и удаляются с помощью мастер-карты. Особенности элементов питания: батареи Li-SoCL2 (ER14250) с напряжением 3,6 В, низкое потребление электроэнергии, заряда батареи хватает до 30 000 открываний. Предупреждение о разряде батареи в виде световой и звуковой индикации. Количество пользователей: не ограничено. Уровень безопасности – IP45. Сертификаты соответствия CE, RoHS.

Особенности эксплуатации

В режиме ожидания наружная ручка электронного цилиндра (ЭЦ) свободно проворачивается. Внутренняя ручка ЭЦ находится в сцепленном с механизмом цилиндра состоянии. При прикладывании ключа-карты/брелока к наружной ручке с помощью электронного привода небольшой мощности происходит сцепка наружной ручки и механизма цилиндра, что позволяет открыть замок посредством поворота ручки ЭЦ на необходимое количество оборотов. Чтобы закрыть дверь с ЭЦ, необходимо её «захлопнуть» и повернуть внутреннюю ручку цилиндра в обратном направлении на необходимое количество оборотов. Несложно. Не надо заменять механические замки, нет необходимости портить дорогие, массивные и старинные двери, зато можно установить новейшие электронные цилиндры.

Электронные замки: различия и аргументы выбора

Условная цель всех типов электронных замков – контроль посещений и доступа, фиксация данных и обеспечение безопасности людей, ценностей и помещений. Популярны три типа электронных замков, влияющих на способ сбора статистики. Выбор типа электронного замка, как правило, зависит от бюджета пользователей, его целей и задач и от характеристик объекта, к примеру, в каком техническом состоянии он (помещение) и электронные системы функционируют. На рис. 13 представлен вид ЭЗ с указанием его электронных модулей.



Рис. 13. Вид ЭЗ с указанием расположения электронных модулей

Автономные ЭЗ

Автономные ЭЗ работают от элементов питания, которых хватает на 1–2 года. Эти относительно простые устройства нет необходимости связывать друг с другом. Для работы автономных замков не нужны ни провода, ни Wi-Fi. Управляются такие ЭЗ с помощью кода доступа, брелока или сотового телефона, причём выданный код программируется и действует определённое время. К примеру, если код (и доступ) открыт на 2 часа, то в дверь с ЭЗ можно пройти в течение только этого времени. Потом доступ блокируется. К ЭЗ рассматриваемого типа прилагается специальный считыватель, позволяющий считать информацию сразу с 10 замков, не беспокоя при этом других людей. Считанная информация переносится на компьютер: она полезна для контроля и анализа ситуации. К примеру, отчёт администратора показывает, что в определённый день в конкретный номер не было заселения. А информация, считанная с замка, свидетельствует о том, что дверь неоднократно открывали. Есть повод предположить, что в номере было заселение «мимо кассы». Аналогичный принцип (сверка отчёта сотрудника) с данными по открытию (закрытию) замков в конкретные даты работает во всех типах электронных замков, но по-разному. Электронная система учитывает даже случаи, когда дверь открывали механическим ключом. Таким образом, любое открытие двери автоматически фиксируется в системе, что делает невозможным незаметное проникновение в помещение. Поэтому ЭЗ весьма полезны как для бизнеса, так и в быту. Более того, ЭЗ можно настроить таким обра-

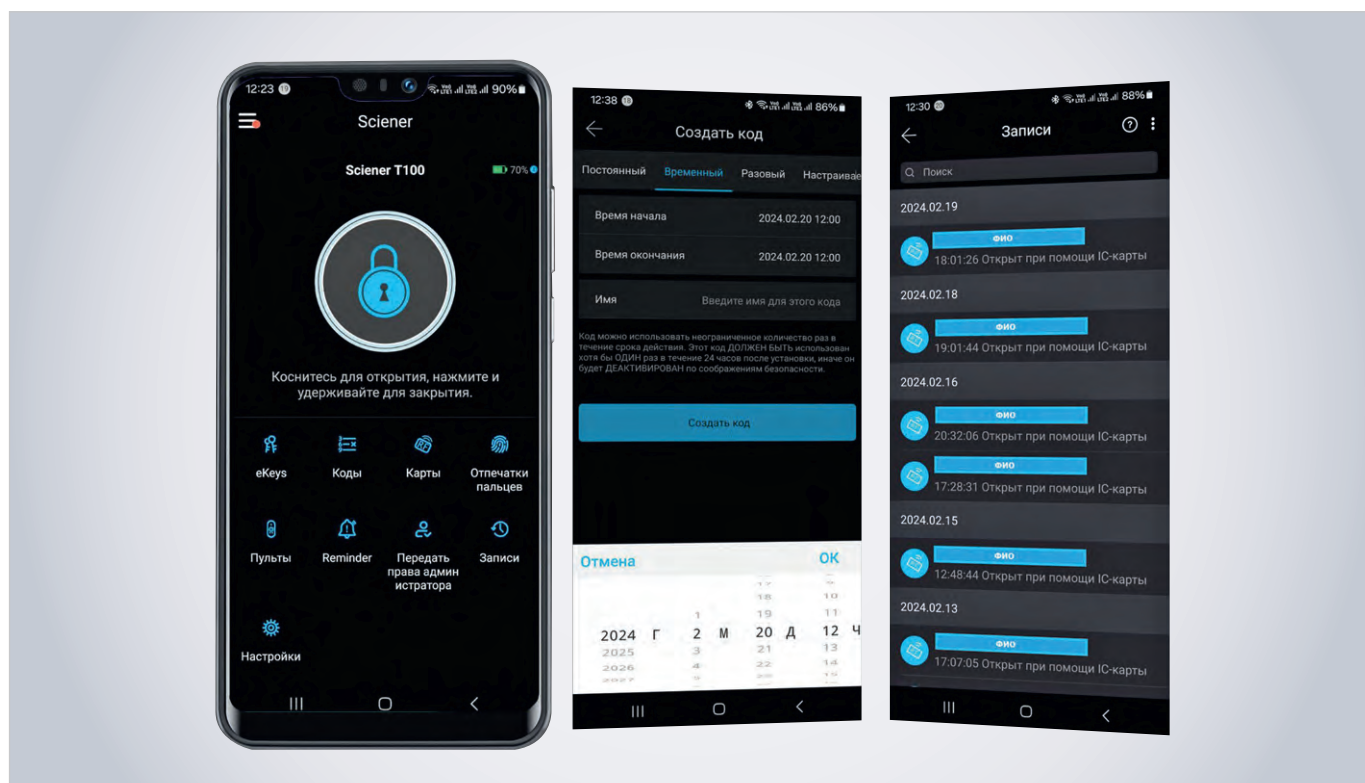


Рис. 14. Взаимодействие со смартфоном, иллюстрация

зом, чтобы на телефон приходило сообщение в момент открывания/закрывания двери (доступа). Но такие функции выполняют не автономные ЭЗ, а сетевые с проводной и беспроводной связью.

Сетевые ЭЗ с проводной связью

Их устанавливают на стадии строительства или ремонта, поскольку необходимо предварительно прокладывать проводку к стене и к двери. Оптимальное решение для объектов, комплексов на этапе их строительства. Статистика доступа ведётся онлайн, посредством передачи цифровых данных на сервер, в том числе облачный. Элементы питания во встроенном модуле требуются в качестве резервного питания при повреждении сети или отключении электричества. В таком случае ЭЗ продолжает работать в автономном режиме до восстановления сети.

Беспроводные управляемые по Wi-Fi с сетевой взаимосвязью

Предназначены для больших производств, офисов, гостиниц и везде, где востребована онлайн-статистика. Подходят для объектов уже созданных, построенных там, где нежелательно делать ремонт или нарушать коммуникации прокладкой новых проводных

линий. Это может быть и частное владение, где есть буквально всё, кроме электронных замков с дистанционным программированием и управлением. Беспроводными замками можно управлять удалённо (открывать и блокировать). На каждые 20 замков установлен один Wi-Fi-передатчик. Такой тип ЭЗ подойдёт для крупных сетевых гостиничных объектов, в том числе расположенных в разных странах.

ЭЗ с сетевой взаимосвязью

Это наиболее перспективное оборудование как элемент системы безопасности доступа, который можно открыть с помощью смартфона (рис. 14). Информация передаётся на сервер, электронным контроллером в автоматическом режиме сравнивается информация о доступе конкретных ключей и (или) персоналий, если используется единая биометрическая система (ЕБС) и происходит управление замками. К примеру, в популярной системе управления доступом «Frontdesk24» в автоматическом режиме отправляется код (штрих, QR или ссылка) на зарегистрированный в системе смартфон. Ссылка отправляется через СМС или в мессенджер. Чтобы открыть номер, достаточно кликнуть на полученную ссылку.

Использовать карту в этом случае не нужно, равно как и вводить цифровой

код на замке. Система довольно удобна и зарекомендовала себя положительно в том числе потому, что имея современный смартфон или иное средство связи с SIM и привязанным к нему IMEI, человеку не надо ни предъявлять кому-то документы в печатном виде, а также он в принципе находится под контролем. Его можно при необходимости идентифицировать и найти в случае допущения неких противоправных действий; найти, в частности, по смартфону и идентифицировать через видеокамеры, установленные в крупных городах и на дорогах повсеместно.

Замки проводные по стандарту соединений RS-485

Проводные ЭЗ по стандарту соединений RS485 объединены в локальную сеть с помощью проводов. Для установки необходимо прокладывать витую пару. Таким образом, сетевые проводные электронные замки будут идеальным решением для больших организаций, объектов строящихся или проходящих реновацию.

Как и в случае с Wi-Fi-замками, статистика доступа ведётся онлайн, а информация передаётся на сервер. Оператор-контролёр, имеющий доступ (владелец, сотрудник службы безопасности), в любой момент, используя ПК, может посмотреть статистику и «ана-

литику» посещения, сверять фактические данные и управлять ЭЗ, блокировать их, программировать на доступ по конкретным кодам, картам, персоналиям и времени. Управлять ими можно из любой точки планеты Земля, где есть соответствующий доступ в глобальную сеть. Тем не менее, в отличие от Wi-Fi замков, проводные считаются отказоустойчивыми и более надёжными. По той же аналогии, как камеру видеонаблюдения, передающую данные (даже в аналоговом формате) по проводному каналу, позиционируют более стабильной, чем ту, которая работает по Wi-Fi. В отличие от автономных ЭЗ, «проводные» питаются по витой паре, элементов питания заменять не нужно, что некоторым образом экономит ресурсы (и время). По состоянию на 2024 год на территории страны есть только несколько компаний-производителей и импортёров, предлагающих проводные сетевые замки.

Вопросы экономии, надёжности и безопасности

Электронные бесконтактные карты от производителя (заинтересованного и мотивированного в развитии) максимально защищённые, их затруднительно скопировать и подделать. Сетевые электронные замки с выходом данных в облачное хранилище или на сервер оцениваются дороже полностью автономных. Для ЭЗ с сетевой взаимосвязью устанавливают дополнительные контроллеры (для ЭЗ с проводным шлейфом связи) и беспроводные контроллеры (для беспроводных замков). Притом один электронный контроллер нужен на 20–30 замков. Элементы питания для автономной работы также есть в ЭЗ с сетевой взаимосвязью, но такой режим используется как резервный, к примеру, если отключается централизованное электроснабжение или произошли неполадки со шлейфом (линией связи) или серверным оборудованием.

С применением «умных» электронных замков уместно сэкономить на услугах охранника, вахтёра или швейцара. А также сократить непроизводительные издержки компании, пустив сэкономленные средства на развитие. А срок окупаемости электронных замков несложно рассчитать. К примеру, средний оборот отеля на 50 номеров составляет 3,5–4 млн рублей в месяц [4]. Если «мимо кассы» из-за

недобросовестности персонала уходит 20–30%, в том числе при несанкционированном заселении в отели, это примерно 900 тысяч рублей. Аналогичные результаты (и даже хуже) отмечали те бизнесмены, в чьих отелях работали родственники. А до установки электронных замков собственники утверждали, что родственники «не могут этого сделать в принципе». Для небольшого отеля это заметные потери. Причём стоимость электронных замков в сопоставимом количестве обойдётся примерно в эту же сумму. Такая разовая инвестиция поможет уже в следующем месяце сэкономить примерно 1 млн рублей [4].

Система электронного доступа – важное изобретение для частного сектора и бизнеса. В отелях тем более: такой подход позволяет снизить издержки на использование номерного фонда и увеличить оборот гостиницы, минимизируя риски и потери.

Электроника как средство безопасности и поддержки репутации

ЭЗ с фиксацией доступа помогают предотвратить ненужные проблемы и пропажи. Допустим, человек заявляет, что у него пропали вещи. Достаточно с его стороны назвать примерное время, когда он последний раз точно видел свои вещи, и по указанному промежутку времени (если он, разумеется, не длиною в год) установить, в какое время открывалась и закрывалась дверь. Видеокамера наблюдения в коридоре покажет – как средство дополнительной идентификации, кто именно посещал номер. Соответственно способ хорош и для отелей тоже. Если человек не заходил в номер, и сотрудник отеля тоже не заходил, стало быть, вещи потеряны в самом номере. А если заходил сотрудник, то вопросы будут к конкретному лицу. Такой ненавязчивый контроль позволяет избежать привлечения полиции.

Проблемное поле

Распространённая ситуация сегодня: европейский производитель блокирует ПО в России, в результате чего пользоваться оборудованием становится невозможно. Историй-иллюстраций много не только в области РФ. Один фермер из Удмуртии получил в банковской организации кредит на развитие, но с «навязанной услугой»: условием,

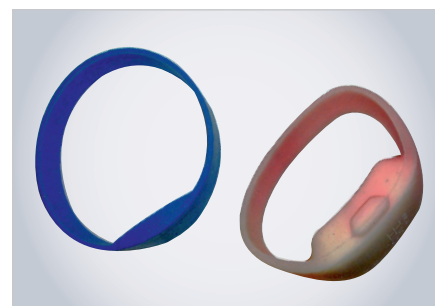


Рис. 15. Ключи – RFID-брелоки: варианты, внешний вид

что приобретет в лизинг современную технику. Однако в связи с экономическими санкциями сельхозтехника с европейским ПО перестала нормально работать, некоторые важные функции оказались заблокированными после ухода компаний с российского рынка. Второй год бедный фермер решает эту проблему разными путями, но новая техника пока стоит как металлолом. Теоретически с электронными замками европейских производителей может произойти аналогичная история. Поэтому рекомендуется пользоваться не европейским ПО, а РЭА отечественного производства (причём некоторые отечественные производители дают гарантию на оборудование более 5 лет) и производства КНР, а также «дружественных» стран. Устройства сертифицированы РОСТЕСТ (ГОСТ Р), ЕАС, а также в других сферах, например, противопожарной, причём сертификаты пролонгируются каждые 3–5 лет. Современные качественные электронные замки таковы, что можно «вышибить дверь с ноги», полотно потребует замены, но электронный замок не потеряет работоспособности.

Особенности ввода ЭЗ в эксплуатацию

Установка электронного оборудования в рассматриваемом сегменте простая и интуитивно понятная с учётом инструкции на русском языке. Пользователь использует готовую интеграцию с имеющейся PMS-системой, а при необходимости принимает консультационную помощь производителя и сопровождение для монтажа и эксплуатации изделия, в том числе после исхода гарантийного срока. В том числе помощь в настройке программного комплекса посредством удалённого подключения. Специализирующиеся в России предприятия (в данной сфере) предоставляют универсальный комплект для разработки программ-

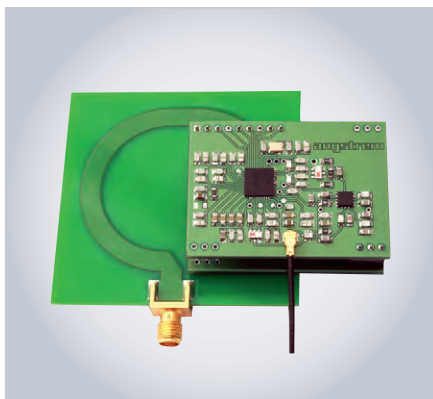


Рис. 16. Считыватель RFID-карт и меток производства «Ангстрем» 2017 года

ного обеспечения или SDK (Software Development Kit, англ.), что позволяет быстро организовать необходимую интеграцию. Современные электронные замки, к примеру, ЭЗ «Bonwin», интегрированы (адаптированы) с популярными, созданными ранее электронными системами для гостиничного бизнеса (отельеров), такими как: Frontdesk24, CLOFFHotel, Shelter, 1С:Отель, Logus, Fidelio, «Бит.Отель», «Эдельвейс», Libra и др. Даже произведённые в КНР электронные замки – не обязательно низкосортные копии. В Поднебесной производят много РЭА высокого качества, в том числе смартфоны и айфоны, только надо уметь выбирать продукцию и поставщиков. К примеру, ЭЗ марки «Bonwin» производятся в Китае. И европейцы, и американцы приносили технологии в Китай и теперь получают качественную и надёжную продукцию из КНР по доступной цене. Более того, страшно подумать, что было бы в настоящей ситуации экономической изоляции России, если бы не было монополистов в производстве элементов РЭА именно в Китае. По сообщениям из российской компании, специализирующейся на импорте ЭЗ из КНР, с продукцией проводили различные испытания и «краш-тесты», в частности по запросу потребителей, проживающих в условиях Крайнего Севера. Для такого контингента особенно важны надёжность оборудования в условиях стабильно воздействующих низких температур. В результате экспериментов китайские ЭЗ помещали в морозильную камеру на несколько часов и затем проверяли их работоспособность, которая не подводила.

Автономные электронные гостиничные замки Bonwin можно с лёгко-



Рис. 17. Варианты установки считывателей на шкафчики и дверцы



стью переоборудовать в сетевые беспроводные онлайн электронные замки. Инновационный электронный замок E-Losks Slim Smart выглядит, как компактная накладка для использования в офисе, гостинице/отеле или дома. Новое поколение электронных мебельных замков-невидимок INVISIBLE-E доказывает, что и мебельные, и почтовые замки могут быть невидимыми и доступными в эксплуатации. Это почти идеальный вариант для помещений, где требуется скрытый монтаж замка, или даже для витрин, а также подходит для дверей из разных металлов, пластика, стекла и дерева. Электронный модуль крепится к внутренней части конструкции. RFID-чип обеспечивает открытие дверцы из диэлектрика толщиной до 25 мм. К примеру, ЭЗ модели Lux-128 относится к устройствам класса «эконом» и работает на электронных картах-ключах стандарта EM-Marine или Mifare в режиме фиксированного выбора. Для программирования новых ключей (до 15 штук) с помощью Master-карты не требуется специального ПО и компьютера.

При наличии системного администратора в гостинице отелю не составит труда самостоятельно запустить систему. Удобное решение применяют в системах доступа с «распространённостью» до 100 электронных замков. Более сложный случай – системы, управляющие замками 1500 объектов. Подробно об этом в [6, 7]. Типично в качестве ключей к электронным замкам используются RFID-браслеты, где внутри установлен чип. Индивидуальным браслетом (брелоком или картой) открывают конкретное помещение или шкаф (рис. 15).

Внутри браслета установлен чип с частотой работы EM-Marine 125 кГц (самые простые) или Mifare 13,56 МГц

с возможностью перезаписи информации. Такие замки не требуют использования ПО; настройка происходит с помощью мастер-ключей, энкодера для настройки и выпуска ключей. В системе доступа предусмотрены инфо-терминалы, приложив к которому RFID-ключ (браслет, брелок или карту), можно узнать номер ячейки, помещения или шкафчика – при этом нет необходимости «запоминать» или записывать его номер, ибо он сохраняется в памяти электронного устройства – информационного терминала, где на дисплее отображается номер; в данном случае электроника помогает человеку. Открыть замок можно только браслетом (брелоком или картой), который его закрыл, или мастер-ключом.

Далее разберём разработку и усовершенствование RFID-считывателей на примере одного отечественного предприятия.

Эволюция радиочастотных считывателей и специализированного предприятия

Контроллеры (выносные считыватели) устанавливаются при входе в здания, офис, для лифтов (чтобы человек поднимался только на свой этаж), для шлагбаумов и в других местах регулируемого (режимного) доступа. В 2017 году специалисты АО «Ангстрем» дополнили радиочастотный считыватель, предназначенный для приёма сигнала с RFID-карт и меток, микроконтроллером собственной разработки (рис. 16).

Много лет «Ангстрем» позиционировали на рынке отечественной РЭА как производителя и разработчика, специализирующегося в том числе на микросхемах для RFID. Несмотря на «громкие»



Рис. 18. Примеры конфигурации считывателей

анонсы, это вовсе не первый в стране «отечественный радиочастотный считыватель». Специалисты «Ангстрема» разработали электронный контроллер по стандартам RFID, сконструировали схему, создали типологию печатной платы для считывающего/записывающего устройства, адаптировали с механическим узлом. Диапазон частот 860–960 МГц определяет функционал и возможности устройства. Этот диапазон частот признан международным стандартом ISO 18000 6С, поэтому устройство может использоваться не только в России, но и за рубежом. Заслуга производителя также в том, что потребители получили возможность использовать отечественную элементную базу при внедрении систем бесконтактной идентификации: автомобильные транспондеры, транспортные карты, магнитные пропуска и метки на товарах. Радиочастотный считыватель работает с одной антенной, передающий каскад имеет небольшую мощность излучения – до 0,4 Вт. Такой RFID-считыватель много лет задействован во многих сферах: в локальных системах идентификации и подтверждения подлинности объектов, где не требуется большой дальности считывания – до двух метров: к примеру, радиочастотные метки в торговой сети, в том числе в системе бескассовой оплаты товаров, магнитные транспортные карты, магнитные пропуска, электронные паспорта и водительские удостоверения. На рис. 17 показаны варианты установки считывателей на шкафчики и дверцы.

Затем разработали считыватель с двумя антеннами и мощностью 2 Вт

и таким образом расширили спектр применения; открылись возможности применения в автомобильном хозяйстве, железнодорожных вагонах и терминалах, установленных на автопогрузчиках для учёта и идентификации товаров на складах, а также в других случаях.

Считыватели условно разделяют на два вида: стационарные и мобильные. Стационарные RFID-считыватели монтируются на турникете или закрепляются на стене, а мобильные представлены беспроводными сканерами, быстро идентифицирующими маркированные продукты [1].

RFID-считыватели формата CheckPoint (КИБИ-002, КИБИ-002 МТ, КИБИ-003, КИБИ-Д, БИД-002, БИЖ-002) имеют формат Wiegand 33 с отличием как по характеристикам выбора времени, так и по принципу формирования кода. Бесконтактные радиочастотные идентификаторы выполнены в виде тонкой пластиковой карты и предназначены для использования в качестве пропуска в автоматизированных системах контроля доступа (КИБИ-002, КИБИ-002 МТ, КИБИ-Д). КИБИ-003 пока считается одной из совершенных моделей, она отличается повышенным уровнем защищённости кода. Структура кодирования соответствует стандартному открытому 26-битному формату (формат Н10301). Чип карты разработан для перезаписи и чтения данных.

Считыватель ММБИТ-002 представлен в форме диска и предназначен для использования в ключах для



Рис. 19. Вид на элементы первой отечественной интегральной схемы «Тропа-1»

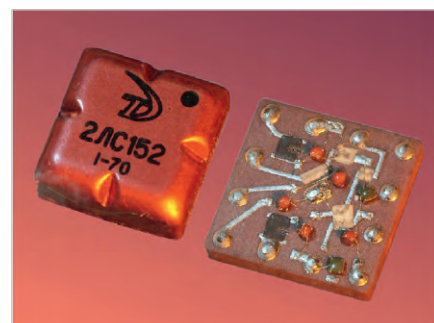


Рис. 20. Серия тонкоплёночных гибридных интегральных схем (ГИС) «Посол» типа 2ЛС152

домофонов, защиты продукции от контрафакта, складского и инвентарного учёта и других. Не требует встроенного источника питания. Отличается минимальными габаритами. Кроме прочего, работает с RFID-метками ММБИТ-002 «Д» с форматом передачи данных Touch Memory. Общий вид возможных конфигураций считывателей представлен на рис. 18.

Бесконтактный радиочастотный идентификатор БИД-002 предназначен к использованию в качестве транспондера складского учёта для контроля и управления движением товарных потоков на автоматизированных складах, а также в качестве обезличенного пропуска на территории, в помещения и для управляемого доступа к оборудованию. Электропитание осуществляется от энергополя вокруг самого считывателя. Поставляется в пластмассовом корпусе, предохраняющем от воздействия окружающей среды, а также бескорпусном варианте (БИД-002-01). RFID-считыватели СБР-006М и СБР-005М предназначены для систем контроля и управления доступом с интерфейсом Wiegand-33. Устанавливаются на турникеты, двери, оборудование в местах с повышенным риском вандализма, имеют прочный металлический корпус. Считыватели СБР-001Б

отличаются возможностью поставки с интерфейсами разных модификаций. «Ангстрем» также разработал кристалл микросхемы бортового датчика с навесными элементами RFID. RFID-датчик работает по двум стандартам ISO 18000 – 6С и ISO 10374 в частотном диапазоне 860 МГц. «Пальма» – RFID-система того же производителя, позволяющая объективно определять номер, время, направление движение железнодорожного транспорта, его тип при прохождении подвижным составом через специальные рамки. Помогает контролировать прибытие, отправление и график движения поездов. Это законченное и сбалансированное решение, адаптированное для работы в условиях российских железных дорог. При этом RFID-система позволяет качественно улучшить управление перевозочным процессом на железнодорожном транспорте [5].

Отечественное предприятие и зарегистрированная марка потрясает своей интересной историей. В музее «Ангстрема» представлены образцы продукции, актуальной даже в середине XX века. Так, заслуживает внимания интегральная схема «Тропа-1», которую позиционируют первой в СССР интегральной схемой (рис. 19). «В 1964 году по собственной инициативе при отсутствии технических материалов, специальной литературы, имея в качестве образца лишь фотографию общего вида микросхемы фирмы Ай-Би-Эм, специалисты предприятия разработали и освоили интегральную схему “Тропа”. “Тропа” была испытана в аппаратуре по управлению спутника, осуществившего облёт Луны» [4]. На том же предприятии была разработана первая в стране серия тонкоплёночных гибридных интегральных схем (ГИС) «Посол» типа 2ЛС152 (рис. 20). Собранные на отечественных элементах ГИС отвечали мировому уровню технологии того времени. Программно-управляемые электронные цифровые устройства – микропроцессоры для обработки цифровой информации и управления процессом обработки типов 1537ХМ2У и 5522БЦ4БТ2 – производились той же фирмой и теперь составляют экспонаты музеев РЭА.

Выводы

Перспективы развития контроллеров, считывателей и приводов электронных замков прямо связаны с новыми вызовами времени и с разработкой усовер-

шенствованных электронных систем. Особую роль рассматриваемому сегменту РЭА отводят в системах СКУД, ЕБС и в целом – в сфере безопасности. Уязвимая или рискованная область, где требуется санкционируемый и контролируемый доступ, – это технические помещения, где хранят профессиональную химию, дорогостоящие предметы или вещи, опасные для других. Здесь электронные замки нужны больше для контроля доступа в эти помещения. В этом смысле электронные замки – доступный и удобный способ повысить безопасность жилища, родных и рабочего производственного процесса. Тем более что современные средства, как рассмотрено в обзоре, вполне способны не только перепрограммироваться и осуществлять доступ комплексными способами, но и оповещать заинтересованных лиц о попытках и фактах проникновения (открытия доступа) передачей информации по сотовой связи. Таким образом, современные электронные средства стали действительно «умными». Они могут управляться не только из почти любой точки планеты, где есть Интернет, но и бесконтактным способом с помощью смартфонов. Таким образом, один «умный» ЭЗ заменяет 10 человек обслуживающего персонала, а то и более.

Смартфон уже является универсальным средством коммуникации, в том числе программируемым электронным ключом и идентификатором личности с достаточно большим объёмом памяти. Это направление ключей-смартфонов для СКУД также будет активно развиваться в ближайшие годы, причем будут разрабатываться способы защиты и новые технологии по прообразу NFC, но с большей (без потери безопасности) дальностью действия. «Проход сейчас» или «доступ завтра» будет осуществляться без какого-либо лишнего взаимодействия с личным смартфоном. Он будет преспокойно лежать в кармане одежды или сумке, прикладывая к считывателю устройство не потребуется, а система считывает с него данные и сформирует команду ЭЗ на допуск дистанционно.

Ещё одной закономерностью является последовательное уменьшение в размерах электронных «ручек», «накладок», «цилиндров» ЭЗ и RFID-меток.

Не меньшие перспективы рассматриваемым электронным средствам обещает туриндустрия. Направление внутреннего туризма существенно рас-

ширилось в последние годы. По данным Росстата, хотя бы один раз в год по стране путешествуют примерно 56 млн чел. Согласно прогнозам, к 2035 году цифра увеличится до 144 млн поездок в год. При развитии рынка туристических услуг и путешествий ЭЗ востребованы в отелях и гостиницах для запираания дверей и ценностей, в том числе в системах апартаментов без постоянного присутствия администрации. Пришло то время, когда один электронный замок заменяет десяток механических – анахронизмов эпохи. Тенденции в совершенствовании электронных модулей ЭЗ также очевидны: функционал и надёжность будет повышаться, в соответствии с развитием ЕБС возможности управления этими системами расширятся: замки будут идентифицировать персону по голосу и видео, и поданная команда «сим-сим, откройся» из детского мультфильма XX века станет реальностью в веке двадцать первом.

Литература

1. «Ангстрем» разработал первый отечественный RFID-считыватель. URL: <https://sdelanounas.ru/blogs/97334/>.
2. Как мы создали свой первый прототип с бюджетом 25к рублей? URL: <https://habr.com/ru/companies/nfckey/articles/781370/>.
3. О разработке NFSKey. URL: <https://nfckey.tech/about>
4. Первая в СССР интегральная схема «Тропа-1». URL: https://museum.angstrem.ru/catalog/mikroskhemy_i_mikroprotssory/36927/.
5. Разработка систем радиочастотной идентификации. URL: https://www.angstrem.ru/services/detail/rfid_resheniya/.
6. Терминология электронных замков. URL: <https://e-locks.ru/articles/terminologiya-elektronnykh-zamkov/>.
7. Электронные замки: какие лучше выбрать на стадии строительства или реновации отеля? URL: <https://horeca.estate/mneniya-ekspertov/2034-elektronnye-zamki-kakieluchshe-vybrat-na-stadii-stroitelstva-ili-renovatsii-otelya>.
8. 929-F – офисный электронный замок биометрический с кодовой клавиатурой. URL: <https://nfckey.com/ru/product-design>.
9. ISBC KEY. URL: <https://nfckey.com/ru/product-design>.
10. NFC: Разбор технологии Near Field Communication. URL: <https://habr.com/ru/companies/droider/articles/504196/>.
11. NFCKEY изменит ваше понимание о привычном быте. URL: <https://habr.com/ru/companies/nfckey/articles/774492/>.



НОВОСТИ МИРА

Ростех расширяет производство бортовой электроники для гражданских авиалайнеров

Концерн «Радиоэлектронные технологии» (КРЭТ) в рамках программы импортозамещения до конца года наладит в Ставрополье серийное производство бортовой электроники для отечественных перспективных авиалайнеров SJ-100 и MC-21.



Радиозавод «Сигнал» (входит в КРЭТ) будет серийно производить модули системы управления рулевыми приводами самолетов. Для оптимизации сроков доведения продукции от ОКР до стадии серийного производства ставропольцы работают в тесной кооперации с другими предприятиями Ростеха.

В рамках подготовки к серийному производству сейчас закупается оборудование, идёт оформление необходимой документации. На каждую новую разработку формируется так называемое «Дело изделия», куда входит вся сопроводительная документация, технические решения, извещения на корректировки. Это позволит иметь быстрый и полный доступ к информации об изделии и его истории.

– По SJ-100 мы законтрактованы до 2030 года. Уже поставили заказчику несколько комплектов для данных самолётов, которые проходят испытания. В планах до конца 2024 года отправить ещё несколько самолёто-комплектов. Что касается MC-21, то по договору до конца текущего года также должно быть поставлено несколько комплектов. После получения необходимых протоколов и актов сможем серийно изготавливать это оборудование, – сказал генеральный директор ПАО «Сигнал» Андрей Кочерга.

«Сигнал» – одно из ведущих машиностроительных предприятий Ставропольского края. Сегодня оно работает в основном с заказами для военной авиации, сфера гражданской авиации – новое направление.

industry-hunter.com

НПП «Исток» им. Шокина разработало цезиевые эталонные источники частоты и времени

Оборудование предназначено для высокоточной синхронизации цифровых сетей связи. Оно не имеет отечественных аналогов и способно заместить аппаратуру иностранных производителей.

Цезиевые первичные эталонные источники частоты и времени применяются в качестве аппаратуры синхронизации первого уровня иерархии. Устройство с максимальной точностью генерирует высокостабильные сигналы. Относительно этих эталонных сигналов выполняется настройка и поверка телекоммуникационного оборудования. Прибор предназначен для синхронизации аппаратуры связи в мобильных сетях, центрах обработки данных, метрологических и космических системах.



В устройстве применяется атомно-лучевая трубка, где в качестве рабочего вещества используется цезий. Прибор устанавливается в телекоммуникационных шкафах стандартной конструкции и способен прослужить не менее 10 лет.

– Отечественные операторы связи для синхронизации сетевого оборудования ранее применяли зарубежные цезиевые эталонные источники частоты. Срок службы таких приборов ограничен, а на российском рынке аналогичные решения отсутствовали. Специалисты «Истка» на основе имеющегося опыта разработки стандартов частоты для аппаратуры связи специального назначения создали прибор для гражданских заказчиков. Производство устройств не зависит от поставок импортных комплектующих, поскольку все основные узлы изделия создаются непосредственно на предприятии, – рассказал директор по цифровой трансформации НПП «Исток» им. Шокина Виталий Александров.

russianelectronics.ru

«Биокомпьютер» на базе ДНК научили решать sudoku и хранить данные миллионы лет

Учёные из Университета Северной Каролины разработали новое вещество, при помощи которого они надеются обеспечить сохранность ДНК для использования её в качестве базы «биологического компьютера». ДНК обладает внушительной ёмкостью – всего одна клетка может содержать в себе 800 МБ данных. Вырастить в лаборатории биомассу, которая могла бы стать самым большим хранилищем информации в мире, уже тоже несложно. Но ДНК весьма уязвима, особенно при постоянном взаимодействии с ней.

Новое вещество получило название «дендрокolloид», это полимерная структура в виде центрального «ствола» и ответвляющихся от него нановолокон. Она служит каркасом, на котором безопасно размещается ДНК, причём морфология структуры такова, что она обладает огромной площадью поверхности. Благодаря этому не нужно жертвовать плотностью хранения данных, и она достигает 10 петабайт на кубический сантиметр.

Для долгосрочного хранения данных ДНК подвергается высушиванию, а для работы с ней проводят регидратацию. ДНК без защиты выдерживает до 60 таких циклов, а с дендрокolloидной защитой – уже 170. При температуре 4°C период полураспада молекулы составит 6 тыс. лет, а при заморозке до –18°C – до 2 млн лет.



Помимо сохранности ДНК, учёные работают и над методами управления ею – например, учатся копировать, записывать и удалять данные при помощи РНК для имитации работы жёсткого диска. Управление с помощью ферментов позволяет реализовать в ДНК простейшие вычисления. В частности, учёным уже удалось научить эту систему решать некоторые шахматные задачи и разгадывать sudoku.

comnews24.ru

Радиочастотные соединители повышенной мощности компании Radiall, применяемые в антеннах и базовых станциях

Кива Джуринский

В статье рассмотрены соединители повышенной мощности 7/16 DIN, QLI, N, 4.1/9.5, 4.3/10, NEX10 французской компании Radiall для применения в телекоммуникационных приложениях. Приведены особенности конструкции и основные параметры соединителей. Показано, что направление дальнейшего развития соединителей для антенн и базовых станций заключается в повышении мощности, снижении интермодуляционных искажений и уменьшении габаритных размеров и веса. Рассмотрено инновационное покрытие NEP2R компании Radiall повышенной коррозионной стойкости для соединителей наружного применения, работающих в условиях высокой коррозионной активности в течение длительного периода времени. Статья написана на основе доступной открытой информации из зарубежных источников.

Введение

Для повышения дальности передачи радиолокационных систем и систем беспроводной связи необходимо увеличивать их СВЧ-мощность. Радиочастотные соединители для антенн и базовых станций, являющиеся частью систем передачи таких систем, также должны быть повышенной мощности.

В технической литературе можно встретить термины «соединитель повышенной мощности» или «соединитель высокой мощности». Однако универсального определения высокой или повышенной мощности не существует. Поэтому при выборе радиочастотного соединителя необходимо отдавать предпочтение соединителю не только с требуемой номинальной мощностью, но и с комплексом необходимых параметров, включая конструктивные параметры, условия установки и эксплуатации. И прежде всего, соединители должны иметь низкий

уровень интермодуляционных искажений – не более (–160) дБс при входной мощности каждого из двух сигналов 43 дБм (20 Вт) [2].

Возможно, по этой причине известная французская компания Radiall выделила 6 соединителей: 7/16 DIN, QLI, N, 4.1/9.5, 4.3/10, NEX10, назвав их соединителями повышенной мощности. Конструкция и параметры этих соединителей (кроме QLI) достаточно хорошо известны по технической информации компании Radiall, а также из работ [1, 2]. Основной целью данной статьи является рассмотрение достижений компании Radiall за последние годы по совершенствованию конструкции указанных соединителей и созданию инновационного покрытия NEP²R, обеспечивающего длительную работу соединителей в условиях высокой влажности, высоких температур и агрессивных газов.

Соединители 7/16 DIN (7/16)

В названии соединителя 7/16 DIN (далее 7/16) 7 и 16 – диаметры внутреннего и наружного проводников коаксиальной линии в мм, DIN (сокращение от Deutsches Institut für Normung) – название Немецкого института по стандартизации. Многие стандартизованные коаксиальные соединители, разработанные немецкими компаниями, обозначались числами, которые означали диаметры в мм наружного и внутреннего проводников коаксиальной линии соединителя.

История создания соединителя 7/16 началась в 1949 году, когда доктор Georg Spinner из компании Spinner GmbH (Германия) разработал соединитель 6/16 с волновым сопротивлением 60 Ом [3]. В 1960-х годах была создана версия этого соединителя с волновым сопротивлением 50 Ом, которая была стандартизована под названием 7/16 (стандарты Международной Электротехнической Комиссии IEC 169-4, а также DIN 47223 и CECC 22190).

Компания Radiall создала широкий ассортимент соединителей 7/16 оптимизированной конструкции. Разработаны кабельные вилки и розетки под прижим и обжим гибкого кабеля и пайку полужесткого кабеля в соединитель, фланцевые панельные розетки и выводы энергии (квадратный фланец размером 32×32 мм с четырьмя крепёжными отверстиями), внутри- и межсерийные адаптеры и нагрузки [3–6, 8]. В кабельных сборках применяют гофрированный медный кабель спиральной навивки со вспененным диэлектриком для уменьшения высокочастотных потерь. Усовершенствована соединительная гайка вилки с крестообразной накаткой, позволяющая лучше затягивать её вручную.

Корпус соединителя 7/16 изготовлен из качественной немагнитной латуни и покрыт сплавом BBR. BBR (Блестящая Бронза Radiall) – медь-олово-цинковое покрытие. В отечественной технической литературе это покрытие назы-



Рис. 1. Приборные (а), кабельная вилка гайки с накаткой (б), стандартные кабельные соединители 7/16 (в)

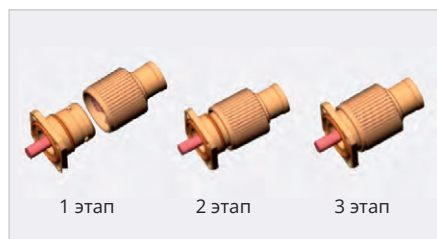


Рис. 2. Этапы соединения вилки и розетки соединителя QLI

вают «белая бронза». Центральный проводник соединителя изготовлен из термоупрочнённой бериллиевой бронзы и покрыт серебром. Наружный проводник соединителя изготовлен без ламелей.

Параметры соединителей 7/16, а также других соединителей приведены в табл. 1 [2, 4, 7–9, 12–14].

Внешний вид соединителей 7/16 показан на рис. 1. Соединители 7/16 просты в использовании, отличаются высокой надёжностью и предназначены для внутреннего и наружного применения в экстремальных климатических условиях в антенных системах и базовых станциях мобильной и сотовой связи.

Композитный соединитель 7/16

Композитные соединители 7/16, изготовленные из лёгкого и недорогого коррозионностойкого композитного материала, являются инновацией компании Radiall [4, 7]. Композитный материал был выбран в результате тщательного анализа скоростей ползучести цинковых и алюминиевых сплавов. Композитные соединители выдерживают жёсткие условия эксплуатации, в том числе при установке на открытом воздухе, и являются альтернативой соединителям 7/16 с корпусом из латуни. В настоящее время Radiall предлагает более 20 модификаций композитных соединителей, вес которых на 50% меньше, чем у стандартных соединителей 7/16, при близких параметрах обоих соединителей [4].

Компания Radiall представила новые соединители QLI (Quick Lock Low Intermodulation connectors) с низким уровнем интермодуляции и с байонетным механизмом блокировки, обеспечивающим быстрое соединение и разъединение без применения каких-либо инструментов. На рис. 2 показаны этапы соединения вилки и розетки соединителя QLI [7, 8].

Двойное уплотнение в дополнение к специальному антикоррозионному



Рис. 3. Соединители QLI компании Radiall



Рис. 4. Соединители 4.1/9.5 и кабельные сборки на их основе

Таблица 1. Параметры соединителей компании Radiall

№	Тип соединителя	7/16	QLI	4.1/9.5	N	4.3/10	NEX10
1	Теоретическая предельная частота, ГГц	8,3	–	14	19	13	21
2	Диапазон рабочих частот, ГГц	0–7,5	0–6	0–6	0–11	0–6	0–20*
3	Максимальный КСВН (на частоте f, ГГц)	1,22	1,04+ 0,2f	1,04+0,2f	1,20	1,05	1,22 (20)
4	Вносимые потери, дБ (на частоте f, ГГц)	0,05√f	0,05√f	0,05√f	0,05√f	0,05√f	0,05√f
5	Уровень IMP, дБс, в диапазоне частот 0–4 ГГц, менее	–175	–165	–163	–166 (2–3)	–166	–166
6	Максимальная пропускаемая мощность, Вт (на частоте f, ГГц)	1500 (2)	1000 (2)	1000 (1)	1200 (1)	500	250 (2)
7	Рабочее напряжение, кВ	2,7	≥ 1,0	≥ 1,4	850, 1400	1,8	≥ 1,0
8	Сопротивление изоляции, ГОм	10	5	5 min.	5 min.	5	5
9	Экранное затухание, дБ (на частоте f, ГГц)	–130 (1)	–110 (3)	–100 (1), –80 (5)	–90 (2–3)	–110*, –100**	–110*, –90**
10	Сопротивление, МОм, центрального контакта наружного контакта	< 1,5 < 0,4	< 1,5 < 1,0	< 1,5 < 1,0	< 1,0 < 0,2	< 1,5 < 1,0	≤ 2,0 ≤ 1,0
11	Усилие соединения вилки и розетки, Н, не более	15	–	–	–	≤ 100**	50**
12	Усилие разъединения вилки и розетки, Н, не более	15	–	< 12	–	≤ 80**	35**
13	Допустимое количество соединений и разъединений, не менее	500	100	100	500	100	100
14	Диапазон рабочих температур, °С	–55...+155	–55...+90	–55...+120	–55...+165	–50...+90	–55...+125

Примечания: * – резьбовое соединение, ** – соединение защёлкиванием.

и водонепроницаемому покрытию делают этот соединитель лучшим выбором для наружной установки. Соединители QLI выпускаются в виде прямых или угловых вилок и розеток, фланцевых розеток с квадратным фланцем.

Компания Radiall поставляет соединители QLI и кабельные сборки, предварительно сконфигурированные или по заказу заказчика, для широкого спектра применений. Внешний вид соединителей QLI показан на рис. 3,

а их параметры представлены в таблице 1 [7, 8].

Соединитель 4.1/9.5 DIN (4.1/9.5)

Соединители 4.1/9.5, называемые также Mini DIN, были стандартизированы в 2007 году – стандарты IEC 60169-11 и MIL PRF 39012. Благодаря своим меньшим размерам и весу эти соединители стали популярными в 2010-х годах, заменив соединители 7/16 [3, 8].



Рис. 5. Соединители N: прямой кабельный (а), угловой кабельный (б), вывод энергии фланцевый (в), кабельные сборки с гибким кабелем (г) и с полужёстким кабелем (д)

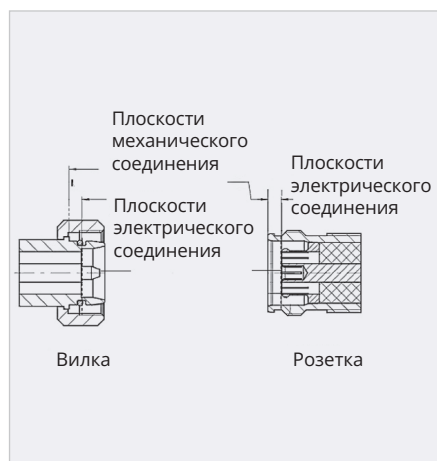


Рис. 6. Интерфейс соединителей 4.3/10

Конструктивно соединитель 4.1/9.5 аналогичен соединителю 7/16, но имеет существенно меньшие габаритные размеры (на 20%) и вес (на 50%) – рис. 4 [7, 8].

Внешний вид соединителей 4.1/9.5 показан на рис. 4 [3, 8].

Компания Radiall выпускает линейку соединителей серии 4.1/9.5 с низким уровнем интермодуляции и с параметрами, аналогичными параметрам соединителя 7/16 – табл. 1. Благодаря своей высокой коррозионной стойкости и уменьшенным размерам соединителя 4.1/9.5 применяют для внутренней и наружной установки в базовых станциях мобильной связи, в системах беспроводной связи, для распределительных антенных систем (DAS), обеспечивая более плотную компоновку систем.

Кабельные соединители 4.1/9.5 совместимы с кабелями различных производителей, их конструкция обеспечивает надёжную и простую установку кабеля.

Корпус соединителя изготовлен из латуни и покрыт сплавом «белая бронза». Центральный проводник выполнен из бериллиевой бронзы с серебряным покрытием. Изоляторы изготовлены из фторопласта.

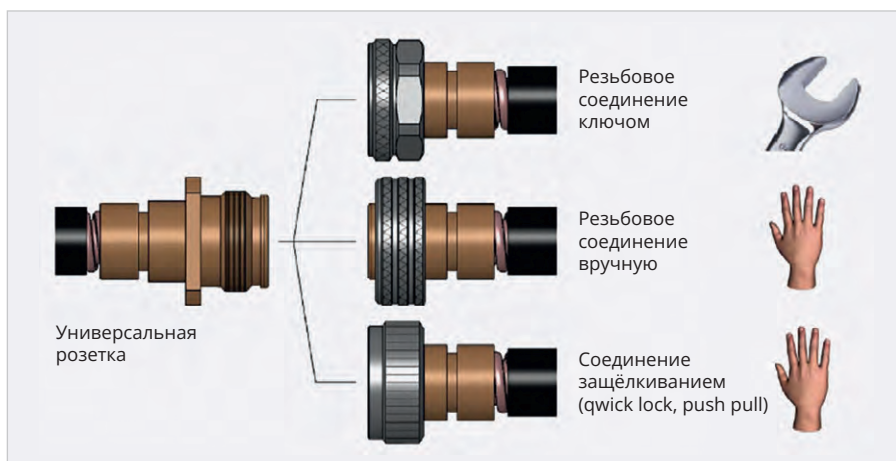


Рис. 7. Соединители 4.3/10 с разными механизмами сочленения розетки и вилки

Соединители N

Это один из самых распространённых радиочастотных соединителей, используемых сегодня во всем мире. Соединитель N с резьбовым соединением (резьба 58-24 UNEF) и внутренней прокладкой для защиты от внешних воздействий был разработан Полом Нейлом (Paul Neill) из компании Bell Labs (США) в 1942 году [10]. В этом соединителе была впервые реализована коаксиальная линия размерами 7/3,04 мм.

Соединитель N отличается прочностью, очень надёжным соединением и относительной дешевизной. Корпус соединителя изготовлен из пассивированной нержавеющей стали, а также из бериллиевой бронзы или латуни и обычно покрыт немагнитным сплавом BBR. Центральный проводник выполнен из упрочнённой бериллиевой бронзы и покрыт износостойким золотом. Изоляторы изготовлены из фторопласта.

Компания Radiall производит более 75 типоразмеров соединителей N, разбитых на 3 группы [3, 4, 9].

Кабельные соединители

Кабельные соединители N применяют с гибкими кабелями RG-316, RG-058, RG-142, RG-213, RG-214 или с аналогичными кабелями других

компаний, гофрированными кабелями, а также с полужёсткими кабелями RG-402 и RG-405. Монтаж гибкого кабеля в соединитель производят обжимом с деформацией. Разработана быстрая и надёжная система крепления, которую можно легко выполнить в полевых условиях с минимальным набором простых в использовании инструментов. Монтаж полужёсткого кабеля в соединитель производят пайкой.

Соединители с низким уровнем интермодуляции

Компания Radiall разработала соединители N специально для базовых станций. С этой целью:

- оптимизированы соединители для диапазона частот 900–1800 МГц (способны работать на частотах до 11 ГГц как стандартные соединители);
- достигнут уровень интермодуляции (–166) дБс;
- разработаны новые модели соединителей для гофрированных гибких кабелей с малыми потерями;
- применены немагнитные материалы и покрытия: серебро и «белая бронза»;
- предложена новая соединительная гайка вилки с 6 плоскостями (18 мм), обеспечивающая момент

закручивания (170 Н·см) при соединении с помощью динамометрического ключа;

- наружный проводник соединителя выполнен без прорезей.

Прецизионные соединители с верхней рабочей частотой применения 18 ГГц

Усовершенствования конструкции, выполненные Джулиусом Ботка (Julius Botka) из компании Hewlett-Packard, позволили увеличить частоту прецизионных соединителей с 11 до 18 ГГц [10]. Основное применение этих соединителей: усилители, направленные ответвители, измерители мощности, коаксиальные аттенуаторы, анализаторы спектра и прецизионное микроволновое испытательное оборудование [9]. Они имеют длительный срок службы и улучшенные электрические характеристики для применения в суровых условиях окружающей среды.

Прецизионные соединители совместимы со всеми соединителями типа N с волновым сопротивлением 50 Ом. Внешний вид соединителей N компании Radiall показан на рис. 5, а их параметры приведены в табл. 1.

Соединители 4.3 / 10

Потребность в надёжных соединителях меньшего размера, более лёгких и простых в установке, для замены соединителя 7/16 в беспроводном радиооборудовании и антеннах возникла в связи с необходимостью миниатюризации антенн и телекоммуникационного оборудования, повышения их компактности, уменьшения занимаемой площади и снижения уровня интермодуляционных искажений. Эта задача была решена совместными усилиями ведущих европейских компаний: Spinner, Telegärtner, Rosenberger и Huber+Suhner. В 2012 году была разработана серия соединителей 4.3/10, соответствующих международному стандарту IEC 60169-54 и требованиям экологической безопасности [2].

Соединители 4.3/10 приблизительно на 40% миниатюрнее и на 60% легче соединителей 7/16. Это достигнуто за счёт значительного уменьшения размеров коаксиальной линии соединителя 4.3/10. Важной конструктивной особенностью этих соединителей является разнесение плоскостей элек-

трического и механического контактирования – рис. 6 [11].

Кроме того, в отличие от осевого электрического контакта в соединителях 7/16 и 4.1/9.5, в соединителях 4.3/10 применён радиальный электрический контакт, который обеспечивает быструю и лёгкую установку и в меньшей степени зависит от ошибок оператора. Благодаря этому приблизительно на 80% уменьшен момент затягивания гайки вилки и стало возможным соединение вилки и розетки без применения динамометрического ключа [3, 4, 11, 12]. Предложенные конструктивные изменения позволили разработать три модификации вилки соединителя 4.3/10: с резьбовым соединением розетки и вилки при помощи динамометрического ключа (Screw type), с резьбовым соединением при закручивании вручную (Hand screw type) и с соединением защёлкиванием (Quick lock, push-pull type). При этом для всех конструктивных версий вилки используется одна универсальная розетка – рис. 7 [2].

Соединение защёлкиванием 4,3/10 позволяет поворачивать кабель во время монтажа, облегчая сложности при прокладке кабеля. Компания Radiall выпускает следующие соединители 4.3/10:

- кабельные вилки для гибкого и полужёсткого кабеля 0,141";
- фланцевые кабельные соединители с квадратным фланцем;
- вывод энергии с квадратным фланцем.

Фланцевый соединитель 4.3/10 может быть размещён на площади 1 квадратный дюйм (2,54×2,54 см²) [12].

Но главное достижение этой компании – защитное антикоррозионное покрытие N2PGR, которое обеспечивает работу соединителей в суровых условиях, когда они подвергаются воздействию высокой влажности, высоких температур и агрессивных газов.

Внешний вид соединителей 4.3/10 компании Radiall показан на рис. 8 [4], а их параметры приведены в табл. 1. Диапазон рабочих частот этих соединителей 0–6 ГГц, но в datasheet некоторых компаний указан диапазон 0–12 ГГц. Это означает, что верхняя частота применения близка к предельной теоретической частоте соединителей 4.3/10.

Электрические характеристики соединителей 4.3/10 не зависят от меха-



Рис. 8. Внешний вид соединителей 4.3/10 компании Radiall

нического соединения. Соединители, использующие осевой контакт, имеют слабое место: их механическая и электрическая плоскости связаны.

Поэтому для достижения оптимального электрического контакта необходимо обеспечить высокий механический контакт между сопрягаемыми соединителями. Если не будет приложено достаточное контактное давление, то это приведёт к образованию интермодуляционных искажений. Кроме того, обычное кольцевое уплотнение расположено в той же механической плоскости и требует большого крутящего момента для сжатия. В отличие от этого, соединители 4.3/10 разделяют механическую и электрическую опорные плоскости [3, 4, 11].

Соединители 4.3/10 применяют в приложениях 4G, 5G, малых сотах и распределённых антенных системах (DAS), а также в системах мобильного беспроводного оборудования [2, 12].

Соединитель NEX10

Конструктивные решения, осуществлённые в соединителях 4.3/10, стали основополагающими при создании в дальнейшем всё более миниатюрных аналогов этих соединителей. В связи с миниатюризацией оборудования сотовой и мобильной связи и повышением рабочего диапазона частот антенны и приёмники становились всё меньше, и для них требовалось применение радиочастотных соединителей всё меньших размеров.

Соединители 4.3/10 с предельной частотой 12 ГГц уже не всегда удовлетворяли этим требованиям как по диапазону частот, так и по габаритным размерам и массе. Поэтому спустя всего лишь 5 лет после создания соединителя 4.3/10 ведущие производители радиочастотных соединителей Rosenberger, Huber+Suhner и Radiall совместными усилиями разработали миниатюрные коаксиаль-



Рис. 9. Соединители NEX10: фланцевые соединители 4.3-10 (а) и NEX10 соединители (б)

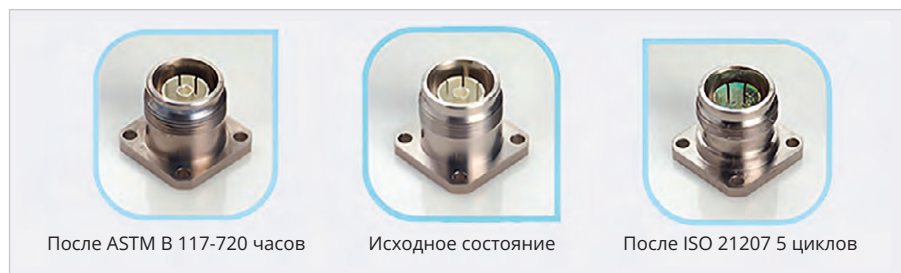


Рис. 10. Внешний вид соединителя 4.3/10 с покрытием NER²R до и после испытаний

ные соединители NEX10 с рабочим диапазоном частот 0–20 ГГц для применения в небольших сотовых сетях 4G и 5G [2, 11–13]. Созданы кабельные вилки соединителя NEX10 двух вариантов: с резьбовым соединением при помощи динамометрического ключа и с соединением защёлкиванием. Разработаны следующие модификации соединителей NEX10:

- кабельные вилки под полужёсткий кабель 0,141" и 1/4" – 3 модификации;
- кабельные розетки проходные (2) и панельные фланцевые (3) для полужёсткого кабеля марок 0,141" и 0,085";
- межсерийные адаптеры розетка и вилка NEX10 с соединителями N, 7/16, 4.3-10 и 3.5 mm [3, 4].

Соединители NEX10 показаны на рис. 9а [13]. Соединители NEX10 на 50% миниатюрнее, чем 4.3-10, размер фланцев соединителей этих типов соответственно равны 25,4 и 12,7×17,4 мм – рис. 9б [14].

Расстояние между соединителями NEX10 на 53% меньше, чем у 4.3-10, что обеспечивает высокую плотность размещения. Соединители NEX10 имеют класс защиты IP68. В местах с солёными брызгами или наледью он дополнительно защищён от непогодных условий с помощью уплотнителя.

Основные характеристики соединителей NEX10 приведены в табл. 1. Соединители NEX10 используют в установках datacom, включая небольшие ячейки (4G и 5G), архитектуру электро-

проводки зданий, MIMO и распределённые антенные системы (DAS) [13].

Покрывение NER²R

С 1977 года в компании Radiall изучали сплавы для нанесения покрытий, соответствующие жёстким требованиям суровых условий эксплуатации. Наиболее часто для соединителей применяют покрытие BBR («белая бронза» – медно-оловянно-цинковый сплав), которое выглядит как белое серебро. Оно было разработано для замены никелевого покрытия, так как обеспечивает лучшую проводимость, не обладает магнитными свойствами и не вызывает аллергии у операторов. Уровень интермодуляции при применении BBR так же низок, как и при нанесении серебряного покрытия. Устойчивость к коррозии и потускнению, а также высокая износостойкость являются важными экологическими характеристиками BBR. Это покрытие используют для наружного применения кабельных и панельных радиочастотных соединителей [3].

Однако оказалось, что широко применяемое покрытие «белой бронзой» имеет неудовлетворительный уровень коррозионной стойкости в условиях высокой коррозионной активности в течение длительного времени [15].

В августе 2016 года компания Radiall анонсировала инновационное решение – покрытие NER²R (NER²R – Harsh

Environment Protective Plating by Radiall) [15]. Это покрытие отвечает требованиям суровых условий работы соединителей, подверженных воздействию высокой влажности, высоких температур и агрессивных газов. Состав покрытия найти не удалось, по-видимому, это является ноу-хау компании Radiall.

Для проверки коррозионной стойкости соединителей с покрытием и без покрытия в результате воздействия соляного тумана при повышенной температуре используют стандарт ASTM B117. По стандарту ISO 21207 проводят ускоренные испытания на коррозионную стойкость, состоящие в попеременном воздействии вызывающих коррозию газов, опрыскивание нейтральным соевым раствором и просушивание. Покрытие должно выдерживать испытание, имитирующее суровые промышленные условия в течение 720 часов. Испытания по стандарту ISO 21207 имитируют 27-летнее воздействие тяжёлых дорожных условий или промышленной среды с загрязнением соляными брызгами. Стандарт ASTM B117 посвящён методу испытаний, который заключается в непрерывном испытании соевым аэрозолем при температуре 35±2°C при концентрации NaCl 5±1%.

Покрытие NER²R успешно выдержало указанные испытания, показав отсутствие коррозии и лишь незначительное изменение внешнего вида – рис. 10 [15].

Покрытие NER²R имеет следующие параметры:

- обеспечивает низкий уровень интермодуляции (–166 дБс для соединителей 4.3-10);
- не ухудшает КСВН соединителей;
- имеет высокую коррозионную стойкость;
- имеет высокую твёрдость, низкий коэффициент трения;
- не подвержено образованию трещин;
- немагнитно;
- обеспечивает хорошую паяемость;
- гипоаллергенно;
- не содержит цианидов и соответствует требованиям директивы RoHS.

Благодаря этим уникальным свойствам покрытие NER²R было признано в телекоммуникационной отрасли предпочтительным решением для нанесения на наружные соеди-

нителю, с акцентом на соединители 4.3-10 и 7/16, работающие в условиях высокой коррозионной активности в течение длительного периода времени. Для использования с другими соединителями, подверженными воздействию солевых брызг или агрессивных газов, требуется консультация с компанией Radiall.

Применение NER²R не ограничивается соединителями. Его также можно использовать на вышках сотовой связи, в оборудовании, используемом для морского бурения, пассажирских лодках и многом другом.

Заключение

Радиочастотные соединители имеют важное значение в обеспечении высокого качества передачи сигналов между базовыми станциями и удалёнными антеннами. Зарубежные компании постоянно работают в области создания новых и совершенствования ранее разработанных соединителей повышенной мощности.

К соединителям предъявляют всё более жёсткие требования по уровню интермодуляционных искажений и величине потерь, к габарит-

ным размерам и весу. Как показывает опыт, эффективность разработки соединителей для мобильной связи и антенных систем возрастает, если её выполняет консорциум нескольких ведущих компаний. Так, соединители 4.3/10 и NEX10 создавали компании Rosenberger, Huber+Suhner и Radiall. Работу в этой области зарубежные компании, несомненно, продолжат, и мы станем свидетелями новых уникальных разработок.

Литература

1. *Джуринский К.Б.* Современные радиочастотные соединители и помехоподавляющие фильтры / под ред. д.т.н. А.А. Борисова. СПб.: Изд-во ЗАО «Медиа Групп Файнстрит», 2014. 428 с.
2. *Кищинский А.А., Журинский К.Б.* Твердотельные усилители СВЧ-диапазона. Новые радиочастотные соединители. М.: ВАШ ФОРМАТ, 2022. 432 с.
3. Outdoor // URL: rfcomponents.ru/Radiall/7.pdf.
4. RF Connectors – RF Coaxial Connectors | Radiall // URL: <https://www.radiall.com>.
5. Low Intermodulation Connectors Radiall // URL: <https://www.radiall.com>.
6. RF Coaxial Connectors 7/16 Series – Radiall, PDF Catalogs // URL: pdf.directindustry.com.
7. QLI Connector // URL: [QLI Connector. radiall.com/media/QLI Web.pdf](https://www.radiall.com/media/QLI%20Web.pdf).
8. 4.1-9.5 / 4.3-10 / QLI / 7-16 – Radiall – PDF Catalogs // URL: pdf.medicaexpo.com.
9. Standard coaxial // URL: [icp-electronique.com/images/Image/dossier_pdf/N](https://www.icp-electronique.com/images/Image/dossier_pdf/N).
10. What is an RF Connector – Coaxicom Coaxial Components // URL: www.coaxicom.com.
11. What is so Special About the 4.3-10 Coaxial Connector? Pasternack Blog // URL: <https://blog.pasternack.com>.
12. Radiall NEX10 Coaxial Connectors and Adapters // URL: <https://www.radiall.com>.
13. What are NEX10 Connectors? By Amy Goetzman January 25, 2022 // URL: connectorsupplier.com.
14. 4.3-10 и NEX10® ВЧ соединители для современных антенно-фидерных трактов // 2019/05/ www.nkt.ru.
15. NER²R Plating Radiall // URL: <https://www.radiall.com>.





Комплексные Решения ЦОС

Системы ЦОС TORNADO-MTCA

Системы MicroTCA и модули AdvancedMC с ПЦОС-ARM-ПЛИС



- Телекоммуникация
- Радиомониторинг
- SDR, радиосвязь
- Радиолокация
- DPI, системы СОРМ
- Измерительные системы
- Запись РЧ-сигналов и потоков
- Интеллектуальные РЧ-джаммеры, РЭБ
- Обработка изображений и системы ИИ
- Распределенные системы ЦОС
- Промышленные и медицинские системы

TORNADO-MC/C6.1
Шасси MicroTCA
с 6-ю AMC модулями и
источником питания 650Вт

Компактность •
Модульная архитектура •
Агрегативный трафик 1.5Tbps •
Масштабируемость •
“Горячая” замена модулей •
Изолированные подсети и трафик •
Удаленный контроль и мониторинг •




TORNADO-A6678/FMC
AMC модуль ПЦОС+ПЛИС+FMC




TORNADO-AZU+/FMC+
AMC модуль ARM+ПЛИС+FMC+




TORNADO-AZ/FMC
AMC модуль ARM+ПЛИС+FMC




T/AX-DSFPX
AMC модуль SFP+ LAN/WAN

TORNADO-M инфраструктура MicroTCA
TORNADO-A модули AdvancedMC
TORNADO-F модули FMC/FMC+

WWW.MLABSYS.RU



СДЕЛАНО В РОССИИ

Сверхпроводимость при высоких температурах: реальность и фальсификации.

Часть 3. Афера Ранга Диаса

Виктор Алексеев

Почти три года молодой ассистент профессора из американского Рочестерского университета Ранга Диас дурачил мировую общественность рассказами о том, как он каждый год создавал новый сверхпроводник, работающий при комнатной температуре. Предлагаемые Диасом сверхпроводники, работающие при комнатной температуре, могли бы коренным образом изменить электронику, медицинскую диагностику, транспорт на магнитной подушке, мощную строительную технику и многое другое. Желание людей чудесным образом изменить жизнь к лучшему позволили Диасу обвести вокруг пальца не только опытных редакторов NATURE, PHYSICAL REVIEW LETTERS, CHEMICAL COMMUNICATIONS, опубликовавших его работы, но также «Национальный научный фонд США» (NSF) и «Министерство энергетики США» (DOE), финансировавшие эти «исследования». Сразу после первой публикации в Университет Рочестера стали поступать со всего мира обращения ведущих специалистов по сверхпроводимости, содержавшие опасения относительно научной достоверности работ Диаса. Только после официального письма «Национального инвестиционного фонда NSF» Университет Рочестера весной 2023 года начал детальное и кропотливое расследование научной деятельности Диаса. В результате было доказано, что Ранга Диас сфабриковал и сфальсифицировал данные о «сверхпроводимости» синтезированных им соединений во всех четырёх рассмотренных публикациях. По итогам расследования весной 2024 года был опубликован 124-страничный отчёт. Тщательность и скрупулёзность проведения расследования, а также эффективность использованных методов могут быть полезны в качестве примера выявления «подгонки» экспериментальных данных под желаемый результат.

История о «сверхпроводящем» углеродистом гидриде серы

В октябре 2020 года в 586 томе научного журнала Nature, который считается наиболее авторитетным в области физики, появилась статья под названием «Room-temperature superconductivity in a carbonaceous sulfur hydride» (Сверхпроводимость при комнатной температуре в углеродистом гидриде серы) [1]. Ниже в тексте эта статья упоминается как «Nature 586 CSH».

Авторский коллектив статьи, состоявший из 10 человек, возглавлял молодой доцент (Assistant Professor) из Университета Рочестера (Нью-Йорк, США) Ранга Диас (Ranga P. Dias – RPD). Именно он имел право внешних отношений

с редакцией и рецензентами, а также право переписки с читателями по электронной почте.

Два других зрелых автора – доктор Кит Лолер (Keith V. Lawler – KVL) и доцент Ашхан Саламат (Ashkan Salamat – AS) – представляли Университет Невады (Лас-Вегас, США). Мэтью Дебессай (Mathew Debossai – MD) – сотрудник корпорации Intel (Хилсборо, США).

Относительно вклада авторов в эту статью на сайте Nature в разделе Contributions сказано, что анализировали результаты измерений и писали статью три основных автора: AS, KVL и RPD. Техническую поддержку измерений температурной зависимости сопротивления и магнитной восприимчивости образцов осуществлял MD.

Остальные соавторы, которые являлись на тот момент аспирантами Ранга Диаса, готовящими свои PhD-диссертации, подготавливали необходимые компоненты, а также участвовали в синтезе и измерениях образцов.

В статье Nature 586 CSH утверждалось, что было обнаружено явление сверхпроводимости в «фотохимически преобразованной системе углеродсодержащего гидрида серы (Carbonaceous Sulfur Hydride – CSH)» с максимальной температурой сверхпроводящего перехода $287,7 \pm 1,2$ градусов Кельвина (около 15 градусов Цельсия), достигаемой при 267 ± 10 ГПа. Статья была красиво оформлена и снабжена множеством графиков, иллюстрирующих результаты экспериментов. Ниже приведены рисунки из этой статьи.

На рис. 1, взятом без изменений из работы Диаса [1], показаны зависимости электрического сопротивления CSH от температуры, на которых отчетливо видны сверхпроводящие переходы при температуре около 287 К.

Левая и правая вертикальные оси представляют шкалы сопротивления для двух разных экспериментальных серий, полученных в процессе нагревания или остывания образцов.

По существу, эта статья претендовала на установление нового рекордного уровня критической температуры сверхпроводимости ($+14^\circ\text{C}$). Поэтому статья вызвала огромный интерес, и её прочитали больше двух сотен тысяч раз, а процитировали около 600 раз. Однако, несмотря на многочисленные попытки, никто в мире, включая Михаила Еремца, который открыл сверхпроводимость в гидридах, так и не смог повторить в точности результаты группы Диаса из Рочестерского университета, поскольку методика синтеза CSH и процесс самого эксперимента были представлены в оригинальной статье лишь в общем виде, без описания конкретных деталей.

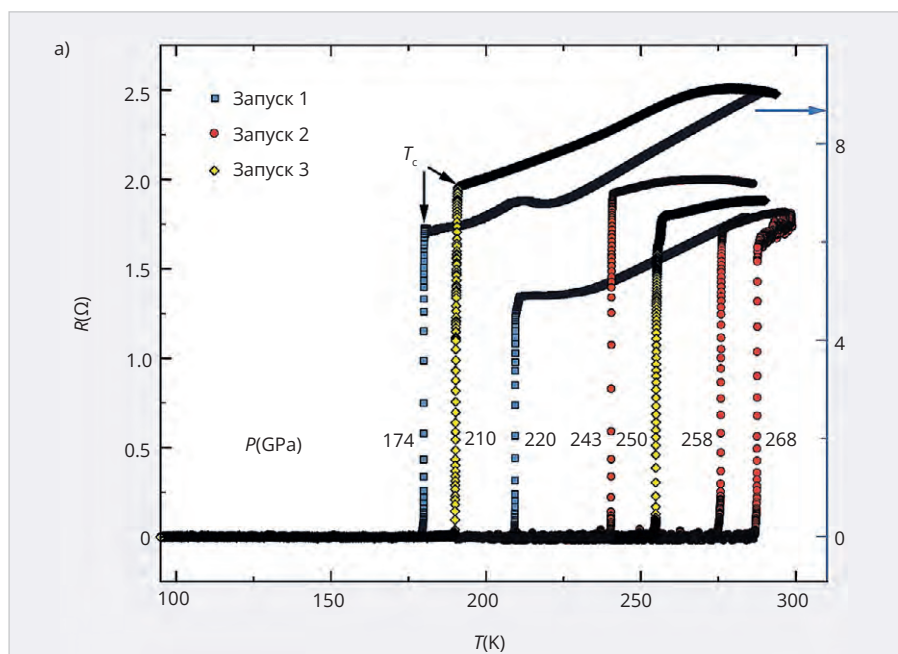


Рис. 1. Зависимость электрического сопротивления гидрида CSH от температуры при разных давлениях (174, 210, 220, 243, 250, 258, 267 ГПа) [1]

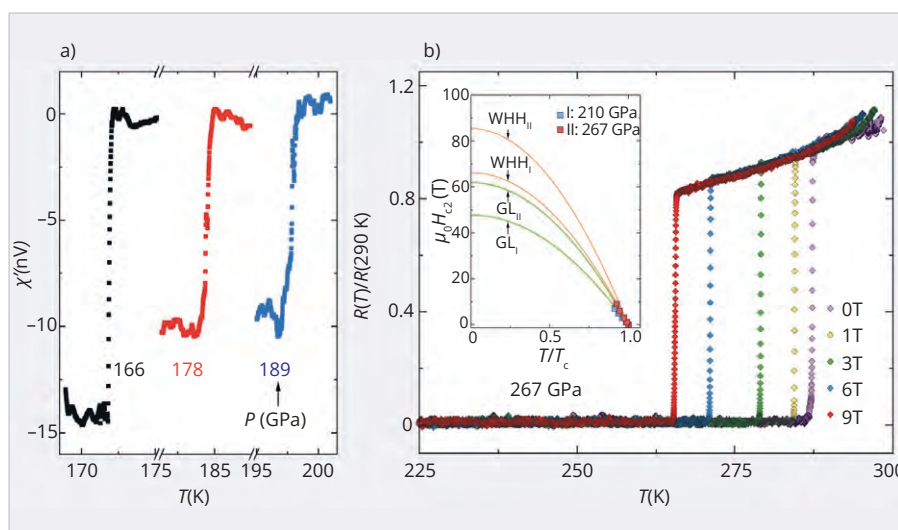


Рис. 2. а) зависимость магнитной восприимчивости CSH от температуры для давлений (166, 178, 189 ГПа), полученная методом ACMS; б) низкотемпературное электрическое сопротивление CSH при давлении 267 ГПа в магнитных полях H , равных: 0; 1; 3; 6; 9 Тл (возрастание справа налево) [1].

Для оценки важнейшего отличительного свойства сверхпроводников «эффекта Мейснера» Диас с сотрудниками использовали метод измерения магнитной восприимчивости χ в переменном магнитном поле (AC Magnetic Susceptibility – ACMS). Результаты этих измерений показаны на рис. 2 [1].

Согласно комментариям авторов, кривая 2 построена с учётом того, что «из данных вычтен фоновый сигнал, определённый на образце CSH при давлении 108 ГПа и температуре выше критической, при которой состояние сверхпроводимости пропадало естественным образом».

На рис. 2b показано изменение отношения $R(T)/R(290K)$ от температуры в магнитных полях с напряжённостью 0, 1, 3, 6, 9 Т при давлении 267 ГПа. Этот рисунок Диас использовал как доказательство сверхпроводимости CSH в магнитных полях различной напряжённости. На вставке рис. 2b показана зависимость верхнего значения критического поля от температуры 210 ГПа и 267 ГПа для вариантов, соответствующих моделям «Гинзбурга – Ландау (GL)» и «Вертхамера – Хельфанда – Хоэнберга (WHH)». Максимальное значение поля при давлении 210 ГПа составляло примерно 7 Тл.

Кроме публикации статьи в Nature 586 Диас зарегистрировал в 2020 году фирму «Unearthly Materials» [2].

Два основных соавтора Диаса в отмеченной выше статье [1] также упоминаются в некоторых документах как сотрудники этой фирмы. Ашхан Саламат был исполнительным директором фирмы вплоть до 2023 года. Кит Лолер занимался маркетингом и рекламой. Основными направлениями деятельности этой фирмы были коммерческие разработки сверхпроводников, работающих при комнатной температуре.

Естественно, результаты группы Диаса вызвали огромное количество вопросов и комментариев. Рассмотреть все из них в данной статье не представляется возможным. Ниже приведены в общих чертах только те критические замечания, которые были признаны наиболее значимыми в научном мире.

Прежде всего, непонятно было, какие именно данные приведены на графиках Диаса. В тексте статьи можно найти одну-единственную фразу, поясняющую этот крайне важный момент: «The background signal, determined from a non-superconducting C–S–H sample at 108 GPa, has been subtracted from the data (Фоновый сигнал, полученный для несверхпроводящего образца при 108 ГПа, был вычтен из данных)» [1].

Первым заметил «странность» графиков в статье Диаса [1] профессор Джорж Хирш из калифорнийского университета (Jorge E. Hirsh – University of California). Позже, описывая хронологию событий [3], он отметил, что ещё 12 декабря 2020 года, в соответствии с правилами журнала Nature, он попросил Ранга Диаса пояснить, что конкретно подразумевалось под терминами «Background Signal» и «Data». Как именно была реализована процедура удаления фонового сигнала «Subtracted». Кроме того, Хирш запросил стандартный набор экспериментальных данных, используемых во всех лабораториях мира, а именно «Raw Data» – необработанные данные – и «Background Signal» – фоновые показания измерительного оборудования.

Вместе с профессором физики Фрэнком Марсильо (Frank Marsiglio – University of Alberta) Джорж Хирш разместил в августе 2021 года в Nature статью [4] с критикой зависимостей сопротивления и магнитной восприимчивости от температуры, приведённых в статье [1]. Так, например, они

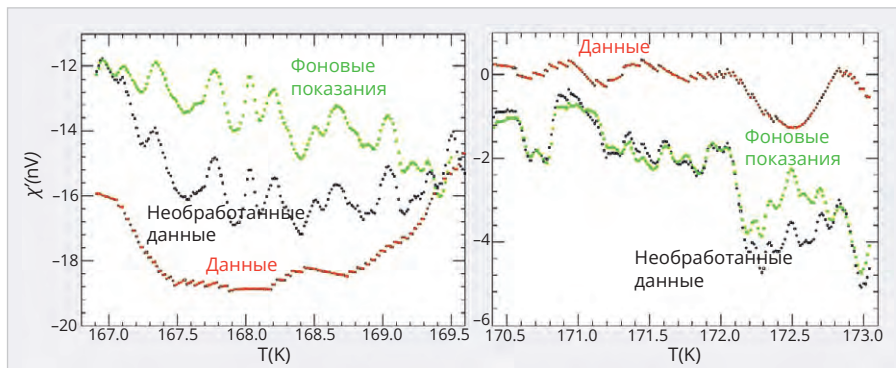


Рис. 3. [8] Кривая зависимости магнитной восприимчивости от температуры для давления 160 ГПа, восстановленная по данным, приведённым в [1] и [2]; (Данные = Исходные данные – Фон)

отметили, что крайне сомнительным выглядело то, что ширина сверхпроводящих переходов не менялась в зависимости от приложенного магнитного поля, что никогда ранее не наблюдалось для класса гидридных сверхпроводников. Кроме того, они отметили аномальную резкость переходов кривых, как в отсутствие, так и особенно в присутствии приложенных магнитных полей.

Этот момент также разительно отличался от уже известных экспериментальных данных по другим сверхпроводниковым гидридам, а также не поддавался описанию с помощью известных теоретических моделей. Хирш и Марсильо подчеркнули, что наличие градиентов давления, в принципе, должно уширять резистивный переход, что не наблюдается в данных, представленных в статье Nature 586 CSN.

Особенно авторы подчеркивали, что необходимо в очередной раз потребовать от Диаса предоставить научной общественности первичные необработанные данные.

Изложенные в этой статье вопросы и критические замечания профессор Хирш направил по электронной почте в Университет Рочестера в августе и повторно в ноябре 2021 года. Далее эти претензии будут упоминаться как «First Complaint». В связи с этим обвинением Университет Рочестера инициировал внутреннее расследование «Inquiry #1».

После долгих переписок Диас и один из его постоянных соавторов, партнёр по бизнесу Ашхан Саламат (Ashkan Salamat), опубликовали в декабре 2021 года препринт, в котором «Raw Data» были представлены в форме таблиц, соответствующих разным давлениям.

В этом препринте Диас и Саламат совершенно иначе, чем они утверж-

дали ранее в оригинальной статье [1], описали методику учёта фона.

Методика основана на так называемом «User Defined Background – UDB» (фон, определяемый самим пользователем). Смысл этого нового метода авторы так полностью и не раскрыли, ссылаясь на условия неразглашения патентной тайны. Подробнее об этом будет сказано ниже.

В 2024 году этот препринт был снят с публикации. В редакционных комментариях при этом было дословно сказано: «Это опровержение связано с недавним расследованием, проведённым Университетом Рочестера, результаты которого непосредственно влияют на представленные данные и метод учёта фона» [5].

Между тем дискуссия между Хиршем и Диасом продолжалась. В декабре 2021 года Хирш опубликовал препринт [6] с предварительными результатами математического анализа «необработанных» данных, которые Диас представил в работе [5].

В конце августа 2022 года профессор Джорж Хирш вместе с другим профессором из Университета Женевы Дирк ван дер Марелем (Dirk van der Marel) опубликовали на сайте arXiv «расширенные комментарии» к статье Диаса Nature 586, 373, 2020» [7]. Не вдаваясь в подробности, отметим, что в этой работе авторы надёжно обосновывают на 22 страницах текста, снабжённых 30 иллюстрациями, несостоятельность доказательств Ранго Диаса, приведённых в Nature 586, о сверхпроводимости CSN.

Позже уточнённый и расширенный вариант этой работы, в который вошли и результаты препринта Хирша, были опубликованы в журнале «International Journal of Modern Physics B» [8].

Прежде всего, нужно отметить, что Диас нигде абсолютно точно и одно-

значно не определяет, что именно за фон и первичные данные показаны в табличном виде [5]. Он просто вводит без дополнительного объяснения такие, например, термины, как «Measured Voltage», «Random Noise», «Background Signal», «Superconducting Signal», «Raw Data». В своей статье Хирш и Марель проанализировали три возможных варианта использования данных из препринта [5] для проверки научной достоверности кривых температурной зависимости магнитной восприимчивости, приведённых в [1].

В одном варианте, который предлагал Диас, использовался разработанный им метод «User Defined Background – UDB». В другом случае можно было воспользоваться традиционным вариантом, когда на первом этапе предлагается определить по табличным данным [5] «измеренное значение» ($\chi_{mv}(T)$ Measured Voltage) и «фоновый сигнал» ($\chi_{bg}(T)$ Background Signal), включающие «случайный шум» (Random Noise). Затем вычислить «сигнал сверхпроводимости» ($\chi_{sc}(T)$ superconducting signal) по формуле:

$$\chi_{sc}(T) = \chi_{mv}(T) - \chi_{bg}(T). \quad (1)$$

На рис. 3 показана кривая зависимости магнитной восприимчивости от температуры для давления 160 ГПа, восстановленная по данным, приведённым в [1] и [2].

Больше всего нареканий вызывает кривая фона (Background). Как отмечено в статье [1], эти данные были получены для одного и того же образца, но при давлении 108 ГПа. Тогда возникает вопрос, почему на всей шкале фон $\chi_{bg}(T)$ достаточно хорошо коррелирует с необработанными данными $\chi_{mv}(T)$ и какова природа этого фона? Почему фон значительно больше в необработанных данных [5], чем в данных, опубликованных в [1]?

Третий вариант оценки достоверности графиков в работе [1] заключался в аппроксимации этих кривых и дальнейшем их математическом анализе. Хирш и Марель показали, что кривую зависимости магнитной восприимчивости от температуры для давления 160 ГПа, приведённую в статье [1], можно достаточно точно аппроксимировать с помощью функции:

$$\chi_{sc}(T) = q(T) + P(T), \quad (2)$$

где: $q(T)$ «квантованная компонента», определяемая как $0,16555xN$ с целыми числами « N »; $P(T)$ определяется функцией кубического сплайна с 15 узлами,

имеющими естественные граничные условия в двух экстремальных точках.

На рис. 4 [8] показана кривая аппроксимации зависимости магнитной восприимчивости от температуры [1], реализованной с помощью составной функции (2).

Кривые на рис. 4 ясно показывают, что опубликованные Диасом якобы «необработанные данные» [5] свидетельствуют об их полной несовместимости с графиками, приведёнными в оригинальной работе [1].

Корреляционный анализ кривых, представленных на рис. 1, 2, 3 и 4, показал следующее.

- Корреляция между «сверхпроводящим сигналом» [1] и «фоновым сигналом» [5] отсутствует.
- Существует корреляция между «измеренным напряжением» [5] и «фоновым сигналом» [5].
- График «измеренного напряжения» [5] содержит те же самые сопутствующие частоты, что и «сверхпроводящий сигнал» [1].
- «Сверхпроводящий сигнал» [1] является фальсификацией, полученной путём нанесения точек на график плавной функции.
- «Измеренное напряжение» [5] не является первичным результатом показаний измерительного оборудования, а получено путём добавления «фоновых сигналов» к «сверхпроводящему сигналу» [1].
- «Фоновый сигнал» получен методом UDB, который является коммерческой тайной авторов работы [5].

Не найдя лучших аргументов для оспаривания изложенных выше результатов анализа работы [5], Диас и Саламат разместили на сайте arXiv препринт, в котором просто обвинили Хирша и Мареля в некомпетентности [7]. Эта публикация продержалась чуть больше месяца и была снята администрацией сайта с пометкой «из-за подстрекательского содержания и непрофессиональных выражений».

Это не смутило Диаса и Саламата, и они продолжали активно защищать свою позицию. В конце июля 2021 года Ранга Диас и Ашхан Саламат подали патентную заявку (Publication Number 20230371403), в которой они выступили в качестве единственных изобретателей (Inventors). В качестве правопреемников патента (Assignee) были обозначены Рочестерский университет, а также «Попечительский совет Невады» (Board of Regents NSHE), кото-

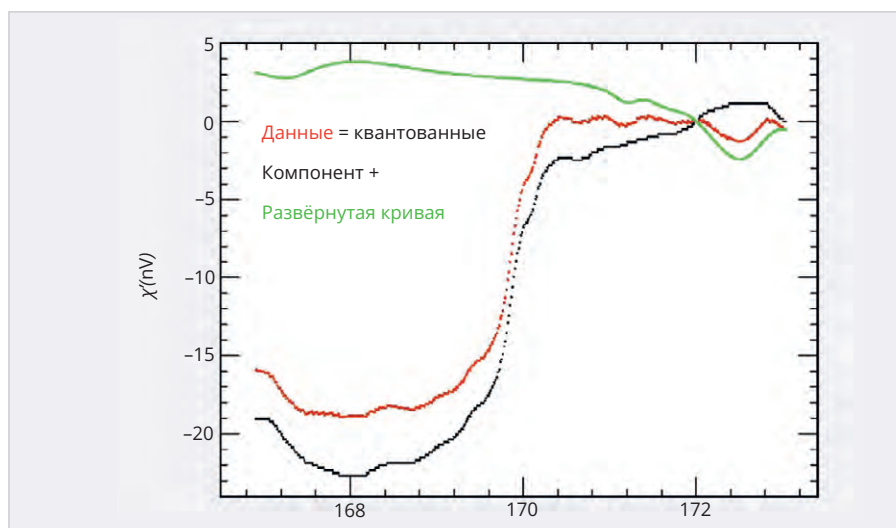


Рис. 4. Аппроксимация зависимости магнитной восприимчивости от температуры с помощью составной функции (2) [8]

рый управляет всей системой высшего образования штата Невада [10, 11]. Базовой научной публикацией в этой заявке являлась статья в Nature 586 [1].

В 2021 году Ранга Диас был признан лидером в области наиболее значимых инновационных решений в списке самых влиятельных людей, составляемом американским новостным журналом «Time» [12].

Учитывая обещанный Диасом переворот во многих областях науки и техники, Национальный научный фонд США (NSF) предоставил Диасу в 2021 году грант на исследования сверхпроводников в размере 790 000 долларов (NSF, DMR-1809649).

Меньшие по размеру гранты получили также другие соавторы: Ashkan Salamat NSF, DMR-1904694; Ashkan Salamat DOE (Department of Energy), DE-SC0020303; Gilbert Collins DOE, DE-SC0020340; University of Rochester, DOE DE-NA0003898.

В 2021 году Ранга Диас и Ашхан Саламат вместе с другими соавторами (Dylan Durkee, Nathan Dasenbrock-Gammon, G. Alexander Smith, Elliot Snider, Dean Smith, Christian Childs, Simon A. J. Kimber, Keith V. Lawler) опубликовали в журнале «Physical Review Letters (PRL), 130» статью, в которой утверждали, что экспериментально наблюдали обратимый переход от изолятора к металлу и обратно в соединении MnS_2 при давлении 12 ГПа, который сопровождался скачком сопротивления амплитудой около 1 ГОм [13]. В ходе расследования истории с этой статьей было установлено, что Диас взял данные об электрическом сопротивлении тетраселенида германия из своей докторской диссертации

и выдал эти данные за MnS_2 . В 2023 году статья была опровергнута и отозвана (RETRACTION). Основанием для этого явилось решение независимых экспертов, свидетельствовавшее о недостаточной обоснованности экспериментальных данных измерений при давлениях 13, 16 и 26 ГПа [14]. Все перечисленные авторы, за исключением Диаса, официально отказались от этой статьи.

Главный редактор журнала «Physica C: Superconductivity and its Applications» профессор Женевского Университета Дирк ван дер Марель направил в январе 2022 года по электронной почте декану факультета по исследованиям Университета Рочестера официальное письмо с обоснованными претензиями к статье Диаса. В этом письме он приводил отмеченные выше факты фальсификации в статье, опубликованной в журнале Nature 586.

Поскольку Университет Рочестера хранил молчание, Джордж Хирш подал новую жалобу, в которой приводил дополнительные доказательства фальсификации результатов в статье Диаса. Не дождавшись ответа, он повторил свою жалобу через месяц. В результате Университет Рочестера организовал два новых расследования, получивших в официальных документах названия «Inquiry #2» и «Inquiry #2a».

Учитывая реакцию Диаса и его коллег, Марель, со своей стороны, подал в Университет Рочестера ещё один запрос (Inquiry #3) с просьбой о проведении расследования противоправных действий Ранга Диаса.

На запросы профессоров Джорджа Хирша и Ван дер Мареля Университет Рочестера отреагировал стран-

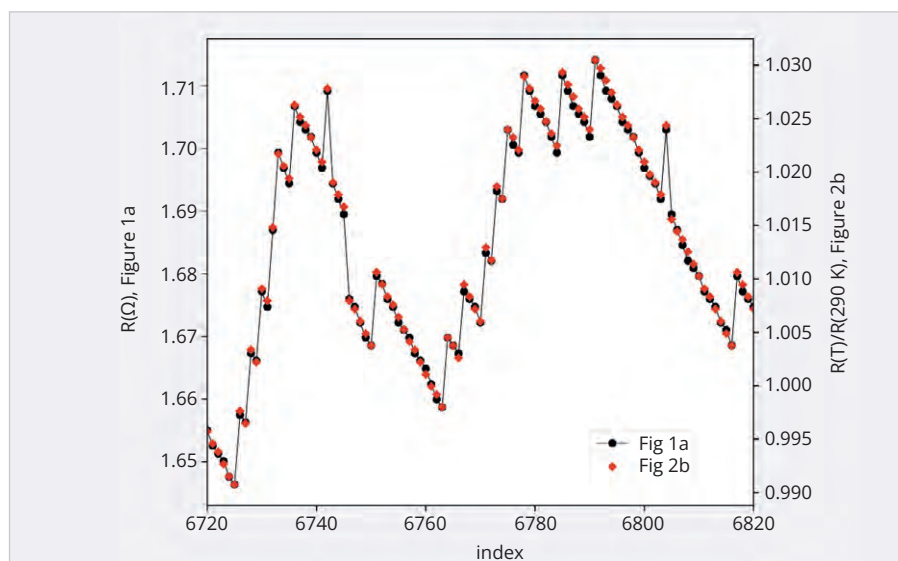


Рис. 5. Реконструированные данные для давления 267 ГПа, полученные на основе оцифровки кривых рис. 1 и рис. 2b в узком диапазоне температур от 291,7 до 291,8 К [21]

ным образом. Смысл обобщённого ответа чиновников университета по всем трём жалобам заключался в том, что: «...в ходе проведённых мероприятий не было обнаружено никаких доказательств неправильного проведения экспериментов, а также фактов фальсификации результатов исследований новых сверхпроводящих гидридов, описанных в статье Nature 586 [1]. Поэтому в рассмотренных запросах не обнаружено никаких достоверных доказательств, стимулирующих дальнейшие расследования неправомерных действий Ранга Диаса».

В 2022 году Ранга Диас, почувствовав опасность разоблачения, напечатал в журнале «Chemical Communications» статью о «новых результатах экспериментов», подтверждающих сверхпроводимость в пресловутом гидриде серы (CSH). Эффект «сверхпроводимости» ему якобы удалось получить при температуре 191 К и давлении ниже 100 ГПа. Новым, по сравнению с ранее опубликованной статьей в Nature 586, стал вывод о том, что критическая температура и давление зависят от содержания углерода в образце [15].

Когда стала появляться информация о ненадёжности данных, публикуемых Диасом, редакция журнала организовала экспертизу этой статьи. Не вдаваясь в подробности, отметим только то, что Диас использовал те же самые методы, что и в первой публикации о CSH [1]. Он попросту фальсифицировал данные измерений зависимости сопротивления и магнитной восприимчивости от температуры. Когда

спустя год эта ложь и фальсификации были доказаны, все члены авторского коллектива статьи, за исключением самого Диаса, подписали официальное письмо в редакцию журнала с отказом от опубликованных данных. В результате статья была опровергнута и отозвана [16].

Тем временем в Интернете и в различных мировых научных изданиях стали появляться публикации, выражающие сомнения в научной достоверности данных, приведённых в статье о сверхпроводимости CSH [1].

Поэтому редакция журнала Nature направила запрос независимым рецензентам с просьбой оценки научной достоверности и правомерности результатов экспериментов с CSH, приведённых в статье Диаса [1]. В своих отчётах рецензенты подтвердили наличие фактов фальсификации Ранга Диасом результатов экспериментов по сверхпроводимости CSH [5].

В это время независимая «Группа новостей журнала Nature» попросила пять специалистов по сверхпроводимости просмотреть ключевую информацию по статьям Диаса, а также отчёты рецензентов.

Все пятеро заявили, что документы вызывают серьёзные вопросы относительно достоверности результатов и целостности данных.

Мало того, вскрылись факты плагиата в диссертации Диаса (PhD), которую он защитил в 2013 г. в Университете Штата Вашингтон (WSU). В своей диссертации Диас, не ссылаясь на первоисточник, просто переписал целые

страницы из диссертации Джеймса Хэмлина [17].

В конце мая 2022 Джеймс Хэмлин (James Hamlin, Associate Professor, University of Florida) направил журналу Nature официальное письмо с выражением обеспокоенности результатами измерений, приведёнными в Nature 586 [1]. Крайне интригующе выглядит тот факт, что ситуация с Диасом и его аспирантами была очень похожа на то, что случилось с самим Джеймсом Хэмлином. Защитив диссертацию (PhD) в 2007 г., он продолжал заниматься сверхпроводимостью при сверхвысоких давлениях, принимая участие в ряде проводимых тогда экспериментов. Поэтому он был включён в состав авторского коллектива статьи, в которой описывались результаты по сверхпроводимости металлического европия при низких температурах и высоких давлениях. Статья была опубликована в 2009 году в журнале Physical Review Letters [18]. Руководителем работ и ответственным за публикацию был доктор Дебессай (M. Debessai), который обрабатывал полученные Хэмлином данные, а также писал статью и был ответственным исполнителем за контакты с критиками и редакцией. В результате очень длительной процедуры доказательств эта статья Дебессай была признана сфабрикованной и опровергнута.

В 2020 году Хэмлин по просьбе Хирша исследовал свою старую статью [18]. Поскольку он был соавтором и проводил эксперименты, то имел возможность проанализировать все первичные данные и результаты, представленные в этой публикации. В результате он понял, как именно Дебессай сфабриковал результаты, представленные в статье [18].

Однако для того чтобы выполнить просьбу Джоджа Хирша об экспертизе результатов Диаса в статье [1], ему нужны были реальные исходные необработанные данные, которые Диас так никому и не предоставил. Не имея доступа к необработанным данным, Хэмлин разработал методику и программное приложение, позволяющие восстанавливать первоначальные точки, по которым были построены графики [19, 20].

Этот метод [21] позволил Хэмлину получить первоначальную структуру экспериментальной зависимости электрического сопротивления CSH от

температуры, опубликованную в статье Диаса. Используя разработанный им метод, Хэмлин разложил кривые, показанные на рис. 1 и 2 [1]. При этом он получил примерно 40 000 точек данных температурной зависимости сопротивления из CSH и около 30 000 точек для кривых, приведённых на рисунках 1 и 2 соответственно.

На рис. 5 показаны реконструированные данные для давления 267 ГПа, полученные на основе оцифровки кривых рис. 1 и рис. 2b в узком диапазоне температур от 291,7 до 291,8 градусов Кельвина. Масштабы левой и правой осей ординат были скорректированы для выравнивания двух наборов данных. На рис 2b значения температуры округлены с шагом около 17 мК, а значения R(T) = R(290 K) – с шагом 0,0004.

Известно, что все необработанные данные, собранные с помощью современного цифрового оборудования, всегда имеют дискретный характер с отсчётами показаний за определённый момент времени. Аналоговые самописцы дают непрерывную линию значений контролируемого параметра.

Восстановленные данные на рис. 5 вместо этого показывают плавно меняющийся сигнал, прерываемый дискретными скачками. Таким образом, в одном температурном интервале отчётливо просматриваются как минимум две структуры сигналов с разной цифровой точностью.

Опубликованные Диасом данные о температурной зависимости сопротивления CSH на самом деле представляют собой сумму сглаженной функции и ступенчатой функции, что подтверждает выводы Хирша и Мареля. Измеренные экспериментальные данные могут показывать этапы оцифровки, но они в принципе не могут лежать на плавно меняющемся фоне. Приведённые результаты показывают, что кривые на рис. 1 и рис 2b были явно сфабрикованы.

Неопровержимым доказательством подлинности научного открытия является полное повторение его результатов в других ведущих лабораториях мира и одобрение этих результатов научным сообществом. Со статьёй Диаса всё обстояло как раз наоборот. В течение 2021–2022 гг. редакция Nature получала со всего мира многочисленные вопросы от читателей, выражающих сомнение в подлинности «необработанных данных», результатов по магнитной восприимчиво-

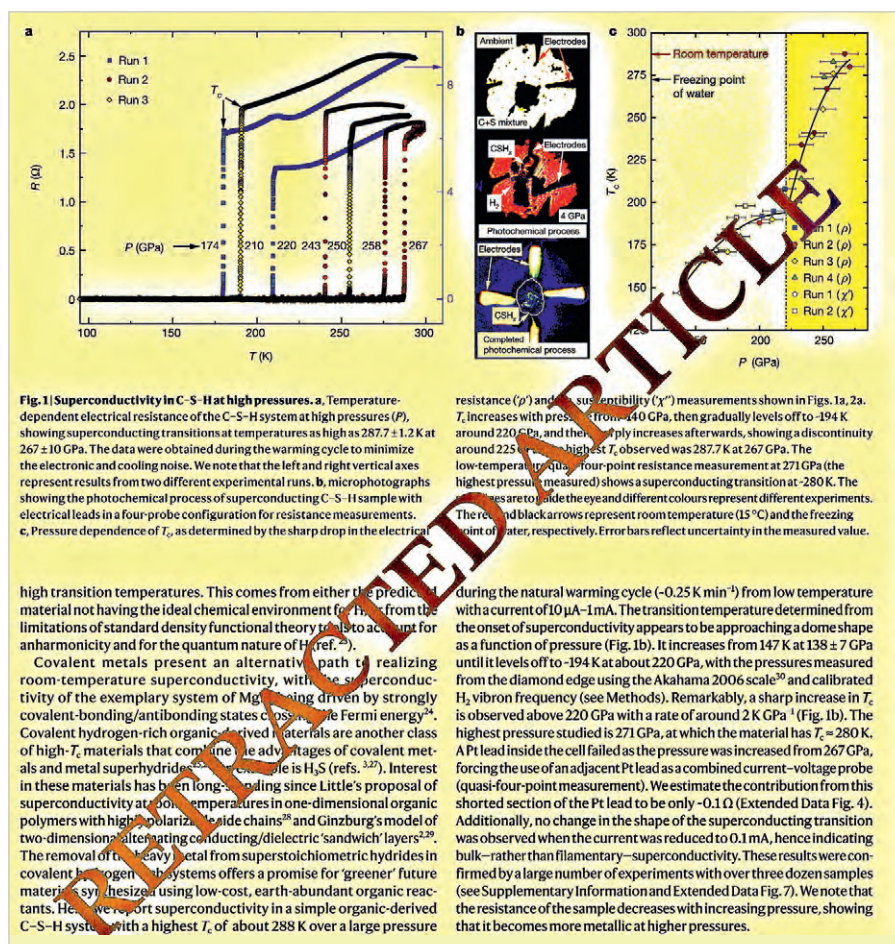


Fig. 1 Superconductivity in C-S-H at high pressures. a, Temperature-dependent electrical resistance of the C-S-H system at high pressures (P), showing superconducting transitions at temperatures as high as 287.7 ± 1.2 K at 267 ± 10 GPa. The data were obtained during the warming cycle to minimize the electronic and cooling noise. We note that the left and right vertical axes represent results from two different experimental runs. b, microphotographs showing the photochemical process of superconducting C-S-H sample with electrical leads in a four-probe configuration for resistance measurements. c, Pressure dependence of T_c , as determined by the sharp drop in the electrical

resistance (ρ) and magnetic susceptibility (χ'') measurements shown in Figs. 1a, 2a. T_c increases with pressure from ~140 GPa, then gradually levels off to ~194 K around 220 GPa, and then sharply increases afterwards, showing a discontinuity around 225 GPa. The highest T_c observed was 287.7 K at 267 GPa. The low-temperature (T_c) four-point resistance measurement at 271 GPa (the highest pressure measured) shows a superconducting transition at ~280 K. The red and blue arrows are to guide the eye and different colours represent different experiments. The red and black arrows represent room temperature (15 °C) and the freezing point of water, respectively. Error bars reflect uncertainty in the measured value.

high transition temperatures. This comes from either the predicted material not having the ideal chemical environment for H_2 , from the limitations of standard density functional theory (DFT) to account for anharmonicity and for the quantum nature of H_2 (ref. 23). Covalent metals present an alternative path to realizing room-temperature superconductivity, with the superconductivity of the exemplary system of MgB₂ being driven by strongly covalent-bonding/antibonding states crossing the Fermi energy²⁴. Covalent hydrogen-rich organic-derived materials are another class of high- T_c materials that combine the advantages of covalent metals and metal superhydrides^{25,26}. One example is H₃S (refs. 3,27). Interest in these materials has been longstanding since Little's proposal of superconductivity at room temperatures in one-dimensional organic polymers with high spin polarization²⁸ and Ginzburg's model of two-dimensional alternating conducting/dielectric 'sandwich' layers²⁹. The removal of the heavy metal from superstoichiometric hydrides in covalent hydrogen-rich systems offers a promise for 'greener' future materials synthesis using low-cost, earth-abundant organic reactants. Here we report superconductivity in a simple organic-derived C-S-H system with a highest T_c of about 288 K over a large pressure

during the natural warming cycle (~0.25 K min⁻¹) from low temperature with a current of 10 μA–1 mA. The transition temperature determined from the onset of superconductivity appears to be approaching a dome shape as a function of pressure (Fig. 1b). It increases from 147 K at 138 ± 7 GPa until it levels off to ~194 K at about 220 GPa, with the pressures measured from the diamond edge using the Akahama 2006 scale³⁰ and calibrated H₂ vibron frequency (see Methods). Remarkably, a sharp increase in T_c is observed above 220 GPa with a rate of around 2 K GPa⁻¹ (Fig. 1b). The highest pressure studied is 271 GPa, at which the material has $T_c = 280$ K. A Pt lead inside the cell failed as the pressure was increased from 267 GPa, forcing the use of an adjacent Pt lead as a combined current–voltage probe (quasi-four-point measurement). We estimate the contribution from this shortened section of the Pt lead to be only ~0.1 Ω (Extended Data Fig. 4). Additionally, no change in the shape of the superconducting transition was observed when the current was reduced to 0.1 mA, hence indicating bulk—rather than filamentary—superconductivity. These results were confirmed by a large number of experiments with over three dozen samples (see Supplementary Information and Extended Data Fig. 7). We note that the resistance of the sample decreases with increasing pressure, showing that it becomes more metallic at higher pressures.

Рис. 6. Редакция журнала Nature отозвала статью Диаса (CSH) в сентябре 2022 года, с пометкой: «Читателям рекомендуется проявлять осторожность при использовании результатов, представленных в этом документе»

сти, а также зависимости удельного сопротивления от температуры, опубликованные в статье Диаса.

Трезво оценив сложившуюся ситуацию, а также учитывая то, что ни одна из известных лабораторий в мире в течение двух лет не смогла повторить результаты работы Диаса, редакция журнала Nature отозвала статью Диаса (CSH) в сентябре 2022 года. При этом в редакционных комментариях было отмечено: «Читателям рекомендуется проявлять осторожность при использовании результатов, представленных в этом документе» (рис. 6) [22].

Между тем инвестиционный фонд NSF, спонсировавший исследования Диаса, решил выяснить, куда были израсходованы выделенные средства, и направил 16 марта 2023 года Университету Рочестера официальное письмо.

В этом документе NSF поручил Университету Рочестера изучить всю доступную информацию, касающуюся публикаций, патентов, докладов и выступлений группы Ранга Диаса за последние три года, включая пер-

вичные данные измерений, рабочие тетради аспирантов, черновики рукописей, компьютерные файлы, а также опросить всех без исключения отдельных лиц, которые могут иметь отношение к этим исследованиям. В течение нескольких недель вице-президенту по исследованиям в Университете Рочестера Стивен Дьюхерст организовал «Комиссию по расследованию – КР» (Investigation Committee), состоявшую из независимых от какой-либо связи с университетом и группой Диаса известных учёных, в которую вошли Мариус Милло, Питер Сельбер (Ливерморская национальная лаборатория Лоуренса), Маркус Кнудсон (Национальная лаборатория Сандия в Альбукерке, Нью-Мексико).

Расследование было закончено в конце февраля 2024 года. Несмотря на то что расследование было конфиденциальным, редакция журнала Nature по предварительному согласованию с заинтересованными сторонами опубликовала на своих страницах его результаты в начале апреля 2024 года [23]. В проводимых материалах

этой статьи приведена ссылка на страничку, где в свободном доступе можно скачать полный 124-страничный текст отчёта Университета Рочестера о научной деятельности Ранга Диаса [24].

Комиссия КР учла все замечания, пожелания и публикации, рассмотренные выше. Кроме того, комиссия привлекла к расследованию и опросила сотрудников, аспирантов и коллег Ранга Диаса.

Рассмотрев все имеющиеся исходные материалы, КР определила, что за те нарушения, которые были выявлены в опубликованных в открытой печати статьях и патентах, единственным юридически ответственным лицом признан Ранга Диас, далее упоминаемый в тексте как «ответчик».

После того, как только история с фальсификацией результатов измерений CSH в статьях Диаса получила официальную огласку, независимая команда новостей журнала Nature организовала своё собственное расследование, результаты которого были учтены комиссией КР. Аспиранты, когда поняли, насколько цинично их обманывал Диас, начали активно сотрудничать с комиссией КР в 2023 году. Они отметили три важных момента. Во-первых, аспиранты выполняли чисто техническую работу по синтезу образцов и измерению некоторых параметров образцов CSH. Во-вторых, результаты обрабатывал и интерпретировал исключительно сам Ранга Диас. В-третьих, в процессе экспериментов они не наблюдали каких-либо выраженных признаков сверхпроводимости и не обсуждали эти вопросы с Диасом.

Поэтому аспиранты были буквально шокированы, когда получили от Диаса рукопись статьи, в которой сообщалось об открытии сверхпроводимости в углеродистом гидриде CSH при комнатной температуре. Архив электронных писем однозначно указывает на то, что Диас разослал черновик в 17:13 и отправил статью в журнал Nature в 20:26 в тот же вечер 21 июля 2020 года.

Таким образом, у молодых соавторов Диаса просто не было времени проанализировать данные, приведённые в статье. В результате чего они вынуждены были подчиниться своему руководителю. Кроме того, они реально боялись ссоры с Диасом, от которого во многом зависела их дальнейшая научная карьера.

В ходе расследования были тщательно проанализированы все результаты,

опубликованные Ранго Диасом в работах [1, 13, 15, 25, 26, 28, 30, 31]. Во всех рассмотренных работах были установлены факты фальсификации и фабрикация результатов экспериментов.

Новый вымышленный сверхпроводник на основе гидрида лютеция

Несмотря на опровержение статьи о сверхпроводимости CSH в журнале Nature 586, Диас не терял бодрости духа и отослал в апреле 2022 года в журнал Nature другую сенсационную статью, в которой сообщалось о новом сверхпроводнике на базе легированного азотом гидрида лютеция с максимальной критической температурой 294 К (21°C) при давлении 10 Килобар (9900 атм). Следует подчеркнуть, что эти параметры фактически означали начало новой технической революции. Давление в 10 000 атм при температуре 21°C в настоящее время можно создавать в небольших камерах с помощью специальных технологий.

Кроме Саламата Ашхана и Кейта Лулера, представленных на этот раз как сотрудники фирмы Unearthly Materials, остальными авторами доклада были аспиранты Ранга Диаса и Саламата Ашхана.

Внешне доклад Диаса выглядел очень эффектно. Большое внимание было уделено описанию современных методов исследований, которые якобы использовались в этой работе, таких, например, как алмазные наковальни, рентгеновская дифракционная спектроскопия (XRD), энергодисперсионный рентгеновский анализ (EDX), новейшие многоцелевые измерительные комплексы физических величин. Опережая события, следует отметить, что в 2023 году аспиранты, включённые в авторов доклада, рассказали комиссии по расследованию (КР), что работы со стандартными коммерческими образцами гидрида лютеция (Lutetium Hydride – LuH) Ранго Диас начал ещё в 2021 году. Тогда он поручил своим подопечным измерять зависимость удельного сопротивления этих коммерческих образцов от температуры и давления. В одном из экспериментов они обнаружили, что сопротивление очередного образца LuH упало до нуля при температуре около 300 К (27°C) [27].

По словам другого аспиранта, это был единственный эксперимент с нулевым сопротивлением и следами

азота в спектрограммах, о чём он также сообщил своему руководителю.

На основании измерений с помощью рентгеновской дифракционной спектроскопии (XRD) и энергодисперсионного рентгеновского анализа (EDX) Диас сделал вывод о том, что в уникальном образце присутствовали следы азота, которые, изменив структуру гидрида лютеция Lu-H-N, обеспечили эффект сверхпроводимости.

Ещё один аспирант рассказал, что те, кто принимал участие в экспериментах с LuH, также выразили обеспокоенность по поводу полученных данных. Несмотря на возражения аспирантов, Диас втайне от них подал патентную заявку «HIGH TEMPERATURE AND LOW PRESSURE SUPERCONDUCTOR», в которой были описаны способы изготовления гидрида редкоземельного металла, легированного азотом, показавшего эффект сверхпроводимости при высоких температурах и низких давлениях. В качестве изобретателя указан был только «Dias Liyanagamage Ranga». В качестве заявителя отмечен лишь «UNIVERSITY OF ROCHESTER» [28].

Весной 2022 года Диас подготовил статью о сверхпроводимости гидрида лютеция и представил её своим сотрудникам и аспирантам.

Поскольку вариант статьи, представленный Диасом своим партнёрам, не содержал подробной информации о процедуре и результатах экспериментов, не было никакой возможности объективно оценить её содержание. Поэтому аспиранты убедили Диаса отложить отправку статьи в Nature и обсудить все разногласия лично. Ранга Диас внёс по просьбе студентов некоторые незначительные изменения, но проигнорировал другие, самые важные. Проведённый позже в ходе специального расследования (КР) анализ переписки показал, что Диас отослал первый вариант статьи по электронной почте своим соавторам в 2:09 ночи 25 апреля 2022 года с просьбой прислать свои замечания к следующему утру.

Однако он в очередной раз обманул своих подопечных.

В «Системе отслеживания рукописей журнала Nature» под номером сохранился файл «2022-04-05963.pdf» со статьёй о синтезе LuH и его сверхпроводящих свойствах, которую Ранга Диас отослал в редакцию. Положительное решение Nature о публикации ста-

ть после её одобрения рецензентами было отправлено Диасу 25 апреля 2022 года [24].

Естественно, он не сообщил своим соавторам о том, что в заявке на патент Lu-H-N, поданной им в 2022 году, содержались сведения, которые во многом совпадали с содержанием уже отосланного в Nature варианта статьи. Кроме того, Диас не уведомил аспирантов, участвовавших в экспериментах, о том, что он включил в статью описание процедуры синтеза Lu-H-N, которая вообще никогда не была реализована, а все эксперименты проводились с доступными в свободной продаже коммерческими образцами LuH [24].

Тем временем в околонучных социальных сетях и жёлтой прессе стали появляться якобы «утечки» информации из Рочестерского Университета о том, что там получен новый сверхпроводник, реально работающий при комнатной температуре, а подробности будут сообщены в докладе на очередном заседании Американского Физического Сообщества (APS) весной 2023 года.

Интерес к очередному заседанию APS был огромный, и Ранга Диас не разочаровал своих поклонников. В переполненном зале Лас-Вегаса 7 марта 2023 года он сделал доклад «Observation of Room Temperature Superconductivity in Hydride at Near Ambient Pressure», в котором сообщил о новом сверхпроводнике Lu-H-N, работающем при комнатной температуре 21°C и давлении около 10 тысяч атмосфер [29].

Успех был колоссальный, и редакция Nature решила опубликовать статью Диаса о сверхпроводимости гидрида лютетия, легированного азотом, полученную журналом ещё 26 апреля 2022 года. Статья появилась в номере Nature 615, 2023 буквально на следующий день после доклада Диаса на заседании APS [30].

Первым, кто понял, что Диас в очередной раз опубликовал сфабрикованные результаты, был Джеймс Хэмлин, который хорошо изучил методы фальсификации, которыми пользовался Диас. В мае 2023 года Хэмлин и Брэд Рэмшоу, физик из Корнельского университета, направили в редакцию журнала Nature официальное обращение. В этом письме они отметили, что в новой статье Диаса приведены данные, которые не являются

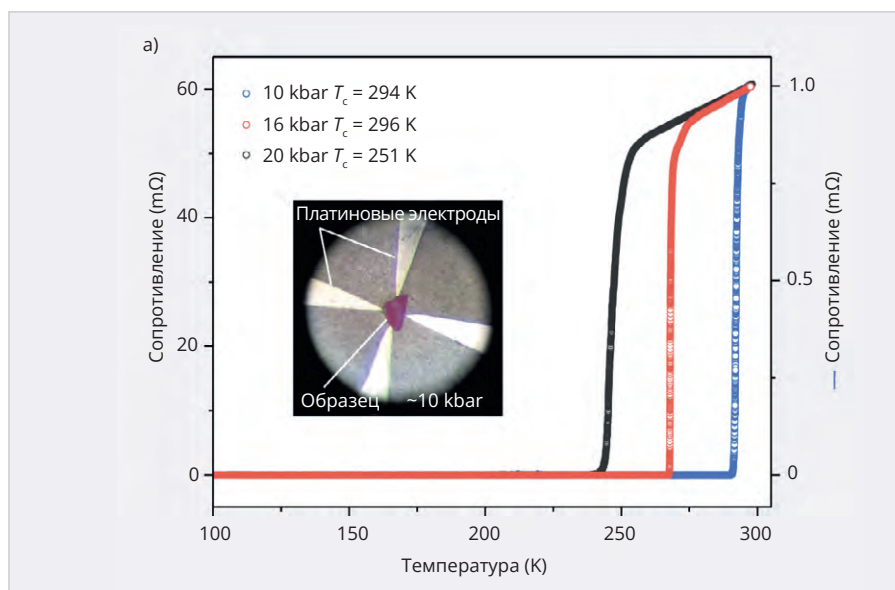


Рис. 7. Зависимость электрического сопротивления гидрида лютетия, легированного азотом $\text{LuH}_2\text{N}_{0.25}$, от температуры [30].

Синяя кривая относится к давлению 10 Кбар и критической температуре 294 К. Отсчёт значений сопротивления соответствует правой оси ординат. Красная и чёрная кривые определяют зависимость при давлениях соответственно 16 Кбар ($T_c = 269$ К) и 20 Кбар ($T_c = 251$ К). Отсчёт значений сопротивления соответствует левой оси ординат

результатами реальных экспериментов, подтверждающих падение электрического сопротивления образцов LuH при достижении критической температуры сверхпроводимости [27]. Диас и Саламат не смогли дать вразумительный ответ на все замечания Хэмлина и Рэмшоу, а лишь пригрозили подать в суд за клевету.

Наибольший вклад в разоблачение аферы со «сверхпроводимостью» гидрида лютетия внесла комиссия по расследованию деятельности группы Диаса (КР).

На рис. 7, взятом без каких-либо изменений и дополнений из статьи Диаса [30], показана зависимость сопротивления гидрида лютетия от температуры для трёх различных давлений. В центре размещено фото платиновых электродов, с помощью которых снимались показания электрического сопротивления.

В процессе расследования было установлено, что кривые на рис. 6 получены из первичных данных с помощью программы Origin, предназначенной для анализа и обработки результатов измерений, хотя обычно для этой процедуры используется программная графическая среда LabVIEW. По этим кривым в принципе невозможно восстановить те первичные результаты (Raw Data), которые реально были получены в эксперименте. Поэтому

комиссия (КР) обязала ответчика предоставить полный набор необработанных данных для всех трёх опубликованных кривых зависимостей $R(T)$. Несмотря на неоднократные запросы КР, ответчик предоставил только электронный файл проекта статьи, который он ранее разместил в дата-центре Zenodo до отправки Nature [31].

Специалисты КР достаточно быстро выяснили, что предоставленные ответчиком файлы не содержат первичных данных, полученных в эксперименте, а вместо этого содержат именно те точки, по которым и были построены опубликованные кривые (рис. 7). То есть Диас использовал тот же трюк, что и в статье со сверхпроводимостью углеродистого гидрида серы CSH. Исходные файлы опубликованной статьи можно скачать на сайте [32]. Диас не смог внятно объяснить эту ситуацию и в очередной раз пообещал предоставить оригинальные файлы, содержащие необработанные данные. Однако своё обещание он не выполнил.

За него это сделали аспиранты и сотрудники лаборатории, принимавшие участие в экспериментах с LuH. Когда им стало известно, как нагло обманывал их Диас, они стали активно сотрудничать с комиссией по расследованию (КР). С помощью соавторов Диаса комиссия (КР) смогла

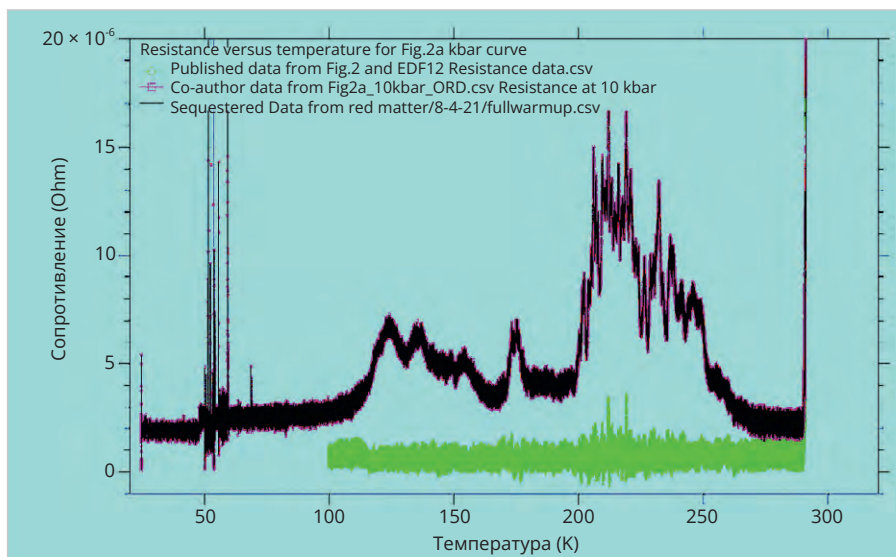


Рис. 8. Зависимость электрического сопротивления от температуры, полученная в экспериментах Ранга Диаса с образцами (LuH) [24].

- Зелёный цвет – данные, опубликованные в статье Nature 615.
- Фиолетовый цвет – данные, полученные от соавторов статьи.
- Чёрный цвет – данные, содержащиеся в файлах жёстких дисков, изъятых комиссией КР в лаборатории Диаса

получить доступ ко всей первичной экспериментальной информации.

На рис. 8 показаны кривые, полученные комиссией по расследованию (КР) [24] при сравнительном анализе данных, опубликованных в [30], и первичных необработанных данных, реально полученных в экспериментах с помощью аспирантов Диаса.

Следует особо подчеркнуть то, что на рисунках 7 и 8 использованы разные шкалы электрического сопротивления. В опубликованной статье [30] сопротивление предоставлено в единицах «миллиом» (рис. 7). На рис. 8 в развёрнутой шкале кривые комиссии КР представлены в единицах «микроом». На этом рисунке зависимость $R(T)$ показана во всём температурном диапазоне, и ось сопротивления (ординаты) обрезана на уровне 30 микроом.

Графики, приведённые на рис. 8, отражают результаты одних и тех же экспериментов. При этом данные, полученные от соавторов статьи (фиолетовый цвет), практически совпадают с данными, которые находились на жёстких дисках, изъятых в лаборатории Диаса (чёрный цвет). Однако данные, которые Диас передал комиссии, точно совпадают с опубликованными в статье графиками, но резко отличаются от истинных экспериментальных данных. С помощью разработанных Хиршем, Марелем и Хамлином методов экспертизы графических кривых комиссия установила, какие

именно точки исходных данных Диас удалил из первичных данных, а какие добавил «из головы» для демонстрации «эффекта сверхпроводимости». Видно, что в диапазоне температур от 100 до 290 К удалены точки для больших значений сопротивления. А «плохую» часть кривой ниже 100 К Диас просто обрезал, не показывая результаты в этой области.

Одним из наиболее грубых случаев фальсификации результатов измерений, обнаруженных комиссией, было «доказательство эффекта Мейснера» в образцах LuH.

На рис. 9, взятом без каких-либо изменений из статьи Диаса [30], приведены кривые зависимости намагниченности от температуры $M(T)$ при охлаждении в отсутствие магнитного поля (ZFC) и в условиях охлаждения в магнитном поле (FC) постоянного тока с напряжённостью 60 Э.

То, что показано на рис. 9, очень напоминает «классические» кривые из учебников физики, демонстрирующие поведение сверхпроводника в магнитном поле. В сверхпроводниках ток сверхпроводимости генерирует сильное магнитное поле по направлению к противоположному внешнему полю, поэтому на графиках намагниченность имеет отрицательное значение.

Абсолютное значение намагниченности резко возрастает ниже критической температуры около 277 К в магнитном поле с напряжённостью

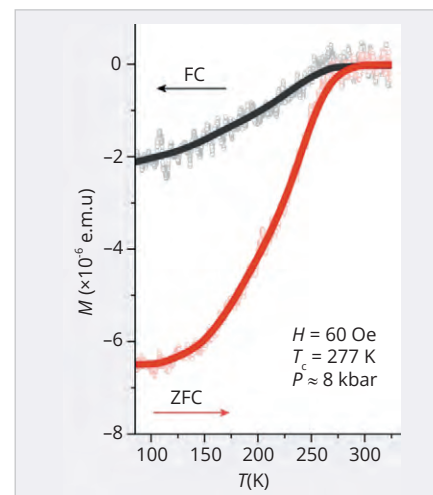


Рис. 9. Зависимости намагниченности образца LuH от температуры $M(T)$.

- Красная кривая при охлаждении ниже T_c в отсутствие магнитного поля (ZFC).
- Чёрная кривая – в условиях охлаждения в магнитном поле постоянного тока с напряжённостью 60 Э (FC) [30]

60 эрстед при давлении 8000 бар (чёрная кривая). Кроме того, абсолютное значение намагниченности в режиме ZFC больше, чем намагниченность в режиме FC, что характерно для большинства сверхпроводников. Магнитный гистерезис, видимый на красной кривой, подтверждает ещё одно свойство сверхпроводников: эффект экранирования поля. Именно эти данные, представленные Диасом и «подтверждающие» все необходимые свойства сверхпроводников, убедили редакцию Nature опубликовать статью.

Как отмечено в самой статье [30], все измерения были проведены с помощью программно-аппаратного комплекса «Quantum Design Physical Property Measurement System – PPMS», который считается одним из самых надёжных комплектов измерительного оборудования физических величин.

Этот комплекс не только даёт возможность проводить мгновенные измерения нескольких величин одновременно в реальном масштабе времени, но также сохраняет эти результаты в своей памяти.

Благодаря помощи соавторов Диаса комиссия получила все данные измерений, хранившиеся на жёстких дисках управляющего компьютера. Таким образом, в распоряжении комиссии КР оказались файлы, содержащие необработанные экспериментальные данные, относящиеся к результатам измерений LuH.

На рис. 10 показаны зависимости намагниченности от температуры образцов LuH, полученные комиссией КР на основании необработанных данных, взятых из жёстких дисков в лаборатории Диаса [24].

Разные по цвету кривые соответствуют положению образца между приёмными катушками измерительного прибора (МППК).

Кривые, полученные комиссией КР (рис. 10), коренным образом отличаются от тех (рис. 8), которые Диас опубликовал в своей статье [30]. Крайне важно то, что на всех кривых, как в режиме FC, так и в режиме ZFC, вектор намагниченности на рис. 10 имеет положительное направление, характерное для парамагнетиков, но никак не сверхпроводящих диамагнетиков (рис. 9).

В этой статье, учитывая неудачу со статьёй про сверхпроводимость CSn, Диас уделил немного больше внимания учёту фона.

В частности, в статье сказано, что данные намагничивания получены с учётом вычитания из необработанных данных измеренного фонового сигнала, аппроксимированного с помощью кубической или квадратичной функции со средним сглаживанием по десяти точкам для всех значений постоянного тока. Для определения фона ячейки использовалась пустая ячейка без образца при сохранении такими же всех остальных параметров эксперимента [30].

В результате тщательного сравнительного анализа кривых, приведённых на рисунках 9 и 10, комиссия КР пришла к выводу, что данные о температурной зависимости намагниченности LuH получены путём вычитания большего по величине сигнала, полученного для расстояний 33 мм, из данных с меньшим уровнем сигнала, соответствующим расстояниям 31 и 29 мм. Таким образом, Диас просто инвертировал кривые, поменяв знак с положительного направления намагниченности (парамагнетики) на отрицательное направление (диамагнетики).

Аналогичный аккуратный и педантичный анализ данных комиссия КР провела для всех двенадцати графиков, представленных в статье Nature 615 [30]. Во всех рассмотренных комиссиями случаях были обнаружены факты фальсификации или фабрикация результатов измерений [24].

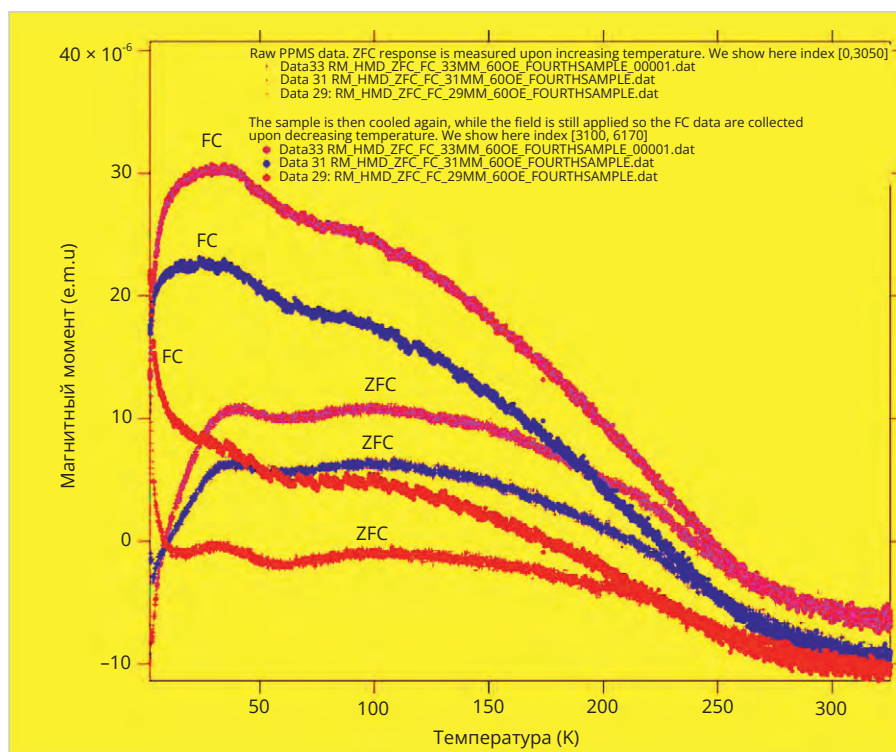


Рис. 10. Зависимости намагниченности от температуры образцов LuH, полученные комиссией КР на основании необработанных данных, взятых из жёстких дисков измерительного комплекса PPMS лаборатории Диаса.

- Красный цвет – расстояние МППК 29 мм.
- Синий цвет – расстояние МППК 31 мм.
- Розовый цвет – расстояние МППК 33 мм

Наибольшее удивление и разочарование выразили соавторы статьи, когда обнаружили, что Диас в очередной раз их нагло обманул. Сравнивая доступные им экспериментальные данные с результатами, приведёнными в статье, они, со своей стороны, обнаружили новые факты, подтверждающие явную фальсификацию опубликованных данных. Так, например, результаты измерений теплоёмкости образцов LuH, представленные в качестве доказательства сверхпроводимости, «были ошибочными».

В конце августа 2023 года аспиранты решили потребовать отзыва статьи. Посоветовавшись с руководством Университета Рочестера и получив их одобрение, аспиранты отправили письмо в редакцию журнала Nature.

Восемь авторов, включая Саламата, подписали письмо, что способствовало её опровержению.

Первого сентября 2023 года было опубликовано редакционное выражение обеспокоенности, за которым 7 ноября 2023 года последовало опровержение и отзыв статьи (Retraction Note) [33].

Комиссия Рочестерского Университета по расследованию деятель-

ности Ранга Диаса закончила свою работу в феврале 2024 года. В своём 124-страничном отчёте, опубликованном 28 марта 2024 года [24], комиссия признала ответчика виновным в умышленных неправомерных действиях, заключавшихся в подделке результатов исследований, размещении в статьях данных о не проводившихся исследованиях, искажении результатов экспериментов с целью получения желаемых выводов, манипуляциях своими подчиненными, обмане аспирантов, введении в заблуждение редакций научных изданий, заведомо ложных интервью журналистам научных и новостных изданий.

Комиссия КР рекомендовала запретить Диасу преподавать или проводить исследования, финансируемые государством или частными лицами.

Ранга Диас обвинений не признал. Со своей стороны, он обвинил членов комиссии в некомпетентности и предвзятом отношении.

Что касается соавторов Диаса по опровергнутым публикациям, то комиссия пришла к выводу, что эти специалисты из Рочестера и UNLV не виновны, а являются жертвами.

Они были обмануты, и комиссия КР не обнаружила «существенных доказательств их правонарушений». Следует обратить внимание на то, что Диас крайне деспотично обращался со своими аспирантами. Большинство из них были иностранцами, обучавшимися по студенческим визам. Они просто физически не могли продлить визы для того, чтобы прервать свои контакты с Диасом и заново начать писать диссертацию у другого профессора.

В ходе расследования было доказано, что Диас намеренно лгал своим аспирантам и сотрудникам. Так, например, партнёрам из UNLV (University of Nevada, Las Vegas) он говорил, что измерения проводились в Университете Рочестера. При этом аспирантам в Университете Рочестера он объяснял, что не может показать первичные результаты, поскольку измерения проводились в UNL.

После завершения расследования Диас пока ещё остаётся в Университете Рочестера. У него больше нет аспирантов, он не ведёт никаких занятий и не читает лекций. Кроме того, он потерял доступ к своей лаборатории. Университет рассматривает вариант досрочного расторжения контракта с Диасом. Инвестиционный фонд NSF изучает вопрос о целесообразности продолжения действия гранта, выданного Диасу в 2021 году.

Ашхан Саламат, который был президентом и исполнительным директором фирмы Unearthly Materials, с 2023 года больше не является её сотрудником. Университет UNLV проводит своё собственное расследование, связанное с деятельностью Диаса.

На сайте [34] продолжается дискуссия об истории с Ранга Диасом и фальсификациях результатов исследований в современной науке. Помимо того, что благодаря Ранго Диасу тень сомнения легла на само научное направление высокотемпературной сверхпроводимости, эта афера нанесла серьёзный ущерб судьбе диссертаций молодых учёных, участвовавших в экспериментах и включённых в авторы фальсифицированных статей.

Как отмечается во многих комментариях, беспринципные и бесчестные люди, поработавшие своих молодых аспирантов, всё чаще встречаются в разных странах и в разных научных направлениях.

Для того чтобы бороться с этой моральной инфекцией, которая губит в геометрической прогрессии научную молодёжь на самом старте их карьеры, необходима разработка специальных национальных и международных законов.

Литература

1. *Ranga P. Dias, Ashkan Salamat et al*, (CSH), Nature 586, (2020), retracted 2022. URL: <https://www.nature.com/articles/s41586-020-2801-z>.
2. Unearthly Materials, Inc., NY 14610, USA. URL: <https://www.uneearthlymaterials.com/about>.
3. *J.E. Hirsch*, «Physica C» (2021). URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921453421001477?via%3Dihub>.
4. *J. E. Hirsch & F. Marsiglio*, Nature volume 596, (2021). URL: <https://www.nature.com/articles/s41586-021-03595-z>.
5. *R. Dias, A. Salamat*, arXiv:2111.15017, (2021), withdrawn 2024. URL: <https://arxiv.org/abs/2111.15017>.
6. *Hirsch, J. E.*, Preprints.org, (2021). URL: <https://www.preprints.org/manuscript/202112.0115/v1>.
7. *D. van der Marel, J.E. Hirsch*, arxiv.org (2022). URL: <https://arxiv.org/abs/2201.07686v7>.
8. *E. Hirsch, D. Marel*, International Journal of Modern Physics, v 37, (2023). URL: <https://bit.ly/4fhjYE8>.
9. *R. Dias, A. Salamat*, arXiv:2201.11883, (28 Jan 2022), withdrawn 2022. URL: <https://arxiv.org/abs/2201.11883>.
10. *R. Dias*, Patent # US20230301203A1, Patents-review (2021). URL: <https://bit.ly/3YoP8R4>.
11. Nevada System of Higher Education. URL: <https://nshe.nevada.edu/>.
12. TIME100 NEXT, Ranga Dias, (2021). URL: <https://time.com/collection/time100-next-2021/5937727/ranga-dias/>.
13. *R. Dias et al*, MnS2, PhysRevLett. 127, (2021). URL: <https://journals.aps.org/prl/abstract/10.1103/PhysRevLett.127.016401>.
14. *R. Dias et al*, MnS2, PhysRevLett, retracted 2023. URL: <https://journals.aps.org/prl/abstract/10.1103/PhysRevLett.131.079902>.
15. *R. Dias et al*, CSH Chemical Communications, 2022. URL: <https://doi.org/10.1039/D2CC03170A>.
16. *R. Dias et al*, CSH Chemical Communications, retracted 2024. URL: <https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2024/cc/d3cc90410e>.
17. *Kit Charman*, UNDARK, 2023. URL: <https://undark.org/2023/03/27/a-potential-triumph-in-physics-dogged-by-accusation-and-doubt/>.
18. *M. Debessai, J. Hemlin*, et al, Phys. Re Lett. 102, (2009). URL: <https://bit.ly/46pGaFh>.
19. *M. van Kampen*, For Better Science (2023). URL: <https://forbetterscience.com/2023/03/29/superconductive-fraud-the-sequel>.
20. *D. Garisto*, Nature, news, article, 13 December (2023). URL: <https://www.nature.com/articles/d41586-023-03926-2>.
21. *J. Hamlin*, Vector Method, arXiv, 2022. URL: <https://arxiv.org/pdf/2210.10766>.
22. *R. Dias*, et al, CSH, Retraction note. Nature. URL: <https://www.nature.com/articles/s41586-022-05294-9>.
23. *D. Garisto*, Nature, news, article, 06 April (2024). URL: <https://www.nature.com/articles/d41586-024-00976-y>.
24. «Dias Investigation Committee Report», University of Rochester (2024). URL: <https://go.nature.com/3Ss2zw1>.
25. *R. Dias*, CSH - extended data, Nature, (2020). URL: <https://www.nature.com/articles/s41586-020-2801-z/figures/7>.
26. *R. Dias*, CSH, Supplementary information, Nature, 2020. URL: <https://bit.ly/4c2n6OC>.
27. *D. Garisto*, Superconductivity scandal, News feature, 8 march, Nature (2024). URL: <https://www.nature.com/articles/d41586-024-00716-2>.
28. *R. Dias*, Patent # WO/2023/064019, (2022). URL: <https://patentscope.wipo.int/search/en/detail.jsf?docId=WO2023064019>.
29. *R. Dias*, et al, Bulletin of APS, March, (2023). URL: <https://meetings.aps.org/Meeting/MAR23/Session/K20.2>.
30. *R. Dias*, et al, LuH, Nature 615, (2023). URL: <https://www.nature.com/articles/s41586-023-05742-0>.
31. *R. Dias*, et al, Draft article LuH, Zenodo, (2022). URL: <https://zenodo.org/records/7374510/files/ReddMatter%20Data.zip?download=1>.
32. *R. Dias*, et al, Pictures & tables LuH (2023). URL: <https://www.nature.com/articles/s41586-023-05742-0#Sec20>.
33. *R. Dias*, et al, LuH, Nature 615, retraction, 07 November, (2023). URL: <https://www.nature.com/articles/s41586-023-06774-2>.
34. Superconductivity scandal, Hacker News news, (2024). URL: <https://news.ycombinator.com/item?id=39642135>.



Программируемый выключатель электропитания в электроустановке

Сергей Шишкин

В статье представлено устройство, которое реализует функции электронного кодового выключателя электропитания для выключения и блокировки электроустановки или её составных частей. В устройстве имеется четырнадцать независимых программируемых каналов. Поясняется алгоритм работы устройства, рассматриваются отдельные функциональные узлы.

Дополнительные материалы к статье вы можете скачать с нашего сайта по этой ссылке



Напомним, электроустановка – совокупность машин, аппаратов, линий и вспомогательного оборудования (вместе с сооружениями и помещениями, в которых они установлены), предназначенных для производства, преобразования, трансформации, передачи, распределения электрической энергии и преобразования её в другие виды энергии («Правила устройства электроустановок», раздел 1, гл. 1.1) [1]. На рис. 1 приведены шкафы электропитания электроустановки для системы освещения производственного цеха.

В производственных процессах различных производств бывают ситуации, когда нужно ограничить доступ к электроустановке (или к её составной части) при помощи принудительного отключения электропитания в соответствии с «Правилами по охране труда при эксплуатации электроустановок» [2]. Рассмотрим случаи, связанные с нарушением правил техники безопасности.

Если работник обнаружил нарушения правил техники безопасности или неисправность электроустановки, средств защиты, то он обязан немедленно сообщить об этом своему непосредственному начальнику, а в его отсутствие – вышестоящему руководителю. В тех случаях, когда неисправность в электроустановке, представляющую явную опасность для окружающих людей или самой установки, может устранить работник, её обнаруживший, он обязан это сделать немедленно. Затем он должен известить об этом непосредственного начальника. Конечно, устранение неисправности производится при строгом соблюдении требований [2], то есть с выключением электроустановки.

Кроме того, если работник, имеющий право проводить единоличный осмотр электроустановок, электротехнической части технологического оборудования, или ответственный за безопасное веде-

ние работ заметили неисправности электроустановки, а также нарушения, представляющие опасность для людей, они имеют право её отключить или заблокировать к ней доступ до устранения неисправности. Согласно [2] п. 17.2 «В электроустановках напряжением выше 1000 В с каждой стороны, с которой включением коммутационного аппарата не исключена подача напряжения на рабочее место, должен быть видимый разрыв. Видимый разрыв разрешается создавать отключением разъединителей, снятием предохранителей, отключением отделителей и выключателей нагрузки, отсоединением или снятием шин и проводов». Предлагаемый программируемый выключатель электропитания (далее выключатель) следует рассматривать как полезную дополнительную ступень ограничения к работе с электроустановкой. Принципиальная схема программируемого 14-канального выключателя электропитания (далее выключателя) представлена на рис. 2.

В устройстве имеется 14 независимых каналов № 1...№ 14. Данные каналы могут быть задействованы для управления электропитанием составными частями одной электроустановки или для управления разными 14 электроустановками. Для каждого канала предусмотрено два режима работы: рабочий и записи. В рабочем режиме для управления каналом № 1 (вкл/выкл) необходимо набрать и ввести эталонный код № 1. Соответственно для управления каналом № 2 необходимо набрать и ввести эталонный код № 2 и т.д. Набранный и введённый код каждого канала изменяет состояние выходного сигнала каналов № 1...№ 14. Первоначальное состояние выходных сигналов всех каналов (при инициализации, после подачи питания на устройство) – лог. 1. Эталон-



Рис. 1. Шкафы электропитания электроустановки

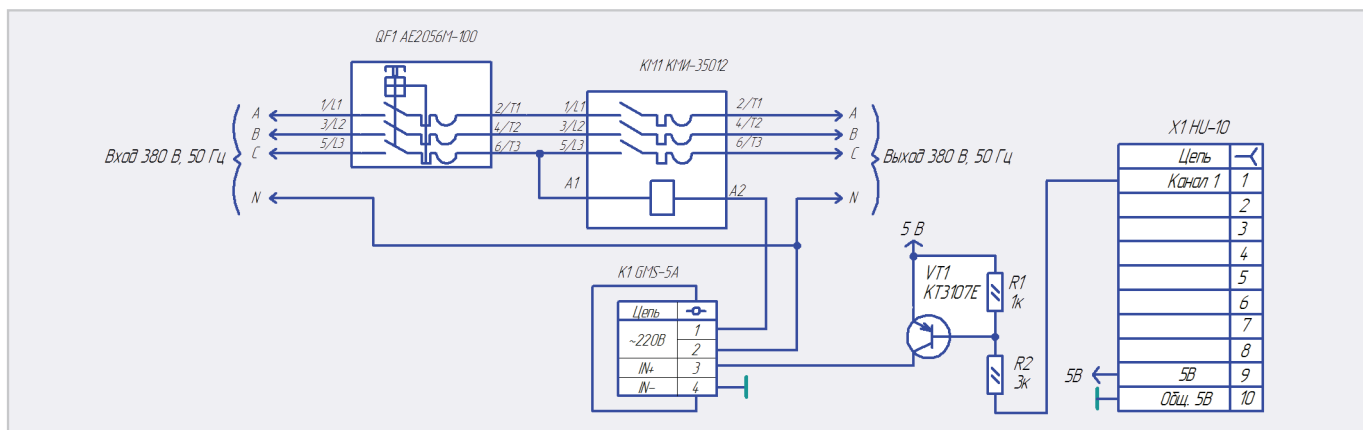


Рис. 2. Принципиальная схема 14-канального выключателя электропитания

ные коды № 1...№ 14 перепрограммируются в режиме записи.

Применительно к производству работа выключателя выглядит следующим образом. Рабочий персонал, работающий непосредственно с электроустановкой, должен знать эталонные коды № 1...№ 14. Набрать и ввести их нужно перед работой. Если работник заметил неисправности электроустановки или средств защиты, представляющие опасность для людей, при невозможности их устранить должен сообщить вышестоящему руководителю обо всех замеченных неисправностях и нарушениях. Вышестоящий руководитель, а также работник, имеющий право проводить единоличный осмотр электроустановок, электротехнической части технологического оборудования или ответственный за безопасное ведение работ, отключают электроустановку согласно [2] и перепрограммируют (меняют) эталонные коды № 1...№ 14, тем самым ограничивая доступ к электроустановке. После устранения замеченных неисправностей и нарушений вышестоящий руководитель сообщает рабочему персоналу новые эталонные коды № 1...№ 14 или сам делает конфигурацию выключателя с новыми эталонными кодами. Понятно, что вводить устройство в режим записи (перепрограммирования эталонных кодов) имеет право ограниченный круг лиц. Причиной для отключения электроустановки может быть также окончание срока действия распоряжения или наряда на производство работ на электроустановках, равно как и отсутствие или непригодность средств защиты от поражения электрическим током.

Коротко об аппаратной части устройства. Программные и аппаратные ресурсы микроконтроллера ATtiny2313 позволяют разработать несложный,

достаточно функциональный выключатель с простым и удобным интерфейсом. Эталонный код, хранимый в EEPROM микроконтроллера, всегда легко перепрограммировать, используя при этом только аппаратные ресурсы самого микроконтроллера (т.е. устройства, выполненного на базе микроконтроллера). Кроме того, код не «потеряется» при выключенном питании. Тем самым отпадает надобность в операции программирования устройства при каждом новом включении питания или изменении эталонного кода.

Рабочая частота микроконтроллера DD4 задаётся генератором с внешним резонатором ZQ1 на 10 000 МГц. Порт PD микроконтроллера DD4 управляет динамической индикацией. Динамическая индикация собрана на транзисторах VT3...VT7, цифровых семисегментных индикаторах HG1...HG5. Резисторы R9...R16 – токоограничительные для сегментов индикаторов HG1...HG5. Коды для включения вышестоящих индикаторов при функционировании динамической индикации поступают в порт PB микроконтроллера DD4. Для функционирования клавиатуры задействован вывод 8 (PD4) микроконтроллера. Сразу после подачи питания на выводе 1 микроконтроллера DD1 через RC-цепь (резистор R17, конденсатор C4) формируется сигнал системного аппаратного сброса для микроконтроллера DD4. На дисплее индицируется число «00001». Питающее напряжение +5 В поступает на устройство с соединителя X2. Конденсатор C7 фильтрует пульсации в цепи питания +5 В. Блокировочные конденсаторы C4, C5, C6 стоят по цепи питания регистра DD2, DD3 и микроконтроллера DD4 соответственно. Выходное состояние каналов № 1 и № 2 определяет D-триггер DD1. Визуально состояние канала № 1 можно проконтролировать по состоянию светодио-

да HL2. Соответственно состояние канала № 2 можно проконтролировать по состоянию светодиода HL1. Вышестоящие элементы на принципиальной схеме входят в модуль KL1. Модули KL2, KL3...KL7, определяющие выходные сигналы каналов № 3...№ 14, – совершенно одинаковые. В корпусе микросхемы K555TM2 модулей KL1...KL7, определяющих выходные сигналы каналов № 1...№ 14, задействованы два D-триггера.

Выходные сигналы каналов № 1... № 14 поступают соответственно на контакты 1...14 соединителя X1. Светодиоды HL1–HL14 в модулях KL1...KL7 после инициализации выключены. Регистры DD2, DD3 задействованы для увеличения количества внешних выводных линий. В устройстве имеются 14 независимых каналов: канал № 1... № 14. Для канала № 1 нужно ввести эталонный код № 1, для канала № 2 нужно ввести эталонный код № 2 и т.д. Выходные каналы сигналов сразу после подачи питания имеют уровень лог. 1. (лог. 1 – подключаемая нагрузка (исполнительное устройство) – отключена, лог. 0 – нагрузка включена).

Интерфейс устройства включает в себя: индикацию (дисплей) из цифровых семисегментных индикаторов HG1...HG5, клавиатуру: кнопки S1...S9, светодиоды HL1–HL14. На 5-разрядном дисплее отображается вводимый код (индикаторы HG2...HG5) и число (разряд HG1), которое определяет активированный канал. В табл. 1 представлены числа и символы, которые индицируются на индикаторе HG1 и определяют номера каналов.

На семисегментном индикаторе HG1 буква В и цифра 8, а также буква D и цифра 0 индицируются одинаково. Поэтому при индицировании букв В и D на семисегментном индикаторе HG1 включается точка h. Как видно из принципиальной схемы, аппарат-

Таблица 1. Числа и символы, определяющие номера каналов, которые индицируются на индикаторе HG1

№ канала	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Число (символ), индицируемый на индикаторе HG1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E

ные ресурсы микроконтроллера задействованы полностью.

В алгоритме работы устройства в рабочем режиме и режиме записи можно выделить следующие процедуры (операции). Приведем их:

- ввод кодов в каналах № 1...№ 14. В случае совпадения рабочего (вводимого) и эталонного кодов в соответствующем канале выходной сигнал устанавливается в лог. 0;
- записи эталонных кодов. При этом эталонные коды каналов № 1...№ 14 записываются в EEPROM микроконтроллера;
- экстренное отключение всех нагрузок. При нажатии на кнопку S1 выходные сигналы всех каналов примут уровень лог. 0.

Кнопки клавиатуры устройства имеют следующее назначение:

- S1 – кнопка экстренного отключения нагрузок, подключённых к каналам № 1...№ 4. Выходные сигналы каналов № 1...№ 14 после нажатия на данную кнопку имеют уровень лог. 1.
- S2...S7 – кнопки для ввода кода доступа. Данные кнопки обозначены цифрами от «1» до «6». Вводимый код индицируется на дисплее устройства.
- S8 (K) – кнопка выбора каналов № 1...№ 14. Если выбран канал № 1, на индикаторе HG1 индицируется цифра «1», если выбран канал № 2, на индикаторе HG5 индицируется цифра «2» и т.д. по таблице № 1.
- S9 (3/P) – кнопка выбора режима для каналов № 1...№ 14: «запись» или «рабочий режим» для каналов № 1...№ 14. В режиме «запись» на дисплее во втором разряде (индикатор HG2) будет индицироваться точка h. В рабочем режиме данная точка погашена.

Алгоритм работы устройства следующий. В рабочем режиме, сразу после подачи питания, на дисплее индицируется число «00001». Микроконтроллер DD4 ждёт ввода четырёхразрядного кода. Вначале необходимо записать эталонный код для каждого канала. Кнопкой S9 (3/P) выбираем режим «запись». Вводимый с клавиатуры код для канала № 1 микроконтроллер индицирует на дисплее и записывает

в ОЗУ. После ввода четырёхразрядного кода необходимо нажать любую кнопку из S2...S7. Код, индицируемый на дисплее, запишется в EEPROM-память микроконтроллера и будет эталонным для канала № 1. После записи на дисплее в разрядах HG1...HG4 индицируются нули. Кнопкой S8 (K) выбираем канал и проделываем аналогичные операции, как для канала № 2, и т.д., до канала № 14. Для выхода из режима записи нужно нажать кнопку S9, точка h во втором разряде (индикатор HG2) – погаснет. Устройство готово к работе.

Пусть выбран канал № 1. Вводимый с клавиатуры четырёхразрядный код микроконтроллер индицирует на дисплее и записывает в ОЗУ. После ввода пятого разряда (после ввода четвертого разряда нужно нажать любую кнопку из S2...S7) микроконтроллер побайтно сравнивает его с четырёхразрядным кодом, записанным в EEPROM-памяти микроконтроллера (будем называть этот код эталонным). Если в рабочем режиме вводимый код совпал с эталонным кодом, то микроконтроллер на одну секунду подаёт сигнал на включение канала (устанавливает лог. 0 на одну секунду на выводе 2 микроконтроллера DD4), заставляя выход 6 триггера DD1 изменить своё состояние. Если на выводе был лог. 1, то будет лог. 0, и наоборот. Работа каналов № 2...№ 14 совершенно аналогична. После ввода эталонного кода какого-либо канала микроконтроллер обнуляет дисплей и изменяет состояние канала. Если вводимый код не совпал с эталонным кодом, микроконтроллер сразу обнуляет дисплей (на дисплее индицируется число «00001») и не изменяет выходной сигнал. Целесообразно, чтобы доступ к кнопкам S1 и S9 был ограничен.

В программе используются два прерывания: «Reset» и прерывание таймера T0, обработчик которого начинается с метки TIM0. При переходе на метку «Reset» инициализируются стек, таймер, порты, а также флаги и переменные, используемые в программе. В обработчике прерывания таймера T0 осуществляется: процедура опроса кнопок S1...S8, функционирование динамической индикации, перекоди-

ровка двоичного числа в код для отображения информации на семисегментных индикаторах устройства, а также временной интервал длительностью пять секунд, необходимый для изменения выходных сигналов каналов (установка сигнала уровня лог. 0 на выводах соединителя X1) и процедуры записи и чтения набранного кода в EEPROM-память микроконтроллера. В ОЗУ микроконтроллера с адреса \$60 по адрес \$64 организован буфер отображения для динамической индикации. По адресу \$60 находится число, определяющее номер канала. С адреса \$61 по адрес \$64 – вводимый код. Как уже упоминалось выше, эталонный код каждого канала хранится в EEPROM-памяти программ микроконтроллера. Она организована как отдельное адресное пространство для хранения данных, в котором каждый байт может быть отдельно прочитан или записан. Память EEPROM допускает не менее 100 000 циклов записи/стирания. Регистры, используемые для работы с EEPROM: регистр адреса – EEAR; регистр данных – EEDR; регистр управления – EECR.

Эталонный код из EEPROM-микроконтроллера переписывается в ОЗУ микроконтроллера по адресам с \$66 по \$69. Флаги, задействованные в программе, находятся в регистрах R19 (f0) и R25 (f01). Ниже приведены фрагменты чтения эталонного кода (при его наборе) и фрагмент записи эталонного кода в EEPROM-микроконтроллера.

Фрагмент программы чтения из EEPROM-микроконтроллера эталонного кода для каналов № 1, № 2, № 14:

```

        sbrc f101,3      ; запись или
набор кода?
        rjmp ACP

        ldi    YL,low(RAM)
;набор кода
        ldi    YH,high(RAM)
        ld     t2,Y
        cpi   t2,1
        brne  www2
        ldi   EEAL,10
        rjmp  SS1
ms1:    rjmp  ms1

www2:   cpi   t2,2
        brne  www3
        ldi   EEAL,15
        rjmp  SS1
        .
        .
        .
www14: cpi   t2,14

```

```
brne zap11 ;запись в
буфер 0000
ldi EEAL,75
```

```
SS1: ldi YL,low(RAM+6)
;начало чтения
ldi YH,high(RAM+6)
```

```
ldi t1,4
loop3: rcall EERD3
st Y+,EEBT
dec t1
brne loop3
rjmp md1
```

```
EERD3: sbic EECR,EEWE
rjmp EERD3
out EEARL,EEAL
sbi EECR,EERE
in EEBT,EEDR
inc EEAL
ret
```

Фрагмент программы записи в EEPROM микроконтроллера эталонного кода для каналов № 1, № 2, № 14:

```
ACP: ldi YL,low(RAM)
;фрагмент записи
```

```
ldi YH,high(RAM)
ld t2,Y
cpi t2,1
brne RR1
ldi EEAL,10
rjmp zap10
```

```
RR1: cpi t2,2
brne RR2
ldi EEAL,15
rjmp zap10
```

```
RR2: cpi t2,3
brne RR3
ldi EEAL,20
rjmp zap10
```

```
RR13: cpi t2,14 ;канал № 14
brne zap10
ldi EEAL,75
```

```
zap10: ldi catod1,0
ldi YL,low(RAM+1)
;начало записи
ldi YH,high(RAM+1)
ldi t1,4
```

```
loop1: ld EEBT,Y+
rcall EEWR
dec t1
brne loop1
```

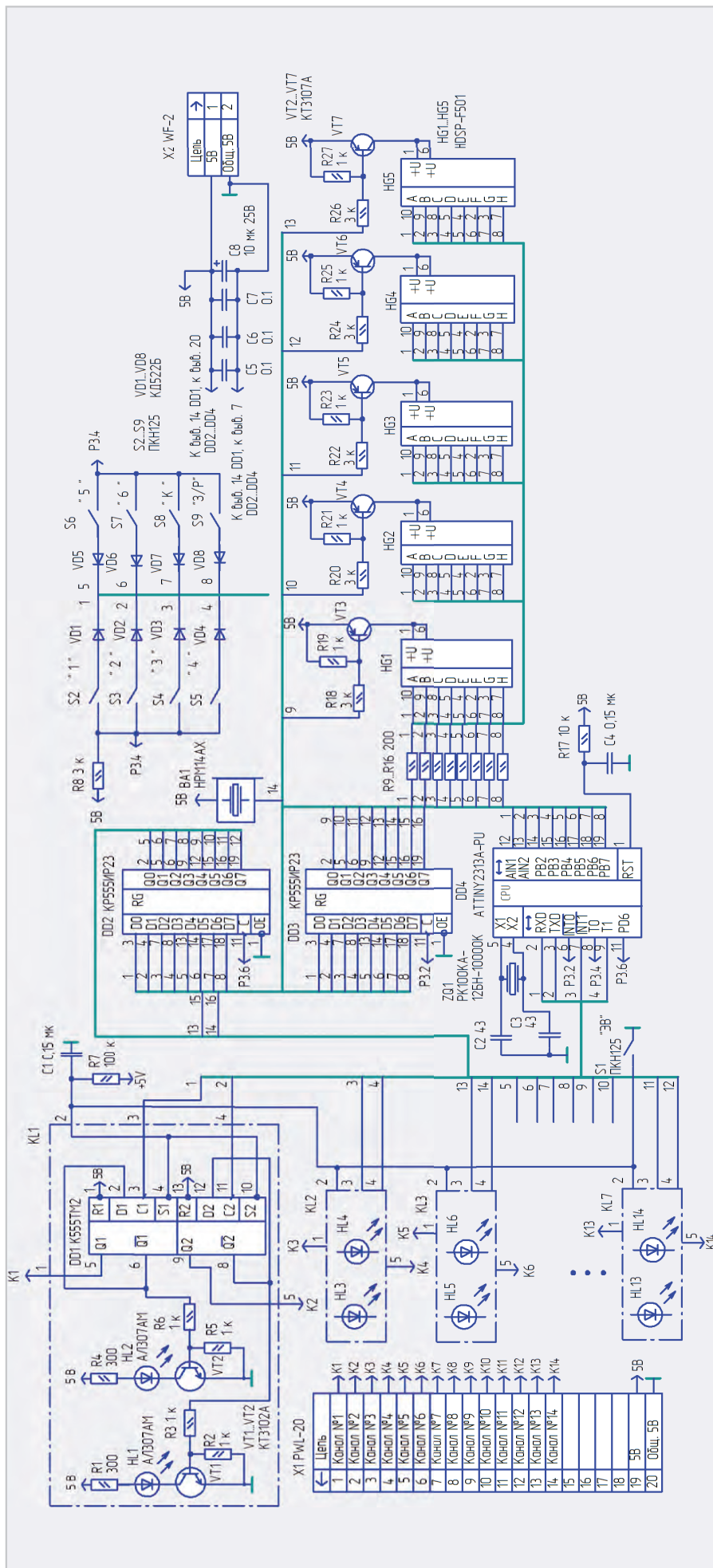


Рис. 3. Принципиальная схема силовой части выключателя

```

DOS1: ldi catod1,0
      ldi      YL,low(RAM+1) ;за-
пись в буфера № 1 0000
      ldi      YH,high(RAM+1)
      ldi t1,4
110:  ldi tec,0
      st      Y+,tec
      dec t1
      brne 110
      rjmp ms1      ;конец за-
писи

EEWR: sbic  EEER,EEWE
      rjmp  EEWR
      out  EEAR,EEAL
      out  EEDR,EEBT
      sbi  EEER,EEMWE
      sbi  EEER,EEWE
      INC  EEAL
      ret

```

Разработанная программа на ассемблере занимает всего порядка 1,3 Кбайт памяти программ микроконтроллера. Применены резисторы типа C2-33H, подойдут любые другие с такой же мощностью рассеивания и погрешностью 5%. Конденсаторы C1...C7 типа K10-17а, C8 – K50-35. Соединитель X1 типа PWL-20 (ответная часть – розетка PHU-20). Соединитель X2 типа

WF-2 (ответная часть – розетка HU-2). В дисплее устройства целесообразно выделить разряд, индицирующий активированный канал устройства (индикатор HG5) на фоне остальных разрядов интерфейса. Это особенно актуально, если на панели размещены интерфейсы нескольких устройств (нескольких выключателей). Для разряда HG5 можно задействовать семи-сегментный индикатор красного цвета HDSP-F001 (подойдет HDSP-F151).

Конденсатор C5 устанавливается между цепью +5V и общим проводником регистра DD2. Конденсатор C6 устанавливается между цепью +5V и общим проводником регистра DD3, соответственно конденсатор C7 устанавливается между цепью +5V и общим проводником микроконтроллера DD4. Индикаторы HG1...HG4 типа HDSP-F501 зелёного цвета. Если нет необходимости в визуальном контроле на дисплее набираемого кода, то индикаторы HG1...HG4, транзисторы VT3...VT6 и резисторы R18...R25 можно исключить. На работу устройства это никак не повлияет.

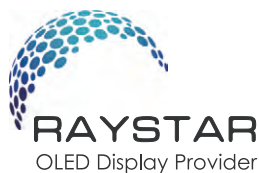
Принципиальная схема силовой части выключателя приведена на рис. 3.

Схема выполнена на базе контактора КМИ-35012 и твердотельного реле GMS-5A. Номинальная коммутируемая мощность данного контактора по АС-3, при $U = 400$ В, – 22 кВт. В общем случае схемное решение силовой части определяется конкретными параметрами силовых, исполнительных устройств, подключённых к электроустановке, которыми необходимо управлять.

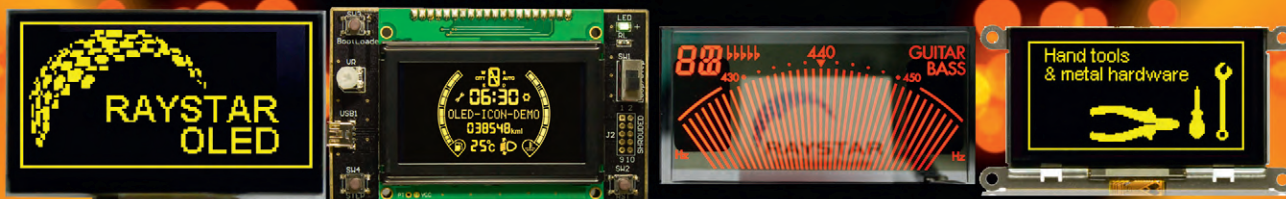
Представленное устройство не требует никакой настройки и наладки. При правильном монтаже оно начинает работать сразу после подачи на него напряжения питания.

Литература

1. Правила устройства электроустановок ПУЭ. Седьмое издание.
2. Приказ Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 15 декабря 2020 г. № 903н «Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок».
3. ГОСТ 12.1.019–2017 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты».



OLED-дисплей Raystar



Специсполнение по ТЗ заказчика

Прозрачные модели

АВТОМОБИЛЬНАЯ ЭЛЕКТРОНИКА • СИСТЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ • ИЗМЕРИТЕЛИ МОЩНОСТИ • БЫТОВАЯ ТЕХНИКА • МЕДИЦИНСКИЕ ПРИБОРЫ

Характеристики

- Яркость экрана до 150 кд/м² обеспечивает считывание изображения при ярком солнечном свете
- Высокая контрастность 10 000:1
- Широкий угол обзора до ±175°
- Цвет свечения: жёлтый, зелёный, красный, белый, синий
- Формат изображения: 122×32, 128×64, 240×64, 256×64 и 96×64 точки

- Низкая потребляемая мощность 10 мА (схемы управления – токовые)
- Светоэмиссионная схема: не требуется система подсветки
- Короткое время отклика: 10 мкс при температуре +25°C
- Широкий диапазон рабочих температур от –40 до +80°C
- Малая толщина модуля дисплея, небольшой вес
- Срок службы: 50 000 ч для белого и синего цвета; 100 000 ч для жёлтого, зелёного, красного цветов

PROCHIP
POWERED BY PROSOFT

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР

АКТИВНЫЙ КОМПОНЕНТ ВАШЕГО БИЗНЕСА

(495) 232-2522 • INFO@PROCHIP.RU • WWW.PROCHIP.RU



powered

Модернизированный стабилизированный блок питания с защитой по току и низким уровнем пульсаций для аудиоусилителя

Алексей Кузьминов

В статье описан стабилизированный источник питания (ИП) постоянного тока с выходным напряжением 28 В и током до 9 А на основе ОУ ADA4522-2 и полевого транзистора IRFP4710. Порог срабатывания токовой защиты на базе симисторного оптрона VOM160NT составляет около 10 А. Размах пульсации выходного напряжения на нагрузке при максимальном токе не превышает 1,4 мВ. Приведены принципиальные схемы, разводка и внешний вид платы стабилизатора и всего ИП, а также результаты его тестирования.

Дополнительные материалы к статье вы можете скачать с нашего сайта по этой ссылке



Введение

Настоящий ИП является усовершенствованной версией ИП, описанного автором в [1]. В нём применены некоторые более современные компоненты и несколько упрощена схема, что повысило надёжность его работы, а также снизило размах пульсаций выходного напряжения.

Основное отличие описываемого ИП от [1] – применение более современного ОУ ADA4522-2 с «нулевым» смещением (zero drift) и повышенным максимальным напряжением питания. Максимальное напряжение смещения ADA4522-2 – всего 5 мкВ (против 5 мВ у MC34072, применённого в [1]), т.е. оно в 1000 раз меньше. Максимальное напряжение питания ADA4522-2 – 55 В (против 44 В у MC34072), т.е. оно на 10 В больше, что также немаловажно, поскольку максимальное входное выпрямленное напряжение в ИП при входном сетевом напряжении ~220 В составляет около 41 В (см. далее), что всего на 3 В меньше максимального напряжения питания MC34072 (а для питания ОУ как раз и используется входное выпрямленное напряжение), в связи с чем применение ADA4522-2 существенно повышает надёжность работы ИП. Кроме того, подавление пульсаций напряжения питания у ADA4522-2 составляет около 160 dB против 70 dB у MC34072. Единственное, в чём ADA4522-2 уступает MC34072, – скоростные характеристики: 2,7 МГц против 4,5 МГц у MC34072, однако, поскольку частота выпрямленного напряжения (и частота пульсаций выходного напря-

жения стабилизатора ИП) составляет всего 100 Гц, это практически не имеет никакого значения. По стоимости MC34072MTTBG в корпусе WQFN10, применённом в [1], и ADA4522-2ARMZ в корпусе MSOP8 практически одинаковые (120–180 руб. за штуку), однако ADA4522-2ARMZ более распространён, а потому легкодоступен, в отличие от MC34072MTTBG, который существенно менее доступен, особенно в единичных экземплярах.

Второе, также немаловажное отличие данного ИП от [1] – более стабильное опорное напряжение, с которым сравнивается снятое с делителя выходное напряжение стабилизатора. В [1] в качестве такого опорного напряжения применена связка диодного стабилизатора тока (около 4 мА) J511 и стабилитрона BZX384C5V1 (или BZT52C5V1S – они схожи по характеристикам) на напряжение 5,1 В. Вместо них применён диодный стабилизатор тока S-562T (ток около 5,6 мА) и стабилитрон BZX384C5V6/BZT52C5V6S на напряжение 5,6 В. В чём преимущество такой связки?

Как известно, любой стабилитрон имеет так называемое дифференциальное сопротивление, значение которого у стабилитрона 5V6, $r_{dif} = 15 \text{ Ом}$ против 40 Ом у 5V1 (datasheet на BZX384), т.е. оно почти в 3 раза меньше. А это сопротивление (точнее, его обратная величина – дифференциальная проводимость g_{dif}) определяет крутизну ВАХ стабилитрона. А чем круче ВАХ, тем менее существенно изменяется напряжение стабилитрона в зависимости от изменения его тока. Из рис. 1а,

взятого из datasheet на BZT52, видно, что ВАХ стабилитрона BZT52C5V6 выходит на прямой (крутой) участок, начиная с тока в 5 мА (зелёная стрелка на рис. 1а). К сожалению, на этом графике не показана ВАХ стабилитрона BZT52C5V1, но показана ВАХ стабилитрона BZT52C4V7 (красная стрелка), которая выходит на прямой участок уже только начиная с тока в 10 мА. Естественно предположить, что ВАХ стабилитрона BZT52C5V1 выходит на прямой участок, начиная со значения тока между 10 мА и 5 мА, что подтверждается ВАХ стабилитронов BZX384, взятой из datasheet на BZX384 (рис. 1б). Действительно, ВАХ BZX384C5V1 пересекает порог 5 мА (красная линия) в точке, показанной сиреновой стрелкой, под меньшим углом, чем ВАХ стабилитрона BZX384C5V6, которая пересекает этот порог в точке, показанной зелёной стрелкой. Но тогда возникает вопрос, а почему бы не взять стабилитрон 6V2, крутизна ВАХ которого ещё больше (рис. 1а) и которая выходит на прямой участок уже при токе заведомо меньше 5 мА? Однако здесь необходимо учитывать ещё и температурный коэффициент. Дело в том, что типовые значения этого коэффициента у стабилитронов 5V1 (–0,8) и 5V6 (+1,2) близки по абсолютному значению и находятся по разные стороны от нулевого значения, а температурный коэффициент 6V2 (+2,3) почти в 2 раза больше, чем у 5V6. Так что 6V2 отпадает, а 5V6 остаётся.

Кроме того, как отмечено выше, диодный стабилизатор тока S-562T стабилизирует ток в 5,6 мА (против

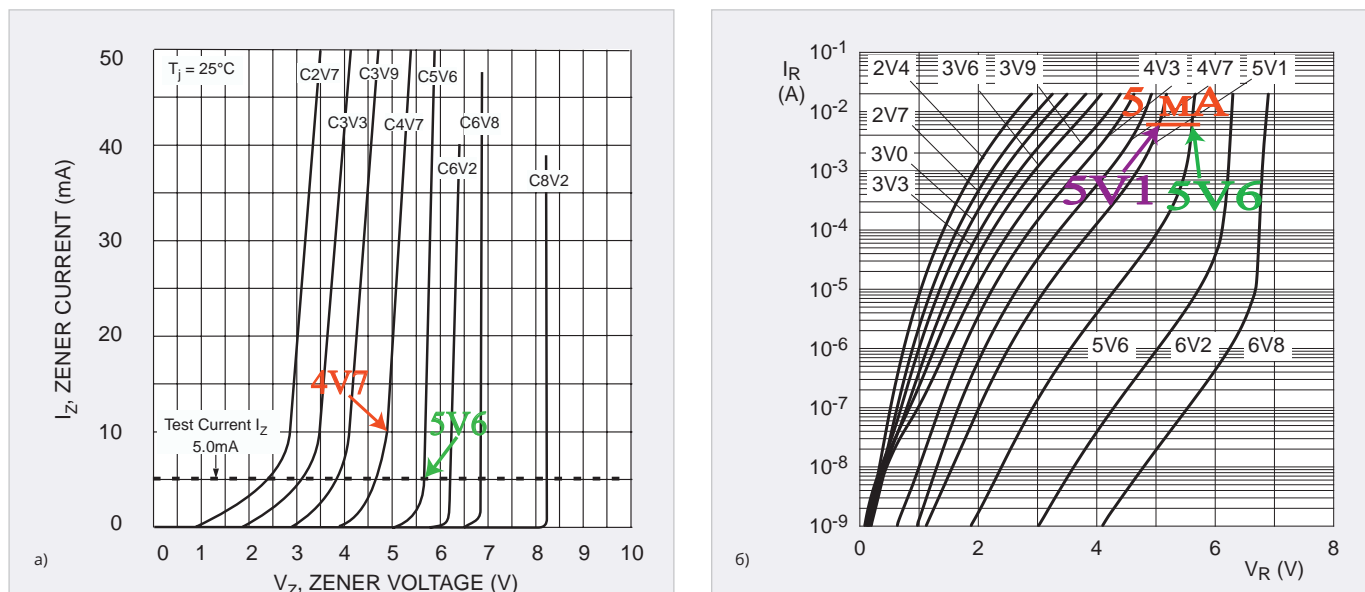


Рис. 1. ВАХ стабилитронов: а) BZT52 в прямых координатах по оси токов, б) BZX384 в логарифмических

4 мА у J511), поэтому при таком токе стабилитрон 5V6 будет работать ещё лучше, чем при токе 5 мА (и тем более при 4 мА у J511).

Вот поэтому и выбрана связка S-562T и BZX384C5V6/BZT52C5V6S, которая даёт более стабильное опорное напряжение.

Здесь необходимо добавить, что значение тока в 5,6 мА стабилизатор тока S-562T показывает при напряжении в 10 В (datasheet на S-562T). При увеличении напряжения выше 10 В (например, с 30 до 40 В) ток несколько спадает, в связи с чем производитель рекомендует включать резистор номиналом 39 К параллельно S-562T. Автор провёл эксперимент со стабилитроном 5V6, включённым последовательно с S-562T (с резистором и без него), изменяя напряжение с 30 до 40 В (т.е. на 10 В), и вот какой получен результат. Напряжение на стабилитроне, измеренное цифровым мультиметром с точностью два знака после запятой, во всём этом диапазоне напряжений (с резистором и без него) оставалось равным 5,60 В, т.е. 2-й знак после запятой оставался стабильным (0,01 В, или 10 мВ). Далее автор измерил напряжение цифровым вольтметром с точностью 4 знака после запятой, описанным в [2]. Здесь результаты измерений уже различались. При изменении напряжения с 30 до 40 В при использовании резистора 39 К изменялась 4-я цифра после запятой на 1–2 десятичных разряда (т.е. на 0,1–0,2 мВ). Без резистора изменялась уже 3-я цифра после запятой на один десятичный разряд (1 мВ). Таким обра-

зом, без резистора коэффициент стабилизации составил 10 В/1 мВ = 10 000, что согласуется с результатом, описанным в [3]. С резистором коэффициент стабилизации, как нетрудно подсчитать, в несколько раз выше.

Однако, как будет видно из дальнейшего изложения, падение напряжения на всём стабилизаторе существенно больше: при изменении тока от 0 до 9,1 А оно составило около 0,1 В, т.е. 100 мВ (это банальное падение напряжения в проводах); при этом входное напряжение изменялось в пределах от –41 В до –33 В, в связи с чем от установки резистора 39 К автор отказался. Кстати, некоторая, правда, микроскопическая, компенсация напряжения без установки резистора имеет место, так как чем ниже входное напряжение (с –40 В до –30 В), тем больший ток даёт S-562T, что немного повышает напряжение на стабилитроне.

Ещё один момент требует обсуждения. Это сама идея способа включения мощного полевого n-канального транзистора в стабилизаторе. В стабилизаторе напряжения, описанном в [1], об этом, к сожалению, ничего не ска-

зано, поэтому ниже и восполнен этот пробел.

Наиболее распространённой схемой для получения стабилизированного напряжения (на базе полевого транзистора) является схема, показанная на рис. 2а. Здесь на сток транзистора подаётся входное положительное напряжение (+), а с истока снимается также положительное стабилизированное напряжение, потенциал которого, естественно, ниже потенциала входного напряжения, что обозначено знаком минус (–). Такое включение транзистора является стандартным и используется не только в стабилизаторах, но и в подавляющем числе приложений. Основным недостатком такого включения является тот факт, что для открытия транзистора на его затвор необходимо подать напряжение, которое обычно на 2–4 В выше напряжения истока. Это так называемое напряжение смещения – $V_{GS(th)}$ (Gate Threshold Voltage). При больших токах нагрузки напряжение между стоком и истоком существенно снижается и может составлять 1–2 В, а то и меньше. Отсюда следует, что для открытия транзи-

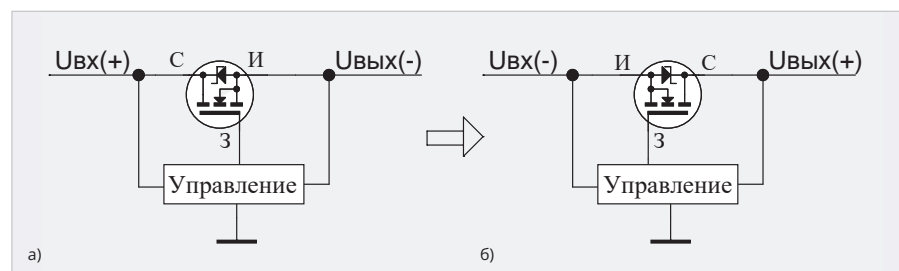


Рис. 2. Включение n-канального полевого транзистора в стабилизаторах: а) стандартная, б) альтернативная

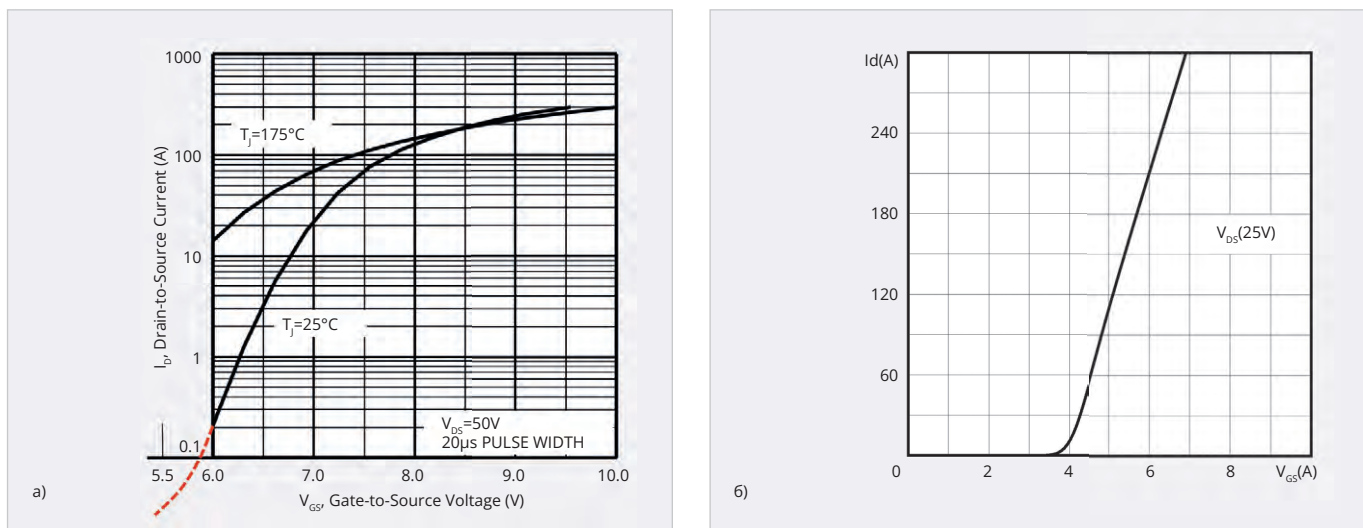


Рис. 3. Передаточные характеристики транзисторов IRFP4710 (а) и STF120NF10 (б)

сторона на его затвор необходимо подавать напряжение уже выше входного напряжения. Но где его взять, если, кроме входного напряжения, другого напряжения нет? Для выхода из создавшегося положения чаще всего используют два метода. Первый заключается в том, что с помощью ВЧ генератора и специальной схемы удвоителя напряжений входное напряжение повышается до необходимого уровня, добавляется к входному и подаётся на затвор, и таким образом вопрос снимается. Такой способ иногда используется в интегральных стабилизаторах. Второй способ – в трансформатор добавляется ещё одна обмотка, выходное напряжение которой выпрямляется, сглаживается конденсаторами, складывается со входным и также подаётся на затвор. Однако оба эти способа сопряжены с некоторыми сложностями и необходимостью применения дополнительных компонентов.

Во второй, альтернативной схеме включения транзистора (рис. 2б), как можно заметить, транзистор «перевернут», т.е. у него поменялись местами сток и исток, на который подаётся уже отрицательное входное напряжение $U_{вх}(-)$, а со стока снимается выходное стабилизированное напряжение (также отрицательное), которое является более положительным $U_{вых}(+)$ по сравнению со входным. В этом случае для открытия транзистора на его затвор потребуется подать напряжение также более положительное, чем напряжение истока, т.е. по абсолютному значению на те же 2–4 В уже меньше входного (а не больше, как в первой схеме – рис. 2а).

Таким образом, если входное напряжение составляет, например, –41 В, то на затвор потребуется подать напряжение –39...–37 В, с чем справится любой ОУ, если его питать входным напряжением, подаваемым на вход –U, а вход +U заземлить.

Но здесь возникает ещё одна проблема, к счастью, решаемая, связанная с закрытием транзистора. Для того чтобы закрыть транзистор (например, с помощью ОУ), на его затвор потребуется подать напряжение, равное напряжению истока, т.е. входному напряжению, подаваемому на вход –U ОУ. Не каждый ОУ на это способен. В схеме, показанной далее на рис. 4, эта проблема решена с двух сторон.

Во-первых, применённый в схеме на рис. 4 ОУ ADA4522-2 обладает так называемым свойством rail-to-rail output, т.е. он способен воспроизвести выходное напряжение, почти равное отрицательному напряжению питания –U (это важное свойство и используется) и почти равное положительному напряжению питания (+U). Здесь «почти» означает, что выходное отрицательное напряжение, которое способен воспроизвести этот ОУ, при питании 30 В отличается от напряжения питания –U всего на 0,11 В, а при питании 55 В – на 0,2 В (справочный листок (datasheet) на этот ОУ). Можно предположить, что при питании в районе 40 В это отличие может составлять около 0,15 В. Если, например, –U = –41 В, то выходное напряжение ОУ может достигать –40,85 В.

Во-вторых, в схеме рис. 4 применён транзистор IRFP4710 (VT1) с очень высоким значением напряжения смещения, о котором говори-

лось выше: по справочному листку $V_{GS(th)} = 3,5...5,5\text{ В}$. Из рис. 3а, отражающего передаточную характеристику этого транзистора, следует, что при напряжении на затворе в 6 В транзистор только начинает открываться, обеспечивая выходной ток всего 0,2 А (200 мА). Если мысленно продолжить передаточную характеристику (к сожалению, она показана не от нуля, как во многих справочных листках на похожие транзисторы) влево ещё на 0,5 В (см. пунктирную красную линию), то можно заметить, что выходной ток также существенно снизится. Для сравнения приведена передаточная характеристика транзистора STF120NF10 (рис. 3б), которая показана от нулевого напряжения на затворе, и не в логарифмических координатах по оси токов (как у IRFP4710), а в прямых. Аналогичная передаточная характеристика в прямых координатах будет и у IRFP4710, но только сдвинутая вправо приблизительно на 2 В. У транзистора STF120NF10 $V_{GS(th)} = 2-4\text{ В}$, и он начинает отрываться уже при напряжении на затворе чуть менее 4 В, а при 6 В может пропускать ток 210 А (вместо 0,2 А, как у IRFP4710).

Здесь необходимо заметить, что полностью закрывать транзистор совсем не требуется, так как он должен обеспечивать выходное напряжение –28 В, нагрузкой которого являются делитель выходного напряжения (описано далее) с током около 3 мА и светодиод (описано далее), индицирующий выходное напряжение – ещё около 3 мА, что в сумме составляет около 6 мА. Так вот, непосредственные измерения показали, что для обеспечения такого тока на затвор транзи-

сторона требуется подать напряжение на 1,5–2 В меньше по абсолютному значению (в зависимости от экземпляра транзистора), чем входное напряжение. Другими словами, при входном напряжении –41 В на затвор такого транзистора следует подать напряжение –39,5...–39 В, с чем легко справляется используемый ОУ ADA4522-2, который, как было отмечено выше, способен воспроизвести выходное напряжение до –40,85 В, т.е. имеющий запас по напряжению около 2 В, что существенно повышает надёжность работы подобного стабилизатора.

Теперь после этих предварительных пояснений можно уже приступить к описанию схемы стабилизатора.

Принципиальные схемы

Принципиальная схема (рис. 4) не отличается особой сложностью. Хотя принцип работы схемы уже описан в [1], поскольку схема достаточно проста, для общности изложения приведём полное описание схемы, тем более что в ней сделаны некоторые изменения, о которых будет рассказано по ходу изложения.

Схема состоит из двух узлов.

Первый – непосредственно стабилизатор напряжения. Он построен на ОУ DA1.2, на инвертирующий вход которого (2-й вывод) подаётся опорное напряжение (–5,6 В), снятое с анода стабилитрона VD3, а на неинвертирующий вход (3-й вывод) – напряжение, снятое с движка подстроечного многооборотного резистора R9 (марки 3224W), входящего в состав делителя выходного напряжения, построенного на резисторах R8, R9 и R10, номиналы которых подобраны так, что при выходном напряжении –28 В напряжение на движке R9 (при соответствующей настройке) также равно –5,6 В. Выходное напряжение ОУ (1-й вывод), через резистор R11 подаётся на затвор транзистора VT1, включённого по описанной выше схеме рис. 2б. Из принципа работы ОУ следует, что, воздействуя на затвор транзистора своим выходным напряжением, он стремится сохранить равными напряжения на своих входах. Поэтому, если выходное напряжение падает, например, при снижении сопротивления нагрузки, то падает и напряжение на движке R9, а так как это напряжение подаётся на неинвертирующий вход DA1.2, то падает и выходное напряжение ОУ (т.е. оно становится более положитель-

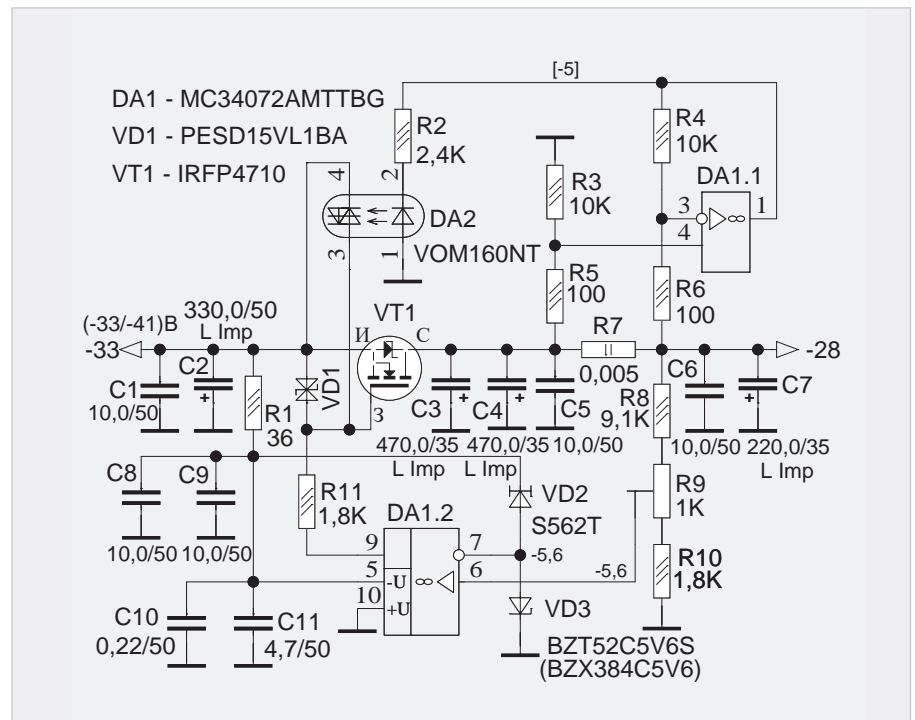


Рис. 4. Принципиальная схема стабилизатора

ным), что приводит к приоткрытию транзистора, в результате чего выходное напряжение на его стоке восстанавливается до первоначального. Если сопротивление нагрузки увеличивается, то всё происходит с точностью до наоборот, и выходное напряжение опять устанавливается на прежний уровень. Резистор 3224W (R9) выпускается в полностью закрытом корпусе, исключающем попадание пыли на резистивный слой, в отличие от однооборотного резистора PVZ3A, применённого в [1], у которого резистивный слой полностью открыт. В связи с этим при оседании на него пыли при соответствующей влажности сопротивление резистора меняется, отчего меняется и выходное напряжение стабилизатора. Кроме того, многооборотность (11 оборотов) резистора 3224W позволяет более точно выставить выходное напряжение стабилизатора.

Здесь необходимо добавить, что в [1] между выходом ОУ DA1.2 и его инвертирующим входом (выводы 1 и 2 соответственно), т.е. в отрицательной обратной связи, установлен конденсатор номиналом 22 нФ, который предотвращает вероятность самовозбуждения ОУ, так как ОУ с таким конденсатором становится своеобразным интегратором (или ФНЧ). Однако, как показала практика (и тестирование – об этом далее), настоящий стабилизатор прекрасно работает и без

этого конденсатора, поэтому он из схемы исключён, хотя место для него на разводке предусмотрено. Наличие этого конденсатора приводит к недостаточно быстрой реакции стабилизатора на «ступеньку» (так называемая переходная характеристика), т.е. на резкое изменение тока, например, при изменении сопротивления нагрузки в ту или иную сторону, а отсутствие конденсатора – на достаточно скоростную реакцию. Хотя специальных экспериментов по исследованию переходной характеристики стабилизатора не проводилось (для этого потребовался бы специальный генератор нагрузки), косвенным подтверждением скоростной реакции стабилизатора на резкое изменение сопротивления нагрузки явилось отсутствие больших выбросов выходного напряжения и достаточно быстрое его восстановление при переключении сопротивления нагрузки от нулевого значения до приблизительно 30% от максимального (и обратно). Этот факт свидетельствует о том, что стабилизатор достаточно устойчив и имеет приемлемую переходную характеристику.

Как уже было отмечено выше, источник опорного напряжения построен на основе диода – стабилизатора тока S-562T (VD2), формирующего постоянный ток (около 5,6 мА) вне зависимости от входного напряжения, начиная с 10 В. Этот диод представляет собой специальный полевой транзистор,

Выходной разъём

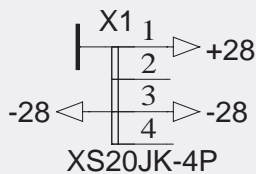


Рис. 5. Выходной разъём ИП

Индикаторы

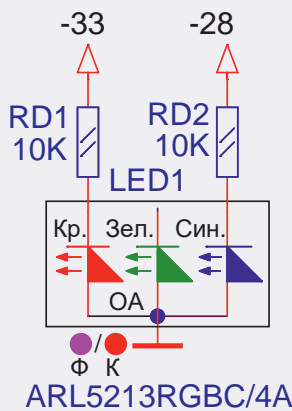


Рис. 6. Индикация входного и выходного напряжений

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

Последовательно с VD2 включён стабилитрон BZT52C5V6S/BZX384C5V6 (VD3) на напряжение 5,6 В. Эта связка (VD2 и VD3) и формирует опорное напряжение 5,6 В.

Второй узел – токовая защита. Он построен на основе дифференциального усилителя (ДУ) на базе второго ОУ DA1.1, резисторов R3–R6, токоизмерительного 2-ваттного резистора R7 номиналом 5 мОм и симисторного оптрона VOM160NT (DA2). Коэффициент усиления ДУ равен отношению R4/R6 (или R3/R5) = 10К/0,1К = 100. При токе в 10 А падение на резисторе R7 составит $10 \text{ А} \times 0,005 \text{ Ом} = 0,05 \text{ В}$. А усиленное в 100 раз напряжение с выхода ДУ составит около 5 В. Это напряжение подаётся на светодиод оптосимистора DA2 через резистор R2. Номинал R2 (2,4К) под-

бран таким образом, что при токе чуть больше 10 А (около 10,2 А) светимость светодиода превышает порог открытия оптосимистора, который открывается и своими контактами (3–4) замыкает затвор транзистора с его истоком, благодаря чему транзистор запирается, т.е. его сток устанавливается в высокоимпедансное состояние. Поскольку к стоку подключена нагрузка, выходное напряжение падает практически до нуля. Светодиод оптосимистора также гаснет, однако симистор остаётся включённым по следующей причине. Поскольку выходное напряжение почти нулевое, на движке R9 также возникает нулевой потенциал, и ОУ DA1.2 стремится открыть транзистор, подавая на его затвор также почти нулевой («земляной») потенциал через резистор R11, обеспечивая необходимый ток для открытого состояния оптосимистора. В этом состоянии стабилизатор может находиться сколь угодно долго. Единственный выход из этого состояния – это выключить питание стабилизатора, разрядить сглаживающие электролитические конденсаторы, нажав на специальную кнопку (далее), снять нагрузку стабилизатора и вновь включить питание.

Здесь необходимо добавить, что в [1] вместо резистора R2 (2,4 К) установлены последовательно резистор номиналом 1,5 К и подстроечный резистор номиналом 1 К (также PVZ3A). Практика показала, что в почти крайнем положении этого резистора (около 0,9 К) как раз и срабатывает защита, в связи с чем оба этих резистора были заменены одним, номиналом 2,4 К (R2). Кроме того, оптосимистор MOC3023 в DIP-корпусе, используемый в [1], был заменён на более современный оптосимистор (с теми же характеристиками, что и MOC3023) VOM160NT (DA2, рис. 1) в корпусе для поверхностного монтажа, который был установлен на плату на освободившееся место (вместо подстроечного резистора PVZ3A – проиллюстрировано далее в разводке платы).

Питание ОУ DA1 и источника опорного напряжения (VD2, VD3) осуществляется от входного напряжения, пропущенного через П-образный RC-фильтр на основе C1, C2–R1–C8–C11, дополнительно снижающий пульсации входного напряжения. Конденсатор C11 выводной. Он предназначен для двойной цели: первая (второстепенная) – как дополнительная ёмкость

П-образного вышеуказанного фильтра, вторая (главная) – через свои выводы (они пропаиваются с двух сторон платы) он передаёт напряжение питания и «землю» с одного слоя на другой для питания ОУ и источника опорного напряжения, что позволяет отказаться от металлизации отверстий, которая в домашних условиях весьма проблематична, а потому неприемлема.

Двунаправленный защитный диод PESD15VL1BA (VD1) на $\pm 15 \text{ В}$ защищает переход затвор-исток транзистора от высокого напряжения при включении питания (максимальное напряжение этого перехода для транзистора IRFP4710 составляет 20 В).

Конденсаторы C1, C2, C5–C7 – блокировочные, снижающие размах пульсаций выходного напряжения. Конденсаторы C3, C4 предназначены для следующей цели. При включении питания при подключённой ёмкостной нагрузке (например, к УМЗЧ, в составе которого имеются конденсаторы в несколько сот мкФ) повышенный её зарядный ток в первый момент может достигнуть больших значений вплоть до 10 А, что приведёт к срабатыванию защиты. Для исключения такой возможности и установлены эти конденсаторы перед резистором R7. В этом случае зарядный ток перераспределяется между C3, C4 и ёмкостной нагрузкой, в связи с чем через резистор R7 проходит существенно меньший ток, который не приводит к срабатыванию защиты.

Конденсаторы C3 и C4 ёмкостью по 470 мкФ каждый установлены взамен одного конденсатора ёмкостью 1000 мкФ в [1], служащего той же цели. Этот конденсатор установлен в середине платы и расположен как раз перед винтом, которым прикручивается транзистор к радиатору, поэтому для доступа к винту его (конденсатор) необходимо отогнуть, закрутить винт и подогнуть конденсатор на место. Конденсаторы же C3 и C4 расположены по бокам платы на расстоянии около 5 мм друг от друга (далее), обеспечивая лёгкий доступ к указанному винту.

Выходное напряжение стабилизатора подаётся на разъём XS20JK-4P – X1 (рис. 5) с максимальным током 25 А на контакт.

Для индикации входного и выходного напряжений стабилизатора предусмотрен 3-цветный RGB светодиод ARL5213RGBС/4А (LED1) с

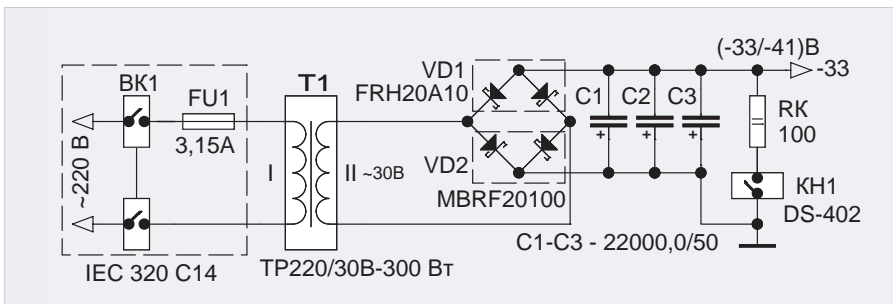


Рис. 7. Выпрямительная схема

общим анодом, подключённым к «земле» (рис. 6). Входное напряжение (-33/-41 В) через резистор RD1 подключено к красному светодиоду, а выходное (-28 В) через резистор RD2 – к синему. Если стабилизатор работает в штатном режиме, то горят оба светодиода, и общий цвет всего LED1 – сиреневый (светло-фиолетовый). Если возникает перегрузка при токовой защите (см. выше), то выходное напряжение падает почти до нуля, в связи с чем синий светодиод гаснет, а красный продолжает гореть, индицируя перегрузку.

Все резисторы на схеме рис. 4 – для поверхностного монтажа размером 0603. Конденсаторы C1, C5, C6, C8 и C9 – керамические для поверхностного монтажа размером 0805. C10 – керамический для поверхностного монтажа размером 0603. VD1 и VD3 – в корпусе SOD323, VD2 – в корпусе SOD123. OY DA1 – в корпусе MSOP-8 размером 3×5 мм (с учётом выводов). DA2 – в корпусе SOP-4 размером 5×7 мм (с учётом выводов). Все электролитические конденсаторы выводные с низким импедансом (L Imp). Подстроечный резистор R9 – 3224W для поверхностного монтажа размером 5,1×4,8×3,9 мм. Резистор R7 – для поверхностного монтажа разме-

ром 2512. Транзистор VT1 – в корпусе TO247AC.

Для получения входного выпрямленного напряжения (рис. 7) в ИП использован сетевой трансформатор T1 мощностью 300 Вт с выходным напряжением вторичной обмотки ~30 В и выпрямитель, который состоит из двух сдвоенных диодов Шоттки с общим анодом FRH20A10 (VD1) и общим катодом MBRF20100 (VD2) с максимальным обратным напряжением 100 В и максимальным током 20 А. Корпус диодов (TO220F) полностью изолирован, поэтому для них использован специальный ребристый радиатор АВМ-444-50 (HS 211-50) размером 50×41,8×24,8 мм, в котором просверлено отверстие, и эти два диода прикручены к радиатору с двух сторон винтом и гайкой с использованием теплопроводной пасты КПТ8. В качестве сглаживающих использованы три электролитических конденсатора (C1–C3) ёмкостью 22 000 мкФ каждый с максимальным напряжением 50 В. Для подключения к сетевому напряжению ~220 В использован специальный блок IEC 320 C14 (его фото приведено далее), оборудованный встроенным выключателем, разъемом для подключения кабеля питания (как в настольном компьютере)

и специальной съёмной планкой, в которую вставлен предохранитель 3,15 А. Для относительно быстрого разряда конденсаторов, что требуется для повторного включения ИП, если сработала защита, предусмотрены кнопка DS-402 (KH1) и резистор номиналом 100 Ом мощностью 2 Вт (RK).

Здесь необходимо отметить, что в [1] применены 4 диода Шоттки (в то время диоды с общим анодом были недоступны) и использованы 4 электролитических конденсатора ёмкостью 10 000 мкФ (общей ёмкостью 40 000 мкФ). Применение трёх конденсаторов общей ёмкостью 66 000 мкФ в настоящем ИП позволило снизить размах пульсаций выпрямленного напряжения до 0,86 В (против 1,6 В в [1]), что сказалось на снижении размаха пульсаций стабилизированного напряжения при токе 9,1 А до 1,4 мВ (см. далее).

Разводка, внешний вид платы стабилизатора и всего ИП

Разводка платы (рис. 8) сделана автором с помощью программы SprintLayout v.6.0. Файл разводки в формате *.laub приведён в дополнительных материалах к статье на сайте журнала. Размеры платы 22×17 мм. Все выводные конденсаторы и выводы транзистора необходимо пропаять с двух сторон платы. Токоизмерительный резистор одной стороной припаивается к стоку транзистора, а другой – к одному из концов специальной П-образной скобы из медного лужёного провода диаметром 1,1–1,2 мм, впаянной в плату также с двух сторон (рис. 8а и рис. 9). Ко второму концу скобы припаивается провод с выходным напряжением, который припаивается к выходному разъёму

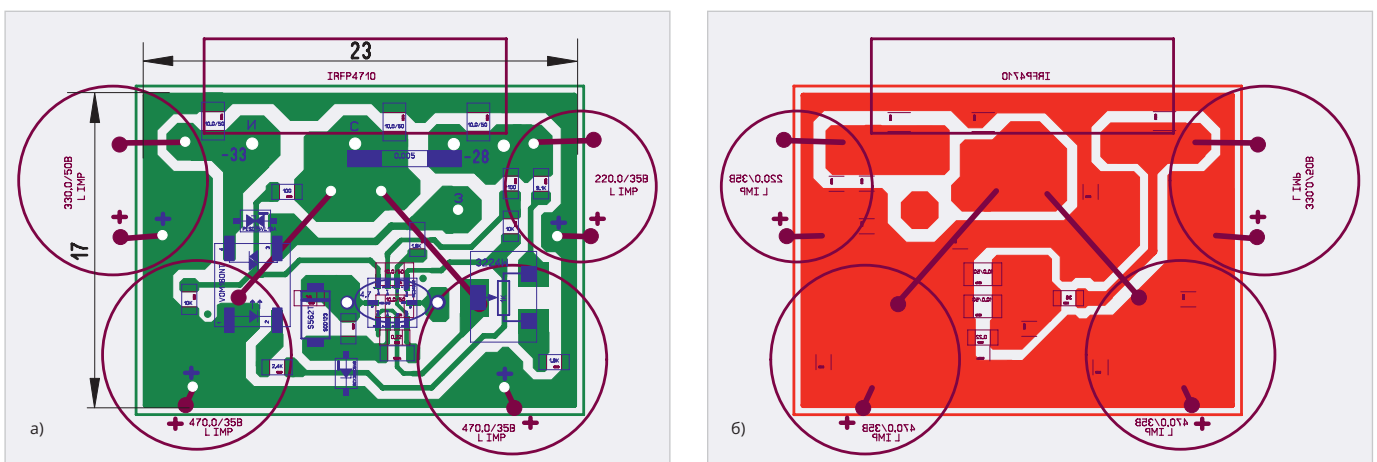


Рис. 8. Разводка платы: а) вид со стороны расположения OY, б) вид с обратной стороны

XS20JK-4P (он светло-коричневого цвета на рис. 10). Провод с входным (отрицательным) напряжением, идущий от одного из сглаживающих конденсаторов выпрямителя, припаивается к истоку транзистора (провод красного цвета на рис. 10). Земляной провод, идущий от одного из сглаживающих конденсаторов выпрямителя, припаивается к одному из земляных выводов электролитического конденсатора платы (он красно-чёрного цвета на рис. 10). Земляной провод (он жёлтого цвета на рис. 10) припаивается к выходному разъёму. Силовые провода (красный, светло-коричневый и жёлтый) желательнее использовать сечением не менее $1,5 \text{ мм}^2$, а лучше $2,5 \text{ мм}^2$ (как у автора).

ИП расположен в пластиковом корпусе размером $25,5 \times 19,5 \times 8 \text{ см}$ (рис. 10). Тороидальный трансформатор прикручен винтом М8, специальной шайбой и гайкой с резиновыми прокладками к днищу корпуса. Радиатор АВМ-444-50 с выпрямительными диодами прикручен к днищу корпуса уголком и двумя винтами М3. Электролитические конденсаторы прикручены к днищу корпуса специальными стягивающими скобами и винтами М3. Корпус сетевого блока ИЕС 320 С14 защёлкнут в специальном вырезе на задней стенке корпуса ИП (он чёрного цвета на рис. 10 слева сверху). К задней стенке также прикручен ребристый радиатор размером $18,5 \times 19,5 \times 4,5 \text{ см}$ с 14 рёбрами (см. рис. 10 и рис. 11). К этому радиатору винтом М3 прикручен транзистор через керамическую изоляционную теплопроводящую прокладку, предназначенную для корпуса ТО-247 (а лучше для корпуса ТО-264 (как у автора), размером $1 \times 21 \times 26 \text{ мм}$, так как она чуть больше) с использованием теплопроводной пасты, например, КПТ-8. Сама плата стабилизатора держится на достаточно прочных трёх выводах транзистора. Выходной разъём XS20JK-4P прикручен к задней стенке корпуса специально предназначенной для этого гайкой. Кнопка также прикручена к задней стенке корпуса своей гайкой. Резистор для разрядки конденсаторов одним выводом припаян к одному из выводов электролитического конденсатора, вторым – к проводу, идущему от кнопки, а второй провод от кнопки припаян ко второму выводу этого конденсатора. Этот резистор

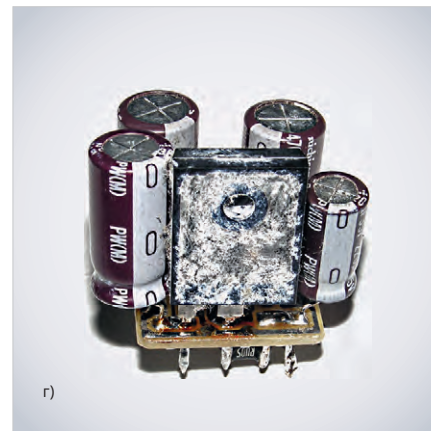
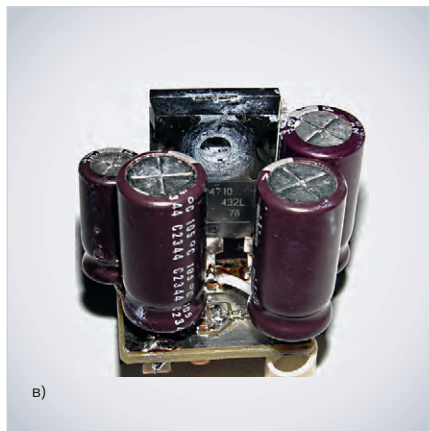
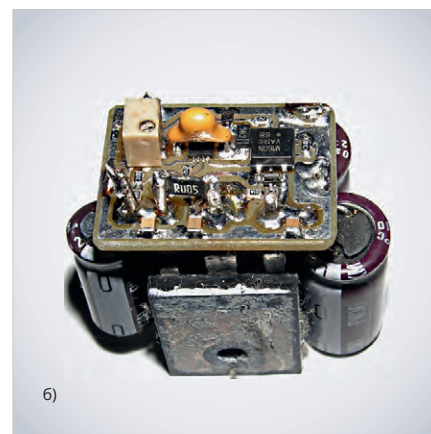
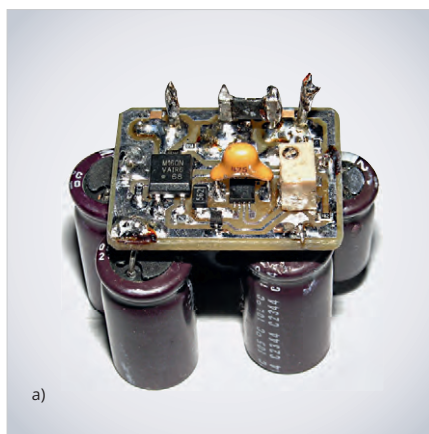


Рис. 9. Общий вид платы стабилизатора: а, б – вид со стороны расположения ОУ: а) спереди (ср. с рис. 8а), б) сзади; в, г – вид с обратной стороны: в) спереди (ср. с рис. 8б), г) сзади

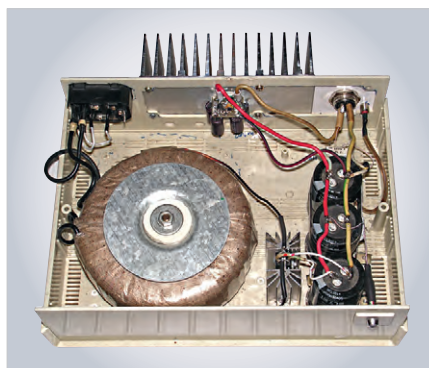


Рис. 10. Общий вид ИП в открытом корпусе



Рис. 11. Вид на заднюю стенку ИП

можно заметить на рис. 10 рядом с верхним конденсатором. Светодиод (с двумя припаянными резисторами по 10 К, изолированными друг от друга трубкой из ПВХ и стянутыми сверху термоусадочной трубкой) вставлен в специальную оправку и выведен на лицевую поверхность корпуса (рис. 10, рис. 12). Снизу к днищу корпуса по углам приклеены войлочные круглые ножки толщиной около 1 см и диаметром 3 см. В этом случае гудения трансформатора на расстоянии уже 0,5 м от ИП практически не слышно.

Испытание ИП

Для тестирования ИП автор использовал схему рис. 13. Ток измерялся стрелочным амперметром М42303 класса 2,5 с максимальным током 10 А. Входное выпрямленное напряжение измерялось стрелочным тестером ТЛ-4. Выходное стабилизированное напряжение измерялось цифровым мультиметром с двумя знаками после запятой. Входное и выходное напряжения одновременно подавались на два входа двухканального цифрового осциллографа с закрытыми входами. На

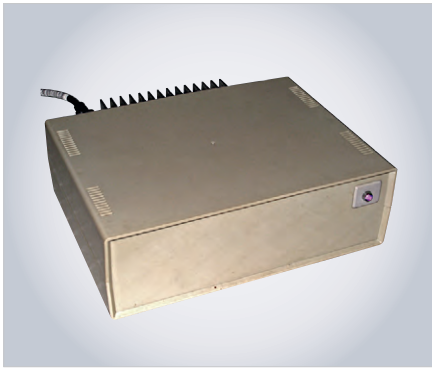


Рис. 12. Общий вид работающего ИП (без нагрузки) в сборе

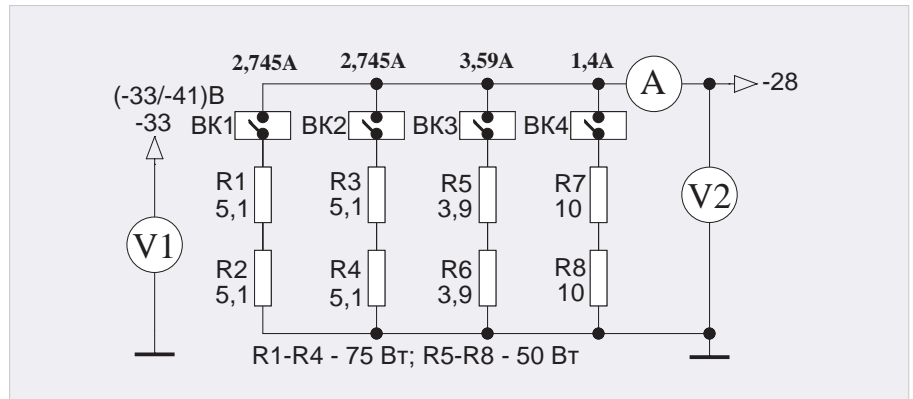


Рис. 13. Схема тестирования ИП

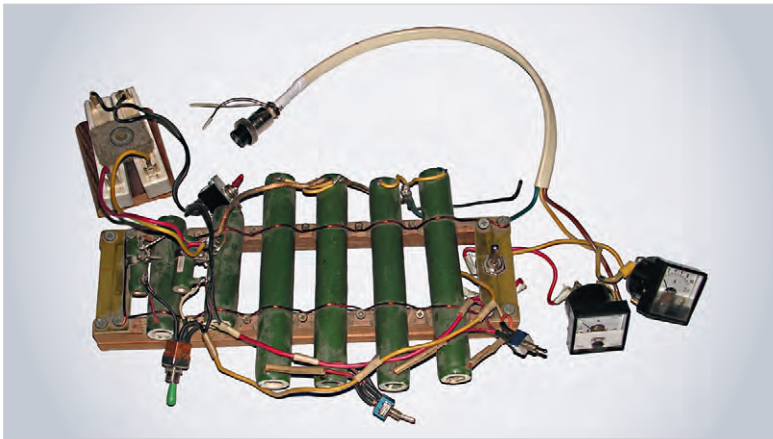


Рис. 14. Нагрузочные резисторы и амперметры

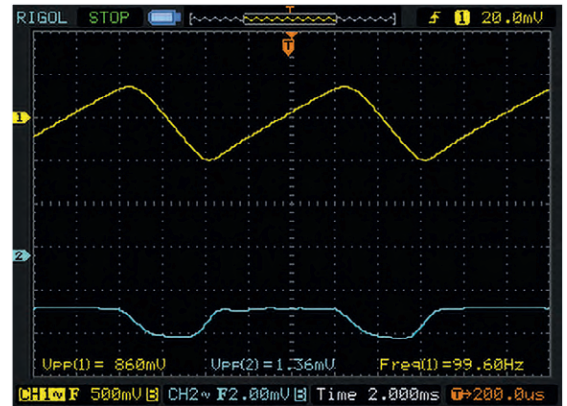


Рис. 15. Пульсация входного (жёлтый) и выходного (бирюзовый) напряжений при токе 9,1 А

рис. 13 сверху показаны токи соответствующих плеч, которые (токи) нетрудно подсчитать. Плечи включались последовательно: вначале R1 и R2, затем R3 и R4 и, наконец, R5 и R6. При работе ИП с максимальной нагрузкой, когда включались резисторы R1–R6, ток через них составлял: $2,745 \text{ A} + 2,745 \text{ A} + 3,59 \text{ A} = 9,08 \text{ A} \approx 9,1 \text{ A}$. Стрелочный амперметр также показывал ток около 9,1 А. При этом входное напряжение падало до -33 В . ИП стабильно работал, естественно, нагреваясь (радиатор), и защита не срабатывала. При дополнительном включении резисторов R7 и R8, т.е. когда ток возрастал до $9,1 \text{ A} + 1,4 \text{ A} = 10,5 \text{ A}$, чётко срабатывала защита. Без нагрузки (когда выключены все переключатели) автор специально настроил выходное напряжение на $-28,17 \text{ В}$. При максимальной нагрузке (когда ток достигал 9,1 А) выходное напряжение падало до $-28,06 \text{ В}$, т.е. на $28,17 - 28,06 = 0,11 \text{ В} \approx 0,1 \text{ В}$. При этом резисторы (рис. 14) также нагревались.

Автор снял осциллограммы входного и выходного напряжений стабилизатора двухканальным цифровым осциллографом с закрытыми

входами (рис. 15). При этом для измерения пульсации выходного напряжения щуп осциллографа и «земля» были подключены непосредственно к нагрузке, т.е. в том месте, где к резисторам подключён кабель питания длиной около 0,5 м. Туда же параллельно подключался и цифровой мультиметр, и в этом же месте располагался амперметр (рис. 14). А щуп осциллографа для измерения пульсации входного напряжения подключался к выводу конденсатора с входным напряжением (к нему и соседним с ним конденсаторам на рис. 10 припаян провод красного цвета).

Как видно из осциллограмм (рис. 15), размах пульсации входного напряжения (от пика до пика) при максимальном токе (9,1 А) составил 860 мВ (надпись жёлтого цвета «Vpp(1) = 860mV»), размах пульсации выходного напряжения составил 1,36 мВ (надпись цвета морской волны «Vpp(2) = 1.36 mV»).

По сравнению с размахом пульсаций входного и выходного напряжений, измеренных в [1], которые были соответственно 1,62 В и 1,04 мВ, пульсации входного напряжения настоящего ИП уменьшились поч-

ти в 2 раза (860 мВ против 1,62 В), а вот размах пульсаций выходного напряжения увеличился почти в 1,4 раза (1,36 мВ против 1,04 мВ), что автора несколько насторожило. Однако эта «загадка» быстро разрешилась. Дело в том, что в [1] пульсация выходного напряжения снималась непосредственно на правом по схеме рис. 4 выводе токоизмерительного резистора, т.е. не на нагрузке, как в данном случае, а на самой плате стабилизатора. Об этом, к сожалению, ничего не написано в [1]. Конечно, это, вероятно, имеет некоторую научную ценность, так как касается самого стабилизатора, но практическую ценность имеет измерение размаха пульсации непосредственно на нагрузке, так как это больше соответствует реальности. Автор не поленился и отключил ИП [1] от усилителя, открыл его крышку, подключил щупы, как описано выше, и снял осциллограммы входного и выходного напряжений. Пульсации входного напряжения остались теми же (около 1,6 В), а вот пульсации выходного напряжения возросли до примерно 3 мВ, т.е. всё встало на свои места. Другими словами, пульсации

выходного напряжения настоящего ИП более чем в 2 раза меньше, чем в [1] (1,36 мВ против 3 мВ), что, вероятно, объясняется уменьшенным почти в 2 раза размахом пульсации входного напряжения (0,86 В против 1,62 В [1]). А это, в свою очередь, объясняется тем, что ёмкость сглаживающих конденсаторов в настоящем ИП составляет 66 000 мкФ (рис. 7) против 40 000 мкФ в [1].

Помимо вышеописанных тестов с настоящим ИП, автор провёл ещё один достаточно жёсткий тест. Он заклю-

чался в следующем. При выключенном питании к ИП вначале была подключена нагрузка в 20 Ом (R7 и R8, рис. 13). Затем ИП включался, и наблюдалась его работа, а заодно и ток по амперметру. Затем ИП был выключен, и с помощью кнопки сглаживающие конденсаторы были разряжены. Аналогичный тест был проведён с нагрузкой 10,2 Ом (R1 и R2), 5,1 Ом (R1–R4) и 4,06 Ом (R1–R4 и R7, R8). Во всех четырёх случаях ИП исправно работал, защита не срабатывала, и амперметр показывал соответствующий ток (около 1,4 А, около 2,8 А, около 5,5 А и около 6,9 А соответственно). Таким образом, ИП показал достаточно устойчивую работу даже при таком жёстком испытании.

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

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

Заключение

Применение более современных электронных компонентов: ОУ ADA4522-2, диодного стабилизатора тока S-562T, симисторного оптрона VOM160NT, подстроечного резистора 3224W, замена подстроечного резистора, регулирующего ток светодиода оптосимистора, на постоянный резистор, а также исключение конденсатора в обратной связи ОУ в стабилизаторе напряжения позволили несколько упростить и существенно усовершенствовать описанный в [1] стабилизатор напряжения, повысить надёжность и долговечность его работы, а также снизить размах пульсации его выходного напряжения. Описанный в статье ИП на базе этого стабилизатора напряжения автор применил для питания современного аудиоусилителя, оснащённого новым двухканальным индикатором уровня звука с цветным дисплеем [4], хотя область применения подобного ИП, на взгляд автора, гораздо шире.

Литература

1. Кузьминов А. Однополярное питание аудиоусилителя на мощных ОУ в мостовом включении // Современная электроника. 2020. № 1, № 2.
2. Кузьминов А. Цифровой вольтметр с высоким разрешением. Часть 4 // Современная электроника. 2021. № 2.
3. Титце У., Шенк К. Полупроводниковая схемотехника: Справочное руководство. М.: Мир, 1982.
4. Кузьминов А. Усовершенствованный двухканальный индикатор уровня звука на базе цветного 1,3" TFT-дисплея и микроконтроллера EF8M8LB10F16 // Современная электроника. 2024. № 6.



ВАШ ИНФОРМАЦИОННЫЙ ПОПУТЧИК!

Полосковые дисплеи для транспорта

- ЖК-дисплеи серии SPANPIXEL™ с яркостью до 3000 кд/м²
- Размеры по диагонали от 6,2 до 65"
- Разрешение до 4K2K
- Угол обзора 178° (во всех плоскостях)
- Диапазон рабочих температур (некоторых моделей) –30...+85°C
- Возможна разработка под заказ
- Ресурс до 100 000 часов

PROCHIP
POWERED BY PROSOFT

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР

АКТИВНЫЙ КОМПОНЕНТ ВАШЕГО БИЗНЕСА
(495) 232-2522 • INFO@PROCHIPRU • WWW.PROCHIPRU



Рис. 13



Акустические светодиодные драйверы с низковольтным питанием

Александр Одинец

В статье рассматриваются два акустических автомата, зажигающих линейку из 8 или 4 светодиодов по принципу нарастания яркости на время от 5 до 15 секунд. Устройства могут найти применение в качестве автоматов ночной подсветки или для обозначения препятствий в темноте. В качестве источника питания используется один гальванический элемент типоразмера LR14 или LR20 с начальным напряжением 1,5 В.

Общие сведения

Первый вариант автомата, предлагаемый вниманию читателей, является, по сути, синтезом схемотехнических решений двух конструкций акустических светодиодных драйверов, рассмотренных в [1]. Основной конструкции является драйвер (конвертор) повышающего (boost) типа с низковольтным питанием. Как отмечено в технической документации [2], повышающий драйвер MAX756/MAX757 сохраняет работоспособность при снижении напряжения источника питания до 0,7 В при токе нагрузки не более 8 мА.

При снижении питающего напряжения наблюдается зависимость максимального тока нагрузки от минимального напряжения запуска драйвера. Таким образом, при токе нагрузки всего 40 мА минимальное напряжение источника питания для надёжного запуска драйвера должно быть не менее 1,2 В. Ещё больше снизить минимальное напряжение запуска стало возможным благодаря введению в устройства цифровых автоматов, зажигающих линейку светодиодов по принципу нарастания яркости от нуля до максимума. При этом стартовый ток нагрузки в момент запуска драйвера составляет всего десят-

ки микроампер и определяется в основном токами утечки ИМС КМОП структуры. При использовании питающего элемента типа LR20 его энергоресурса достаточно для непрерывной работы автоматов в течение более шести месяцев. Работоспособность устройств сохраняется при снижении питающего напряжения до 1,1 В, которое при зажигании всей светодиодной линейки может уменьшаться до 0,9 В.

Схема электрическая принципиальная

Схема электрическая первого варианта устройства показана на рис. 1. Автомат обеспечивает зажигание линейки из 8 светодиодов по принципу нарастания яркости (накопления «огня») при поступлении звуковой команды. По прошествии времени выдержки от 5 до 15 секунд происходит выключение светодиодной линейки по принципу убывания яркости (накопления «тени»). Повторное зажигание светодиодов возможно только после завершения выдержки и подачи новой голосовой команды.

Устройство содержит:

- фотодиодный усилитель на транзисторах VT1, VT2;
- микрофонный усилитель на транзисторах VT3, VT4;
- одновибратор на логических элементах DD1.2–DD1.4;
- повышающий драйвер DA1;
- таймер задержки на элементах C13, R21, DD2.4;
- генератор прямоугольных импульсов на элементах DD2.2, DD2.3;
- схему сброса в исходное состояние на элементах C14, R23, DD2.6;
- регистр сдвига DD3;
- линейку светодиодов HL1...HL8.

Фотодиод VD1 введён в схему устройства для повышения его экономичности и увеличения ресурса службы элемента питания, чтобы исключить зажигание светодиодов в светлое время суток, когда в подсветке нет необходимости.

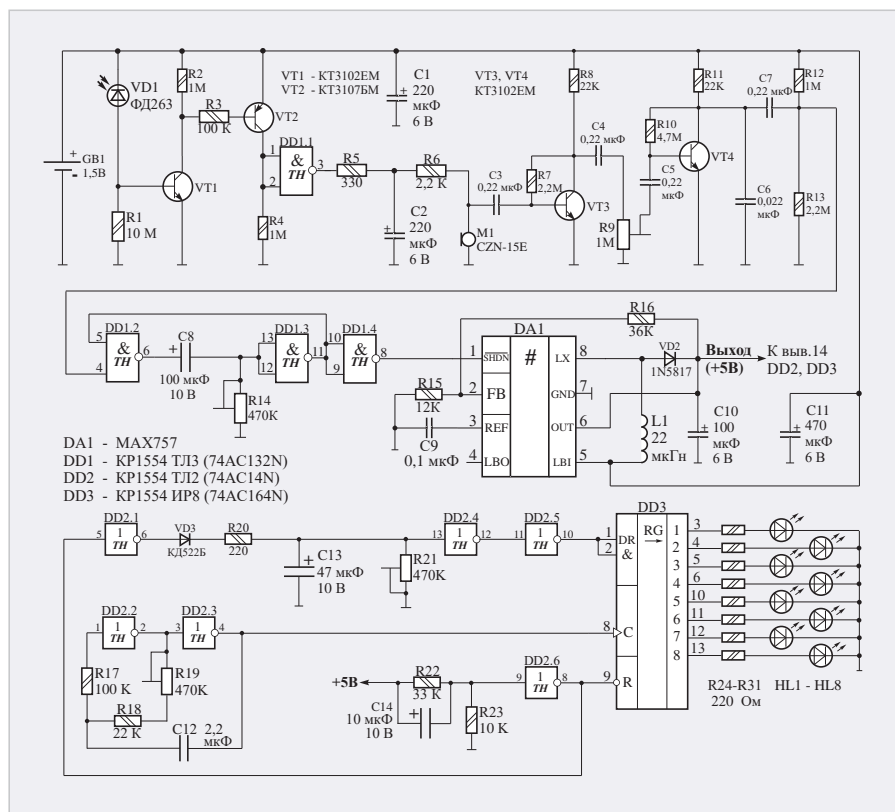


Рис. 1. Акустический светодиодный драйвер с низковольтным питанием. Вариант 1. Схема электрическая принципиальная

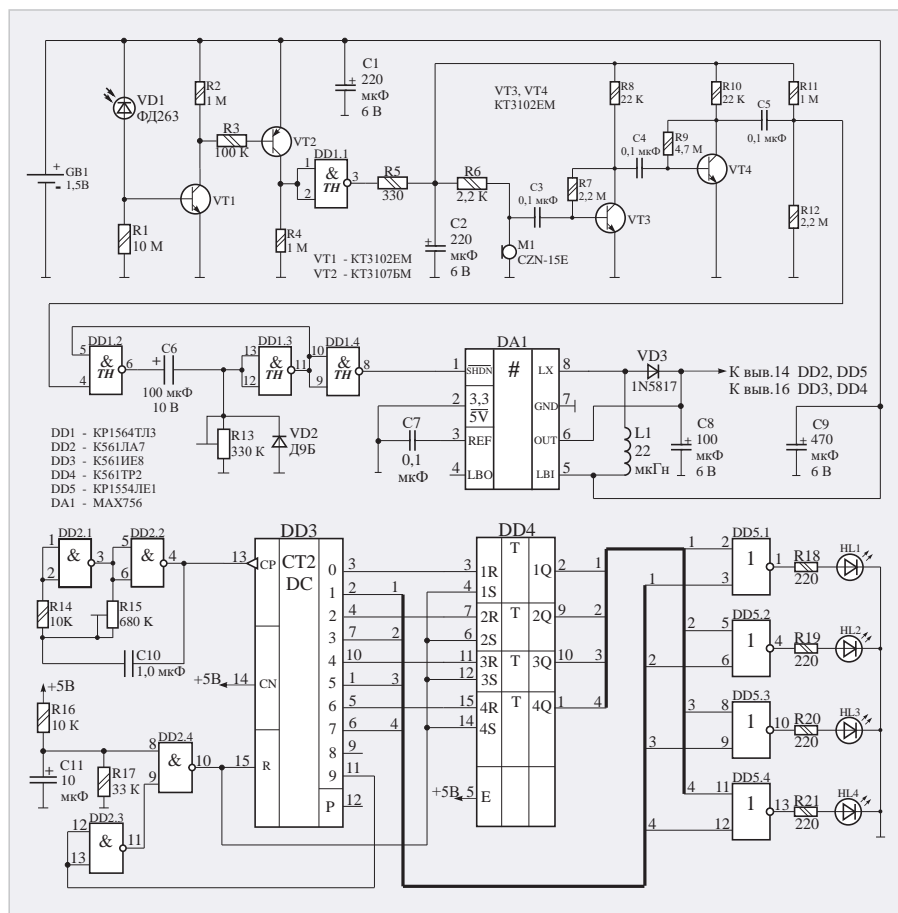


Рис. 3. Акустический светодиодный драйвер со светодинамическим эффектом. Вариант 2. Схема электрическая принципиальная

зажиганием следующего светодиода. Затем погасает второй светодиод, вновь зажигается с одновременным зажиганием третьего светодиода и так далее до полного зажигания всей линейки из четырёх светодиодов. После этого линейка выключается, и цикл последовательного включения светодиодов повторяется.

Работает цифровой автомат (рис. 3) следующим образом. При активации драйвера голосовой командой и появлении питающего напряжения 5 В срабатывает интегрирующая цепочка R16C11, формирующая короткий отрицательный импульс, который, инвертируясь логическим элементом DD2.4, обнуляет счётчик DD3 и устанавливает триггеры в составе DD4 в исходное единичное состояние. При этом все светодиоды выключены.

После завершения обнуляющего импульса на выходе «0» (вывод 3) счётчика DD3 появляется уровень лог. «1», который обнуляет первый триггер в составе ИМС DD4. Теперь на входы элемента DD5.1 приходят два уровня лог. «0», которые вызывают появление на его выходе уровня лог. «1» и зажигание светодиода HL1.

Первый же отрицательный перепад счётного импульса вызовет увеличение состояния счётчика DD3 на единицу и появление уровня лог. «1» уже на втором его выходе «1» (вывод 2). Теперь этот уровень лог. «1», поступая на нижний по схеме вход элемента DD5.1, приводит к выключению светодиода HL1. Следующий счётный импульс увеличивает состояние счётчика DD3 ещё на единицу и «сдвигает» логическую единицу с выхода «1» (вывод 2) на выход «2» (вывод 4). Теперь в нулевое состояние сбрасывается второй триггер ИМС DD4 и зажигаются уже два светодиода HL1 и HL2.

Далее, согласно логике работы цифрового автомата, выключается HL2, затем зажигаются HL2 и HL3, при этом HL1 остаётся включённым. Затем выключается HL3, потом включаются HL3 и HL4, при этом HL2 остаётся включённым. После зажигания всей линейки светодиоды остаются включёнными до момента формирования обнуляющего импульса на выходе «9» (вывод 11) счётчика DD3. Далее цикл зажигания полностью повторяется. Так происходит

до момента завершения выдержки одновибратора и деактивации повышающего драйвера. Теперь автомат готов к приёму новой звуковой команды. Рисунок печатной платы показан на рис. 4.

Конструкция и детали

Автоматы собраны на печатных платах из одностороннего (первый вариант, рис. 2) и двустороннего (второй вариант, рис. 4) фольгированного стеклотекстолита толщиной 1,5 мм размерами 50×110 мм (первый вариант) и размерами 50×120 мм (второй вариант). В устройствах применены постоянные резисторы типа МЛТ-0,125, подстроечные типа СПЗ-386 в горизонтальном исполнении. Конденсаторы неполярные типа К10-17 и оксидные типа К50-35 или импортные. Микрофон использован типа CZN-15E (применяется в телефонии), фотодиод – ФД263. Транзисторы VT1, VT3 и VT4 (рис. 1, рис. 3) должны быть обязательно из серии KT3102 с индексами «ГМ», «ЕМ» или импортные BC547C, BC549C; VT2 – KT3107 с любым индексом или BC557, диод VD3 (на рис. 1) – кремниевый маломощный из серий КД521, КД522; диод VD3 (на рис. 3) – обязательно германиевый типа Д2, Д9 или аналогичный; диод VD2 в схеме повышающего драйвера 1N5817 – обязательно Шоттки средней мощности. Все цифровые ИМС серии К561 (CD4000AN) заменимы на К1561 (CD4000BN), а ИМС 74AC132N также заменима на 74LV132N или 74LVC132N. Два последних варианта даже более предпочтительны, так как данные ИМС оптимизированы для работы при пониженном питающем напряжении. ИМС KP1554IP8 в первом варианте устройства (рис. 1) можно заменить на 74AC164N, а ИМС KP1554LE1 во втором варианте устройства (рис. 3) можно заменить на 74AC02N. Замена для MAX757 – MAX756 и наоборот с учётом коррекции схемы включения. Дроссель L1 выполнен на ферритовом кольце типоразмера K10x4x5 из μ -пермаллоя с проницаемостью порядка 50. Он содержит 10 витков провода ПЭВ-1,0, уложенных виток к витку. Такие дроссели широко используются во всевозможных импульсных блоках питания и на материнских платах компьютеров.

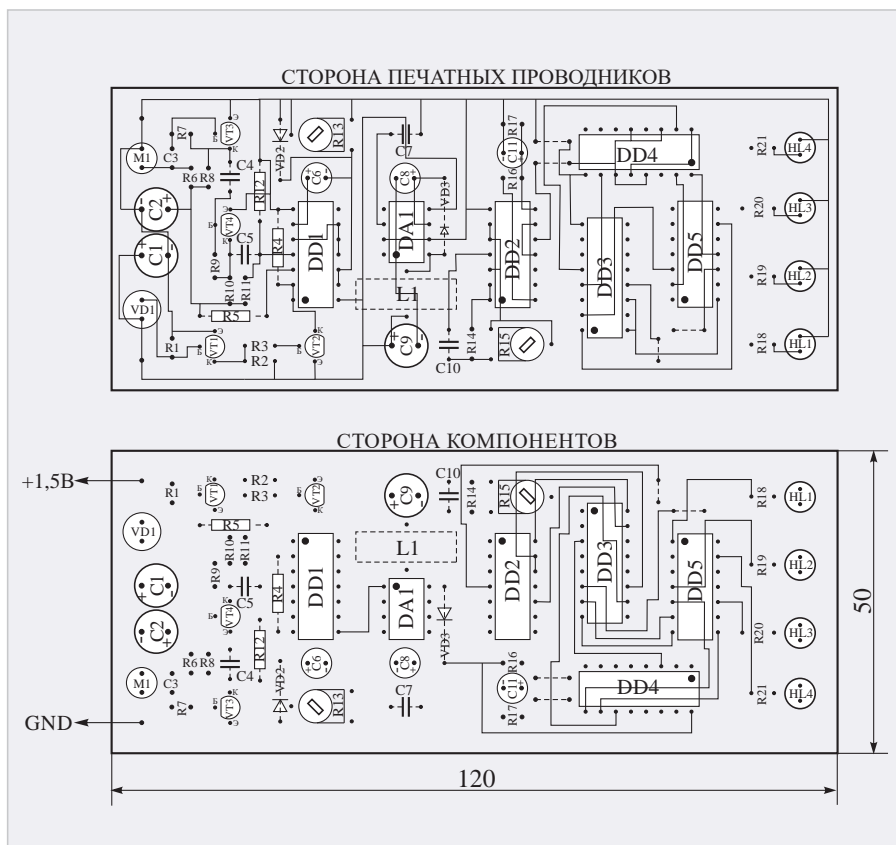


Рис. 4. Акустический светодиодный драйвер со светодинамическим эффектом. Вариант 2. Рисунок печатной платы

Настройка автоматов заключается в установке времени выдержки одновибратора резистором R14 (рис. 1) и R13 (рис. 3), постоянной времени задержки свечения светодиодной линейки – R21 (рис. 1), а также чувствительности микрофонного усилителя – R9 (рис. 1) и скорости заполнения светодиодной линейки – R19 (рис. 1) и R15 (рис. 3), подстройкой частоты задающего генератора. Точную подстройку коэффициента усиления микрофонного усилителя в первом варианте устройства можно производить с помощью подстроечного резистора R9, а грубую – с помощью резисторов R7 и R10 (рис. 1), R7 и R9 (рис. 3) в сторону увеличения их сопротивлений. Коэффициент усиления при этом возрастёт.

Литература

1. Одинец А.Л. Акустические светодиодные драйверы // Радиоаматор. 2015. № 3. С. 17–19.
2. URL: <http://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/MAX756-MAX757.pdf> // Maxim Integrated Corporation.



НОВОСТИ МИРА

Вьетнам развивает полупроводниковую промышленность

Ожидается, что выручка вьетнамской полупроводниковой промышленности в период с 2023 по 2027 год составит 20,5 миллиарда долларов при среднегодовом темпе роста в 11,62 процента.

Вьетнам совершает гигантский скачок в преобразовании своей полупроводниковой промышленности за счёт привлечения глобальных инвестиций и внедрения многочисленных схем субсидирования. Страна привлекла внимание крупнейших международных производителей микросхем, включая южнокорейскую Hanmi и немецкую Infineon Technologies.

Эксперты считают, что Вьетнам, придерживающийся политики промышленного развития, ориентированной на высокие технологии, следует по пути Малайзии. Индия, США и Европа продвигают страну как альтернативу Китаю в области импорта и производства. Эксперты также добавили, что Вьетнам, в котором работают передовые инженеры, отличают мизерные зарплаты. Согласно отчёту Asia Times, в среднем ежегодно вьетнамским инженерам выплачивается около 8000 долларов. В то же время показатели других стран составляют 34 000 долларов

в Южной Корее, 46 000 долларов на Тайване, 50 000 долларов в Японии и 68 000 долларов в Сингапуре.

Фактически годовая заработная плата инженеров-конструкторов, имеющих опыт работы менее трёх лет, колеблется в пределах 10 000–15 000 долларов США по сравнению с 65 000–70 000 долларов США в Америке. По этой причине Intel открыла свой крупнейший завод по производству интегральных схем ATMP во Вьетнаме, а также крупнейшее во Вьетнаме подразделение по производству ультрасовременной 3D-упаковки.

Стратегически альянс Вьетнама с США, направленный на то, чтобы затмить доминирование Китая на мировом технологическом рынке, может оказаться весьма выгодным. Распространение COVID-19, антикитайские настроения, «Альянс чип-4» и «Бриллиантовое ожерелье» играют решающую роль в развитии полупроводниковой экосистемы различных азиатских стран, включая Европу и США. Вьетнам, наряду с Индией, стал предпочтительным направлением для глобальных полупроводниковых компаний, укрепляя свои позиции в международной индустрии микросхем.

Обучая 50 000 инженеров, которые будут приносить пользу отрасли на всех этапах цепочки создания стоимости, Вьетнам демон-



стрирует своё стремление к росту. Ожидается, что в период с 2023 по 2027 год выручка национальной полупроводниковой промышленности составит 20,5 миллиарда долларов при среднегодовом росте на 11,62 процента, а рыночная стоимость к 2027 году составит 31,28 миллиарда долларов. Ожидается, что наибольший вклад на вьетнамском рынке внесут интегральные схемы, прогнозируемая стоимость которых составит 16,44 миллиарда долларов.

После Малайзии и Тайваня Вьетнам занимает третье место по экспорту полупроводников в США. Однако сложность заключается в том, что необходимо учитывать всю цепочку поставок. Вьетнам в основном работает на заключительном этапе производства чипов и сосредоточен на сборке, тестировании и упаковке. Поэтому страна активно работает над различными стратегиями, направленными на увеличение потенциала упаковки и дизайна, чтобы повысить свою востребованность в международной индустрии чипов.



Специализированные конференции

ПЕРЕДОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ АВТОМАТИЗАЦИИ 2024-2025

Промышленная автоматизация

Цифровизация производства

Интернет вещей и большие данные

Искусственный интеллект

Информационная безопасность

Автоматизация зданий и инженерных систем

2024

25.09 4-я специализированная конференция
ПТА - УФА

30.10 14-я специализированная конференция
ПТА - НОВОСИБИРСК

2025

12.02 20-я специализированная конференция
ПТА - ЕКАТЕРИНБУРГ

26.03 6-я специализированная конференция
ПТА - КАЗАНЬ

27.05 16-я специализированная конференция
ПТА - САНКТ-ПЕТЕРБУРГ

24.09 4-я специализированная конференция
ПТА - ЧЕЛЯБИНСК

29.10 15-я специализированная конференция
ПТА - НОВОСИБИРСК

Ждем Вас на форуме
МИКРОЭЛЕКТРОНИКА 2024

23-28
сентября

Федеральная территория «Сириус»

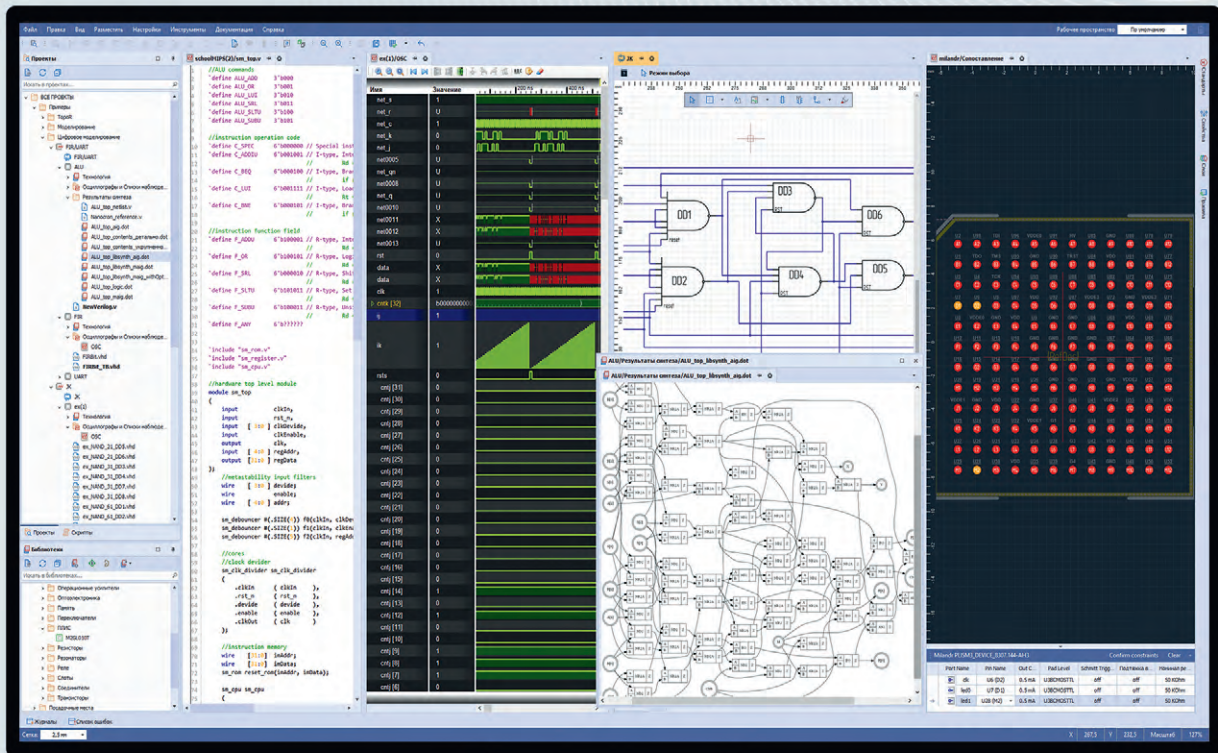
 DeltaDesign



Simtera 

АНОНС - АНОНС - АНОНС - АНОНС - АНОНС
1.0

Российская САПР микроэлектроники



Верификация и поведенческое моделирование Verilog, SystemVerilog и VHDL



Схематехническое проектирование цифровых устройств



Создание файлов конфигурации для отечественных программируемых логических интегральных схем (ПЛИС)



Интерактивная среда разработки



Логический синтез ПЛИС и СБИС

Бесплатная опытная эксплуатация Delta Design Simtera IC
возможна по запросу