

# СОВРЕМЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

WWW.CTA.RU

1

2026



Электронная  
версия этого  
журнала

**ЖИВЫЕ КАРТИНКИ,  
ИЗМЕНИВШИЕ МИР:**

**Владимир Зворыкин –  
инженер от Бога**



**ИМПОРТО(НЕ)ЗАВИСИМОСТЬ:**

китайские компоненты  
в российских разработках

**РУКОВОДСТВО К ДЕЙСТВИЮ:**

решения для автоматизации  
и измерений





# ЧИТАЙТЕ В КОМФОРТЕ



## ПЕЧАТНАЯ ВЕРСИЯ ЖУРНАЛА «СТА»

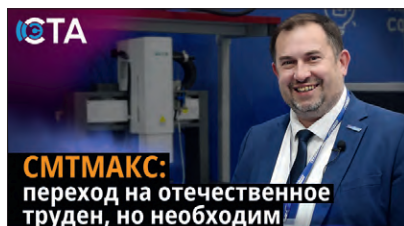
подписка с гарантированной доставкой



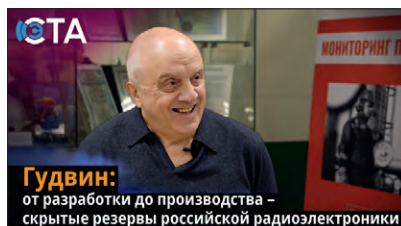
онлайн: [www.cta.ru](http://www.cta.ru) • +7 495 234-0635 • [shop@cta.ru](mailto:shop@cta.ru)

на почте: по каталогу «Урал-Пресс» (на год – 81872, на полугодие – 72419)

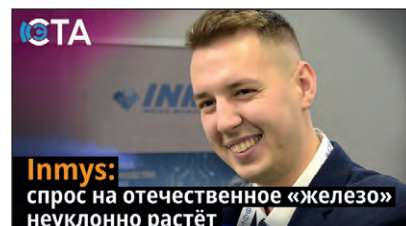




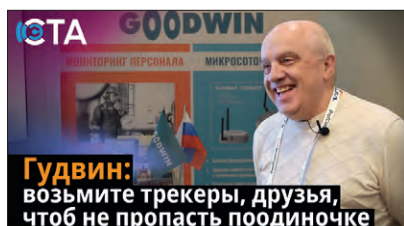
Интервью с Александром Масловым –  
исполнительным директором  
ООО «СМТМАКС»



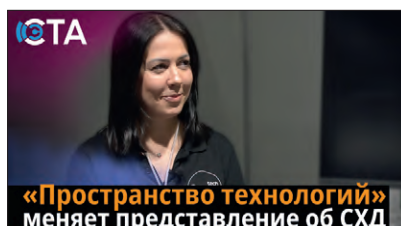
Интервью с Алексеем Истоминым  
(главный технолог) и с Михаилом  
Нагорским (технический директор),  
«Концерн Гудвин (Гудвин Европа)»



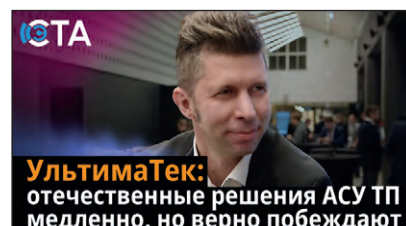
Интервью с Артёмом Слеповым –  
инженером-программистом Inmys



Интервью с Михаилом Нагорским,  
техническим директором «Концерн  
Гудвин (Гудвин Европа)»



Интервью с Юлией Секач –  
генеральным директором  
ООО «Пространство технологий»



Интервью с Андреем Кондратьевым –  
заместителем генерального директора  
по АСУ ТП «УльтимаТек»

## СМОТРИТЕ НА КАНАЛЕ СЭТА



## СЛУШАЙТЕ В ПОДКАСТЕ СЭТА





Здравствуйте, уважаемые друзья!

В этом номере журнала мы обращаемся к теме, которая сегодня волнует практически всех участников отрасли: как в условиях технологического давления и разрыва кооперационных цепочек российская радиоэлектроника ищет и находит внутренние резервы развития – от инженерной идеи до серийного производства. В основу выпуска легли материалы, опирающиеся не на декларации, а на практический опыт проектирования, производства и эксплуатации аппаратуры.

Открывает номер редакционный материал «От разработки до производства: скрытые резервы российской радиоэлектроники». Вместо абстрактных рассуждений мы посетили действующее предприятие полного цикла – ООО «Концерн Гудвин (Гудвин Европа)», резидента ОЭЗ «Технополис Москва». В статье показано, как на предприятии выстраивают и оптимизируют производственные процессы, какие инженерные и организационные решения позволяют добиваться эффективности.

Тему надёжного электропитания в экстремальных условиях продолжает публикация о радиационно-стойких гибридно-плёночных DC/DC-преобразователях с выходной мощностью до 120 Вт. Рассмотрены решения китайской компании XMTI, представленные в 2025 году для бортовой аппаратуры космических аппаратов, а также проанализированы ключевые конструкторско-технологические приёмы повышения КПД, удельной мощности и надёжности.

Мы продолжаем цикл справочных обзоров по китайским производителям ВЧ-компонентов мм-диапазона. Во второй части представлены компании Hualink Technology и Mechanc Information Technology, приведены основные параметры соединителей, адаптеров и кабельных сборок, а также даны ориентиры для их практического применения.

Разработчикам встраиваемых систем будет полезна вторая часть цикла «Микроконтроллеры: обзор и практика применения», посвящённая стартовым конфигурациям STM32F1xx и STM32F3xx, работе с библиотеками и настройке среды IAR Embedded Workbench.

Блок аналоговой электроники включает статьи о повышении точности измерения температуры и о формирователе сигнала треугольной формы с высокой линейностью. Практическую направленность номера дополняют материалы о тестере микросхем MAX485 и о системе автоматического управления отоплением, вентиляцией и кондиционированием воздуха на базе отечественного контроллера.

Отдельный обзор посвящён искусственному интеллекту и современным методам электронного отслеживания, а завершает выпуск историко-научная публикация о Владимире Козьмиче Зворыкине – одном из выдающихся инженеров, оставивших яркий след в истории мировой электроники.

Надеемся, что материалы номера вас не разочаруют, а напротив – окажутся полезными. Благодарим вас за внимание и желаем приятного чтения.

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

Распространение Ю. А. Фенчева (shop@cta.ru)

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 I/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.

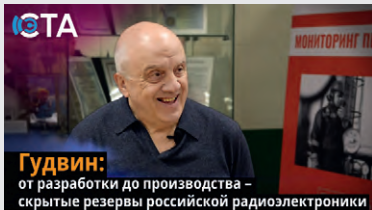
Все упомянутые в публикациях журнала наименования продукции и товарные знаки являются собственностью соответствующих владельцев.

© СТА-ПРЕСС, 2026

## Мы в соцсетях







Интервью с Алексеем Истоминым (главный технолог) и Михаилом Нагорским (технический директор), «Концерн Гудвин (Гудвин Европа)»

## Полный цикл в России: от идеи до корпуса.

### Как устроено современное электронное производство, выживающее без импорта?

Узнайте из первых рук, как работает завод, который не просто собирает платы, а владеет всем технологическим циклом – от схемотехники и SMT-монтажа компонентов 0,1 мм до литья собственных корпусов на станках ЧПУ. В этом детальном интервью главный технолог раскрывает:

Специфику настройки линии для бес-свинцовой пайки – почему перешли на 10-зонные печи и как это повлияло на качество.

Реальный подход к климатическим испытаниям – как сушка компонентов и термоциклирование от  $-40^{\circ}\text{C}$  до  $+150^{\circ}\text{C}$  снижают процент брака.

Сквозную цифровую прослеживаемость – собственная система маркировки QR-кодами, интеграция с 1С и контроль жизненного цикла каждого изделия.

Экономику собственного машиностроения – почему владение пресс-формами и литьем окупилось и дало гибкость, недоступную при аутсорсе.

Секреты выживания и развития – как сочетание импортозамещения, вертикальной интеграции и работы над B2B-нишами (мониторинг персонала, радиостанции) позволяет оставаться на плаву.

Если вы хотите понять, как сегодня выглядит реальное, а не показное отечественное производство электроники, и какие инженерные и управленческие решения стоят за ним – это интервью обязательно к прочтению.



## ФОРМУЛА УСПЕХА

### 4 От разработки до производства: скрытые резервы российской радиоэлектроники

Юрий Широков

## ЭЛЕМЕНТЫ И КОМПОНЕНТЫ

### 8 Радиационно-стойкие гибридно-плёночные DC/DC-преобразователи с высокой удельной мощностью и выходными мощностями до 120 Вт

Виктор Жданкин

### 16 Китайские производители соединителей, кабелей и кабельных сборок мм-диапазона. Часть 2. Компании Hualink Technology и Mechanc Information Technology

Кива Джуринский, Антон Одолевский, Антон Сычёв

### 24 Микроконтроллеры: обзор и практика применения. Часть 2

Валерий Жижин

## ИНЖЕНЕРНЫЕ РЕШЕНИЯ

### 34 Преобразователь сопротивления датчика температуры в напряжение

Олег Вальпа

### 38 Формирователь сигнала треугольной формы

Евгений Колесников

### 42 Тестер микросхем MAX485

Андрей Шабронов

### 45 Система автоматического управления отоплением, вентиляцией и кондиционированием воздуха

Олег Вальпа

## СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

### 49 Искусственный интеллект и современные методы отслеживания с помощью электронных устройств

Андрей Кашкаров

## СТРАНИЦЫ ИСТОРИИ

### 60 Изобретатель Зворыкин. История становления и достижений российской и мировой электроники

Андрей Кашкаров



# От разработки до производства: скрытые резервы российской радиоэлектроники

Юрий Широков

## Введение

В 2022 году с российского рынка радиоэлектронной продукции, включая средства связи и оборудование для промышленной безопасности, ушло большинство зарубежных производителей. Это событие стало серьёзным вызовом для отрасли и закономерно породило вопрос: какие решения сегодня способны предложить отечественные компании и насколько они готовы заместить ушедшие технологии не только формально, но и качественно?

Чтобы получить ответ не из пресс-релизов, а из реального производственного процесса, редакция портала [www.cta.ru](http://www.cta.ru) приняла приглашение посетить одно из таких предприятий – ООО «Концерн Гудвин (Гудвин Европа)», позиционирующее себя как научно-производственную компанию полного цикла в области радиоэлектронного оборудования. Компания является резидентом ОЭЗ «Технополис Москва».

## Немного о компании

ООО «Концерн Гудвин (Гудвин Европа)» – российский разработчик и производитель систем связи для общепромышленного применения и объектов с повышенными требованиями к безопасности, включая взрывозащищённые исполнения. Компания специализируется на создании и выпуске комплексных решений в области профессиональной радиосвязи, корпоративных коммуникаций и промышленного мониторинга.

Ключевыми направлениями деятельности концерна являются разработка и производство систем микросотовой связи семейства «Гудвин-Бородино», многофункциональных систем «Гудвин-Нева» с расширенным функционалом IIoT, а также контрактная сборка электронных плат различного уровня сложности. В серийном производстве компании находится базовое и абонентское оборудование, реализованное на базе

радиотехнологий DECT, GSM/UMTS/LTE, Bluetooth и LoRaWAN, что позволяет формировать гибкие и масштабируемые решения под конкретные задачи заказчиков.

С начала 2000-х годов специалисты концерна реализовали более 500 проектов различной степени сложности для операторов связи, промышленных предприятий и корпоративных клиентов. Накопленные экспертные знания охватывают полный цикл – от проектирования и опытно-конструкторских разработок до внедрения, сопровождения и модернизации систем связи на действующих объектах.

В настоящее время деятельность компании сосредоточена на развитии многофункциональной платформы, объединяющей профессиональную радиосвязь, системы позиционирования и мониторинга персонала на промышленных объектах. Такие решения особенно востребованы на предприятиях с повышенными требованиями к безопасности и управляемости процессов. На сегодняшний день компанией реализовано более 20 проектов связи и мониторинга на объектах нефтегазовой, химической, металлургической и энергетической отраслей.

## Производство: от платы до готового изделия

По приглашению технического директора компании Михаила Витальевича Нагорского мы побывали на производственной площадке, ознакомились с технологическими процессами и поговорили о текущем состоянии производства, цифровизации, а также о перспективах развития.

Экскурсию по предприятию для нас провёл главный технолог компании Алексей Истомин.

«Здравствуйте. Предлагаю начать с линии поверхностного монтажа. Безусловно, жизненный цикл любого изделия начинается с разработки и проектирования, однако реальное производство стартует именно здесь», – поприветствовал он нас.

Электронные модули компании изготавливаются на автоматизированной линии поверхностного монтажа (SMT), в состав которой входят принтер паяльной пасты X5 (GDK), два автомата установки компонентов SM482 (Samsung/Hanwa Techwin) (рис. 1) две печи конвекционного оплавления «Этна» B221-AC421 и КАИТ KTR-1000 (рис. 2). Возможности линии позволяют собирать электронные модули высокой сложности с использованием пассивных компонентов типоразмера 01005 и выше, а также BGA-микросхемы с большим количеством выводов (например, 1000+ шаров) и малым шагом. К слову сказать, производство концерна «Гудвин» не только покрывает собственные потребности, но также выполняет заказы внешних клиентов по контрактной сборке электронных модулей, предоставляя возможность как реализации полного цикла работ, включая закупку электронных компонентов, логистику, изготовление и сборку изделий, так и производства электронных модулей из комплектующих, предоставленных заказчиком.

Особое внимание на предприятии уделяется входному контролю и предварительной подготовке компонентов.

**Михаил Нагорский** в 1979 году окончил Московский физико-технический институт по специальности «инженер-физик-исследователь». В 2005 году получил степень MBA в Национальном исследовательском университете «Высшая школа экономики», дополнив инженерную экспертизу управленческими компетенциями.

Общий профессиональный стаж в области научно-технических разработок составляет 39 лет. Является автором ряда патентов на изобретения и полезные модели, внедрённых в практику. В компании «Гудвин» работает с 2000 года, принимая непосредственное участие в формировании технической стратегии, развитии продуктовой линейки и реализации ключевых проектов.





Рис. 1. Автомат установки компонентов SM482 (Samsung/Hanwa Techwin)



Рис. 2. Общий вид линии поверхностного монтажа



Рис. 3. Климатическая установка для сушки компонентов и проведения климатических испытаний готовых изделий



Рис. 4. Фрезерные станки с ЧПУ для изготовления корпусов и пресс-форм

Все электронные компоненты перед монтажом проходят предварительную сушку в строгом соответствии с требованиями международных стандартов МЭК (Международная электротехническая комиссия) и IPC (отраслевые стандарты сборки электроники), что гарантирует надёжность паяных соединений. Для этих целей используется специализированная климатическая установка (рис. 3), обеспечивающая более точный и щадящий режим по сравнению с традиционными сушильными шкафами.

«Предварительная сушка необходима для исключения вероятности термоудара в результате парообразования в печи и, как следствие, выхода компонентов из строя, так как многие компоненты обладают гигроскопичностью и при нарушении условий хранения у поставщиков могут накапливать влагу. В процессе пайки это может приводить к дефектам в паяных соединениях. Мы сознательно инвестировали в климатическое оборудование, чтобы минимизировать брак и повысить надёжность продукции», – пояснил технолог.

Та же климатическая установка применяется и для проведения климатических испытаний готовых изделий. Поскольку оборудование эксплуатируется в различных климатических зонах – от северных регионов до южных широт, – компания обязана быть уверенной в его стабильной работе в широком диапазоне температур и влажности.

### Автоматизация монтажа и пайки

Линия поверхностного монтажа организована по полностью автоматизированному принципу. Печатные платы подаются загрузчиком в принтер, где паяльная паста наносится через трафарет на контактные площадки. Далее платы автоматически передаются на установщики компонентов.

Автомат установки компонентов представляет собой высокоточный робот с системой машинного зрения. Он извлекает компоненты из кассет, проверяет их тип и, после корректного позиционирования, устанавливает в заданные места на плате. Средняя

производительность одного установщика составляет около 20 000 компонентов в час.

Использование двух установщиков позволяет существенно расширить номенклатуру автоматически устанавливаемых компонентов – до 120 позиций одновременно. Это особенно важно при производстве сложных изделий. В таких случаях часть компонентов монтируется на одном автомате, а часть – на другом.

После установки компонентов платы поступают в печь конвекционного оплавления. Печь имеет десять зон нагрева и три зоны охлаждения.

Вот как Алексей Истомин объясняет выбор оборудования: «Для качественной пайки формально достаточно 6–8 зон, однако мы выбрали более современное и, разумеется, более дорогостоящее решение. Большинство BGA-компонентов, закупаемых за рубежом, используют бессвинцовый припой, который крайне чувствителен к термопрофилю. Дополнительные зоны позволяют обеспечить плавный нагрев, стабилизацию температуры перед зоной оплавления



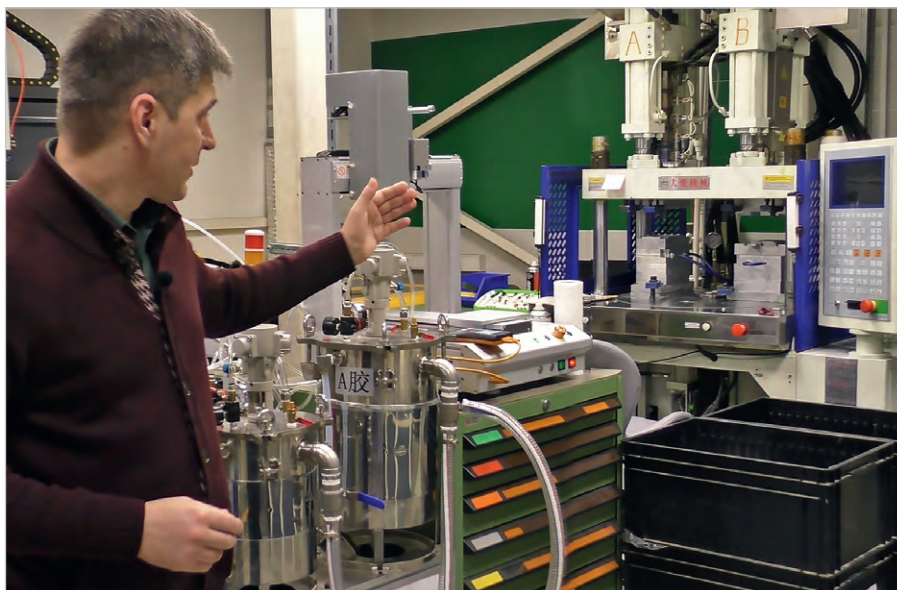


Рис. 5. Термопластавтомат для литья под давлением



Рис. 6. Так происходит программирование и тестирование изделий



Рис. 7. Лазерные установки для нанесения маркировки на изделия

и, как следствие, более качественные паяные соединения и минимум брака».

В результате паяные соединения соответствуют критериям качества стандартов IPC-A-610 (например, отсутствие мостиков, холодных паек, оптимальный объём припоя), не имеют дефектов, связанных с резкими температурными перепадами, что напрямую влияет на долговечность изделий.

## Корпусирование и механическое производство

После поверхностного монтажа электронные модули требуют корпусирования. Здесь компания подчёркивает своё ключевое отличие – наличие собственного производства корпусных элементов.

На предприятии эксплуатируются термопластавтоматы (ТПА), а также парк фрезерных станков с ЧПУ для изготовления пресс-форм (рис. 4, 5).

Алексей говорит: «Мы осознанно пошли по пути реализации полного цикла. Да, это требует значительных инвестиций, и для массового производства зачастую проще заказывать корпуса на стороне. Но мы – научно-производственное предприятие, выпускающее малые и средние серии. Собственное корпусное производство даёт нам гибкость, которая является нашим стратегическим преимуществом».

Такая гибкость позволяет оперативно вносить изменения в конструкцию изделий, повышать технологичность сборки, адаптировать функционал под требования конкретного заказчика без зависимости от сторонних подрядчиков.

Для нанесения графических элементов, включая клавиатуры и маркировку корпусов, используется полуавтоматический шелкографический станок и УФ-установка отверждения. Это позволяет применять нетоксичные материалы и при этом получать изображения, устойчивые к истиранию.

Дополнительно на предприятии установлен автоматический двухкомпонентный диспенсер с ЧПУ для нанесения защитных покрытий – силиконовых и эпоксидных герметиков. Такие операции необходимы в том числе при производстве оборудования с требованиями по искробезопасности.



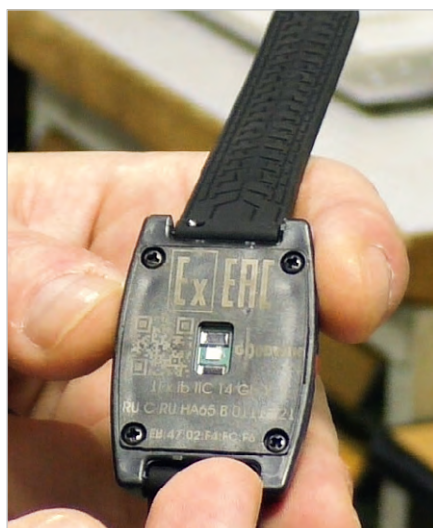


Рис. 8. Браслет-трекер с нанесённой лазерной маркировкой

## Программирование, тестирование и цифровая прослеживаемость

После сборки электронные модули проходят автоматическую оптическую инспекцию (АОИ), а затем передаются в научно-техническую лабораторию (НТЛ), где выполняются программирование и функциональное тестирование.

Именно здесь была реализована одна из ключевых идей компании – сквозная цифровизация производственного цикла.

По инициативе технического директора Михаила Нагорского была разработана и внедрена система полной прослеживаемости изделий на базе QR-кодирования. Каждый электронный модуль получает уникальный QR-код, который сопровождает его на всех этапах производства.

При программировании, тестировании, корпусировании, выходном контроле и комплектации операторы сканируют QR-код, а результаты этапа автоматически сохраняются в единую базу данных (рис. 6). Фиксируются версии прошивок, параметры измерений, результаты тестов и статус прохождения операций.

Алексей поясняет: «Если предыдущий этап не пройден или завершён с отрицательным результатом, система просто не позволит перейти к следующему шагу. Таким образом мы практически исключили влияние человеческого фактора».

При корпусировании QR-код переносится на корпус изделия с помощью волоконных лазерных маркираторов, обеспечивающих высокую стойкость



Рис. 9. Технический директор Михаил Витальевич Нагорский (слева)

и читаемость маркировки на металле и пластике (рис. 7, 8).

После успешного выходного контроля система автоматически формирует паспорт изделия, а в базе данных фиксируется информация о дате выпуска и ответственном лице – современный цифровой аналог отметки ОТК.

На этапе отгрузки система на основании тех же QR-кодов подсказывает комплектовщику состав изделия или комплекса, предотвращая ошибки при комплектации.

## Планы и перспективы развития

После экскурсии мы задали Михаилу Витальевичу Нагорскому вопрос о планах дальнейшего развития предприятия (рис. 9).

Михаил Нагорский: «Наше производство сегодня обеспечено всем необходимым оборудованием, и мы действительно выпускаем продукцию полностью своими силами. Теперь наша ключевая задача – непрерывное совершенствование: повышение надёжности, функциональности и качества».

В ближайших планах – расширение системы QR-прослеживаемости на постпроизводственные процессы: техническое обслуживание, ремонт и анализ эксплуатации оборудования у заказчиков. Это позволит собирать статистику отказов и более эффективно дорабатывать изделия под реальные условия эксплуатации.

Также планируется интеграция системы маркировки с 1С для автоматического отражения всех движений продукции в складском и финансовом

учёте – фактически создание собственной ERP-системы, адаптированной под задачи предприятия».

Отдельно Михаил Нагорский отметил перспективные направления разработок: помимо мониторинга персонала, рассматриваются проекты по мониторингу поголовья в сельском хозяйстве, а также медицинские системы мониторинга состояния пациентов.

Из актуальных и почти завершённых проектов – вывод на рынок DMR-радиостанции с функциями трекинга и мониторинга. Схемотехника уже готова, опытные образцы прошли испытания, сейчас завершается работа над эргономичным дизайном и конструктивом. Демонстрация готового продукта ожидается уже весной 2026 года.

## Заключение

Посещение производственной площадки «Концерн Гудвин» в технопарке наглядно показало, что в России существуют предприятия, которые заявляют о полном цикле собственного производства совсем не голословно, а реализуют его на практике – от разработки и монтажа электроники до корпусирования, цифровой прослеживаемости и выхода готового изделия.

В условиях быстрой трансформации рынка и стремления страны к технологической независимости особое уважение вызывают отечественные компании, которые не останавливаются на достигнутом, инвестируют в технологии, автоматизацию и качество и при этом уверенно смотрят в будущее.





# Радиационно-стойкие гибридно-плёночные DC/DC-преобразователи с высокой удельной мощностью и выходными мощностями до 120 Вт

Виктор Жданкин (info@prochip.ru)

В статье рассматриваются радиационно-стойкие DC/DC-модули питания с выходными мощностями до 120 Вт, выполненные по гибридной технологии, представленные компанией XMTI (Xi'an Microelectronics Technology Institute) в 2025 году и предназначенные для обеспечения питанием функциональной части бортовой аппаратуры космических аппаратов. Рассказано о способах решения энергетических, конструкторско-технологических проблем, связанных с повышением КПД, увеличением удельной мощности и повышением надёжности модулей.

Предприятие Xi'an Microelectronics Technology Institute (XMTI) – Сианьский технологический институт микроэлектроники – был создан в 1965 году. Объединяя исследование и производство вычислительных устройств, полупроводниковых интегральных микросхем, гибридных микросхем, XMTI является уникальным крупным профессиональным научно-исследовательским институтом, определяющим многие направления развития авиакосмической промышленности Китая.

Он является одним из мест рождения микроэлектроники Китая и основателем авиационно-космической микроэлектроники Китая и вычислительной техники. Институт также является основоположником китай-

ской технологии интеграции микросистем и проектирования изделий, лидером в технологии авиакосмических встраиваемых систем микроэлектроники и основным предприятием в Китае в области разработки и производства интегральных микросхем.

XMTI использует в полном объёме уникальные преимущества сочетания систем и кристаллов, монолитной интеграции и гибридной интеграции, разработки и технологических процессов, формируя доброкачественную структуру научной разработки трёх отраслей – вычислительной техники, полупроводниковых и гибридно-плёночных микросхем. Средства вычислительной техники сформировали законченные промышленные системы

обработки информации и программного обеспечения для авиакосмических моделей. Отрасль интегральных микросхем сформировала законченную промышленную цепочку, включающую разработку и конструирование, производственный процесс, передовые технологии корпусирования, тестирование и анализ отказов. Направление гибридно-плёночных микросхем образует законченную производственную цепочку разработки интегральных систем, передовое производство подложек, многокристальную микро-нано-интеграцию, тестирование и гарантирование надёжности.

За последние десятилетия продукция и специальные услуги XMTI широко применялись в авиационной аппаратуре, средствах вывода на орбиту, спутниках и других секторах. Продукция соответствует специальным требованиям к стойкости к воздействию факторам космического пространства и основного опасного фактора – ионизирующих излучений.

Электронные компоненты предприятия успешно применяются в российских проектах по созданию космических аппаратов.

Таблица 1. Типономиналы и основные технические характеристики радиационно-стойких DC/DC-преобразователей с выходными мощностями до 120 Вт

Модель	Выходная мощность, Вт	Входное напряжение, В	Выходное напряжение, В	Выходной ток, А	КПД (тип.), %	Рекомендуемый фильтр ЭМП	Масса, г	Габариты, мм	Уровень качества
LDCC/(20-50)-3R3-66/SP	66	20...50	3,3	20	77	LCDC/(20-50)-461-750	76±6	76,7×38,6×10,66	H, YB
LDCC/(20-50)-5-100/SP	100	20...50	5	20	82	LCDC/(20-50)-461-750	76±6	76,33×38,23×10,66	YC, CAST H, H
LDCC/(20-50)-5-100H/SP	100	20...50	5	20	87	LCDC/(20-50)-461-750	76±6	76,33×38,23×10,66	YC, H
LDCC/(20-50)-6R3-100/SP	100	20...50	6,3	15,9	82	LCDC/(20-50)-461-750	76±6	76,7×38,6×10,66	YC, H
LDCC/(20-50)-8-100/SP	100	20...50	8	12,5	85	LCDC/(20-50)-461-750	76±6	76,33×38,23×10,66	YC, H
LDCC/(20-50)-9R5-110/SP	110	20...50	9,5	11,6	86	LCDC/(20-50)-461-750	76±6	76,33×38,23×10,66	YC, H
LDCC/(20-50)-12-120/SP	120	20...50	12	10	85	LCDC/(20-50)-461-750	76±6	76,33×38,23×10,66	YC, H
LDCC/(20-50)-15-120/SP	120	20...50	15	8	86	LCDC/(20-50)-461-750	76±6	76,33×38,23×10,66	YC, H
LDCC/(20-50)-20-120/SP	120	20...50	20	6	86	LCDC/(20-50)-461-750	76±6	76,33×38,23×10,66	YC, H
LDCC/(20-50)-28-112/SP	112	20...50	28	4	86	LCDC/(20-50)-461-750	76±6	76,33×38,23×10,66	YC, H
LDCC/(20-50)-5-100/D1	100	20...50	±5	±10	82	LCDC/(20-50)-461-750	76±6	76,33×38,23×10,66	YC, H
LDCC/(20-50)-9R5-110/D1	110	20...50	±9,5	±5,8	84	LCDC/(20-50)-461-750	76±6	76,33×38,23×10,66	YC, H
LDCC/(20-50)-12-110/D1	110	20...50	±12	±4,58	85	LCDC/(20-50)-461-750	76±6	76,33×38,23×10,66	YC, H
LDCC/(20-50)-15-120/D1	120	20...50	±15	±4	86	LCDC/(20-50)-461-750	76±6	76,33×38,23×10,66	YC, H

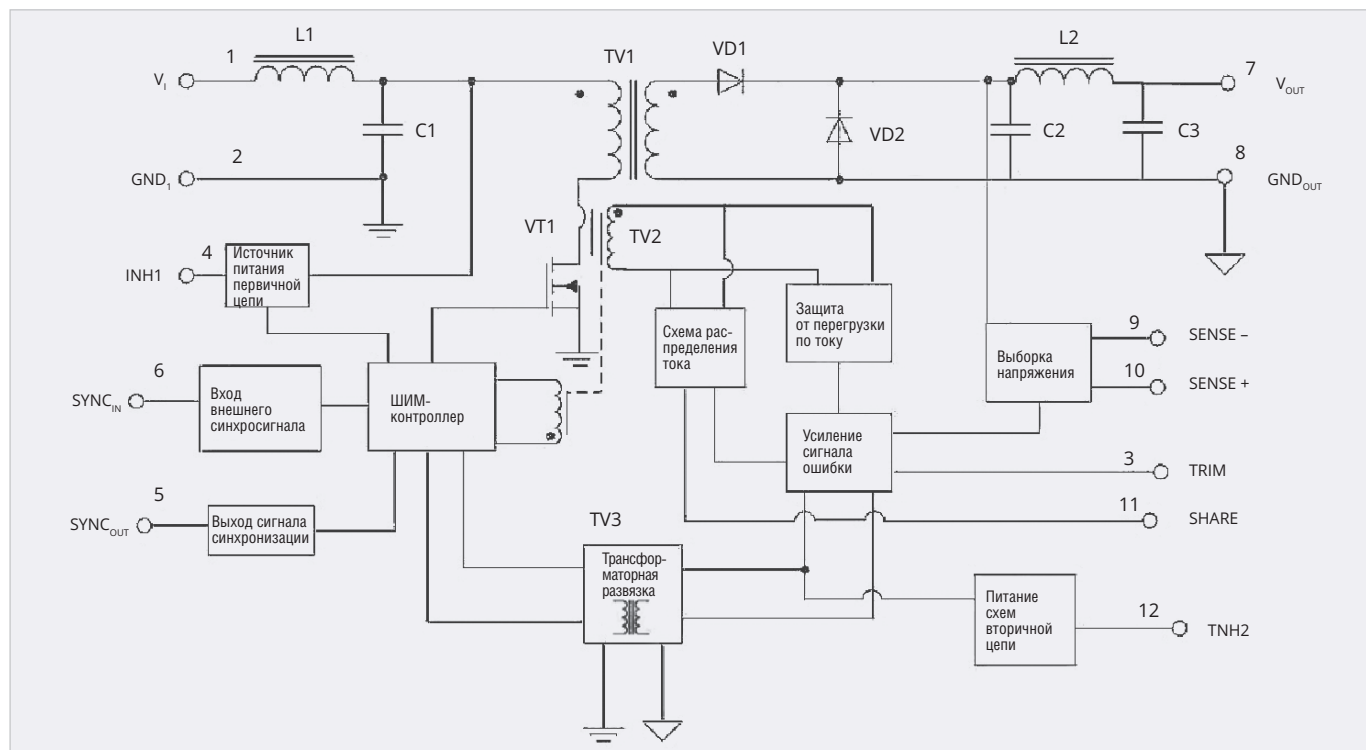


Рис. 1. Упрощённая электрическая схема одноканального модуля повышенной мощности серии LCD/(20-50)

В 2025 году предприятие ХМТИ расширило серию радиационно-стойких DC/DC-модулей преобразователей напряжения для работы в бортовой аппаратуре космических аппаратов (КА) с диапазоном изменения напряжения бортовой сети от 20 до 50 В рядом высокоэффективных 120-ваттных моделей. Основные параметры и характеристики этих модулей приведены в табл. 1.

Некоторые модели характеризуются значением КПД 86%, что является высоким показателем для радиационно-стойких модулей. Показатель удельной энергетической плотности для некоторых моделей достигает значения 3805 Вт/дм<sup>3</sup>, что позволяет создавать системы электропитания с высокими массогабаритными характеристиками. В каталоге ХМТИ указано, что зарубежными аналогами представленных модулей являются изделия серии sMOR известной американской компании Crane Aerospace & Electronics [1]. DC/DC-модули преобразователей напряжения производства ХМТИ по электрическим характеристикам, по массогабаритным характеристикам, расположению выводов и их функциональному назначению идентичны модулям серии sMOR. Но у модулей серии sMOR примерно на 10% выше показатель удельной энергетической плотности (высота модулей немного ниже).

Получение достаточно высоких показателей энергоэффективности для гибридных преобразователей является результатом совместного решения основных проблем миниатюризации. Далее будут рассмотрены основные проблемы, которые были решены в процессе разработки модулей для получения небольших габаритов, достаточно высокого КПД и высоких показателей радиационной стойкости.

Рассматриваемые преобразователи напряжения выполнены по схеме однотактного прямоходового преобразователя, наиболее часто используемой в модулях преобразователей напряжения при уровнях мощностей 75...120 Вт, которая является энергетически наиболее эффективной структурой источника электропитания среди других структур DC/DC-преобразователей. Применение новых способов регулирования мощности и схемотехнических решений позволяет значительно улучшить показатели энергетической эффективности традиционного прямоходового преобразователя постоянного напряжения. Упрощённая электрическая схема одноканального 120-ваттного модуля приведена на рис. 1.

Силовой транзистор VT1 периодически открывается и закрывается последовательностью импульсов, формируемых ШИМ-контроллером. Через трансформатор TV1 передаётся

энергия первичного источника электропитания на вторичную сторону. Выходное напряжение трансформатора выпрямляется прямым (VD1) и возвратным (VD2) диодами и передаётся на выход через выходной фильтр L2, C3, который выделяет среднюю составляющую выходного напряжения.

Стабилизация выходного напряжения обеспечивается контроллером ШИМ изменением относительной длительности импульсов открытого состояния транзистора VT1 с помощью комбинированной отрицательной обратной связи, о которой более детально поговорим далее.

На этом месте прервёмся для небольшого экскурса в историю развития гибридно-плёночных источников питания, рассмотрим технические и технологические решения, которые обеспечили возможность миниатюризации преобразователей электрической энергии и аппаратуры, собранной на их базе.

В начале 90-х годов после медленного увеличения в течение нескольких лет очень маленькими приращениями показатель удельной мощности гибридно-плёночных преобразователей напряжения получил существенное резкое повышение с представлением 100-ваттных DC/DC-преобразователей серии MFLHP компанией Interpoint. Так как удельная мощность этих преобразователей



достигла значения  $3373 \text{ Вт/дм}^3$ , которая превысила значение выпускавшихся в то время моделей примерно на 29%, новый преобразователь ознаменовал начало эры гибридно-плёночных DC/DC-преобразователей с высокой удельной мощностью [2].

Существенного увеличения удельной мощности удалось достичь разработкой, по существу, нового метода управления перемагничиванием сердечника трансформатора, разработанного специально для минимизации потерь в трансформаторе, а также разработкой компактной конструкции трансформатора. Новая система управления позволила преодолеть существенные ограничения в передаче энергии, с которыми всегда сталкивается типичная конструкция источника питания – среди которых уравнивание времени возвращения рабочей точки сердечника трансформатора в исходное состояние, время прямой передачи и перенапряжения на силовом ключе и выпрямительных диодах.

В режиме прямой передачи энергии трансформатор выполняет сбалансированную работу – сначала передача мощности в нагрузку, на интервале замкнутого состояния ключа, а потом подготовка магнитного сердечника трансформатора к очередному циклу приведением сердечника в исходное состояние, когда силовой транзистор разомкнут.

Топологии импульсных источников питания позволяют обеспечить этот баланс.

В однотактных топологиях в трансформатор вводится размагничивающая рекуперационная обмотка для перемагничивания сердечника. Основная обмотка предназначена для передачи энергии; размагничивающая обмотка обеспечивает сбалансированное восстановление силовой обмотки в каждом цикле передачи. Вольт-секундное произведение (вольт-временная характеристика),

во время которого энергия передаётся во вторичную цепь, индуцирует магнитный поток, который должен быть сбалансирован в выключенном состоянии транзистора размагничиванием трансформатора сердечника. Площадь, используемая размагничивающей обмоткой, недоступна для тока нагрузки, и время проводимости, как правило, ограничено до 50% для поддержания симметрии передачи мощности. Расширенные длительности проводимости могут быть получены при меньшем числе витков размагничивающей обмотки. Однако это повышает перенапряжение на силовых полупроводниковых компонентах и выпрямительных диодах, что требует применения более высоковольтных компонентов с повышенными потерями проводимости. Потребуется применение диссипативных ограничителей для защиты от переходных напряжений, вызванных индуктивностью рассеяния, особенно когда используется любое неравное отношение витков первичной и размагничивающей обмоток.

Более совершенная передача энергии достигается использованием паразитной индуктивности и ёмкости в преобразователе для обеспечения функции восстановления основной обмотки. Замысел состоит в том, чтобы направить некоторую часть этой энергии в нагрузку недиссипативным способом. Балансированием параметрами паразитных элементов с требованиями восстановления была достигнута автоматическая и идеально сбалансированная схема восстановления магнитного сердечника в однотактном прямоходовом преобразователе, которая позволила увеличить коэффициент заполнения импульсов в преобразователе (отношение длительности импульса к периоду) до 67%.

Наряду с этим сердечник силового трансформатора TV1 перемагничива-

ется симметрично в двух квадрантах с удвоенным размахом индукции – используются первый и третий квадранты сердечника по петле гистерезиса в координатах В-Н.

Одновременно было ослаблено перенапряжение на взаимодействующих полупроводниковых компонентах.

В результате исключается размагничивающая обмотка, что предоставляет больше места для силовой обмотки и позволяет применить силовой транзистор MOSFET с более низким сопротивлением  $R_{DS(ON)}$  в открытом состоянии и более низковольтные выпрямительные диоды. Этот метод также обеспечивает эффективное поглощение напряжения выбросов без использования диссипативных демпфирующих цепей. Это усовершенствование позволяет использовать всю площадь обмотки сердечника трансформатора для передачи энергии – никакая часть поверхности не растрачивается для обеспечения функции симметричного восстановления. Комбинированный результат открытия означает значительно увеличенную эффективность передачи при использовании топологии высокочастотного преобразования напряжения с ШИМ-регулированием, которая обеспечивает низкий уровень помех, работу с постоянной частотой (от 400 до 600 кГц) и позволяет реализовать многоканальные схемы преобразователей. Рассмотренный метод вспомогательного размагничивания магнитного сердечника в обратном такте работы – интервале выключенного состояния силового транзистора – для однотактного прямоходового DC/DC-преобразователя защищён патентом [3]. В схеме, показанной на рис. 1, трансформатор TV1 используется исключительно для передачи энергии без применения дополнительной обмотки и диссипативных ограничителей для предотвращения насыщения сердечника и ограничения перенапряжения на силовом ключе. Одним из недостатков метода резонансного размагничивания сердечника трансформатора является высокое значение перенапряжения на силовом ключе за счёт обеспечения резонанса выходной ёмкости силового ключа, что требует применения транзистора с высоким допустимым напряжением сток-исток. В прямоходовых преобразователях напряжения без повышенных требований к радиационной стойкости применяется схема размагничивания

Таблица 2. Значения тепловых сопротивлений некоторых моделей и рекомендуемые параметры радиатора

Наименование модели	Внутренний тепловой импеданс, °C/Вт	Рассеиваемая мощность (макс.), Вт	Габариты теплоотвода, мм	Материал теплоотвода
LD/CD/(20-50)-3R3-66/SP	0,91	18,6	174×100×3	Медь
LD/CD/(20-50)-5-100/SP	1	25	174×100×3	Медь
LD/CD/(20-50)-6R3-100/SP	1,1	20	174×100×3	Медь
LD/CD/(20-50)-28-112/SP	0,71	21	174×100×3	Медь
LD/CD/(20-50)-12-110/D1	1,11	22,5	174×100×3	Медь
LD/CD/(20-50)-15-120/D1	1,11	22,5	174×100×3	Медь

трансформатора с помощью активного ограничителя, которая имеет наилучшие характеристики – повышенное значение КПД и меньшее значение перенапряжения на силовом ключе. Но для реализации структуры с активным ограничителем требуются дополнительный высоковольтный ключ ограничителя на P- или N-канальном MOSFET-транзисторе и ограничительный конденсатор, что является нежелательным для радиационно-стойкой структуры. В случае кратковременного открывания дополнительного транзистора активного ограничителя при воздействии заряженной частицы возникает прямой короткозамкнутый путь от низкоимпедансного источника первичного напряжения на землю, что может привести к выходу из строя преобразователя [4]. Детально современные высокочастотные структуры прямоходового преобразователя функционирующего в режиме ШИМ с резонансным размагничиванием сердечника трансформатора рассматриваются в многочисленной зарубежной и отечественной литературе, например [5], [6].

Для построения высокоэффективных преобразователей напряжения требуются и другие улучшения – необходимы улучшения в конструкции магнитных компонентов. Использование новых магнитных материалов, созданных для максимизирования площади меди, доступной для передачи энергии, позволяют достичь действительно очень высоких уровней удельной мощности. Главным результатом является увеличение значения энергии, которую может передать трансформатор. Используется магнитный материал, который обеспечивает оптимальное соотношение геометрических размеров. Применяется феррит с низкой величиной объёмных удельных магнитных потерь и высокой температурной стабильностью. Целью разработки является пропорция магнитного компонента, которая максимально увеличивает токопроводящий объём меди и минимизирует объём феррита и длину витка. Конструкция предусматривает прямоугольное соотношение геометрических размеров (2:1) и равна приблизительно половине высоты стандартного магнитного компонента. Сердечник трансформатора также специально сконструирован для бескаркасной намотки с использованием плоского медного провода. На рис. 2

показан внешний вид конструкции 120-ваттного гибридно-плёночного преобразователя напряжения серии LDCE/(20-50) – хорошо видны низкопрофильные трансформаторы.

Устранением зазоров, свойственных круглым проводам, и площади, затрачиваемой на каркасы, в магнитопроводе достигается коэффициент заполнения меди до 80% (стандартная обмотка проводом круглого сечения на каркасе имеет типовой коэффициент заполнения меди приблизительно 50%). Провода плоского сечения также уменьшают потери минимизированием сопротивления обмотки по переменному току на высокой частоте, которое может быть значительно выше, чем сопротивление постоянному току. Основные полученные результаты включают в себя: уменьшение глубины скин-эффекта, уменьшение межобмоточной ёмкости, индуктивности рассеяния и гистерезисных потерь. Для пропитки обмотки магнитного компонента применяется специальный компаунд с низким уровнем потерь, высокой теплопроводностью, разработанный, чтобы способствовать повышению передачи теплоты. Компаунд был выбран с низким коронным разрядом, низкими потерями, высокой теплопроводностью и оптимальной температурной совместимостью с ферритовым материалом.

Высота магнитного компонента является также критическим параметром в преобразователях с высокими уровнями удельной мощности. Так как магнитные компоненты являются самыми высокими компонентами источника питания, уменьшение их высоты является существенным условием уменьшения общего объёма источника питания. Низкопрофильный магнитный компонент (высота приблизительно 9 мм), используемый в преобразователях, уменьшает высоту корпуса до 10,66 мм (макс.). Этот размер является важным в двух отношениях. Источники питания обычно являются самыми высокими элементами на печатной плате, следовательно, уменьшение их высоты позволяет сократить расстояние между платами и уменьшить общий объём системы. Более низкая высота модуля также способствует передаче тепла. Так как наиболее эффективным способом для источника питания рассеять тепло является использование кондуктивно-



Рис. 2. Внешний вид конструкции модуля LDCE/(20-50)-15-120/SP – на изображении модуля с удалённой крышкой видны низкопрофильные конструкции трансформаторов

го теплоотвода, который реализуется соединением теплоотводящей поверхности корпуса (основание) к теплоотводу (этим теплоотводом может быть печатная плата, стенка корпуса или промышленный радиатор), большая площадь поверхности означает лучшую суммарную кондуктивную передачу тепла. Более низкая высота максимизирует площадь поверхности для данного объёма. Преобразователь одинакового объёма с высотой 12,7 мм будет иметь площадь теплопроводящего основания для рассеяния тепла меньше на 24%, чем преобразователь с высотой 9,65 мм. Конструкция с явно выраженной плоской формой даёт лучшее соотношение между поверхностью охлаждения и объёмом [7].

Рабочая температура преобразователя непосредственно влияет на интенсивность отказов, которая удваивается при увеличении рабочей температуры на каждые 15°C – чем ниже температура корпуса модуля, тем длительнее время наработки до отказа. При известных рабочих условиях тепловая мощность, рассеиваемая в модуле, известна, и повышенная температура модуля может быть снижена улучшением условий отвода тепла, таким образом значительно увеличив срок службы модуля. В табл. 2 приведены параметры рекомендуемого радиатора для некоторых моделей, рассчитанные с учётом рассеиваемой мощности и теплового импеданса модулей. Для лучшего отвода тепла от нагретой поверхности модуля необходимо устанавливать модули на теплоотвод с плотным прилеганием через теплопроводящую пасту или тепло-



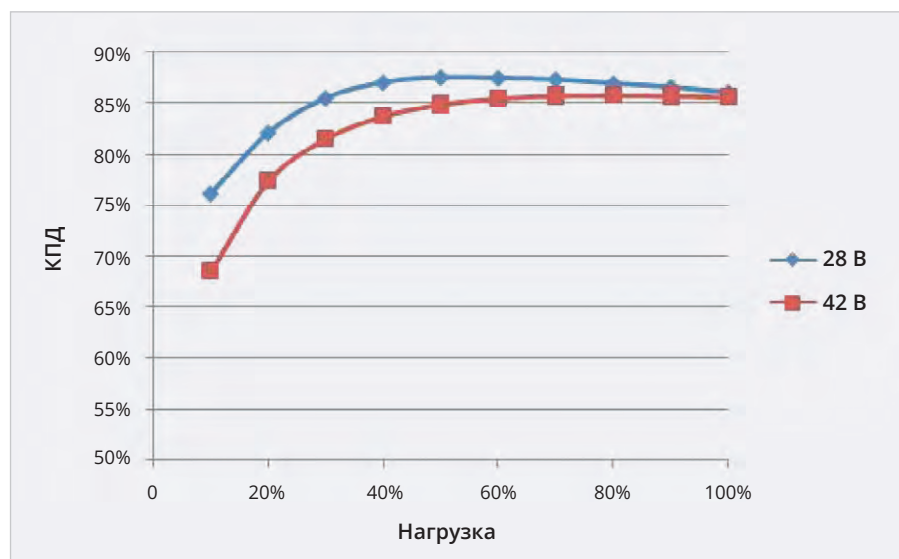


Рис. 3. График зависимости КПД двухканального модуля LDCD/(20-50)-12-110/D1 нагрузки при входном напряжении 28 и 42 В

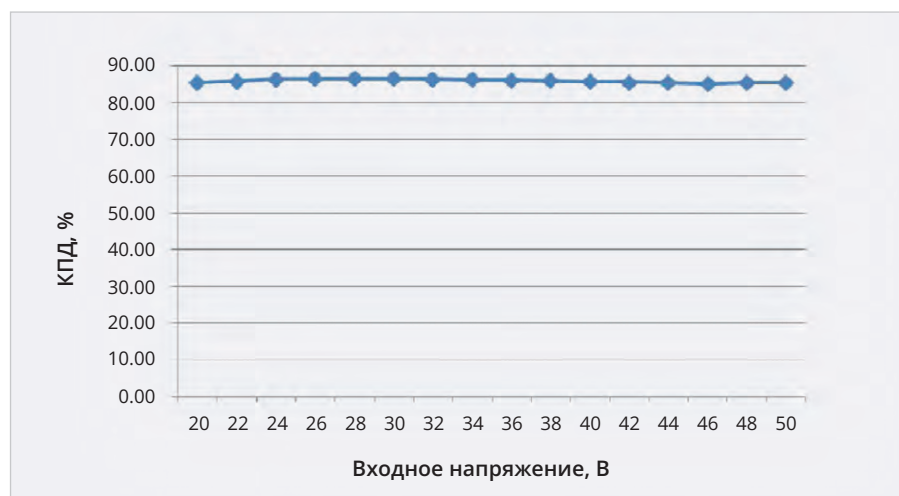


Рис. 4. График зависимости КПД от входного напряжения для одноканального модуля LDCD/(20-50)-28-112/SP

проводящие эластичные прокладки, заполняющие неровности микрорельефа прилегающих поверхностей, повышая теплопередачу. Температура основания корпуса не должна превышать +125°C. Модули предназначены для применения в бортовой аппаратуре КА, в которой имеется корпусной теплоотвод значительной площади, на который можно установить модуль без применения радиаторов, объём которых может превышать объём модуля в несколько раз.

Для теплового расчёта в справочном листке приводятся графики зависимости КПД от нагрузки (рис. 3), которые позволяют точно определить КПД для конкретной нагрузки модуля и использовать модуль при максимальном КПД, применяя модули с оптимальным коэффициентом загрузки. Приводятся также графики зави-

симости КПД от входного напряжения (рис. 4).

Дополнительно к эффективным электромагнитным компонентам и способу размагничивания сердечника трансформатора, как было указано ранее, в преобразователях также применяется комбинированный метод регулирования: каскадно соединённые схема усилителя сигнала ошибки по напряжению и ШИМ-компаратор с входом для сигнала внутреннего контура, осуществляющего прямое регулирование амплитуды тока дросселя (первичной обмотки силового трансформатора). Обратная связь по напряжению является наиболее используемой разновидностью в DC/DC-преобразователях. Она обеспечивает широкую полосу пропускания во всём весьма значительном диапазоне нагрузок – от рассчитанного

разрывного тока до полной нагрузки – и обеспечивает превосходные переходные характеристики по току и напряжению. Она также сравнительно просто реализуется. Тем не менее этот вид связи имеет два недостатка: переходная характеристика ухудшается при очень небольшой нагрузке, так как магнитный поток магнитопровода трансформатора становится прерывистым, и трудно создать режимы токового распределения для параллельно соединённых преобразователей.

Внутренняя обратная связь по току дросселя обеспечивает очень хорошие переходные характеристики при низких нагрузках и делает простым параллельное соединение преобразователей без сложной схемы внутренних соединений. Тем не менее динамические свойства системного контура находятся под влиянием полного сопротивления нагрузки (эффективная ширина пропускания, функция нагрузки, является меньше оптимальной во всём широком диапазоне нагрузок). Метод регулирования с обратной связью по напряжению и внутренней обратной связью по току объединяет преимущества обеих систем. Механизм обеспечивает широкую полосу частот, нечувствительность к импедансу нагрузки и превосходные переходные характеристики при любой нагрузке. Регулирование выходного напряжения методом широтно-импульсной модуляции (ШИМ) с постоянной высокой рабочей частотой и обратными связями по напряжению и току, а также микросхемы контроллеров для режима с обратной связью по напряжению и дополнительной обратной связью по току дросселя подробно рассмотрены, например, в работе [8].

Сочетание обратной связи по напряжению и дополнительной обратной связи по току также упрощает работу распределения тока при параллельном соединении. До трёх одноканальных модулей могут быть соединены параллельно без применения внешней схемы. Кроме того, такой механизм обратной связи и независимость модулей делает возможным организовать несколько различных схем синхронизации. Все модули могут быть синхронизированы с использованием системного тактового генератора, или все могут работать автономно – каждый на собственной рабочей частоте. Преобразователи могут также быть

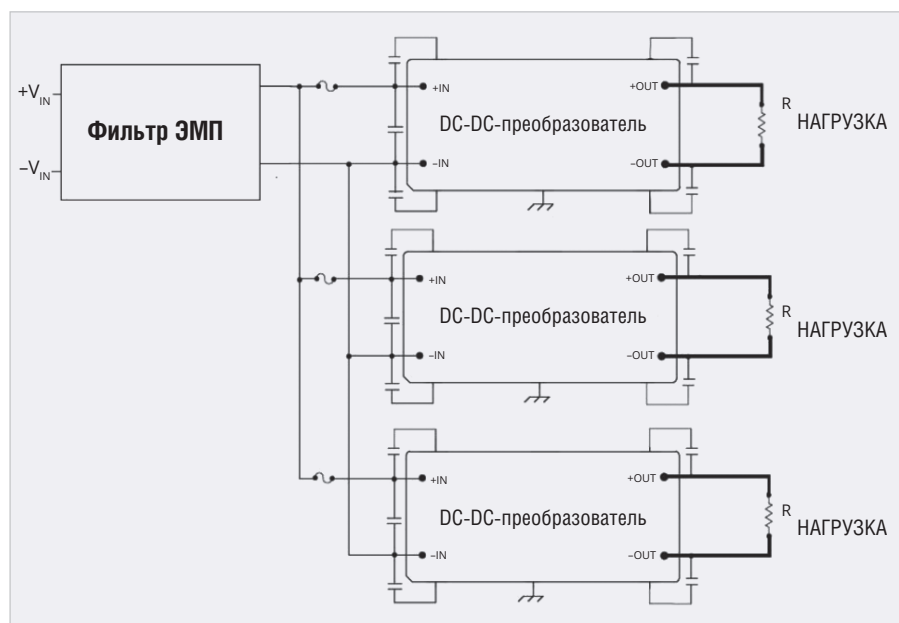


Рис. 5. Схема соединения фильтра ЭМП и нескольких DC/DC-преобразователей с внешними конденсаторами CX и CY для шунтирования дифференциальных и синфазных помех

синхронизированы один от другого, и один из них может быть соединён с системным генератором или работать на собственной частоте. Это предоставляет разработчикам обширный диапазон для управления пульсациями тока на входе и выходе. Синхронизированные модули стремятся использовать в случаях, когда не должны быть нарушены цифровые сигналы или квантованные аналоговые сигналы. В режиме работы на собственной частоте пики спектра не являются аддитивными, но различные частоты могут создавать частоты биений.

Модули также содержат ряд других сервисных и защитных функций. Интегрирована схема блокировки при пониженных напряжениях на входе, защита от короткого замыкания – защиты являются самовосстанавливающимися. После устранения причины короткого замыкания модуль автоматически запускается. Функция выключения внешним сигналом со стороны входа и выхода (выводы INH1 и INH2) повышает гибкость применения преобразователей в бортовой системе электропитания реализацией определённого алгоритма подачи напряжения к отдельным узлам функциональной части аппаратуры. Сервисная функция регулировки выходного напряжения позволяет получить нестандартные значения напряжения подключением подстроечного резистора между выводом TRIM и общим проводом или выводом выходного

напряжения, в зависимости от требуемого направления регулировки. Внешняя обратная связь (выводы SENSE– и SENSE+) используется для компенсации падения напряжения на проводах, соединяющих выход одноканального преобразователя с расположенной на удалении нагрузкой. При параллельном соединении нескольких модулей (максимум 3 модуля) необходимо подключение вывода SHARE, обеспечивающего равномерное распределение тока между модулями. При этом модули должны быть нагружены на 20–80% от номинальной мощности. Рабочие частоты соединённых параллельно модулей должны быть согласованными любым способом из ранее представленных. Частота внешнего сигнала синхронизации должна быть в диапазоне от 450 до 550 кГц (меньше собственной рабочей частоты от 400 до 600 кГц) и коэффициентом заполнения 40–60%. В режиме синхронизации частоты внешним синхросигналом DC/DC-преобразователь должен быть нагружен  $\geq 20\%$ . Если вход синхронизации не используется, рекомендуется соединять его с входной «силовой землёй».

Для ограничения неизбежного пускового тока необходимо использовать на входе активные схемы ограничения пускового тока, реализованные на P-канальном или N-канальном MOSFET (схемы приведены в справочном листке). Эффективные структуры, алгоритмы работы и параметры огра-

ничителей пускового тока для бортовых систем вторичного электропитания описаны в работе [9].

На выходе преобразователей используются танталовые конденсаторы в SMD-исполнении (для поверхностного монтажа), которые благодаря низкому значению паразитной индуктивности превосходят по частотным свойствам конденсаторы других типов. Поэтому при измерении выходного импеданса преобразователя необходимо проверять полярность измерительной головки (щупа) измерительной системы.

Для дополнительного ослабления кондуктивных помех на внешних проводах на входе рекомендуется применять помехоподавляющий фильтр LFE/(20-50)-461-750 или LFE/(20-50)-461-500 с коэффициентом ослабления помех  $\geq 55$  дБ на частоте 500 кГц. Обеспечиваются уровни напряжения кондуктивных помех значительно ниже нормирующей кривой CE102 по стандарту GJB151A-97 (совпадает с американским стандартом MIL-STD-461E) в диапазоне частот от 10 кГц до 10 МГц.

Когда применяется один помехоподавляющий фильтр с несколькими DC/DC-преобразователями, может иметь место несогласованность между импедансами фильтра и модуля преобразователя, вызывающая автоколебания на выходе фильтра и входе преобразователя. Необходимо установить конденсатор CX на входе преобразователя для ограничения дифференциальных помех.

Когда на одной плате размещено несколько модулей преобразователей, могут возникнуть синфазные перекрёстные помехи, для ограничения помех рекомендуется установить конденсаторы CY (ёмкость от 1000 пФ до 0,1 мкФ) между корпусом и входными и выходными выводами, конденсаторы должны соответствовать требованиям к напряжению изоляции между корпусом и входными и выходными выводами (рис. 5).

## Высоконадёжная гибридная технология

Преобразователи созданы для работы в условиях воздействия внешних факторов, которые обычно связаны с космическими программами. Модули выполнены по толстоплёночной гибридной технологии в герметичных металлических корпусах. Корпус изготовлен из холоднокатаной стали, покрытой никелем. Выводы выполне-



Таблица 3. Состав и основные технические характеристики перспективных радиационно-стойких гибридно-плёночных DC/DC-преобразователей с выходными мощностями до 350 Вт

Модель	Выходная мощность, Вт	Входное напряжение, В	Выходное напряжение, В	Выходной ток, А	КПД (тип.), %	Рекомендуемый фильтр ЭМП	Масса, г	Габариты, мм	Уровень качества
LDC/D28-5-200H/SP	200	20...36	5	40	87	LFE/(20-50)-461-750	130	90,2×50,4×13,8	Н
LDCC/28-12-350H/SP	350	20...36	12	29,2	89	LFE/(20-50)-461-750	130	90,2×50,4×13,8	Н
LDCC/28-28-350H/SP	350	20...36	28	12,5	91	LFE/(20-50)-461-750	130	90,2×50,4×13,8	Н
LDCC/42-5-200H/SP	200	34...50	5	40	88	LFE/(20-50)-461-750	130	90,2×50,4×13,8	Н
LDCC/42-12-350H/SP	350	34...50	12	29,2	90	LFE/(20-50)-461-750	130	90,2×50,4×13,8	Н
LDCC/42-28-350H/SP	350	34...50	28	12,5	91	LFE/(20-50)-461-750	130	90,2×50,4×13,8	Н
LDCC/100-5-200H/SP	200	70...120	5	40	89	LFE/100-461-1000	130	90,2×50,4×13,8	Н
LDCC/100-12-350H/SP	350	70...120	12	29,2	91	LFE/100-461-1000	130	90,2×50,4×13,8	Н
LDCC/100-20-350H/SP	350	70...120	20	17,5	92	LFE/100-461-1000	130	90,2×50,4×13,8	Н
LDCC/100-28-350H/SP	350	70...120	28	12,5	92	LFE/100-461-1000	130	90,2×50,4×13,8	Н

ны из меди и покрыты золотом. Для герметизации корпуса применяется шовно-роликовая сварка. Система шовно-роликовой сварки, интегрированная в атмосферную камеру (наполненную азотом высокой чистоты), обеспечивает высокую герметичность изделия и обеспечивает заданную атмосферу внутри микросборки.

Так как герметизация корпуса осуществляется в атмосферной камере с небольшим давлением, при использовании модулей в вакууме или низком давлении верхняя крышка может незначительно выгибаться из-за внутреннего давления. Поэтому необходимо предусмотреть свободное пространство над верхней частью модуля (не менее 2 мм) для предотвращения сдавливания крышки или замыкания с другими компонентами.

Гибридная технология позволяет уменьшить объём конструкции до величины, полностью определяемой энергетическими соотношениями и условиями теплообмена. Силовой транзистор и выпрямительные диоды входят в микросборку в виде отдельных кристаллов. Схема управления (ШИМ-контроллер), осуществляющая управление силовым транзистором, включает в свой состав элементы для организации режима с обратной связью по напряжению и дополнительной обратной связью по току дросселя, является собственной разработкой компании ХМТИ. Микросхема (кристалл) выполнена по КМОП-технологии «кремний на изоляторе» (КНИ), обеспечивающей стойкость к суммарной накопленной дозе радиации и воздействию заряженных частиц, вызывающих одиночные сбои. Микросхема также имеет вход для подачи сигнала синхронизации и вырабатывает выходной сигнал синхронизации, а также

вход для преобразования сигнала с датчика тока в цепи стока силового MOSFET (VT1) для задания порогового напряжения выключения транзистора совместно с сигналом усилителя ошибки. Гибридная микросборка преобразователя объединяет несколько микросхем достаточно высокой степени интеграции, что сокращает количество внутрисхемных электрических соединений и положительно влияет на надёжность микросборки преобразователя. Для снижения массы (масса модулей 76±6 г) микросборки эффективным является применение склеивания вместо других способов соединения. Большая часть всех пассивных и активных компонентов в модулях смонтированы на керамической плате при помощи электропроводящей клеевой композиции. Применяемые клеящие материалы имеют максимально достижимые эксплуатационные характеристики в части теплопроводности, электропроводности, прочности, стабильности в условиях воздействия спецфакторов космического пространства, что обеспечивает надёжную работу изделий. 120-ваттные модули, выполненные на многослойных печатных платах в металлических, заполненных герметиком корпусах, имеют массу более 100 г.

Микросборки гибридных преобразователей напряжения в процессе производства подвергаются выходному контролю по различным параметрам с целью выявления потенциально ненадёжных экземпляров: визуальный внутренний контроль (перед герметизацией), грубые и тонкие течи, контроль содержания паров воды внутри корпуса, PIND-контроль (Particle Impact Noise Detection Test), постоянное ускорение (центрифуга), термоциклы, стабилизационная печь, электротермотренировка, механические удары, центрифуга

(постоянное ускорение), критические электрические параметры при крайних температурах, рентгеновский радиографический контроль.

Испытания проводятся согласно методикам национального стандарта GJB2438B-2017 «Общая спецификация производства гибридно-плёночных микросхем», который практически соответствует американскому стандарту MIL-PRF-38534F «Hybrid Microcircuits, General Specification For».

Расчётное среднее время наработки до отказа модуля LDCC/(20-50)-3R3-66/SP составляет  $14\,000 \times 10^4$  ч (рассчитано для температуры корпуса +35°C для условий орбитального полёта).

Для оценки радиационной стойкости модули испытывались на стойкость к воздействию ионизирующих излучений. Гарантируется стойкость к эффекту полной накопленной дозы не менее 100 крад (Si). Оценка дозовых эффектов проводится при небольших мощностях дозы 0,01 рад (Si)/с до 30 крад (Si) и 0,1 рад (Si)/с до 70 крад (Si). Испытания облучением низкой интенсивности обеспечивают радиационный отклик полупроводниковых приборов максимально приближенным к радиационному отклику, возникающему при облучении на орбите.

Стойкость к одиночным эффектам гарантируется при воздействии заряженных частиц с пороговыми линейными потерями энергии (ЛПЭ)  $\geq 75$  МэВ·см<sup>2</sup>/мг. Не проявляются обратимые и необратимые (катастрофические) одиночные эффекты. Испытания на стойкость к одиночным эффектам выполняются с использованием целого спектра воздействующих ионов – с набором характеристик ЛПЭ эти испытания дают гарантию того, что подвергшиеся испытаниям устройства соответствуют своим спецификациям.

## Заключение

Радиационно-стойкие DC/DC-модули, предлагаемые предприятием ХМТИ, соответствуют требованиям, предъявляемым к системам электропитания бортовой аппаратуры космических аппаратов, и гарантируют долговременную надёжность и стабильность рабочих характеристик при эксплуатации в условиях воздействий факторов космического пространства.

Повышение КПД модулей, особенно с низкими выходными напряжениями 3,3 и 5 В, возможно при использовании схем с синхронным выпрямителем – вместо прямого и возвратного диода использовать радиационно-стойкие полевые транзисторы с предельно низким сопротивлением в открытом состоянии RDS (ON) и небольшим зарядом затвора, чтобы снизить потери на интервале проводимости и обеспечить полное отпирание транзистора. Для управления ключами выпрямителей необходимо применять схемы управления, обеспечивающие исключение режима одновременно-го открытия транзисторов синхронного выпрямителя. Эта задача вполне по силам предприятию ХМТИ.

Специалистам ХМТИ удалось решить проблемы изготовления керамических подложек для гибридных изделий с выходными мощностями более 120 Вт. В следующем году планируется начать производство радиационно-стойких гибридно-плёночных DC/DC-модулей электропитания с выходными мощностями до 350 Вт для работы в диапазонах напряжений 20–36 В, 34–50 В, 70–120 В. Предварительные технические характеристики модулей приведены в табл. 3. Показатель удельной мощности некоторых моделей достигает значения 5579 Вт/дм<sup>3</sup>. Но это уже совсем другая история...

## Литература

1. ХМТИ (Xi'an Microelectronics Technology Institute) Products Catalogue. 2025.
2. David Maliniak. 100-W DC-DC Converter Sports 70-W/In<sup>3</sup>. Density. Electronic Design, March 19, 1992.
3. United States Patent. Patent Number: 5,521,807. Date of Patent: May 28, 1996. DC-TO-DC CONVERTER WITH SECONDARY FLYBACK CORE RESET. Invention: Ming Lee, Chen Kirkland;

Jay A. Kuechny. Assignee: Interpoint Corporation, Redmond, Wash.

4. Case Study: Radiation Design and Testing of Hybrid DC-DC Converters. COTS Journal. April 2002.
5. Герасимов А.А., Кастров М.Ю. Разработка прямоходового преобразователя напряжения с одним силовым ключом и резонансным размагничиванием // Практическая силовая электроника. 2011. № 41.
6. Карзов Б.Н., Соловьёв И.Н., Ходыцев Е.И. Прямоходовый преобразователь напряжения в режиме ШИМ с резонансным размагничиванием. Практическая силовая электроника. 2009. № 1 (33).
7. Источники вторичного электропитания / С.С. Букреев, В.А. Головацкий, Г.Н. Гулякович и др.; под ред. Ю.И. Конева. М.: Радио и связь, 1983. 280 с., ил. Проектирование РЭА на интегральных микросхемах.
8. Frank Goodenough. Power-supply IC controllers proliferate, ED, 1989, № 23, pp. 59–62, 64–66, 71.
9. Миронов А.А. Структура и алгоритмы работы ограничителей пускового тока // Силовая электроника. 2017. № 2. ©



**ХМТИ**

## 120-ВАТТНЫЕ ГИБРИДНЫЕ DC/DC-ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ С ПРЕДЕЛЬНЫМ УРОВНЕМ РАДИАЦИОННОЙ СТОЙКОСТИ





- Диапазон входного напряжения 20...50 В постоянного тока
- Выходные напряжения 3,3; 5; 6,3; 8; 9,5; 12; 15; 20; 28; ±5; ±9,5; ±12; ±15 В
- КПД до 86%
- Обширный набор сервисных и защитных функций
- Стойкость к радиации: 100 крад (Si); 75 МэВ·см<sup>2</sup>/мг



**ProCHIP**  
POWERED BY PROSOFT

**АКТИВНЫЙ КОМПОНЕНТ ВАШЕГО БИЗНЕСА**

+7 (495) 232-52-22 • INFO@PROCHIP.RU • WWW.PROCHIP.RU



Регистрация



# Китайские производители соединителей, кабелей и кабельных сборок мм-диапазона.

## Часть 2. Компании Hualink Technology и Mechanc Information Technology

Кива Джуринский, Антон Одолевский, Антон Сычёв

Приведены данные о двух китайских компаниях Hualink Technology и Mechanc Information Technology, а также об основных параметрах соединителей, внутрисерийных и межсерийных адаптеров, кабельных сборок мм-диапазона, выпускаемых этими компаниями.

### 1. О компании Hualink Technology

В первой части данной статьи была рассмотрена продукция компании Suzhou Talent Microwave. Вторая часть статьи посвящена компаниям Hualink

Technology Co., LTD. (далее – Hualink) и Mechanc Information Technology (далее – Mechanc).

Hualink – профессиональный поставщик радиочастотных коаксиальных компонентов, основанный в августе

2016 года и расположенный в глобальном экономическом центре – Шэньчжэне. Компания производит высокоточные радиочастотные коаксиальные соединители, адаптеры, кабельные сборки, аттенюаторы, нагрузки и др. Разработаны соединители мм-диапазона: 3.5 mm, 2.92 mm (SMK, тип K), 2.4 mm, 1.85 mm (тип V), SMP (GPO), SMPM (GPPO, SSMP), SMPs (SMPW, G3PO), 1.0 mm (тип W). Область применения соединителей охватывает связь, 5G, измерительную технику, аэрокосмическую, военную, автомобильную промышленность [2–4].

Кроме того, Hualink отслеживает все последние разработки соединителей компаний США и Европы и в короткие сроки начинает их производство. Каждый год в разработку и технологические инновации компания инвестирует значительные средства, чтобы удовлетворить спрос на высокотехнологичные радиочастотные радиокомпоненты.

Производство компании занимает площадь более 1000 квадратных метров, на нём работают около 20 человек, в том числе 5 специалистов по исследованиям и разработкам. Компания располагает полным набором производственного оборудования, испытательных устройств, отработанной технологией изготовления радиочастотных кабелей и соединителей [4].

### 2. Соединители мм-диапазона компании Hualink

#### 2.1. Конструкция и параметры соединителей

Все резьбовые и фланцевые соединители этой компании изготовлены с воздушной коаксиальной линией и с диэлектрическим изолятором из инженерного пластика, по-видимому, из полимера Ultem 1000, корпусом из



Рис. 1. Кабельные соединители компании Hualink. Эта и другие иллюстрации в статье взяты с сайта производителя

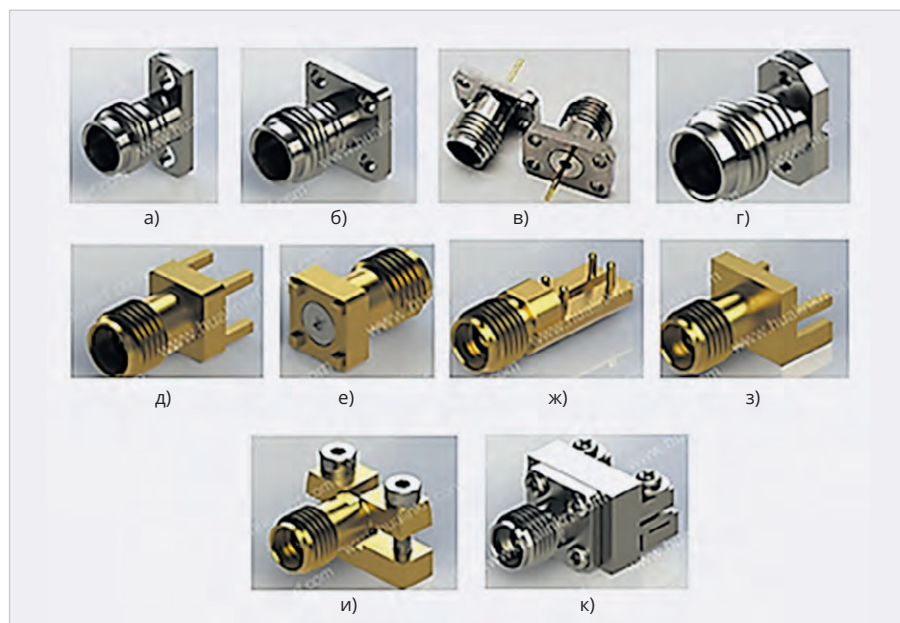


Рис. 2. Приборные соединители компании Hualink: а – панельный соединитель розетка с прямоугольным фланцем, б – панельный соединитель розетка с квадратным фланцем, в – коаксиально-микрополосковые переходы розетка, г – фланцевый вертикальный соединитель, д – розетка для монтажа в отверстия печатной платы, е – прямая розетка для поверхностного монтажа, ж–к – разные концевые розетки для монтажа на печатную плату

пассивированной нержавеющей стали и центральным проводником из бериллиевой бронзы или латуни с золотым покрытием. Соединители SMP, SMPM и SMPS выполнены из упрочнённой бериллиевой бронзы с изолятором из фторопласта. Компания Hualink выпускает достаточно широкий ассортимент кабельных и приборных соединителей мм-диапазона [2–4].

Внешний вид основных модификаций кабельных соединителей мм-диапазона компании Hualink показан на рис. 1.

В группу приборных соединителей компания Hualink включила коаксиально-микрополосковые переходы, соединители для установки в отверстия печатной платы и поверхностного монтажа, концевые и вертикальные соединители. Внешний вид приборных соединителей показан на рис. 2.

Основные параметры кабельных и приборных соединителей мм-диапазона компании Hualink приведены в табл. 1 [2–4].

Компания Hualink выпускает кабельные соединители мм-диапазона всех типов, за исключением SMPS. Параметры кабельных и приборных соединителей мм-диапазона этой компании приведены в табл. 1.

#### Соединители 3.5 mm

Разработаны 10 типов кабельных соединителей серии 3.5 mm, в том числе вилок – 3, розеток – 7, фланцевых соединителей – 4 и соединителей без фланца – 6. Два фланцевых соединителя выполнены с квадратным, другие два – с прямоугольным фланцем с четырьмя и двумя крепёжными отверстиями соответственно. Соединители применяют с гибкими кабелями диаметром 1,5 мм, 2,3 мм и 2,7 мм.

#### Соединители 2.92 mm

Разработаны 14 типов кабельных соединителей серии 2.92 mm, в том числе вилок – 6, розеток – 8, фланцевых соединителей – 4 и соединителей без фланца – 10. Два фланцевых соединителя выполнены с квадратным, два – с прямоугольным фланцем с четырьмя и двумя крепёжными отверстиями соответственно. Соединители применяют с гибкими кабелями диаметром 1,4 мм, 1,5 мм, 2,3 мм, 2,7 мм или со сверхгибким кабелем диаметром 4,7 мм.

#### Соединители SMP

Разработаны 4 типа прямых кабельных соединителей серии SMP, в том числе вилок – 3, розеток – 1. Соединители применяют с гибким кабелем диаметром 1,5 мм.

#### Соединители SMPM

Компания Hualink разработала 8 кабельных соединителей розетка: угловых – 5, прямых – 3. Для работы с соединителями SMPM применяют полужёсткий кабель 0,047", а также гибкий кабель диаметром 2,7 мм. Однако в последнем случае рабочий диапазон частот равен (DC–31) ГГц, КСВН 1,50 макс. на частоте 26,5 ГГц и 1,70 макс. на 31 ГГц. Вносимые потери: ≤ 0,42 дБ на частоте 26,5 ГГц и ≤ 0,45 дБ на частоте 31 ГГц. В табл. 1 приведены КСВН и вносимые потери для прямых соединителей. Для угловых соединителей SMPM КСВН равен 1,7 на частоте 67 ГГц и 1,5 на частоте 50 ГГц. Вносимые потери – 0,65 дБ на частоте 67 ГГц и 0,56 дБ на частоте 50 ГГц.

#### Соединители 2.4 mm

Разработаны 13 типов прямых кабельных соединителей серии 2.4 mm, в том числе вилок – 4, розеток – 5, фланцевых соединителей – 4 и без



Рис. 3. Кабельные соединители 1.0 mm компании Hualink

фланца – 9. Два фланцевых соединителя выполнены с квадратным, два – с прямоугольным фланцем с четырьмя и двумя крепёжными отверстиями соответственно. Соединители применяют с гибким кабелем с низкими потерями диаметром 1,4 мм, 1,5 мм, 2,3 мм, 2,5 мм и 2,7 мм.

#### Соединители 1.85 mm

Компания Hualink выпускает 10 типов кабельных соединителей серии 1.85 mm, в том числе вилок – 3, розеток – 7, фланцевых соединителей – 3 и без фланца – 7. С квадратным фланцем выполнены 2 соединителя, с прямоугольным фланцем – 1 с четырьмя и двумя крепёжными отверстиями соответственно. Соединители применяют с гибкими кабелями диаметрами 1,5 мм, 2,3 мм или 2,7 мм.

#### Соединители 1.0 mm

Достижением компании Hualink является создание двух прямых кабельных соединителей 1.0 mm вилка и розетка с высоким уровнем параметров для работы с гибким кабелем с малыми потерями диаметром 1,5 мм (рис. 3).

### 2.3. Соединители мм-диапазона для установки на печатные платы (приборные соединители)

В эту группу компания Hualink включила панельные составные

Таблица 1. Параметры кабельных и приборных соединителей мм-диапазона вилка и розетка компании Hualink

Типы соединителей мм-диапазона	3.5 mm	2.92 mm	SMP***	SMPM***	2.4 mm	1.85 mm	1.0 mm
Диапазон рабочих частот, ГГц	DC–34	DC–40	DC–40	DC–67	DC–50	DC–67	DC–110
Максимальный КСВН на частоте	1,34	1,3	1,5 (1,3 на 20 ГГц)	1,5 (1,3 на 50 ГГц)	1,3	1,3	1,5 (1,3 на 67 ГГц)
Максимальная величина потерь, дБ, на частоте	0,35	0,38	0,38 (0,27 на 20 ГГц)	0,49 (0,42 на 20 ГГц)	0,42	0,49	0,67 (0,49 на 20 ГГц)
Напряжение пробоя, В	1000	1500	500	500	500	500, 1000	≥ 150
Сопротивление изоляции, МОм	≥ 5000	≥ 5000	≥ 5000	≥ 5000	≥ 5000	≥ 5000	≥ 1200
Сопротивление контактов, МОм: центрального наружного	≤ 3 ≤ 2	≤ 3 ≤ 2	≤ 3 ≤ 2	≤ 3 ≤ 2	≤ 3 ≤ 2	≤ 3 ≤ 2	≤ 4 ≤ 2
Диапазон рабочих температур, °C	–55...+85	–55...+85	–	–55...+85	–55...+85	–55...+85	–55...+85
Допустимое количество соединений	500	500	**	**	500	500	1000

Примечания: \*DC (Direct Current) – постоянный ток, \*\*1000 (скользящее соединение), 500 циклов (ограниченное защёлкивание), 100 циклов (полное защёлкивание), \*\*\*параметры кабельных соединителей SMP и SMPM



(в сочетании с СВЧ-вводом), коаксиально-микрополосковые переходы, соединители для установки в отверстия печатной платы и поверхностного монтажа, концевые и вертикальные соединители.

### Соединители 3.5 mm

Компания Hualink выпускает 9 типов приборных соединителей 3.5 mm розетка: 2 соединителя розетка для монтажа в отверстия печатной платы (PCB-соединители), 4 концевых соединителя и 3 соединителя для вертикальной установки без пайки на печатную плату. Поверхности трёх концевых соединителей и двух соединителей для монтажа в отверстия печатной платы выполнены с золотым покрытием. PCB-соединители устанавливаются на плату пайкой волной припоя. Их применяют для изделий СВЧ повышенной надёжности.

Приборные и кабельные соединители всех типов имеют одинаковые основные параметры, приведённые в табл. 1.

### Соединители 2.92 mm

Разработаны 19 типов приборных соединителей 2.92 mm розетка:

- 3 фланцевых соединителя для вертикальной установки на печатную плату без пайки;
- 6 фланцевых панельных составных соединителей для подключения СВЧ-ввода с центральным проводником диаметром 0,3 мм;
- 1 фланцевый коаксиально-микрополосковый переход;
- 2 концевые розетки для монтажа в отверстия печатной платы с центральными контактами диаметрами 0,18 мм и 0,23 мм;
- 2 розетки для поверхностного монтажа на печатную плату с центральным контактом диаметром 0,3 мм;
- 7 розеток для поверхностного монтажа на печатную плату с центральным контактом диаметром 0,25 мм (рис. 2и, 2к).

### Соединители 2.4 mm

Компания Hualink выпускает 14 типов приборных соединителей 2.4 mm: 4 фланцевых панельных составных соединителя для подключения СВЧ-ввода с центральным проводником диаметром 0,3 мм; 6 концевых розеток разной конструкции (рис. 2и, рис. 2к); 1 розетка для поверхностного монтажа на печатную плату; 2 концевые розетки для монтажа в отверстия печатной платы с центральными контактами диаметрами 0,18 мм

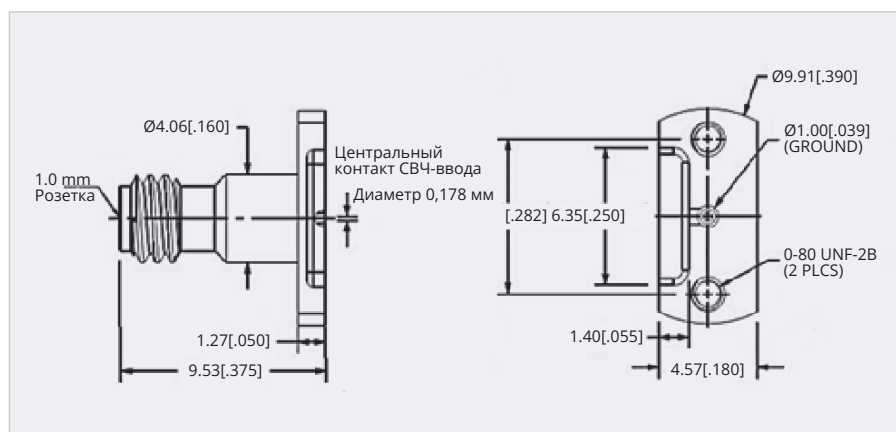


Рис. 4. Конструкция соединителя 1.0 mm компании Hualink

### Адаптеры 2.9 mm



Рис. 5. Внутрисерийные адаптеры 2.92 mm

### Адаптеры 2.4 mm – SMP



Рис. 6. Межсерийные адаптеры 2.9 mm – SMP, 2.4 mm – SMP

и 0,23 мм; 1 фланцевый соединитель для вертикальной установки на печатную плату без пайки.

### Соединители 1.85 mm

Номенклатура соединителей 1.85 mm и 2,4 mm аналогична. Общее количество выпускаемых соединителей 1.85 mm – 15. Почти половину всех соединителей составляют 8 концевых розеток разной конструкции, вертикальных соединителей – 3, панельных фланцевых составных соединителей для подключения СВЧ-ввода с центральным проводником диаметром 0,3 мм – 2; розеток для монтажа в отверстия печатной платы – 2.

### Соединители 1.0 mm

Компания Hualink разработала 9 модификаций соединителя 1.0 mm: 4 концевые розетки разной конструкции, 2 розетки для монтажа в отверстия печатной платы, 2 панельных фланцевых составных соединителя для подключения СВЧ-ввода с цен-

тральным проводником диаметром 0,178 мм и 1 вертикальный соединитель. Конструкция фланцевого панельного составного соединителя 1.0 mm показана на рис. 4 [2].

### Соединители SMP и SMPM

Информация о соединителях SMP и SMPM компании Hualink отсутствует [2]. Компания выпускает только прямую концевую вилку SMPM под центральный проводник СВЧ-ввода диаметром 0,3 мм. Рабочий диапазон частот соединителя DC 40 ГГц. На частоте 40 ГГц максимальный КСВН менее 1,4, потери не более 0,38 дБ.

## 3. Адаптеры мм-диапазона компании Hualink

Компания Hualink выпускает серии адаптеров мм-диапазона 3.5 mm, 2.92 mm, 2.4 mm, 1.85 mm, SMP, SSMP, 1.0 mm. Общее количество выпускаемых адаптеров – 101.

Таблица 2. Основные характеристики адаптеров компании Hualink

Серии адаптеров* мм-диапазона	3.5 mm	2.92 mm**	SMP	SSMP	2.4 mm	1.85 mm	1.0 mm
Общее количество адаптеров, шт.	7	23	8	12	24	19	8
В том числе внутрисерийных адаптеров, шт.	3	7	–	–	4	3	4
В том числе межсерийных адаптеров, шт.	4	16	8	12	20	16	4
Соединители на 2-й стороне межсерийных адаптеров	2.4 mm	2.4 mm, 1.85 mm, SMP, SSMP	2.92 mm, 2.4 mm	2.92 mm, 2.4 mm, 1.85 mm	3.5 mm, 2.92 mm, 1.85 mm, SMP, SSMP	2.92 mm, 2.4 mm, 1.0 mm, SMP, SSMP	1.85 mm
Диапазон рабочих частот, ГГц внутрисерийных адаптеров	DC-34	DC-40	DC-40	DC-40	DC-50	DC-67	DC-110
Максимальный КСВН внутрисерийных адаптеров	1,15	1,2	–	–	1,2	1,15	1,3
Максимальные потери, дБ, внутрисерийных адаптеров	0,35	0,38	–	–	0,42	0,49	0,84

Примечание: \*адаптеры 1.35 mm и 0.8 mm компания Hualink не выпускает, \*\*угловые адаптеры 2.92 mm имеют КСВН не более 1,3, потери не более 0,5 дБ.

Таблица 3. Параметры соединителей мм-диапазона компании Mechanc

Типы соединителей мм-диапазона*	3.5 mm	2.92 mm	SMP	2.4 mm	Mini SMP	1.85 mm	1.0 mm
Диапазон рабочих частот, ГГц	DC-34*	DC-40	DC-40	DC-50	DC-50	DC-67	DC-110
Типичный КСВН в рабочем диапазоне частот	1,20	1,20	1,30	1,20	1,25	1,25	1,50
Сопротивление контакта центрального проводника, МОм	≤ 3	≤ 4	≤ 6	≤ 3	≤ 6	≤ 4	≤ 6
Сопротивление контакта наружного проводника, МОм	≤ 2	≤ 2	≤ 2,5	≤ 2	≤ 2,5	≤ 2	≤ 3
Напряжение пробоя изоляции, В	≥ 500	≥ 500	≥ 500	≥ 500	≥ 325	≥ 500	≥ 300

Примечание: \*оптимально DC 26,5 ГГц.



Рис. 7. Вертикальные соединители компании Hualink

Основные характеристики адаптеров приведены в табл. 2 [2–4].

В качестве примера на рис. 5 показан внешний вид внутрисерийных адаптеров 2.92 mm. Межсерийные адаптеры 2.92 mm – SMP показаны на рис. 6.

#### 4. Новые разработки компании Hualink

Компания Hualink освоила выпуск серии соединителей для вертикального монтажа на печатную плату без низкотемпературной пайки рис. 7 [4]. В эту серию вошли соединители 3.5 mm, 2.92 mm, 2.4 mm, 1.85 mm, 1.0 mm. Внешний вид вертикальных соединителей показан на рис. 7. Создана большая серия концевых (устанавливаемых на краю платы) соединителей мм-диапазона всех типов разного конструктивного исполнения. Кроме того, разработаны 8 типов адаптеров соединителей 1.0 mm.

#### 5. Кабельные сборки мм-диапазона

Разработаны кабельные узлы, состоящие из гибкого кабеля диаметром 1,5 mm и соединителей разных типов: 3.5 mm (3), 2.92 mm (5), 2.4 mm (4), 1.85 mm (4), SMP (3) и SSMP (2). В скобках указано количество модификаций [2–4].

#### 6. О компании Mechanc

С 2013 года компания Mechanc является крупным производителем высококачественных радиочастотных соединителей, кабелей и кабельных сборок [5, 6]. Компания Mechanc выпускает 360 типов радиочастотных соединителей, в том числе следующие соединители мм-диапазона: 1.0 mm, 1.85 mm, 2.4 mm, 2.92 mm, 3.5 mm, SMP и Mini SMP (SSMP), 36 межсерийных и 17 внутрисерийных адаптеров, 72 различных кабеля и более 40 кабельных сборок. Изделия этой компании применяют в сложном радиочастотном оборудовании, используемом в оборонной и космической отраслях.

Важной особенностью компании является высокое качество, короткое время выполнения заказа (менее 4 недель) и конкурентоспособные цены.

#### 7. Соединители мм-диапазона компании Mechanc

Стандартные резьбовые соединители мм-диапазона компании Mechanc

имеют модульную конструкцию и состоят из двух основных компонентов: фланцевого соединителя и СВЧ-ввода. СВЧ-ввод устанавливают в стенке корпуса изделия, а сам соединитель является съёмным и может быть легко заменён в случае повреждения. Такая конструкция позволяет свести к минимуму время простоя и обеспечивает непрерывную работу соединителя [5–6]. Однако СВЧ-вводы разных типов компания не выпускает.

Соединители с фланцами с двумя или четырьмя крепёжными отверстиями и вводы СВЧ показаны на рис. 8 [7].

Технические характеристики всех соединителей мм-диапазона этой компании приведены в табл. 3 [5–6, 8–14].

Общие параметры всех соединителей мм-диапазона компании Mechanc следующие: величина потерь, дБ, в рабочем диапазоне частот:  $\leq 0,06\sqrt{f}$ , где  $f$  – частота, ГГц; сопротивление изоляции – более 5000 МОм; диапазон рабочих температур:  $-55...+165^\circ\text{C}$ .

##### Соединители 3.5 mm

Разработаны две большие серии соединителей 3.5 mm розетка 3.5-KFD и вилка 3.5-JFD [8]. В соединителях розетка применены фланцы 6 типов: большой квадратный фланец 12,7×12,7 mm (типы 3.5-KFD1-6), квадратный фланец уменьшенного размера 9,5×9,5 mm (типы 3.5-KFD7-12), прямоугольный фланец 9,5×12,7 mm (типы 3.5-KFD13 18),



укороченный прямоугольный фланец 5,7×15,8 мм (типы 3.5-KFD19-24), укороченный прямоугольный фланец 4,8×14 мм (типы 3.5-KFD25-30) и укороченный прямоугольный фланец 4,8×12,7 мм (типы 3.5-KFD31-36). Для соединителей со всеми размерами фланца диаметр центрального проводника может быть 0,23 мм, 0,30 мм, 0,38 мм, 0,46 мм, 0,51 мм и 0,90 мм. Поэтому в каждый тип соединителей 3.5 mm входят по 6 модификаций с разным диаметром центрального проводника. Общее количество соединителей 3.5 mm розетка – 36.

По такому же правилу построена серия соединителей 3.5 mm вилка – 3.5-JFD. В соединителях вилка применены фланцы с ранее указанными размерами. Общее количество соединителей 3.5 mm вилка – 38.

Корпуса соединителей и наружный контакт выполнены из пассивированной нержавеющей стали, центральные контакты из термоупрочнённой бериллиевой бронзы, покрытой золотом. Материал изолятора – фторопласт или Ultem 1000 (полиэфиримид).

Кабельные соединители 3.5 mm могут применяться с гибкими коаксиальными кабелями с малыми потерями и фазовой стабильностью, а также с полугибкими или полужёсткими кабелями типов 0.047", 0.086", 0.141".

#### Соединители 2.92 mm

Разработаны серии соединителей 2.92 mm розетка – 2.92-KFD (36 наименований) и 2.92 mm вилка – 2.92-JFD (32 наименования) [9]. Кабельные соединители применяют с гибкими коаксиальными кабелями с низкими потерями, стабильными по фазе и амплитуде, а также со всеми типами кабелей с диаметром 0,047 дюйма, как полугибкими, так и полужёсткими. Соединители 2.4 mm отличаются прочной конструкцией, увеличенной толщиной наружного проводника коаксиальной линии и более прочными гнездовыми контактами по сравнению с соединителями SMA и 2.92 mm.

#### Соединители SMP

Компания Mechanc разработала серию соединителей SMP для работы в диапазоне частот (DC-40) ГГц [10]. В неё вошли соединители со следующим способом соединения вилки и розетки: полное защёлкивание, ограниченное защёлкивание и скользящее соединение. Созданы соедините-



Рис. 8. Соединители, заменяемые в полевых условиях

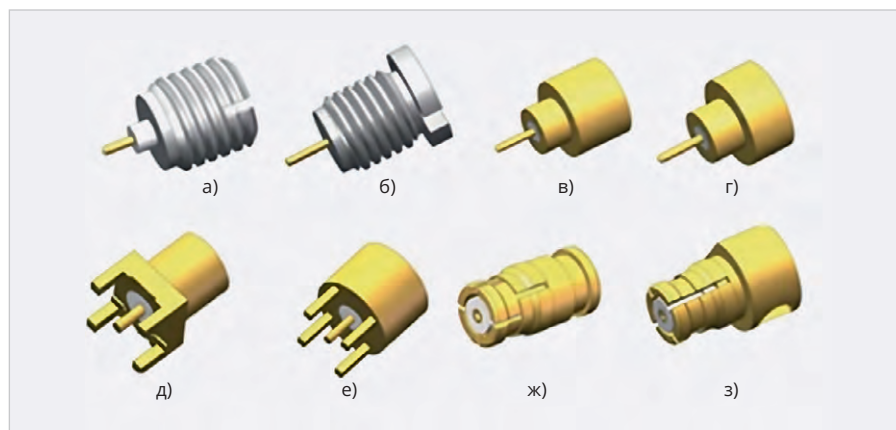


Рис. 9. Соединители SMP компании Mechanc: а, б – резьбовые, в, г – безрезьбовые прямые вилки, предназначенные для установки в стенку изделия, д, е – прямые вилки для установки в отверстия печатной платы, ж, з – прямой и угловой кабельные соединители для работы с полугибким или полужёстким кабелем типов 0.047", 0.086" и 0.141"

ли SMP вилки – 18 типов – и розетки (кабельные соединители), прямые и угловые по одному типу каждого (рис. 9). Центральный проводник вилки соединяют с микрополосковой линией [10].

#### Соединители 2.4 mm

Разработаны серии соединителей 2.4 mm розетка – 2.4-KFD (32 типа) и 2.4 mm вилка – 2.92-JFD (30 типов) [11]. Корпуса соединителей и наружный контакт также выполнены из пассивированной нержавеющей стали, цанговые центральные контакты предназначены под штыри с диаметрами 0,23 мм, 0,30 мм, 0,38 мм, 0,46 мм, 0,51 мм. Центральные контакты выполнены из термоупрочнённой бериллиевой бронзы, покрытой золотом. Материал изолятора – фторопласт или Ultem 1000.

Кабельные соединители 2.4 mm применяют с гибкими коаксиальными кабелями с низкими потерями, стабильными по фазе и амплитуде, а также со всеми типами кабелей 0.047", полугибкими и полужёсткими.

Соединители 2.4 mm отличаются прочной конструкцией, увеличенной толщиной наружного проводника коаксиальной линии и более прочными гнездовыми контактами по сравнению с соединителями SMA и 2.92 mm. Резьбовые соединители 2.4 mm механически совместимы с 1.85 mm, но требуют применения адаптеров для подключения к соединителям SMA, 3.5 mm и 2.92 mm.

#### Соединители SSMP (Mini-SMP)

Компания Mechanc разработала серию соединителей SSMP (Mini-SMP) для работы в диапазоне частот 0–50 ГГц [12]. В неё вошли соединители с полным защёлкиванием и скользящим соединением. Созданы соединители SSMP вилки: 6 типов для установки в корпус изделия и концевые вилки 2 типов для монтажа на печатную плату.

#### Соединители 1.85 mm

Разработаны серии соединителей 1.85 mm розетка – 1.85-KFD (14 типов) и 1.85 mm вилка – 1.85-JFD (12 типов)

Таблица 4. Параметры кабельных сборок мм-диапазона компании Mechanc

Типы соединителей мм-диапазона кабельной сборки	3.5 mm	2.92 mm	2.4 mm	1.85 mm	1.0 mm
Диапазон рабочих частот, ГГц	DC-32	DC-40	DC-50	DC-67	DC-110
Диаметр гибкого кабеля, мм	4,8	3,9	3,6	2,4	1,85
Допустимый радиус изгиба кабеля, мм	24–48	20–40	18–36	12–24	10–20
КСВН в диапазоне рабочих частот	1,2	1,25	1,2	1,25	1,4
Экранное затухание, дБ	–90	–100	–90	–90	–90
Скорость распространения сигнала, %	83	82	75	82	80
Стабильность фазы, градусы	±4	±6	±7	±10	±13
Стабильность амплитуды, дБ	±0,1	±0,1	±0,1	±0,1	±0,2
Диапазон рабочих температур, °С	–55...+165				–55...+125

[11]. Диаметр центрального проводника соединителей 0,23 мм или 0,30 мм. Резьбовые соединители 1.85 mm механически совместимы с 2.4 mm, но требуют применения адаптеров для подключения к SMA, 3.5 mm и 2.92 mm. Применяемый кабель – 0.047" [13].

#### Соединители 1.0 mm

Разработаны серии соединителей 1.0 mm розетка – 1.0-KFD (2 типа) и 1.0 mm вилка – 1.0-JFD (2 типа) [14]. Диаметр центрального проводника соединителей – 0,23 мм.

Резьбовые соединители 1.0 mm механически не совместимы ни с одним из вышеперечисленных в статье типов соединителей, поэтому требуют применения адаптеров для подключения к SMA, 3.5 mm, 2.92 mm, 2.4 mm и 1.85 mm. Применяемый кабель – 0.047". Конструкция соединителя 1.0-KFD2 показана на рис. 10 [14].

### 8. Адаптеры мм-диапазона компании Mechanc

Коаксиальные адаптеры этой компании охватывают все частотные диапазоны от постоянного тока до 110 ГГц и имеют интерфейсы 1 мм, 1.85 мм, 2.4 мм, 2.92 мм, 3.5 мм, SMA, SSMP (Mini-SMP) [15, 16]. В ассортименте коаксиальных адаптеров представлены прямые, угловые и фланцевые адаптеры, а также коаксиальные адаптеры с защёлкиванием и быстроразъёмным креплением. Компания Mechanc создала 17 видов внутрисерийных адаптеров розетка – розетка, вилка – вилка, вилка – розетка, розетка – вилка – рис. 11 [16].

В состав межсерийных адаптеров этой компании (24 типа) включены следующие серии: 1.85 mm – 1.0 mm (4), 2.4 mm – 1.0 mm (4), 2.4 mm – 1.85 mm

(4), 1.85 mm – SSMP, 2.92 mm – 2.4 mm (4), 2.4 mm – SSMP (4), 2.92 mm – SMP (4) и 3.5 mm – SMP (4) [13].

### 9. Радиочастотные кабели

Созданы более 70 типов кабелей с низкими потерями и фазовой стабильностью, изготовленные по стандартам военной и космической промышленности [17]. Коаксиальные кабели изготовлены с одинарным, двойным или тройным экранированием. Изоляция кабеля выполнена из полимеров PFE, PE и PTFE. Компания Mechanc выпускает гибкие, сверхгибкие, полугибкие и полужёсткие кабели.

Гибкие коаксиальные кабели с низкими потерями, обеспечивающие высокую стабильность фазы и амплитуды, а также длительный срок службы, применяют в авионике, радиолокации и измерительной технике.

Сверхгибкие коаксиальные радиочастотные кабели обеспечивают высокую стабильность амплитуды, несмотря на малый диаметр. Их применяют для соединения модулей в базовых станциях и радарх, а также в антеннах спутниковой связи и тестовых системах 5G.

Полугибкие коаксиальные кабели – это кабели, которые можно сгибать вручную. По электрическим характеристикам они практически не отличаются от полужёстких кабелей, но их не нужно сгибать с помощью специальных инструментов.

Полужёсткие радиочастотные коаксиальные кабели обеспечивают высокую стабильность амплитуды и фазы. Их используют, прежде всего, в критически важных радиочастотных системах для военных и космических целей.

Кабели компании Mechanc имеют стабильно высокое качество, каждый отрезок кабеля перед отгрузкой тестируют вручную и поставляют с протоколом измерений. Компания выполняет заказы в короткое время. Поставка может выполняться по индивидуальному дизайну заказчика.

Радиочастотные кабели компании Mechanc по своим характеристикам не уступают кабелям известных компаний США и европейских стран.

### Кабельные сборки мм-диапазона

Компания Mechanc разработала серию гибких кабельных сборок (20) с низкими потерями и стабильной фазой (500 ppm во всём температурном диапазоне) для применения в радарх с фазированной антенной решёткой и в системах микроволновой связи. Сборки мм-диапазона предназначены для работы в диапазоне частот 32–110 ГГц [16]. Разработаны около 40 типов сборок с соединителями (вилка и розетка) 3.5 mm, 2.92 mm, 2.4 mm и 1.85 mm. Кабельные сборки компании Mechanc применяют для установки в системы связи, в модулях спутниковых систем, в оборудовании для управления и контроля, а также в радарх. В табл. 4 представлены параметры сборок с одинаковыми соединителями вилка – розетка на обеих сторонах [18].

### Заключение

В этой статье рассмотрены параметры только трёх компаний Китая: Suzhou Talent Microwave, Mechanc Information Technology и Hualink Technology, которые представили в открытой печати более или менее пол-



ную информацию о выпускаемой ими продукции. Между тем в Китае имеются ещё несколько компаний, выпускающих соединители, адаптеры, кабели и кабельные сборки мм-диапазона: Lanjian Electronics, Xi'an Elite Electronic Industrial Co., Qualwave Inc. и др. Однако информация этих компаний недостаточна для оценки выпускаемой ими продукции.

Анализ выпускаемых соединителей и адаптеров компаний Talent, Mechanc и Hualink позволяет сделать вывод о том, что эти компании освоили производство мм-соединителей в диапазоне частот от постоянного тока до 110 ГГц и даже 145 ГГц. Компании отслеживали последние зарубежные достижения, такие как вертикальные и концевые соединители мм-диапазона для установки на печатные платы без низкотемпературной пайки, и в короткие сроки начали их производство.

Однако необходимо отметить, что китайские производители приводят недостаточно корректную информацию о параметрах выпускаемых соединителей и адаптеров, к тому же существенно отличающуюся от параметров аналогов ведущих компаний США и Европы. Например, не может быть, что соединители всех типов компании Talent имеют одинаковую величину потерь, равную:  $\leq 0,05\sqrt{f}$ , где  $f$  – частота в ГГц. Не все китайские компании приводят информацию о допустимом количестве соединений и рассоединений вилки и розетки, об усилии соединения и рассоединения, толщинах покрытий контактов, а также показателях надёжности. Поэтому, прежде чем приобретать продукцию китайских производителей, необходимо запросить и внимательно изучить спецификацию на заказываемые соединители, адаптеры, кабели или кабельные сборки.

Однако в целом нельзя не видеть значительный прогресс китайских компаний за последние 7–10 лет в области радиочастотных соединителей, адаптеров и кабелей мм-диапазона. Следует особенно отметить, что производство широкого ассортимента продукции осуществляет малочисленный персонал компаний: 51–100 человек в компании Talent, 70 – в компании Mechanc и даже 20 – в компании Hualink. Не в этом ли кроется причина сравнительно низкой стоимости и быстроты освоения новой продукции китайских компаний?

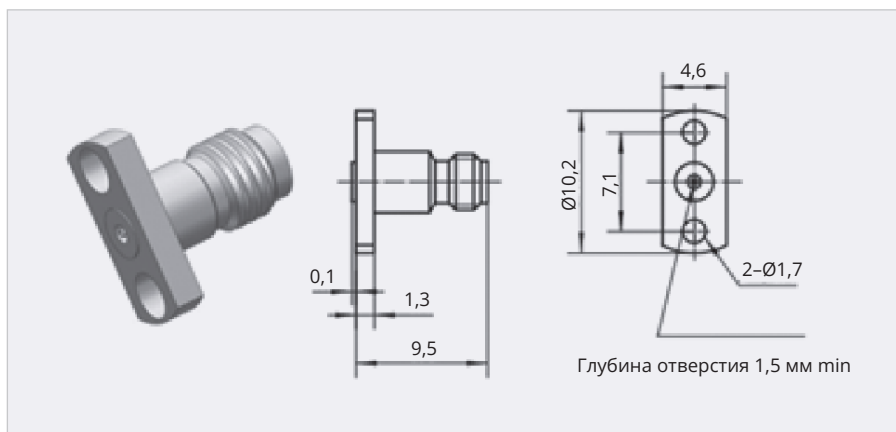


Рис. 10. Соединитель 1.0-KFD2 компании Mechanc



Рис. 11. Внутрисерийные адаптеры компании Mechanc

В заключение подчеркнём, что Китай играет важную роль в производстве коаксиальных радиочастотных радиокомпонентов как крупный производитель и потребитель. Китайские компании инвестируют в исследования и разработки, чтобы улучшить ассортимент своей продукции и конкурировать на мировом рынке.

## Литература

1. Китайские производители соединителей, кабелей и кабельных сборок мм-диапазона. Справочные материалы. Часть 1. Компания Suzhou Talen Microwave // Современная электроника. 2025. № 9. С. 60–64.
2. Shenzhen Hualink Technology Co., Ltd – Bofadianqi.com. URL: <http://hualingkeji.bofadianqi.com>.
3. RF Connector-Adaptor, Cable assembly, Board to Board, SMA. URL: <http://hualinkrf.com>.
4. China RF Connectors, Adaptors, Cable Assembly Suppliers – HUALINK. [connectorrf.com](http://connectorrf.com). RF.
5. Connectors – Mechanc. URL: <https://www.mechanc.com>.
6. RF Connectors from Mechanc – everything RF. URL: <https://www.everythingrf.com>.
7. Джурицкий К.Б. Радиочастотные соединители и помехоподавляющие фильтры. М.: ООО «ВАШ ФОРМАТ», 2024. 380 с.
8. 3.5 mm connector Series – Mechanc. URL: <https://www.mechanc.com>.
9. 2.92 mm connector Series – Mechanc. URL: <https://www.mechanc.com>.
10. SMP connector Series – Mechanc. URL: <https://www.mechanc.com>.
11. 2.4 mm connector Series – Mechanc. URL: <https://www.mechanc.com>.
12. SSMP connector Series – Mechanc. URL: <https://www.mechanc.com>.
13. 1.85 mm connector Series Mechanc. URL: <https://www.mechanc.com>.
14. 1.0 mm connector Series – Mechanc. URL: <https://www.mechanc.com>.
15. RF and coaxial Adapters Mechanc. URL: <https://www.mechanc.com>.
16. In – Series Adapters. URL: <https://www.mechanc.com>.
17. RF cables and RF connectors – Mechanc. URL: <https://www.cmechanc.com>.
18. RF Cable Assemblies from Mechanc everything RF. URL: <https://www.everythingrf.com>.



## НОВОСТИ МИРА. ЧИТАЙТЕ НА ПОРТАЛЕ WWW.CTA.RU

### IDC: средние цены на ПК могут вырасти до 8% в 2026 году из-за дефицита памяти

Аналитики IDC прогнозируют рост средних цен на персональные компьютеры до 8% в 2026 году. Ключевая причина – нарастающий дефицит оперативной памяти и накопителей, вызванный резким перераспределением производственных мощностей в пользу дата-центров искусственного интеллекта.

По данным отраслевых источников, дефицит уже достиг такого уровня, что некоторые производители начали поставлять готовые ПК и ноутбуки без установленной оперативной памяти, перекладывая её установку на дистрибьюторов или конечных пользователей.

#### Почему возник дефицит

Основной фактор – взрывной рост спроса на HBM-память (High Bandwidth Memory), используемую в ИИ-ускорителях и серверных GPU для дата-центров. Производство HBM использует те же кремниевые пластины и во многом те же технологические линии, что и потребительская DRAM и NAND.

В результате производители памяти сделали рациональный, но болезненный для массового рынка выбор:

- приоритет получили HBM-чипы с высокой маржинальностью;
- выпуск потребительской памяти был сокращён;
- расширение мощностей отложено.

#### Почему фабрики не строят

Теоретически вендоры могли бы увеличить выпуск, построив новые фабрики или расширив существующие. Однако на практике они этого не делают, опасаясь пузыря ИИ:

- строительство нового завода обходится в миллиарды долларов;
- срок ввода – несколько лет;
- к моменту запуска спрос на ИИ-чипы может резко снизиться.



Производители предпочитают не рисковать долгосрочными инвестициями в условиях высокой неопределённости.

#### Что это значит для покупателей

Представитель Kingston рекомендует пользователям, которым действительно необходимо обновление, не откладывать покупку:

- цены на оперативную память и SSD, по прогнозам, продолжат рост в 2026 году;
- ожидать быстрого возврата к «дешёвой памяти» не стоит.



При этом эксперты советуют сохранять рациональный подход:

- если текущая система спокойно проработает ещё 1–2 года, возможно, имеет смысл подождать;
- если апгрейд критичен (работа, разработка, ИИ, монтаж, игры) – затягивание может обойтись дороже.

#### Когда всё закончится – неизвестно

Оценки продолжительности кризиса разнятся радикально:

- от 6–12 месяцев при замедлении рынка ИИ;
- до 5–10 лет, если спрос на ИИ-вычисления сохранится или продолжит расти.

На данный момент рынок памяти оказался заложником стратегического сдвига в сторону ИИ-инфраструктуры – и потребительский сегмент вынужден платить за это ростом цен.





## SATADOM — ИДЕАЛЬНОЕ ЗАГРУЗОЧНОЕ РЕШЕНИЕ

Компактные твердотельные накопители с интерфейсом SATA III с высокой скоростью передачи данных

**ProSoft®**

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР

(495) 234-0636  
INFO@PROSOFT.RU

WWW.PROSOFT.RU



ProSoft



# Микроконтроллеры: обзор и практика применения. Часть 2

Валерий Жижин

В данной статье рассматриваются типовые первоначальные конфигурации наиболее популярных семейств STM32F1xx и STM32F3xx. Раскрываются общее содержание и особенности использования системных библиотек и библиотек периферийных устройств. Приводятся примеры реализации проектов с использованием различных периферийных модулей, входящих в состав микроконтроллеров. Приводится также пример инсталляции и настройки среды разработки IAR Embedded Workbench for ARM 7.70.

## Введение

Данная статья является продолжением темы, начатой в статье «Микроконтроллеры: обзор и практика применения. Часть 1», опубликованной в журнале «Современная электроника» № 8, 2025 г.

В предыдущей статье рассматривались существующие типы архитектур современных микроконтроллеров и области их применения. Акцент был сделан на архитектуре 32-разрядных устройств на основе ARM-ядер Cortex-M как наиболее продвинутых на сегодняшний день.

В данной статье рассматривается типовая первоначальная конфигурация наиболее популярных семейств

STM32F1xx и STM32F3xx. Раскрываются общее содержание и особенности использования системных библиотек и библиотек периферийных устройств. Приводятся примеры реализации проектов с использованием различных периферийных модулей, входящих в состав микроконтроллеров. Коды проектов написаны на языке Си.

Приводится также пример инсталляции и настройки среды разработки IAR Embedded Workbench for ARM 7.70.

## Настройка среды разработки

Для создания проектов с применением микроконтроллеров необходимо

первоначально установить среду разработки программного обеспечения.

Существует ряд различных сред, поддерживающих проектирование ПО для микроконтроллеров ряда STM32. Их обзор был приведён в первой части статьи.

Автор предпочитает использование среды **IAR Embedded Workbench for ARM**, поскольку она отличается интуитивно понятным интерфейсом при инсталляции и в работе, а также высокой скоростью компиляции и качеством сгенерированного кода.

Среда IAR Embedded Workbench проприетарна и требует лицензирования, но только в случае, если код превышает 32К. В этот программный продукт входит компилятор Си и C++. После установки IAR потребуется зарегистрировать его.

С сайта компании необходимо скачать архивы STM32F10x standard peripherals library и STM32F30x standard peripherals library для работы с МК ряда STM32F10x и STM32F30x соответственно.

В них содержатся:

- CMSIS – библиотека, определяющая работу ядра M3 или M4 соответственно;
- SPL – стандартная библиотека периферийных устройств, удобная для их конфигурации. Библиотека SPL написана на языке Си и организована в виде структур для каждого типа периферийного устройства;
- Examples – очень полезное приложение, содержащее программный код для типовой, наиболее распространённой периферии.

Библиотека CMSIS предоставляет последовательные и простые интерфейсы для работы с ядром, его периферией и операционной системой реального времени RTOS.

Главным компонентом CMSIS является компонент CMSIS-CORE. Он предоставляет стандартизированный интерфейс для ядер Cortex-M0, Cortex-M3, Cortex-M4, SC000, SC300. Важнейшими файлами CMSIS-CORE являются следующие.

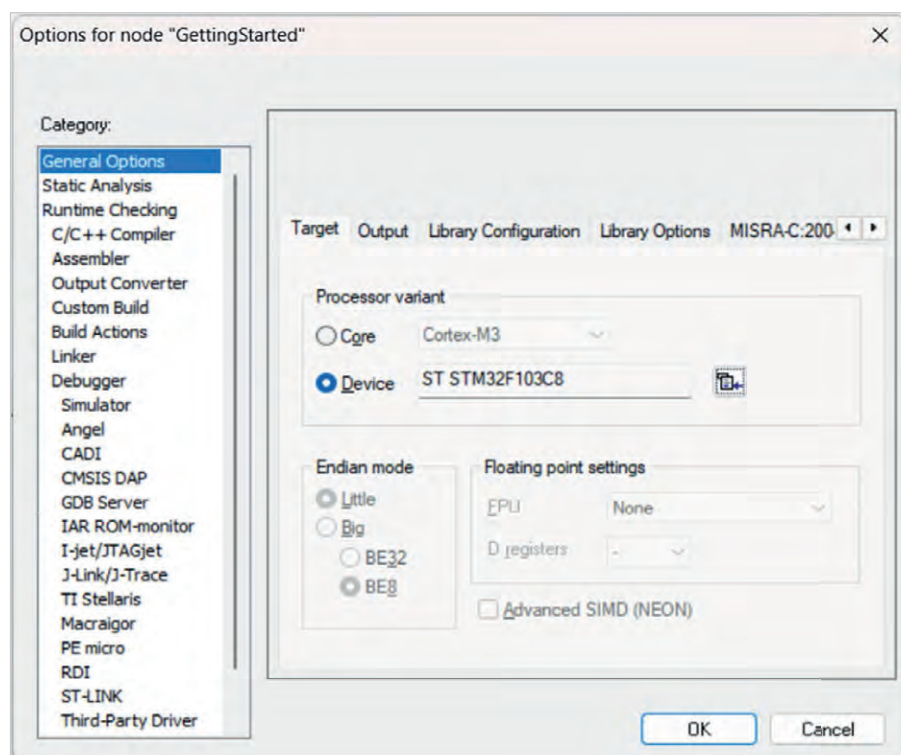


Рис. 1. Скриншот окна выбора типа МК

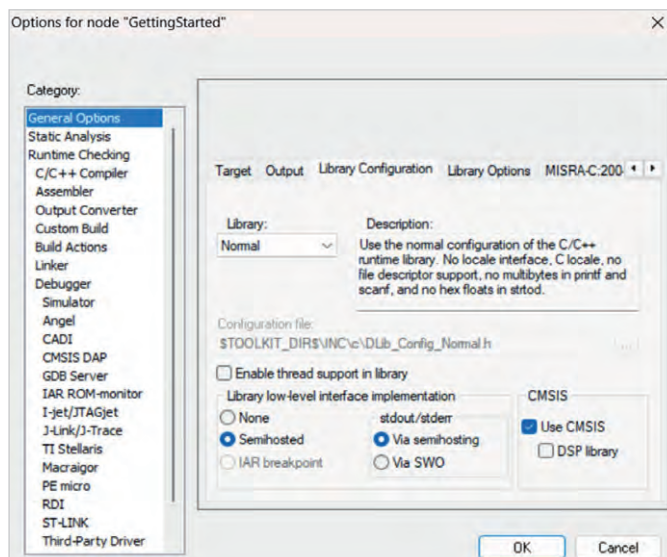


Рис. 2. Скриншот использования CMSIS

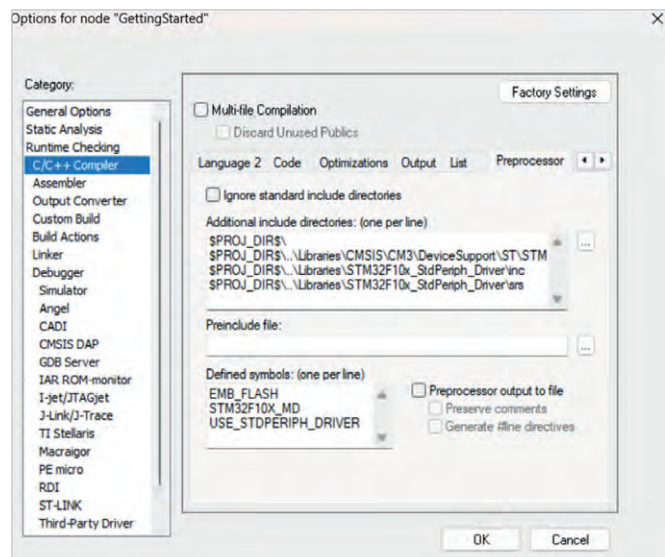


Рис. 3. Скриншот пути к папке с проектом и библиотекам

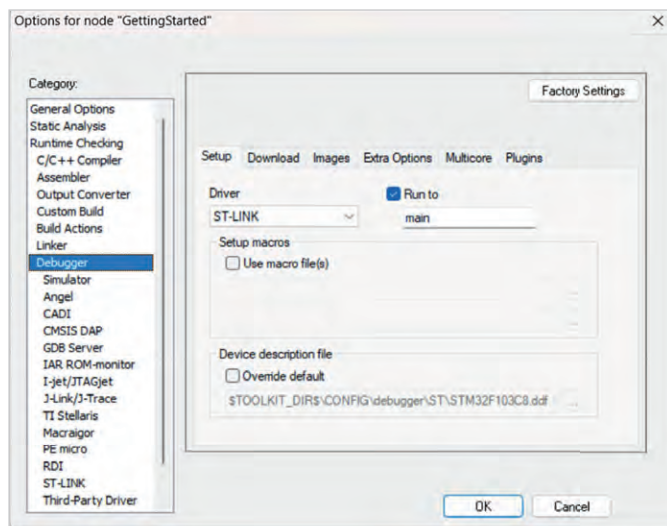


Рис. 4. Скриншот выбора отладчика

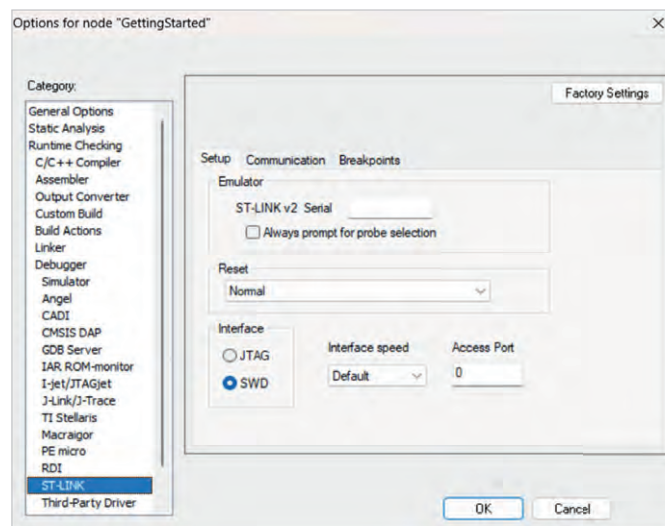


Рис. 5. Скриншот настройки ST-Link

- Файл startup\_<device>.s, где вместо <device> подставляется идентификатор фирмы-производителя, например, stm32f1xx. Этот файл содержит обработчик (handler), который выполняется после сброса МК и вызывает функцию SystemInit(), векторы исключений и таблицу векторов прерываний.
- Файл <device>\_conf.h. В нём хранится конфигурация периферийных устройств в закомментированном виде. Применяемые в создаваемом проекте периферийные модули должны быть раскомментированы.
- Файлы system\_<device>.c и system\_<device>.h содержат минимальные наборы функций для конфигурации системы тактирования:
  - void SystemCoreClockUpdate(void) – обновление переменной SystemCoreClock. Функция должна быть вызвана каждый раз, когда такто-

- вая частота меняется во время работы;
  - void SystemInit(void) – инициализирует систему тактирования МК, в частности, синтезатор PLL. Содержит переменную, хранящую тактовую частоту.
  - Заголовочный файл микроконтроллера <device>.h. Он содержит директивы препроцессора, перечисления для работы с периферией и прерываниями.
- Для работы ядра микроконтроллера потребуется файл core\_<cpu>.h (для stm32f1xx с ядром Cortex-M3 это файл **core\_cm3.h**, для stm32f3xx с ядром Cortex-M4 это **core\_cm4.h**). Они предоставляют доступ к регистрам ядра и периферии.
- Для хранения файлов библиотек CMSIS, SPL, Examples нужно в основной папке, где будут находиться проекты с использованием микрокон-

троллеров ряда STM32, создать папку Libraries.

Запустив IAR, нужно создать рабочее пространство: File > New > Workspace. Далее создаём новый проект: Project > Creat > New > Project.

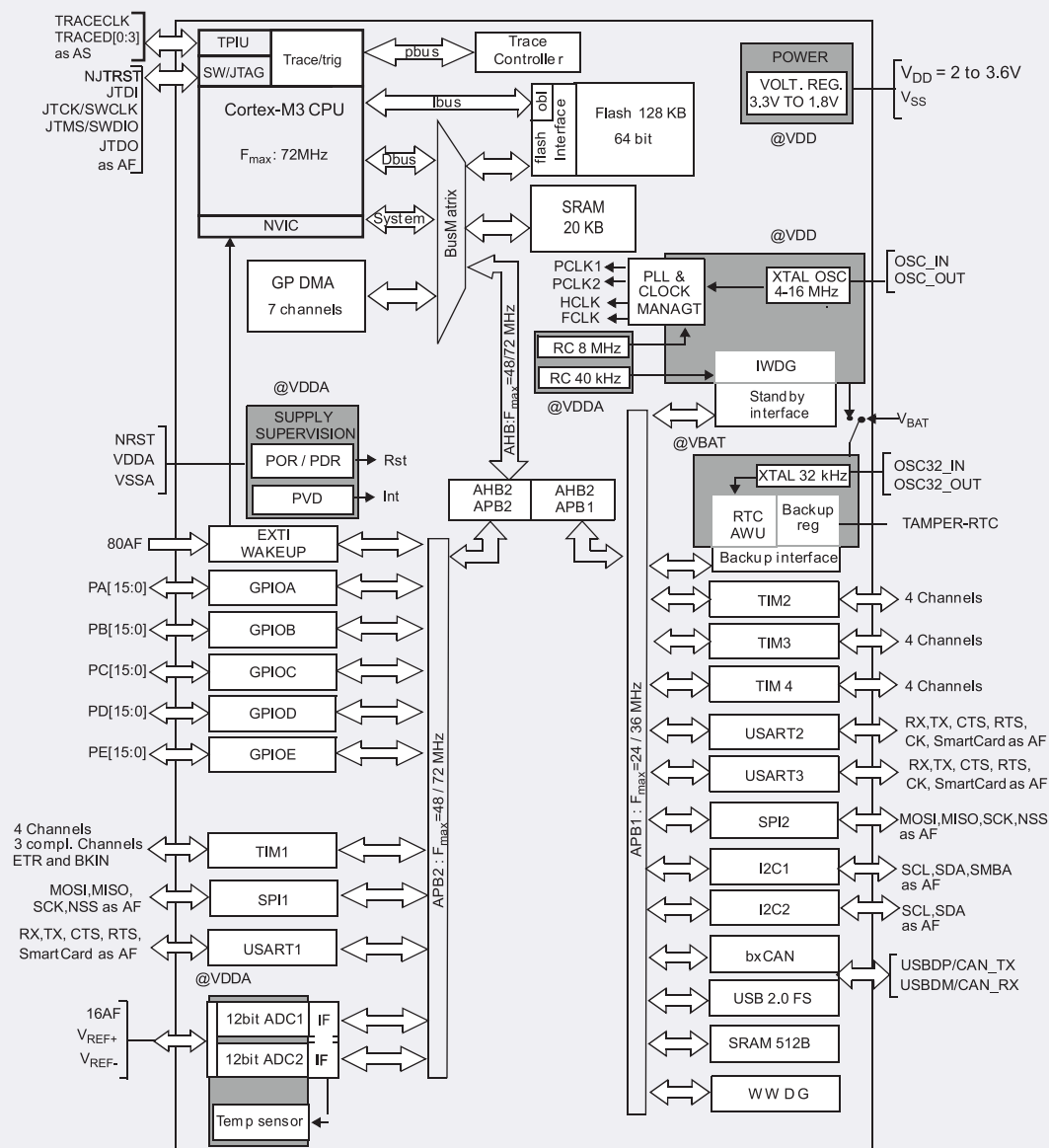
Программу можно писать на ассемблере, Си или C++. В приведённых ниже примерах будем использовать язык программирования Си.

Созданный проект необходимо настроить, для этого нужно открыть меню Project > Options. Во вкладке General Options выбираем целевой микроконтроллер, с каким будем работать, например, STM32F103C8T6 или STM32F303VT6 (рис. 1).

Далее во вкладке Library Configuration нужно поставить галочку Use CMSIS (рис. 2).

Затем нужно добавить путь, по которому будут храниться файлы библиотеки Libraries с расширениями \*.c и





1.  $T_A = -40^{\circ}\text{C}$  to  $+105^{\circ}\text{C}$  (junction temperature up to  $125^{\circ}\text{C}$ ).
2. AF = alternate function on I/O port pin.

Рис. 6. Блок-схема микроконтроллера STM32F103

\*.h. Для этого нужно во вкладке C/C++ Compiler > Preprocessor добавить &PROJDIR& (переменная, содержащая путь к папке с проектом), и далее согласно показанному на скриншоте (рис. 3).

Следующим шагом прописываем путь Project > Add Files > Libraries и добавляем в проект файлы из библиотеки SPL с расширением \*.c для используемых в текущем проекте периферийных устройств. Они появятся в окне Workspace.

В разделе Debugger нужно выбрать в качестве средств отладки ST-Link. Проставить галочки Use flash loader и Verify во вкладке Download (рис. 4).

Во вкладке ST-Link нужно выбрать интерфейс SWD (рис. 5). Среда разработки готова к использованию.

### Структура программного кода

Структура программы приложения для микроконтроллера должна обязательно включать в себя следующие элементы:

- директивы препроцессора;
- объявление структур для всех периферийных устройств;
- объявление глобальных переменных;
- прототипы используемых функций;
- функции конфигурации для используемых устройств;
- функцию main().

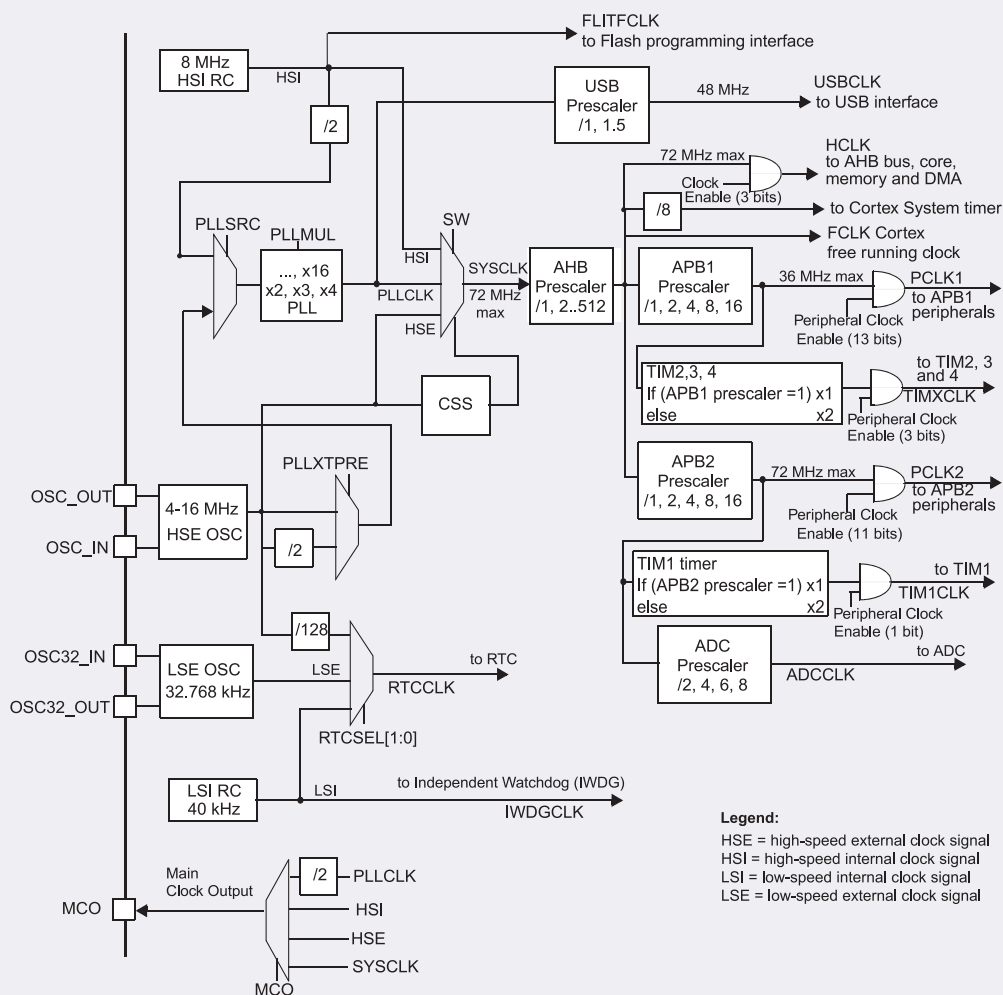
### Примеры настройки и работы с периферийными устройствами

Блок-схема микроконтроллера на примере ряда STM32F103 показана на рис. 6 [1].

Она отражает состав микроконтроллера: ЦПУ, контроллер DMA, периферийные устройства, внутренние шины передачи данных и тактирования.

Прежде всего нужно разобраться с тактированием CPU и периферийных устройств.

В качестве источника тактовой частоты SYSCLK микроконтроллеров STM32F могут быть использованы (Reference Manual [2]):



1. When the HSI is used as a PLL clock input, the maximum system clock frequency that can be achieved is 64 MHz.
2. For the availability of the USB function both HSE and PLL must be enabled, with USBCLK running at 48 MHz.
3. To have an ADC conversion time of 1  $\mu$ s, APB2 must be at 14 MHz, 28 MHz, or 56 MHz.

Рис. 7. Система тактирования микроконтроллера

- внутренний RC-генератор HSI с частотой 8 МГц;
  - генератор HSE с внешним кварцевым резонатором или источником тактовых импульсов на жёсткой логике;
  - PLL-умножитель частоты HSI или HSE на основе генератора с ФАПЧ.
- Система тактирования микроконтроллера показана на рис. 7.

Программно сконфигурировать систему тактирования ЦПУ микроконтроллера можно двумя способами: в функции `main()` вызвать функцию `void SystemInit(void)` или написать свою функцию, например, `void Clk_Init(void)`, и также вызвать её в функции `main()`.

В первом варианте частота тактирования будет составлять по умолчанию 72 МГц. Во втором будет определяться параметрами созданной функции.

Предпочтительнее использовать второй способ, позволяющий более

гибко управлять частотой тактирования в процессе выполнения программы, особенно в приложениях с пониженным энергопотреблением, когда не требуется высокая частота 72 МГц.

Пример функции тактового генератора на 36 МГц.

```
void Clk_Init(void)
{
    // Включение генератора HSI.
    RCC_HSIcmd(ENABLE);
    // Ожидание установления внутреннего генератора HSI.
    while(RCC_GetFlagStatus(RCC_FLAG_HSIRDY) == RESET);
    RCC_SYSClkConfig(RCC_SYSClkSource_HSI);
    // Включение генератора HSE с внешним кварцевым резонатором.
    RCC_HSEConfig(RCC_HSE_ON);
    // Ожидание установления HSE.
    while(RCC_GetFlagStatus(RCC_FLAG_HSERDY) == RESET);
```

// Инициализация PLL.

```
PLLConfig(RCC_PLLSource_HSE_Div2, RCC_PLLMul_9);
// 36MHz.
```

```
RCC_PLLCmd(ENABLE);
while(RCC_GetFlagStatus(RCC_FLAG_PLLRDY) == RESET);
// Конфигурация внутренних шин тактирования.
RCC_SYSClkConfig(RCC_SYSClkSource_PLLCLK);
RCC_HCLKConfig(RCC_SYSClk_Div1); // AHB
RCC_PCLK1Config(RCC_HCLK_Div1);
RCC_PCLK2Config(RCC_HCLK_Div1);
}
```

## Работа с портами ввода-вывода GPIO

Средствами библиотеки STM32 Peripheral Library (SPL) можно легко управлять периферией контроллера без прямого обращения к регистрам.



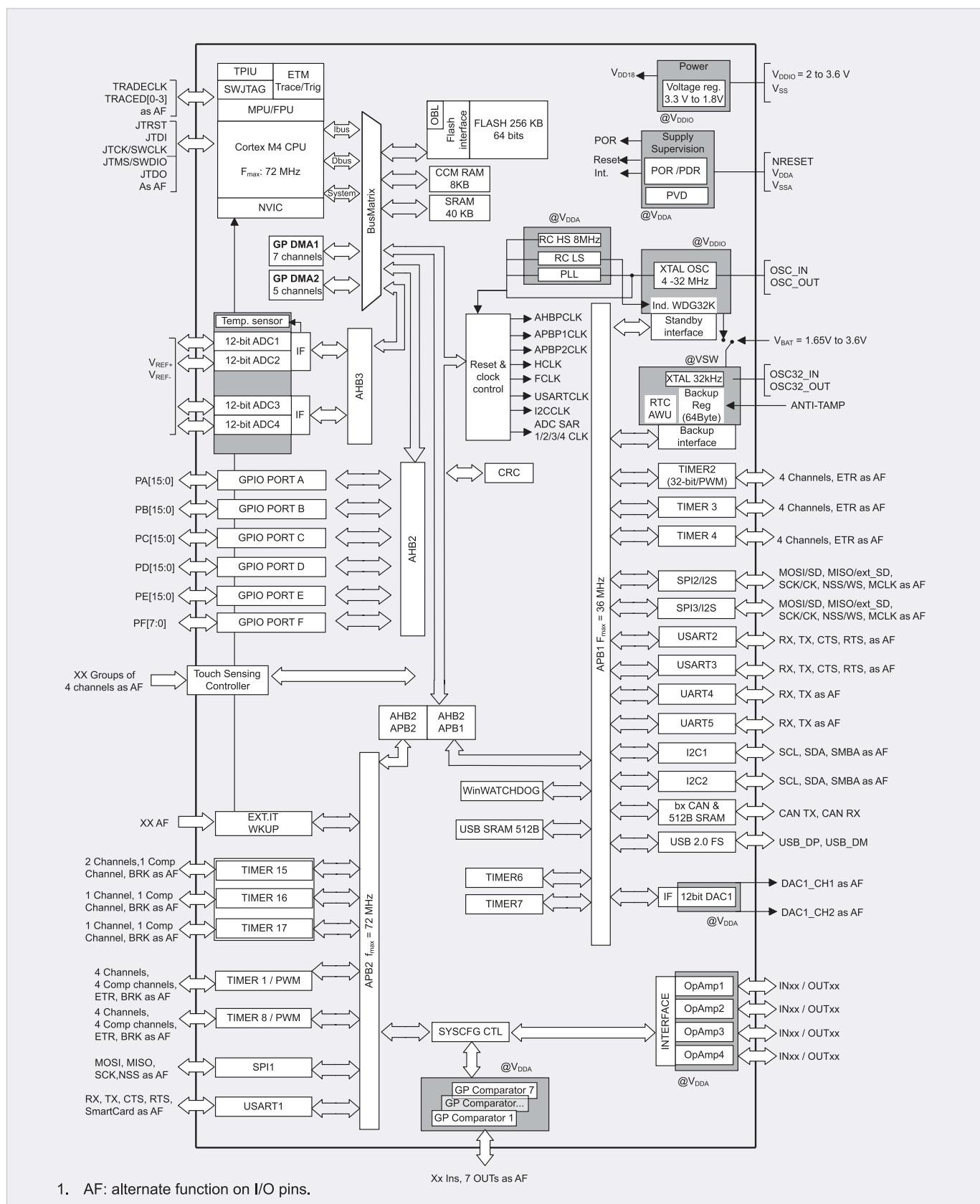


Рис. 8. Блок-схема микроконтроллера STM32F30x

Пример настройки порта ввода-вывода (GPIO).

Сначала на порт подаётся тактирование: **RCC\_APB2PeriphClockCmd(RCC\_APB2Periph\_GPIOC, ENABLE).**

Периферийные устройства тактируются либо от шины APB2, либо от

APB1. От какой именно, можно узнать по названию константы. В нашем случае это **RCC\_APB2Periph\_GPIOC**, поэтому шина – APB2. Константа расположена в файле **stm32f10x\_rcc.h**.

Вот, что находится в **stm32f10x\_rcc.h**.  
**#define RCC\_APB2Periph\_AFIO**

```
((uint32_t)0x00000001)
#define RCC_APB2Periph_GPIOA
((uint32_t)0x00000004)
#define RCC_APB2Periph_GPIOB
((uint32_t)0x00000008)
#define RCC_APB2Periph_GPIOC
((uint32_t)0x00000010)
```

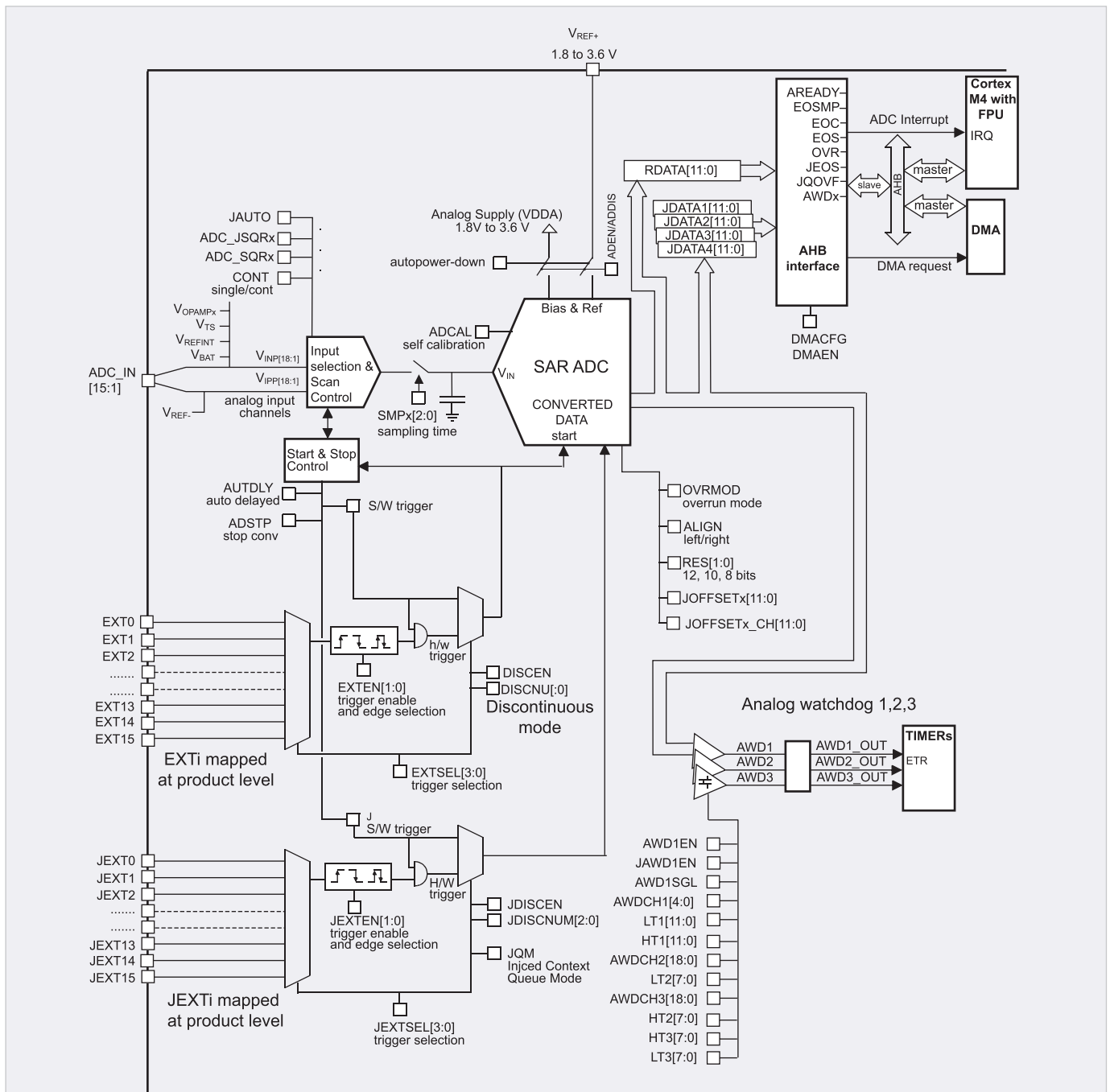


Рис. 9. Структурная схема модуля АЦП

```
#define RCC_APB2Periph_GPIOB
((uint32_t)0x00000020)
#define RCC_APB2Periph_GPIOE
((uint32_t)0x00000040)
#define RCC_APB2Periph_GPIOF
((uint32_t)0x00000080)
#define RCC_APB2Periph_GPIOG
((uint32_t)0x00000100)
#define RCC_APB2Periph_ADC1
((uint32_t)0x00000200)
#define RCC_APB2Periph_ADC2
((uint32_t)0x00000400)
#define RCC_APB2Periph_TIM1
((uint32_t)0x00000800)
#define RCC_APB2Periph_SPI1
((uint32_t)0x00001000)
#define RCC_APB2Periph_TIM8
```

```
((uint32_t)0x00002000)
#define RCC_APB2Periph_USART1
((uint32_t)0x00004000)
#define RCC_APB2Periph_ADC3
((uint32_t)0x00008000)
#define RCC_APB2Periph_TIM15
((uint32_t)0x00010000)
#define RCC_APB2Periph_TIM16
((uint32_t)0x00020000)
#define RCC_APB2Periph_TIM17
((uint32_t)0x00040000)
```

Здесь можно найти все необходимые константы для запуска тактирования любого периферийного устройства. Например, если мы хотим воспользоваться USART2, мы воспользуемся константой RCC\_APB1Periph\_

USART2, а поскольку из её названия видно, что USART2 тактируется от шины APB1, включение тактирования мы произведём следующим образом: RCC\_APB1PeriphClockCmd(RCC\_APB1Periph\_USART2, ENABLE). Одним вызовом функции можно включить тактирование сразу нескольких устройств, задав в параметре функции несколько констант через оператор побитовое ИЛИ: RCC\_APB2PeriphClockCmd(RCC\_APB2Periph\_GPIOA | RCC\_APB2Periph\_ADC1, ENABLE).

Побитовое ИЛИ «соберёт» все единички из перечисленных констант, а сами константы являются маской,



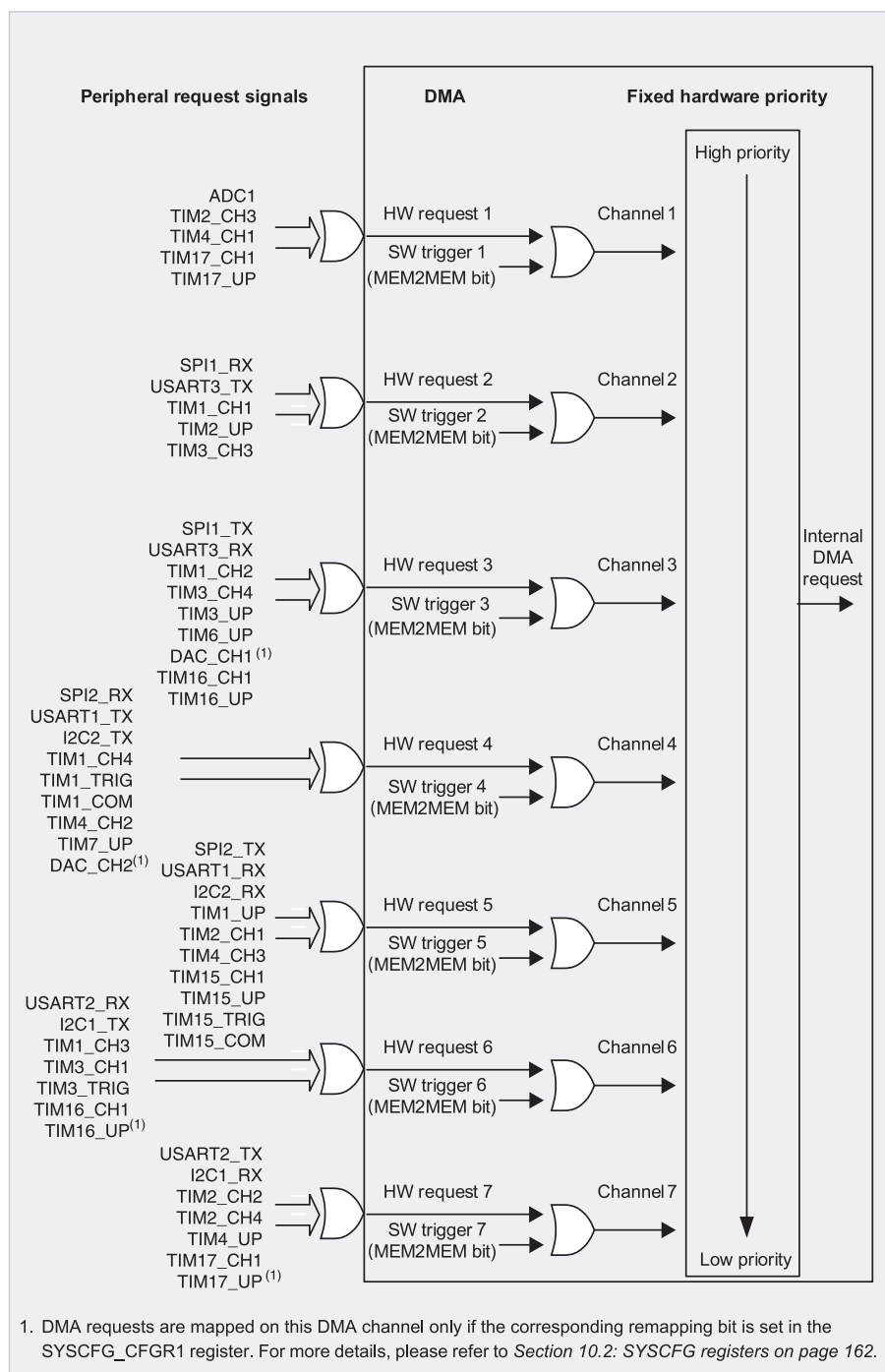


Рис. 10. Структура DMA

предназначенной для такого использования.

Далее нужно создать функцию конфигурации используемого порта. Делается это заполнением полей соответствующей структуры, хранящейся в файле stm32f10x\_gpio.c.

Пример функции:

```
void GPIO_Configuration(void)
```

```
{
```

```
// Объявление структуры (InitStruct),
// которая содержит все параметры для
// настройки периферийного устройства
// в виде переменных – членов структуры.
```

```
GPIO_InitTypeDef GPIO_
InitStruct;
```

```
RCC_APB2PeriphClockCmd(RCC_
APB2Periph_GPIOB | RCC_
APB2Periph_GPIOC, ENABLE);
GPIO_DeInit(GPIOB);
GPIO_InitStructure.GPIO_Pin =
GPIO_Pin_9 | GPIO_Pin_12 | GPIO_
Pin_13;
GPIO_InitStructure.GPIO_Mode =
GPIO_Mode_Out_PP;
// Двоичный выход.
GPIO_InitStructure.GPIO_Speed =
GPIO_Speed_50MHz;
// Ограничение быстродействия до
// 50 МГц.
GPIO_Init(GPIOB, &GPIO_
InitStruct);
```

```
GPIO_DeInit(GPIOC);
```

```
GPIO_InitStructure.GPIO_Pin =
```

```
GPIO_Pin_13;
```

```
// Двоичный выход.
```

```
GPIO_InitStructure.GPIO_Mode =
```

```
GPIO_Mode_Out_PP;
```

```
GPIO_InitStructure.GPIO_Speed =
```

```
GPIO_Speed_50MHz;
```

```
// Ограничение быстродействия до
// 50 МГц.
```

```
// Вызываем функцию инициализа-
// ции, куда передаём указатель на
// сформированную структуру:
```

```
GPIO_Init(GPIOC, &GPIO_
InitStruct);
```

```
}
```

Все возможные значения для параметра GPIO\_Mode содержатся в функции stm32f10x\_gpio.h:

- GPIO\_Mode\_AIN – аналоговый вход;
- GPIO\_Mode\_IPD – вход с подтяжкой к земле (англ. Pull-down);
- GPIO\_Mode\_IN\_FLOATING – вход без подтяжки (англ. Float);
- GPIO\_Mode\_IPU – вход с подтяжкой к питанию (англ. Pull-up);
- GPIO\_Mode\_Out\_OD – выход с открытым стоком (англ. Open Drain);
- GPIO\_Mode\_Out\_PP – выход двумя состояниями (англ. Push-Pull);
- GPIO\_Mode\_AF\_OD – выход с открытым стоком для альтернативных функций (англ. Alternate Function). Используется в случаях, когда выводом должна управлять периферия, прикрепленная к данному разряду порта (например, вывод Tx USART и т.п.);
- GPIO\_Mode\_AF\_PP – то же самое, но с двумя состояниями.

Для большинства устройств также требуется вызов команды «включение». Пример для включения USART1 и ADC: USART\_Cmd(USART1, ENABLE), ADC\_Cmd(ADC1, ENABLE).

Конфигурация портов GPIO завершена. При выполнении кода в функции main() должна быть обязательно вызвана функция GPIO\_Configuration();

## Работа с прерываниями

Вначале надо настроить и проинициализировать контроллер прерываний (NVIC – Nested Vectored Interrupt Controller). В архитектуре Cortex M3 каждому прерыванию можно выставить свой приоритет для случаев, когда возникает несколько прерываний одновременно. Поэтому NVIC представляет несколько вариантов формирования приоритетных групп [2]. При-

мер выбора варианта приоритетных групп состоит всего из одной команды: `NVIC_PriorityGroupConfig(NVIC_PriorityGroup_0)`. Эта команда выполняется один раз.

Далее для каждого прерывания надо произвести настройку и инициализацию с помощью структуры. Структура должна быть описана в соответствующей функции.

Вот, например, настройка прерывания для порта PC0.

```
void EXTI0_Config(void)
{
    // Включение тактирования порта.
    RCC_AHBPeriphClockCmd(RCC_AHBPeriph_GPIOC, ENABLE);
    // Настройка порта.
    GPIO_InitStructure.GPIO_Mode =
    GPIO_Mode_IN;
    GPIO_InitStructure.GPIO_PuPd =
    GPIO_PuPd_NOPULL;
    GPIO_InitStructure.GPIO_Pin =
    GPIO_Pin_0;
    GPIO_Init(GPIOC, &GPIO_InitStructure);
    RCC_APB2PeriphClockCmd(RCC_APB2Periph_SYSCFG, ENABLE);
    // Подключение линии прерывания к PC0.
    SYSCFG_EXTILineConfig(EXTI_PortSourceGPIOC, EXTI_PinSource0);
    // Конфигурация линии прерывания.
    EXTI_InitStructure.EXTI_Line =
    EXTI_Line0;
    EXTI_InitStructure.EXTI_Mode =
    EXTI_Mode_Interrupt;
    EXTI_InitStructure.EXTI_Trigger =
    EXTI_Trigger_Rising_Falling;
    EXTI_InitStructure.EXTI_LineCmd =
    ENABLE;
    EXTI_Init(&EXTI_InitStructure);
    // Настройка контроллера прерываний.
    NVIC_InitStructure.NVIC_IRQChannel = EXTI0_IRQn;
    NVIC_InitStructure.NVIC_IRQChannelPreemptionPriority =
    0x02;
    NVIC_InitStructure.NVIC_IRQChannelSubPriority = 0x02;
    NVIC_InitStructure.NVIC_IRQChannelCmd = ENABLE;
    NVIC_Init(&NVIC_InitStructure);
}
```

В параметре `NVIC_IRQChannel` указываем, какое именно прерывание инициализируется. Константа `EXTI0_IRQn` обозначает канал, отвечающий

за прерывания, связанные с GPIO (это канал «0»). Найдя её определение в файле `stm32f10x.h`, можно также увидеть ещё множество констант (`ADC1_IRQn`, `TIM1_TRG_COM_TIM17_IRQn` и др.), обозначающих прерывания от других периферийных устройств. Следующими двумя строками указывается приоритет прерываний (максимальные значения этих двух параметров определяются выбранной приоритетной группой). Последняя строка включает использование прерывания. Структура настроена, инициализируем её: `NVIC_Init(&NVIC_InitStructure)`.

Внешние прерывания от портов GPIO могут быть настроены по переднему фронту `EXTI_InitStructure.EXTI_Trigger = EXTI_Trigger_Rising`;; заднему фронту `EXTI_InitStructure.EXTI_Trigger = EXTI_Trigger_Falling`;; одновременно по переднему и заднему фронтам `EXTI_InitStructure.EXTI_Trigger = EXTI_Trigger_Rising_Falling`;;.

При возникновении события прерывания код разработчика ПО выполняется в функции обработки прерывания.

Обработчиком прерывания является функция, название которой совпадает с названием соответствующего вектора прерывания в Startup-файле. Startup-файлы, входящие в состав STM32 Peripheral Library, написаны на ассемблере.

Вот фрагмент файла `startup_stm32f10x_md_v1.s`:

```
DCD SPI1_IRQHandler;
DCD SPI2_IRQHandler;
DCD USART1_IRQHandler;
DCD USART2_IRQHandler;
DCD EXTI0_IRQHandler;
Пример:
void EXTI0_IRQHandler(void)
{
    if (!(GPIOC->IDR & GPIO_Pin_0))
    // Если задний фронт.
    {
        TIM_Cmd(TIM3, ENABLE);
    // Запуск таймера.
    }
    if (GPIOC->IDR & GPIO_Pin_0)
    // Если передний фронт.
    {
        TIM_Cmd(TIM3, DISABLE);
    // Остановка таймера.
    }
    // Сброс флага прерывания.
    EXTI_ClearITPendingBit(EXTI_Line0);
}
```

В начало программы нужно добавить объявление структур:

```
EXTI_InitTypeDef EXTI_InitStructure;
NVIC_InitTypeDef NVIC_InitStructure;
```

В функции `main()` должна быть вызвана функция `__enable_irq()`, а включение прерываний производится функцией, которая находится в заголовочном файле периферийного устройства. Внешние прерывания включаются функцией `NVIC_EnableIRQ(EXTI0_IRQn)`; (для 0 индекса порта).

Следующие примеры конфигурации периферийных устройств будут рассмотрены с использованием микроконтроллера ряда STM32F30x.

Блок-схема микроконтроллера STM32F30x показана на рис. 8. Взято из источника [3].

В отличие от STM32F10x, этот тип микроконтроллера имеет более развитую периферию: наличие встроенных аналоговых компараторов и операционных усилителей, что позволяет с минимальным количеством внешних компонентов создавать системы аналого-цифровой обработки сигналов в приложениях, не требующих высокой точности.

## Использование таймеров

Таймер – наиболее часто используемое периферийное устройство в микроконтроллерах. Ему посвящено огромное количество примеров в Интернете, поэтому здесь будет приведён пример конкретной программы.

Возьмём один из базовых таймеров микроконтроллера STM32F3, например, таймер 2. Произведём его настройку и сгенерируем прерывания через равные промежутки времени.

Из библиотеки `Standard Peripheral Library` подключим несколько файлов, в которых реализовано взаимодействие с регистрами таймеров, и объявим соответствующую структуру:

```
#include "stm32f30x_gpio.h"
#include "stm32f30x_rcc.h"
#include "stm32f30x_tim.h"
#include "stm32f30x.h"
/*****
TIM_TimeBaseInitTypeDef timer;
*****/
```

Настроим одну из ножек микроконтроллера на работу в режиме выхода. Это нужно, чтобы управлять светодиодом.

Минимальная инициализация таймера выглядит следующим образом.



```

/*****/
void Conig_Timer2(void)
{
    // Тактирование.
    RCC_AHBPeriphClockCmd(RCC_
        AHBPeriph_GPIOE, ENABLE);
    RCC_APB1PeriphClockCmd(RCC_
        APB1Periph_TIM2, ENABLE);
    // На этом выводе у нас синий свето-
    диод (STM32F3Discovery).
    Gpio.GPIO_Mode = GPIO_Mode_OUT;
    gpio.GPIO_Pin = GPIO_Pin_8;
    gpio.GPIO_Otype = GPIO_Otype_PP;
    gpio.GPIO_Speed = GPIO_
        Speed_50MHz;
    GPIO_Init(GPIOE, &gpio);
    // Настройка таймера TIM2.
    TIM_TimeBaseStructInit(&timer);
    timer.TIM_Prescaler = 7200;
    timer.TIM_Period = 20000;
    TIM_TimeBaseInit(TIM2, &timer);
}
/*****/

```

В настройках присутствуют значения 7200 и 20 000. Таймер тактируется частотой 72 МГц. Prescaler, он же делитель, нужен для деления тактовой частоты. Таким образом, получаем  $72 \text{ МГц} / 7200 = 10 \text{ КГц}$ . Значит, один такт таймера соответствует  $(1/10\,000)$  секунд, что равняется 100 микросекундам. Период таймера – это величина, досчитав до которой, программа перейдёт на обработчик прерывания по переполнению таймера. В нашем случае таймер дойдёт до 20 000, что соответствует  $(100 \times 20\,000)$  мкс или 2 секундам. То есть светодиод (который мы зажигаем и гасим в обработчике прерывания) будет мигать с периодом 4 секунды (2 секунды горит, 2 секунды не горит).

В функции main() вызываем функцию инициализации, а также включаем прерывания и таймер. Цикл while(1) пуст.

```

main()
{
    __enable_irq();
    Conig_Timer2();
    TIM_ITConfig(TIM2, TIM_IT_Update,
        ENABLE);
    TIM_Cmd(TIM2, ENABLE);
    NVIC_EnableIRQ(TIM2_IRQn);
    while(1)
    {
    }
}
/*****/

```

Теперь нужно добавить код для обработчика прерываний:

```

void TIM2_IRQHandler()
{
    TIM_ClearITPendingBit(TIM2, TIM_
        IT_Update);
    if (GPIO_ReadInputDataBit(GPIOE,
        GPIO_Pin_8) == 1)
    {
        GPIO_ResetBits(GPIOE,
            GPIO_Pin_8);
    }
    else
    {
        GPIO_SetBits(GPIOE, GPIO_
            Pin_8);
    }
}
/*****/

```

## Конфигурация и работа с АЦП

Основные характеристики АЦП в STM32F3xx [4].

- АЦП является 12-битным.
- Имеются регулярные (имеют общий буфер) и инжектированные (индивидуальный буфер для каждого канала) каналы.
- Отдельный канал для встроенного температурного датчика и датчика напряжения питания микроконтроллера.
- Быстрое время преобразования – 0,2 мкс, причём это время не зависит от тактовой частоты шины АНВ, на которой висят АЦП.
- Возможна генерация прерывания по окончании преобразования с инжектированного канала.
- Возможно прерывание от Analog Watchdog. Это нужно для того, чтобы следить, что измеренное напряжение не выходит за определённые значения. Причём может сканироваться как конкретный канал, так и группа каналов. В регистры ADC\_HTR и ADC\_LTR заносятся значения верхнего и нижнего порога соответственно, и в случае, если проверяемое напряжение выходит за эти пределы, генерируется прерывание.
- Возможно одиночное преобразование и преобразование в непрерывном режиме.
- Присутствует самокалибровка.
- Доступен запуск преобразования от внешнего события.
- Может работать в связке с DMA.
- Как и в других микроконтроллерах, возможно выравнивание результата по правому или по левому краям.

Структурная схема модуля АЦП представлена на рис. 9 [4].

Как и в предыдущем примере, будет использоваться библиотека STL и, соответственно, файлы:

```

stm32f30x_adc.h
stm32f30x_adc.c
stm32f30x_dma.h
stm32f30x_dma.c

```

В данной библиотеке всё реализовано точно так же, как и для любой другой периферии: в .c-файлах функции для настройки и работы с периферией, в .h – объявления специальных структур и переменных.

Настроим модуль ADC1 так, чтобы он производил непрерывные преобразования одно за другим и результат при помощи DMA записывался в специально созданную переменную. Для реализации этого нужно выяснить, какой из каналов DMA требуется использовать.

Как видно из схемы на рис. 10, это первый канал DMA.

Для примера задействуем третий канал АЦП. Из даташита [3] и руководства пользователя узнаём, что третий канал ADC1 – это вывод PA2 нашего микроконтроллера.

Ниже пример кода. Необходимые подключаемые файлы:

```

/*****/
#include "stm32f30x_adc.h"
#include "stm32f30x_dma.h"
#include "stm32f30x_gpio.h"
#include "stm32f30x_rcc.h"
#include "stm32f30x_misc.h"
#include "stm32f30x.h"
/*****/

```

Объявление структур:

```

/*****/
GPIO_InitTypeDef GPIO_
    InitStructure;
NVIC_InitTypeDef NVIC_
    InitStructure;
ADC_InitTypeDef ADC_
    InitStructure;
DMA_InitTypeDef DMA_
    InitStructure;
ADC_CommonInitTypeDef ADC_
    CommonInitStructure;
uint32_t ADC_Result;
/*****/

```

Инициализация всей периферии, которую будем использовать:

```

/*****/
void initialization(void)
{
    // Включаем тактирование DMA1,
    ADC12 и GPIOA.
    RCC_AHBPeriphClockCmd(RCC_
        AHBPeriph_DMA1, ENABLE);
}

```

```

RCC_AHBPeriphClockCmd(RCC_
  AHBPeriph_ADC12, ENABLE);
RCC_AHBPeriphClockCmd(RCC_
  AHBPeriph_GPIOA, ENABLE);
// Настраиваем пин на работу в
режиме аналогового входа.
GPIO_InitStructure.GPIO_Pin =
  GPIO_Pin_2;
GPIO_InitStructure.GPIO_Mode =
  GPIO_Mode_AN;
GPIO_Init(GPIOA, &GPIO_
  InitStructure);
// Настройки DMA.
DMA_DeInit(DMA1_Channel1);
// Данные будем брать из регистра
данных ADC1.
DMA_InitStructure.DMA_
  PeripheralBaseAddr =
  (uint32_t)&(ADC1->DR);
// Переправлять данные будем в
переменную ADC_Result.
DMA_InitStructure.DMA_
  MemoryBaseAddr = (uint32_t)&ADC_
  Result;
// Передача данных из периферии в
память.
DMA_InitStructure.DMA_DIR =
  DMA_DIR_PeripheralSRC;
// Размер буфера.
DMA_InitStructure.DMA_
  BufferSize = 1;
// Адрес источника данных не
инкрементируем – он всегда один и
тот же.
DMA_InitStructure.DMA_
  PeripheralInc = DMA_PeripheralInc_
  Disable;
// Аналогично и с памятью.
DMA_InitStructure.DMA_
  MemoryInc = DMA_MemoryInc_
  Disable;
// Настройки размера данных.
DMA_InitStructure.DMA_
  PeripheralDataSize = DMA_
  PeripheralDataSize_HalfWord;
DMA_InitStructure.DMA_
  MemoryDataSize = DMA_
  MemoryDataSize_HalfWord;
DMA_InitStructure.DMA_Mode =
  DMA_Mode_Circular;
DMA_InitStructure.DMA_Priority =
  DMA_Priority_High;
DMA_InitStructure.DMA_M2M =
  DMA_M2M_Disable;
DMA_Init(DMA1_Channel1, &DMA_
  InitStructure);
// Включаем первый канал DMA1.
DMA_Cmd(DMA1_Channel1,
  ENABLE);
// Настраиваем тактирование АЦП.
RCC_ADCCCLKConfig(RCC_
  ADC12PLLCLK_Div2);

```

```

ADC_StructInit(&ADC_
  InitStructure);
// Калибровка АЦП.
ADC_VoltageRegulatorCmd(ADC1,
  ENABLE);
ADC_SelectCalibrationMode(ADC1,
  ADC_CalibrationMode_Single);
ADC_StartCalibration(ADC1);
// Настраиваем непрерывные преоб-
разования.
ADC_CommonInitStructure.ADC_
  Mode = ADC_Mode_Independent;
ADC_CommonInitStructure.ADC_
  Clock = ADC_Clock_AsynClkMode;
ADC_CommonInitStructure.
  ADC_DMAAccessMode = ADC_
  DMAAccessMode_Disabled;
ADC_CommonInitStructure.ADC_
  DMAMode = ADC_DMAMode_
  OneShot;
ADC_CommonInitStructure.ADC_
  TwoSamplingDelay = 0;
ADC_CommonInit(ADC1, &ADC_
  CommonInitStructure);
// Включаем работу DMA
через АЦП.
ADC_DMACmd(ADC1, ENABLE);
ADC_DMAConfig(ADC1, ADC_
  DMAMode_Circular);
while(ADC_
  GetCalibrationStatus(ADC1) !=
  RESET);
// Продолжается настройка АЦП.
ADC_InitStructure.ADC_
  ContinuousConvMode = ADC_
  ContinuousConvMode_Enable;
ADC_InitStructure.ADC_Resolution =
  ADC_Resolution_12b;
ADC_InitStructure.ADC_
  ExternalTrigConvEvent = ADC_
  ExternalTrigConvEvent_0;
ADC_InitStructure.ADC_
  ExternalTrigEventEdge = ADC_
  ExternalTrigEventEdge_None;
ADC_InitStructure.ADC_DataAlign =
  ADC_DataAlign_Right;
ADC_InitStructure.ADC_
  OverrunMode = ADC_OverrunMode_
  Disable;
ADC_InitStructure.ADC_
  AutoInjMode = ADC_AutoInjec_
  Disable;
ADC_InitStructure.ADC_
  NbrOfRegChannel = 1;
ADC_Init(ADC1, &ADC_
  InitStructure);
// Включаем третий канал первого
модуля АЦП.
ADC_RegularChannelConfig(ADC1, 3,
  1, ADC_SampleTime_7Cycles5);
// Включаем АЦП.
ADC_Cmd(ADC1, ENABLE);

```

```

while(!ADC_GetFlagStatus(ADC1,
  ADC_FLAG_RDY));
ADC_StartConversion(ADC1);
ADC_Result = ADC_
  GetConversionValue(ADC1);
}
/*****
Осталось написать функцию main():
*****/
int main(void)
{
  initialization();
  while(1)
  {
  }
}
/*****/
В теле главной функции вызываем
созданную функцию инициализации,
а в цикле while(1) пусто – то есть процес-
сор свободен, всю работу взял на себя
модуль DMA. Если прошить этот код в
микроконтроллер, то в отладчике мож-
но увидеть, что значение переменной
ADC_Result меняется в соответствии с
уровнем сигнала на выводе PA2.

```

## Выводы

В приведённой статье были рассмо-
трены основные практические приё-
мы работы с микроконтроллерами
ряда STM32F10x и STM32F30x.

К сожалению, объём статьи не
позволяет сделать полный обзор алго-
ритмов работы со всей периферией,
входящей в состав данных типов МК.
Более подробную информацию по
модели программирования и интер-
фейсам STM32F можно получить в
источнике [5].

В последующей статье будет сделан
обзор телекоммуникационных воз-
можностей STM32F с иллюстрацией
программного кода.

## Литература

1. Datasheet STM32F103xC  
STM32F103xD STM32F103x.  
Р. 12–13, 16, 17.
2. RM0008 Reference manual  
STM32F101xxx ... STM32F107xxx.  
Р. 90–98, 159–174.
3. Datasheet STM32F303xB  
STM32F303xC. Р. 12, 19, 22–24.
4. RM0316 Reference manual  
STM32F303xB/C, STM32F303x6/8,  
STM32F328x8 and STM32F358xC  
advanced ARM®-based 32-bit MCUs.  
Р. 174–188, 216–232, 413–440.
5. Мартин М. Инсайдерское  
руководство по STM32. URL:  
<https://istarik.ru/file/STM32.pdf>.





# Преобразователь сопротивления датчика температуры в напряжение

Олег Вальпа

Приведена методика повышения точности измерения температуры с помощью простого электронного преобразователя сопротивления датчика температуры в напряжение, разработанного автором статьи.



Дополнительные материалы к этой статье можно скачать, перейдя по ссылке в QR-коде

## Введение

В современном мире активно применяется измерение температуры в системах мониторинга и автоматического регулирования. Для измерения температуры в основном используются недорогие и широко распространённые резистивные датчики температуры на основе платины или меди. К семейству таких датчиков относятся: Pt100, Pt1000, 50П, 100П, 50М, 100М и т.п. Внешний вид такого датчика представлен на рис. 1.

Присутствующие в названии этих датчиков числа указывают на значение их сопротивления при нуле градусов Цельсия, а буквы обозначают металл, из которого изготовлен чувствительный элемент датчика: Pt и П – платина, М – медь.

Эти датчики имеют почти линейную зависимость своего сопротивления от температуры в широком диапазоне. Например, для датчика Pt100 этот

диапазон имеет значения от  $-200^{\circ}\text{C}$  до  $+850^{\circ}\text{C}$ . При этом сопротивление такого датчика будет изменяться от 18 Ом до 850 Ом, соответственно. Характеристики для данного и других типов датчиков указаны в источнике [1]. В этом же документе приведены формулы для вычисления температуры в зависимости от сопротивления датчика.

## Проблемы измерения

Использование подобных датчиков в полном диапазоне температуры не позволяет получить высокой точности измерения и регулирования по ряду причин.

Одной из причин является ограничение разрядности измерительного аналого-цифрового преобразователя (АЦП) измерителя. В большинстве систем автоматики чаще всего используют АЦП с разрядностью 10 бит или 12 бит. Например, при использовании 10-разрядного АЦП показания датчи-

ка температуры в полном диапазоне температуры от  $-200^{\circ}\text{C}$  до  $+850^{\circ}\text{C}$  можно измерять с дискретностью  $dT = (850 + 200) / 1023$ , имеющей значение более  $1^{\circ}\text{C}$ . Это довольно низкая точность и не годится, например, для регулирования температуры в инкубаторах птичьих яиц, где необходима дискретность измерения и регулирования менее  $0,2^{\circ}\text{C}$ .

Кроме того, с целью упрощения расчётов для расчёта температуры по сопротивлению датчика обычно используют приближительную формулу.

На практике точность измерения будет ещё хуже, поскольку в формуле расчёта используется более широкий диапазон изменения сопротивления датчика температуры от 0 до нескольких кОм. Это связано с простой схемой измерения, которая состоит из сопротивления, ограничивающего ток измерения, и самого датчика.

Ток измерения для резистивных датчиков устанавливается небольшим, например, 1 мА, чтобы не нагревать сам датчик и не вносить тем самым дополнительную ошибку в измерения. При таком малом токе измерения падение напряжения на датчике температуры будет составлять от 18 до 390 мВ на линейном участке. Этот малый диапазон измеряемого напряжения подвержен наведённым помехам и не позволяет добиться высокой точности измерений. Как же избавиться от указанных недостатков?

## Методика повышения точности измерения

Одним из простых методов повышения точности измерений служит применение преобразователя, базирующегося на измерительном мосте Чарльза Уитстона [2] с усилителем сигнала. Схема такого преобразователя приведена на рис. 2.



Рис. 1. Внешний вид датчика температуры

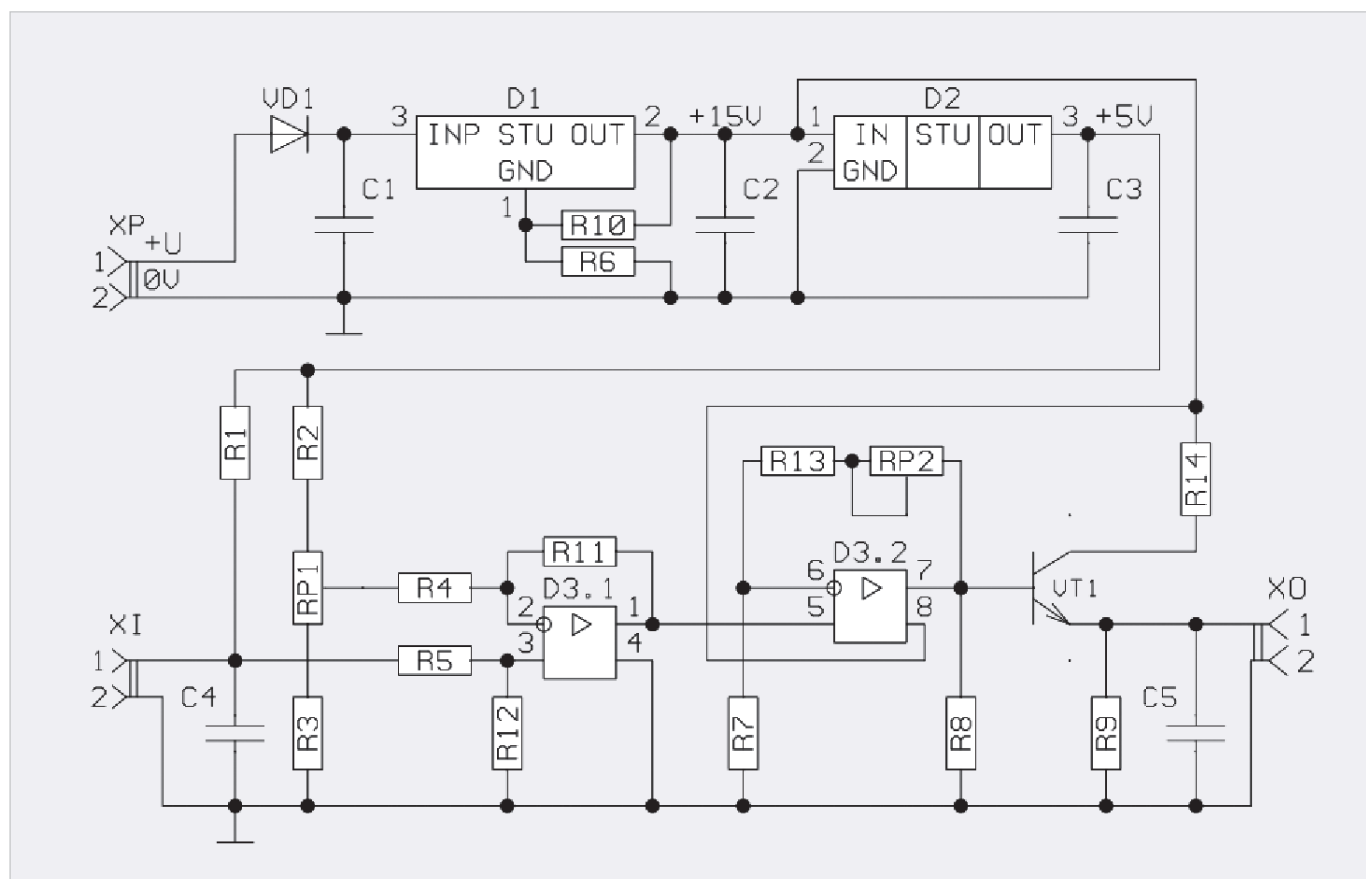


Рис. 2. Схема электрическая принципиальная преобразователя

Таблица 1. Перечень элементов преобразователя

Обозначение	Наименование	Количество
C1...C5	Конденсатор 0805-Y5V 0,1 мкФ +80%...-20% 50 В	5
R1, R2	Резистор 0805 5,1 кОм ±5%	2
R3	Резистор 0805 18 Ом ±5%	1
R4...R8	Резистор 0805 10 кОм ±5%	5
R9	Резистор 0805 2 кОм ±5%	1
R10, R13	Резистор 0805 1 кОм ±5%	2
R11, R12	Резистор 0805 100 кОм ±5%	2
R14	Резистор 0805 100 Ом ±5%	1
RP1	Резистор подстроечный многооборотный 3296W-1-101LF (СП5-2ВБ) 100 Ом ±5%	1
RP2	Резистор подстроечный многооборотный 3296W-1-104LF (СП5-2ВБ) 100 кОм ±5%	1
D1	Микросхема LM317	1
D2	Микросхема 78L05	1
D3	Микросхема LM358	1
VD1	Диод 4148	1
VT1	Транзистор S9013	1
XP, XI, X0	Клеммник винтовой 2-контактный прямой L-KLS2-126-5.00-02P-4C	3

Данный преобразователь позволяет задать необходимый диапазон измерения температуры и увеличить амплитуду измеряемого напряжения, способствуя тем самым значительному повышению точности измерений.

Схема преобразователя достаточно простая. Мост Уитстона состоит из элементов R1, R2, RP1 с R3 и сопро-

тивления самого датчика температуры Pt100, подключаемого к соединителю XI. С помощью подстроечного резистора RP1 устанавливается минимальное значение измеряемой температуры. Например, если подстроить значение этого резистора до минимального значения 0 Ом, тогда нижнее правое плечо моста будет иметь

значение, равное сопротивлению резистора R3, которое имеет значение 18 Ом и соответствует сопротивлению датчика температуры при минус 200°C. Подстраиваем резистор RP1 до его максимального значения 100 Ом, тогда значение нижнего правого плеча моста совместно с сопротивлением резистора R3 станет равным 118 Ом, что будет соответствовать сопротивлению датчика температуры при +50°C. Таким образом, можно подстроить нижнюю границу измеряемой температуры от -200°C до +50°C.

Первый каскад дифференциального усилителя организован на операционном усилителе D3.1 и резисторах R4, R5, R11, R12, с помощью которых производится увеличение амплитуды измеряемого сигнала в 10 раз.

Второй каскад усилителя с подстраиваемым коэффициентом усиления построен на элементах D3.2, RP2, R13, R7...R9, R14 и VT1. Этот каскад позволяет установить верхний диапазон измерений температуры, соответствующий выходному напряжению 10 В с помощью подстроечного резистора RP2.

Конденсаторы C4 и C5 фильтруют импульсные помехи, которые могут наводиться от внешних источников на вход и выход преобразователя.



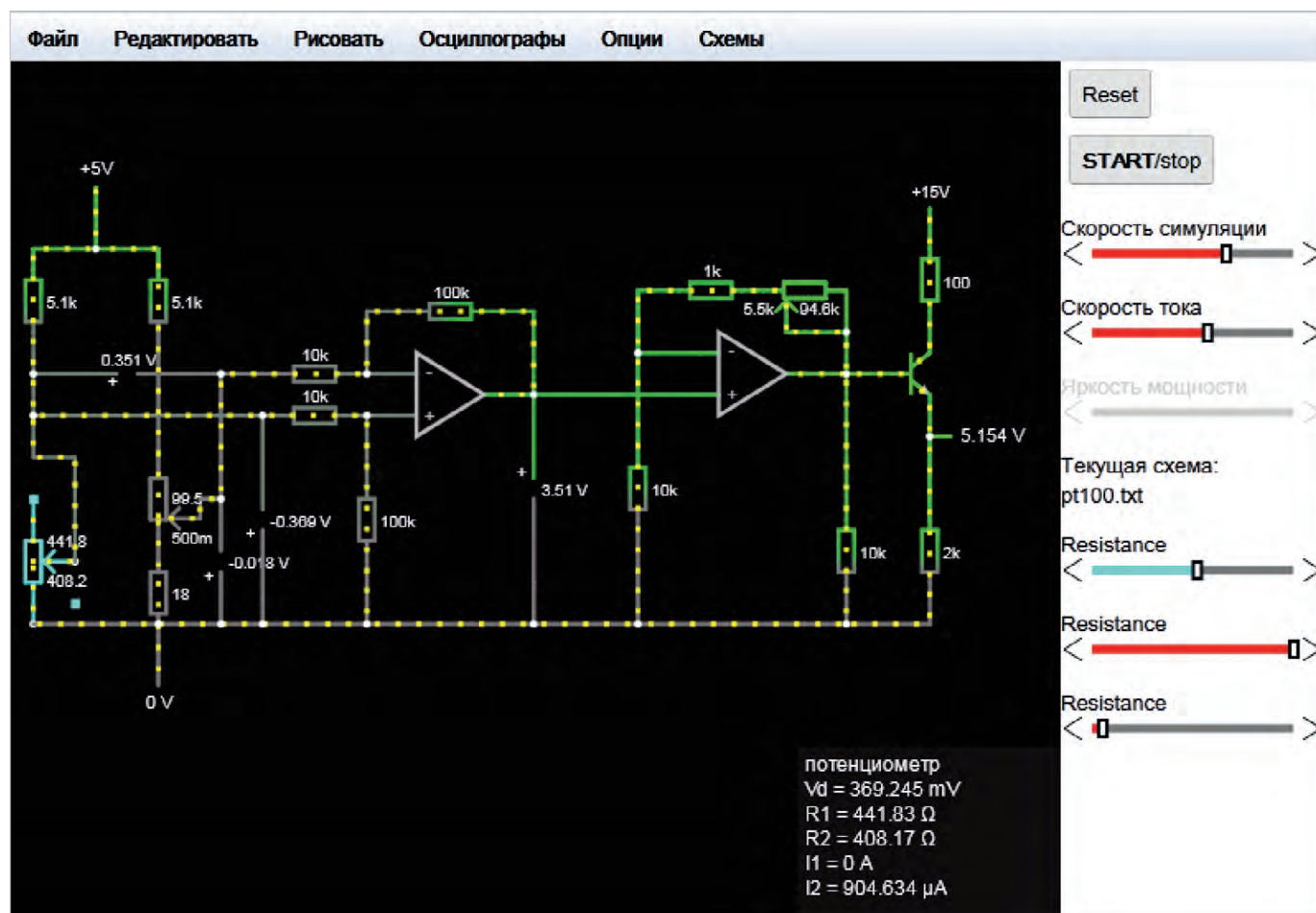


Рис. 3. Экран симулятора схемы преобразователя

Питание преобразователя осуществляется от внешнего источника питания с напряжением 24 В, подключённого к разъёму ХР. Для защиты от переплюсовки при подключении источника питания в преобразователе установлен защитный диод VD1. Напряжение питания 24 В преобразуется стабилизатором D1 с резисторами R10 и R6 в питающее напряжение 15 В для операционных усилителей и выходного каскада преобразователя. Второй преобразователь напряжения на основе микросхемы D2 преобразует напряжение 15 В в стабильное напряжение питания 5 В для измерительного моста. Конденсаторы C1...C3 обеспечивают фильтрацию питающих напряжений.

Таким образом, преобразователь формирует измерительное напряжение от 0 до 10 В для установленного диапазона температур.

Перечень элементов преобразователя представлен в табл. 1.

Вместо приведённых в таблице элементов допускается использовать аналогичные элементы другого типа.

Устройство изготавливается на монтажной или специально разработан-

ной печатной плате и размещается в любом корпусе с подходящими размерами, например, в обычной пластиковой коробке для электрического монтажа.

Допустим, в шкафу инкубации яиц необходимо поддерживать температуру от +25°C до +40°C. Подстроив преобразователь на этот диапазон, можно будет производить измерения и регулировку температуры для 10-разрядного АЦП с точностью  $(40-25)/1023 = 0,015$  градуса. Так будет достигнута необходимая точность.

Выходное значение измерительного напряжения преобразователя при этом будет изменяться в диапазоне от 0 до 10 В, что обеспечивает высокую помехоустойчивость измерений. При этом можно использовать недорогой платиновый датчик температуры Pt100.

Таким образом, несложное электронное устройство позволяет решить важную задачу повышения точности измерений, актуальную во все времена для многих систем.

Приведённую здесь схему легко адаптировать для использования другого типа датчика температуры,

например, для Pt1000. Для этого потребуется изменить номинал резистора R3 на 180 Ом и сопротивление подстроечного резистора RP1 на 1 кОм.

Схему преобразователя можно проверить в онлайн-симуляторе [3]. На рис. 3 приведён экран данного симулятора с описанной схемой.

Изменяя положение подстроечного резистора, включённого в симуляторе вместо датчика температуры, можно увидеть изменение напряжения на выходе схемы во всём диапазоне измерения температуры и тем самым проверить её работоспособность.

Данный симулятор позволяет проверять работу и других разрабатываемых электронных устройств, обходясь без макетирования и пайки, что значительно облегчает и ускоряет процесс разработки.

Проект схемы для симулятора можно скачать с сайта журнала [4].

## Литература

- ГОСТ 6651-2009.
- URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Измерительный\\_мост/](https://ru.wikipedia.org/wiki/Измерительный_мост/).
- URL: <http://falstad.com/circuit/>.
- URL: <https://www.cta.ru/>.



## НОВОСТИ МИРА. ЧИТАЙТЕ НА ПОРТАЛЕ WWW.CTA.RU

### Китай, возможно, разрабатывает EUV-литографию в секретной лаборатории: прототипы чипов ожидаются не ранее 2028–2030 годов

Китай мог создать прототип установки экстремальной ультрафиолетовой (EUV) литографии в закрытой лаборатории и приступить к её скрытым испытаниям. Об этом сообщает Reuters со ссылкой на источники, знакомые с проектом. Если сведения подтвердятся, речь идёт о попытке воспроизвести одну из самых сложных и закрытых технологий современной микроэлектроники.

Однако анализ доступных данных показывает: даже при наличии работающего источника EUV-излучения Китай остаётся в нескольких годах от создания полноценного EUV-инструмента, пригодного для производства чипов.

#### Что известно о предполагаемой установке

По данным источников Reuters, система была собрана в начале 2025 года на строго охраняемом объекте в Шэньчжэне и занимает почти целый заводской корпус. Сообщается, что установка способна генерировать EUV-излучение с длиной волны 13,5 нм – стандартной для современной EUV-литографии.

Источник света, по утверждению собеседников агентства, реализован по методу лазерно-полученной плазмы (LPP) – тому же принципу, который используется в коммерческих сканерах ASML серии Twinscan NXE. Это резко отличает проект от альтернативных китайских разработок, основанных на ускорителях частиц или разрядной плазме.

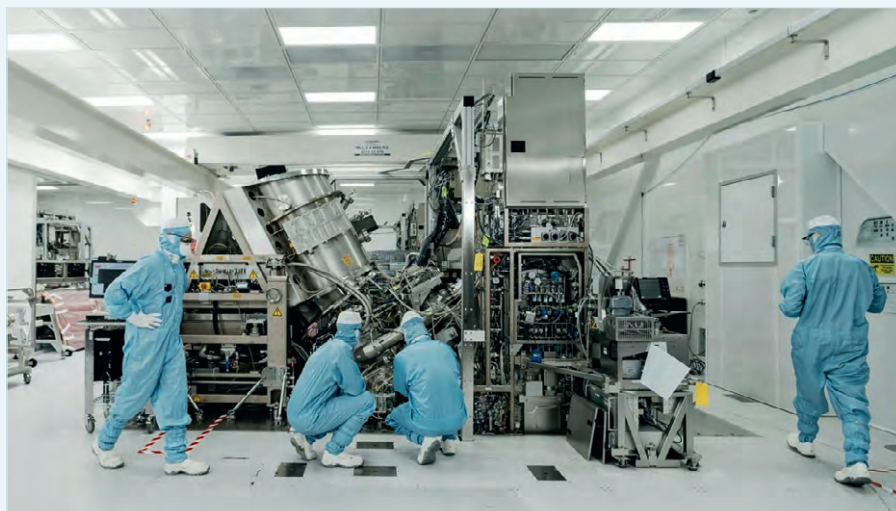
Сам факт выбора LPP может указывать либо на глубокий реверс-инжиниринг западных решений, либо на привлечение специалистов, знакомых с архитектурой ASML.

#### Как работает EUV-источник ASML и почему его трудно повторить

В коммерческих системах ASML используется поток расплавленных капель олова диаметром 25–30 мкм, подаваемых в вакуум со скоростью до 50 тыс. капель в секунду. Каждая капля:

- 1) получает предварительный лазерный импульс (формирование геометрии),
- 2) затем получает основной мощный импульс CO<sub>2</sub>-лазера,
- 3) превращается в перегретую плазму с температурой свыше 200 000°C,
- 4) излучает EUV-свет, который собирается многослойным коллекторным зеркалом.

Этот цикл повторяется десятки тысяч раз в секунду и требует синхронизации, точности и чистоты, измеряемых нанометрами.



#### Почему «генерировать EUV» ≠ «иметь EUV-литографию»

Даже если китайская установка действительно генерирует EUV-излучение, это лишь малая часть полноценного литографического инструмента. Ключевые проблемы, на которые указывает отчёт:

- отсутствие подтверждённых данных о мощности EUV-источника;
- нерешённые вопросы с коллекторной и проекционной оптикой;
- отсутствие информации:
  - о системе позиционирования пластин,
  - ваферных и масочных столах,
  - метрологии,
  - управляющем ПО.

Критически важно, что сверхточная оптика EUV-систем (многослойные зеркала Mo/Si с субнанометровыми ошибками фронта волны) поставляется ASML немецкой компанией Carl Zeiss. Без воспроизведения этой оптики говорить о рабочем EUV-сканере невозможно.

Фактически при отсутствии коллектора и проекционной оптики речь может идти не о литографической машине, а лишь об экспериментальном EUV-источнике.

#### На каком этапе проект реально находится

В самом отчёте подчёркивается: китайский EUV-сканер в текущем виде не может использоваться для производства микросхем.

Ожидания властей КНР предполагают появление первых тестовых EUV-чипов в 2028 году, однако источники Reuters считают более реалистичным горизонт 2030 года или позже. Это согласуется с мировой практикой: ASML потребовались десятилетия, чтобы довести EUV от лабораторных экспериментов до массового производства.

Для сравнения, ещё в 2006 году ASML могла печатать простейшие линии и зазоры, но первая промышленная система Twinscan NXE:3400B вышла лишь спустя 11 лет.

#### Реверс-инжиниринг и «секретная лаборатория»

Источники Reuters утверждают, что проект реализуется в условиях жёсткой секретности:

- сотрудникам выдавались поддельные удостоверения;
- полный состав персонала скрывался;
- рабочие места контролировались камерами.

В проекте, по сообщениям, задействованы:

- бывшие инженеры ASML (в том числе за пределами Китая),
- около 100 недавних выпускников вузов,
- команды, занимающиеся разборкой и сборкой компонентов DUV- и EUV-инструментов.

При этом реверс-инжиниринг системы, состоящей из более чем 100 000 деталей, сам по себе не гарантирует работоспособности – ключевым остаётся интеграция всех подсистем в единую, устойчиво работающую машину.

ASML, комментируя ситуацию, заявила Reuters: «Логично, что компании хотят воспроизвести нашу технологию, но сделать это крайне сложно».

#### Вывод

Сообщения о китайском EUV-проекте указывают на серьёзные амбиции и заметный технологический прогресс, особенно в части источников EUV-света. Однако текущие данные свидетельствуют:

- полноценного EUV-литографического инструмента у Китая пока нет;
- проект находится далеко от стадии альфа-системы;
- до серийного производства EUV-чипов остаются годы, если не целое десятилетие.

Даже в оптимистичном сценарии первые прототипы чипов могут появиться не ранее 2028–2030 годов, а их коммерческая применимость остаётся под вопросом.





# Формирователь сигнала треугольной формы

Евгений Колесников

Устройство формирует напряжение треугольной формы из входного синусоидального напряжения. Схема формирователя содержит удвоитель частоты, двухполупериодный выпрямитель, компаратор, переключатель полярности, блок масштабирования и сумматор. Формирователь имеет высокую линейность напряжения и выполнен на базе операционных усилителей и аналоговых перемножителей напряжений. Основная область применения формирователя сигнала треугольной формы – преобразователи напряжения во временной интервал.

Сигнал треугольной формы широко используется в радиотехнике, вычислительной технике, радиолокации, преобразователях напряжения во временной интервал, широтно-импульсных модуляторах, схемах управления современных источников питания, устройствах временной задержки, измерительной технике и т.д.

Схемы формирователей треугольной формы широко освещены в литературе. Простейшим таким формирователем является схема с последовательным соединением компаратора и интегратора. Наряду с простотой основным недостатком этой схемы является зависимость амплитуды выходного напряжения от частоты входного сигнала, невысокая линейность, особенно на низких частотах, и несимметричность выходного напряжения в переходных режимах [1].

Для формирования сигнала треугольной формы часто используется гене-

ратор, построенный на базе триггера Шмита и интегратора [2]. Недостатками такого формирователя являются взаимная зависимость амплитуды и частоты и ручное управление, а также невозможность регулирования частоты выходного напряжения изменением частоты входного сигнала в связи с отсутствием в схеме входа.

Интересным схемным решением является формирователь, схема которого приведена в [3]. Работа устройства заключается в противофазном суммировании двух сигналов, получающихся после двухполупериодного выпрямления, входное напряжение одного из которых сдвинуто по фазе на угол  $90^\circ$  [3]. Основным недостатком этого формирователя является низкая линейность.

Несколько повысить точность и линейность формирования треугольного напряжения позволяет применение в схеме аналого-цифрового фор-

мирователя [4]. Однако применение в устройстве реактивных элементов снижает быстродействие устройства.

В статье описывается разработка формирователя треугольного напряжения, свободного от приведённых выше недостатков.

На рис. 1 приведена структурная схема устройства. Формирователь содержит удвоитель частоты *УЧ*, двухполупериодный выпрямитель *ДВ*, компаратор *К*, переключатель полярности *ПП*, блок масштабирования *БМ* и сумматор *С* [5].

Устройство работает следующим образом. Входное синусоидальное напряжение переменного тока  $u_{вх} = U_{мвх} \sin \omega t$  (рис. 1) с частотой  $\omega$  подаётся на входы удвоителя частоты *УЧ*, компаратора *К* и первый вход сумматора *С*.

На выходе удвоителя частоты *УЧ* формируется напряжение  $u_1 = U_{мвх} \sin 2\omega t$ , удвоенной частотой  $2\omega$  и амплитудой  $U_{мвх}$ , которое подаётся на вход двухполупериодного выпрямителя *ДВ* (рис. 1).

После выпрямления выпрямителем *ДВ* напряжение  $u_2$  имеет форму двухполупериодного выпрямления и подаётся на вход переключателя полярности *ПП* (рис. 1).

Одновременно компаратор *К* преобразует входное синусоидальное напряжение  $u_{вх}$  в напряжение  $u_3$  прямоугольной формы, которое подаётся на управляющий вход переключателя полярности *ПП* и управляет полярностью его выходного напряжения. Причём положительное выходное напряжение  $u_3$  компаратора *К* приводит к изменению полярности выходного напряжения  $u_2$  двухполупериодного выпрямителя *ДВ* на противоположную, а нулевое напряжение – не изменяет полярность напряжения  $u_2$ . Коэффициент передачи переключателя полярности *ПП* выбран равным единице, поэтому в первый полупериод входного напряжения  $u_{вх}$  он работает как инвертор, а во второй – как повторитель (рис. 1). В результате на выходе переключателя полярности *ПП* формируется несинусоидальное напряжение  $u_4$ , которое состоит из фрагмен-

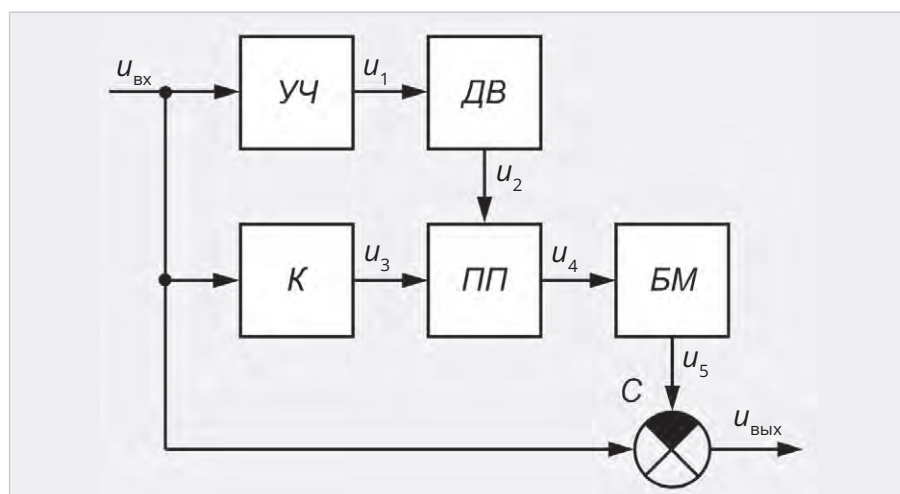


Рис. 1. Структурная схема формирователя сигнала треугольной формы: *УЧ* – удвоитель частоты; *ДВ* – двухполупериодный выпрямитель; *К* – компаратор; *ПП* – переключатель полярности; *БМ* – блок масштабирования; *С* – сумматор

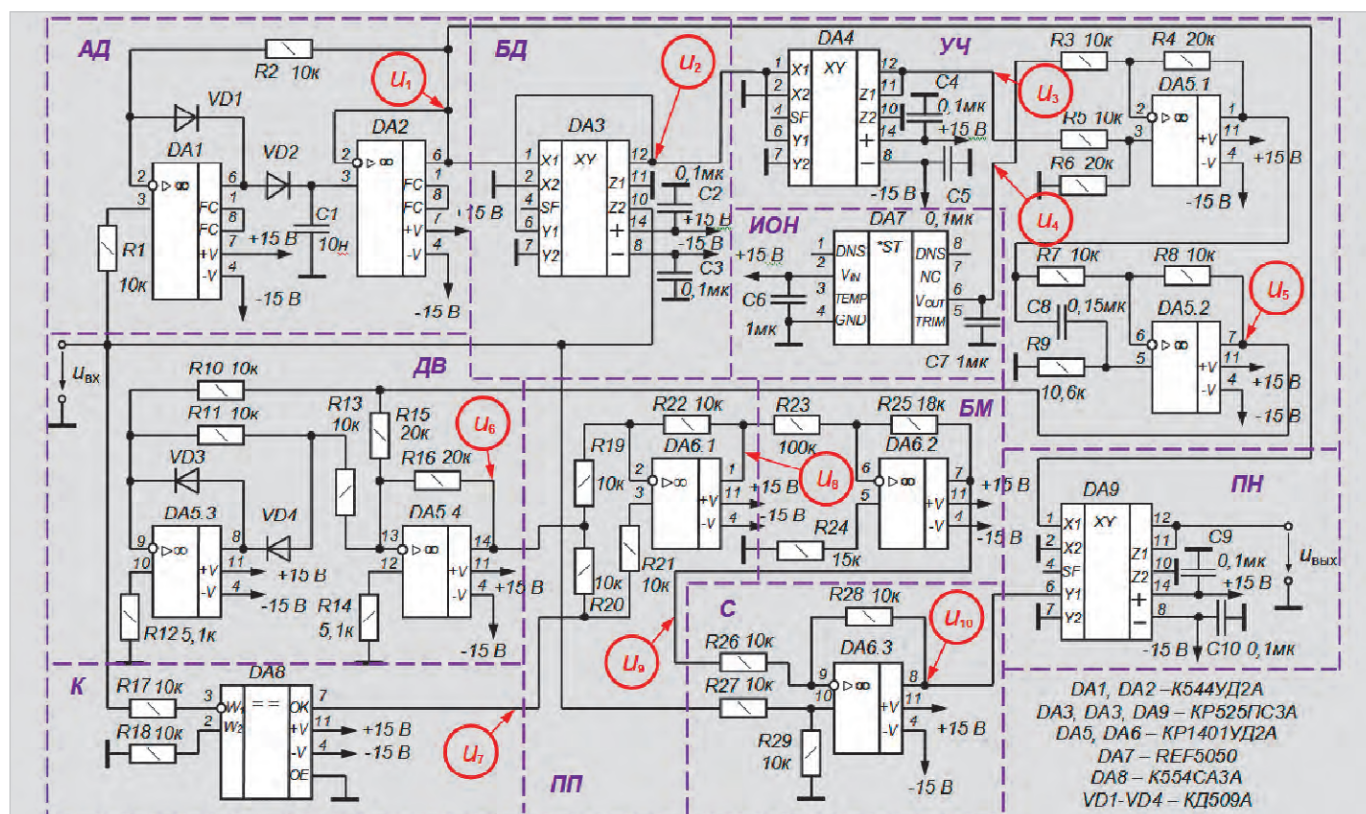


Рис. 2. Принципиальная схема формирователя сигнала треугольной формы

тов синусоид и подаётся на вход блока масштабирования БМ.

В блоке масштабирования БМ напряжение  $u_4$  масштабируется по амплитуде, и на его выходе формируется напряжение  $u_5$ , которое подаётся на второй вход сумматора С (рис. 1). Коэффициент передачи блока масштабирования БМ выбран  $K_{\Pi} = 0,18$ .

В сумматоре С полученное напряжение  $u_5$  складывается с входным синусоидальным напряжением  $u_{\text{вх}}$ . В результате на выходе сумматора С и устройства формируется напряжение  $u_{\text{вых}}$  треугольной формы.

С целью проверки работоспособности формирователя по структурной схеме автором была разработана его принципиальная схема, которая приведена на рис. 2. На основании полученной схемы был создан опытный образец формирователя и проведены его лабораторные исследования. В результате проведённых исследований были получены осциллограммы напряжений устройства, приведённые на рис. 3.

Следует отметить, что конфигурация и параметры принципиальной схемы несколько отличаются от построения структурной схемы в связи с особенностями применяемых в схеме устройства интегральных микросхем (ИМС) (рис. 2). Для упрощения принципиаль-

ной схемы устройства умножитель частоты УЧ был выполнен на основе квадратора. Это потребовало введения в схему формирователя дополнительных узлов: амплитудного детектора АД, блока деления БД и перемножителя напряжений ПН.

Таким образом, амплитудный детектор АД формирователя выполнен на операционных усилителях (ОУ) DA1, DA2, которые выбраны типа K544УД2А с высоким входным сопротивлением с полевыми транзисторами на входе [6]. Блок деления БД выполнен на ИМС DA3 перемножителя напряжений типа KP525ПЦ3А, включённого по схеме делителя [6]. Умножитель частоты выполнен на перемножителе напряжений DA4 типа KP525ПЦ3А, включённом по схеме квадратора [6], параллельного сумматора на ОУ DA5.1 на ИМС типа KP1401УД2А и фазосмещателя на  $90^\circ$  на ОУ DA5.2. В качестве источника опорного напряжения ИОН применена ИМС DA7 типа REF5050 с прецизионным выходным напряжением  $+5$  В. Двухполупериодный выпрямитель ДВ в виде активного выпрямителя на ОУ DA5.3, DA5.4 [7]. Компаратор К представляет собой ИМС DA8 компаратор напряжений типа K554СА3А. Переключатель полярности ПП выполнен на ОУ DA6.1, DA6.2 совместно с выходным транзистором компаратора DA8.

Сумматор С представляет собой параллельный сумматор на ОУ DA6.3. Перемножитель напряжений ПН выполнен на ИМС DA9 перемножителя напряжений типа KP525ПЦ3А, включённого по схеме перемножителя (рис. 2).

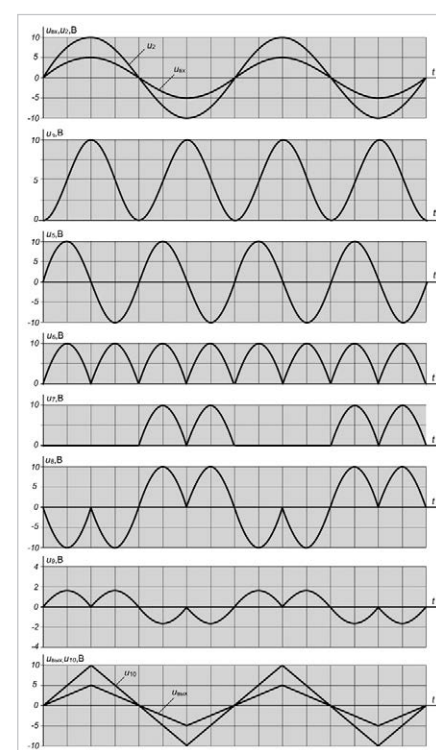


Рис. 3. Осциллограммы напряжений формирователя сигнала треугольной формы



Рассмотрим работу принципиальной схемы (рис. 2) формирователя. Входное синусоидальное напряжение  $u_{\text{вх}} = U_{\text{м вх}} \sin \omega t$  подаётся на вход амплитудного детектора АД, блока деления БД и компаратора К (рис. 2). В блоке деления БД входное напряжение  $u_{\text{вх}}$  делится на его амплитуду  $U_{\text{м вх}}$ , в результате чего на выходе блока деления БД формируется напряжение  $u_2 = 10 \sin \omega t$  с амплитудой напряжения 10 В, независимой от амплитуды входного напряжения  $U_{\text{м вх}}$  (в структурной схеме амплитуда напряжения  $u_2$  имеет единичное значение) [7]:

$$u_2 = \frac{10(z_2 - z_1)}{(x_1 - x_2)} + y_2 = \frac{10z_2}{x_1} = \frac{10U_{\text{м вх}} \sin \omega t}{U_{\text{м вх}}} = 10 \sin \omega t \text{ В,}$$

где  $x_2 = y_2 = z_1 = 0$ , поэтому эти входы DA3 в схеме (рис. 2) подключены к общему проводу.

Амплитуда напряжения  $u_2$  принята равной 10 В с целью увеличения точности формирователя (рис. 2). Синусоидальное напряжение  $u_2 = 10 \sin \omega t$  подаётся на вход квадратора на ОУ DA4 удвоителя частоты УЧ, на выходе которого формируется напряжение, содержащее постоянную составляющую напряжения 5 В [7]:

$$u_3 = \frac{(x_1 - x_2)(y_1 - y_2)}{10} + z_2 = \frac{x_1 y_1}{10} = \frac{10 \sin \omega t \cdot 10 \sin \omega t}{10} = 10 \sin^2 \omega t = 10(1 - \cos 2\omega t / 2) = (5 - 5 \cos 2\omega t) \text{ В,}$$

где  $x_2 = y_2 = z_2 = 0$ , поэтому эти входы DA4 в схеме (рис. 2) подключены к общему проводу.

Напряжение  $u_3$  подаётся на неинвертирующий вход параллельного сумматора на ОУ DA5.1 с коэффициентом усиления, равным 2, на инвертирующий вход которого подаётся напряжение  $u_4 = 5 \text{ В}$  с источника опорного напряжения на DA7. Тем самым компенсируется постоянная составляющая напряжения  $u_3$ . Выходное напряжение ОУ DA5.1 подаётся на вход фазосмещателя ФС на ОУ DA5.2, который выполнен в виде фазового фильтра и сдвигает фазу входного напряжения на  $\phi = 90^\circ$  в сторону опережения (рис. 3) [7]:

$$\phi = 180^\circ - 2 \arctg(R9C8 \cdot 2\omega) = 180^\circ - 2 \arctg(10,6 \cdot 10^3 \cdot 0,15 \cdot 10^{-6} \cdot 2 \cdot 314) = 180^\circ - 2 \arctg 1 = 180^\circ - 2 \cdot 45^\circ = 90^\circ. (1)$$

В результате на выходе ОУ DA5.2 и на выходе удвоителя частоты УЧ формируется переменное синусоидальное напряжение  $u_4$  амплитудой 10 В (рис. 3):

$$u_5 = [5 - 5 \cos(2\omega t + 90^\circ) - 5] \cdot 2 = 10 \sin 2\omega t \text{ В.}$$

Выходное напряжение  $u_5$  удвоителя частоты УЧ выпрямляется двухполупериодным выпрямителем ДВ на ОУ DA5.3, DA5.4, на выходе которого формируется напряжение  $u_6$  (рис. 3), поступающее на вход переключателя полярности ПП.

Переключатель полярности ПП выполнен по схеме управляемого усилителя на ОУ DA6.1 [8] и управляется выходным транзистором компаратора напряжения DA8, на выходе которого формируется импульсное напряжение  $u_7$  из входного напряжения формирователя  $u_{\text{вх}}$  (рис. 3). В первый полупериод входного напряжения  $u_{\text{вх}}$  выходной транзистор компаратора К на ОУ DA8 открыт, и управляемый усилитель на ОУ DA6.1 работает как инвертирующий усилитель, во второй полупериод транзистор компаратора К закрыт, и управляемый усилитель работает как неинвертирующий. В результате выходное напряжение  $u_8$  переключателя полярности ПП состоит из фрагментов полусинусоид его входного напряжения (рис. 3).

Выходное напряжение  $u_8$  переключателя полярности ПП подаётся на вход блока масштабирования БМ на ОУ DA6.2, где инвертируется и уменьшается до  $u_9 = 1,8 \text{ В}$ . Это напряжение  $u_9$  вычитается в параллельном сумматоре С на ОУ DA6.3 из входного напряжения  $u_{\text{вх}}$  с выхода удвоителя частоты УЧ. В результате на выходе сумматора С формируется напряжение  $u_{10}$  треугольной формы амплитудой, равной 10 В (рис. 3), которое подаётся на вход  $u_1$  перемножителя напряжений ПН на DA9. На вход  $x_1$  подаётся напряжение  $u_1$  с выхода амплитудного детектора АД (рис. 2).

При этом в перемножителе напряжений ПН происходит восстановление амплитуды входного сигнала  $u_{\text{вх}}$ :

$$U_{\text{м вх}} = \frac{(x_1 - x_2)(y_1 - y_2)}{10} + z_2 = \frac{x_1 y_1}{10} = \frac{10 \cdot U_{\text{м вх}}}{10} = U_{\text{м вх}},$$

где  $x_2 = y_2 = z_2 = 0$ , поэтому эти входы DA9 в схеме (рис. 2) подключены к общему проводу.

В результате на выходе перемножителя напряжений ПН и на выходе схемы формирователя образуется напряжение  $u_{\text{вых}}$  треугольной формы с амплитудой, равной амплитуде входного сигнала  $U_{\text{м вх}}$ .

Следует отметить, что особенностью работы рассмотренного формирователя является то, что он настроен на про-

мышленную частоту 50 Гц входного сигнала  $u_{\text{вх}}$ . Если для работы формирователя требуется другая частота входного сигнала, то необходимо изменить параметры фазосмещателя ФС в соответствии с выражением (1). Для работы устройства в широком диапазоне частот необходимо в формирователе использовать широкополосный фазосмещатель ФС, выполненный, например, по схеме, приведённой в [9].

В случае работы формирователя с фиксированным значением амплитуды входного сигнала  $u_{\text{вх}}$  необходимость в амплитудном детекторе АД и перемножителе напряжений ПН отпадает. При этом на входе формирователя необходимо включить усилитель с соответствующим коэффициентом передачи, чтобы напряжение на входе удвоителя частоты УЧ было равно 10 В.

## Литература

1. Кауфман М., Сидман А.Г. Практическое руководство по расчётам схем в электронике: Справочник. В 2 т. Т. 1 / пер. с англ.; под ред. Ф.Н. Покровского. М.: Энергоатомиздат, 1991. 368 с.
2. Алексеенко А.Г. и др. Применение прецизионных аналоговых микросхем. М.: Радио и связь, 1985. 256 с.
3. Шустов М.А. Аддитивный формирователь сигнала треугольной формы // Радиотехника. 2003. № 1. С. 95.
4. Пат. 81859 Российская Федерация, МПК H03K 4/06. Аналого-цифровой аддитивный формирователь сигнала треугольной формы / Дубровин В.С., Зюзин А.М. № 2008146321/22; заявл. 24.11.2008; опубл. 27.03.2009, Бюл. № 9.
5. Пат. № 222828 Российская Федерация, МПК H03K 4/06, H03B 28/00. Формирователь сигнала треугольной формы / Колесников Е.Б. № 2023128369 / 07; заявл. 30.10.2023; опубл. 19.01.2024, Бюл. № 2.
6. Коломбет Е.А. Микроэлектронные средства обработки аналоговых сигналов. М.: Радио и связь, 1991. 376 с.
7. Пейтон А.Дж., Воли В. Аналоговая электроника на операционных усилителях. М.: БИНОМ, 1994. 352 с.
8. Хоровиц П., Хилл У. Искусство схемотехники: В 3 т. Т. 1 / пер. с англ. 4-е изд. перераб. и доп. М.: Мир, 1993. 413 с.
9. Пат. № 205068 Российская Федерация, МПК G01R 25/04. Устройство сдвига фазы на 90 градусов / Колесников Е.Б. № 2021109335/28; заявл. 05.04.2021; опубл. 25.06.2021, Бюл. № 18.





## НОВОСТИ МИРА. ЧИТАЙТЕ НА ПОРТАЛЕ WWW.CTA.RU

## Нужны ли ИИ огромные дата-центры? EPFL предлагает альтернативу облачной модели

Стремительный рост использования искусственного интеллекта за последние три года сделал ИИ ключевым инструментом для работы с конфиденциальными данными – от медицинских карт и клиентских запросов до внутренних корпоративных документов. Однако доминирующая сегодня модель ИИ-сервисов по-прежнему опирается на облачную инфраструктуру и гигантские дата-центры, находящиеся под контролем ограниченного круга технологических корпораций.

Исследователи EPFL (Швейцарская высшая техническая школа Лозанны) утверждают, что такая архитектура не является неизбежной – и представили программное решение, способное радикально изменить представление о том, где и как должен работать ИИ.

### Как работает ИИ сегодня

В типичном сценарии пользователь формирует запрос локально, после чего данные отправляются в облако, где мощное серверное оборудование выполняет вывод (inference) и возвращает результат. Именно этот этап, а не обучение моделей, по оценкам экспертов, потребляет до 80–90% всей вычислительной мощности, связанной с ИИ.

В результате обучение и эксплуатация крупных языковых моделей – таких как ChatGPT, Gemini или Claude – сосредоточены в масштабных дата-центрах, что усиливает:

- зависимость от облачных провайдеров;
- риски утечки и повторного использования данных;
- энергопотребление и водную нагрузку;
- вопросы технологического и цифрового суверенитета.

### Plug-and-play распределённый ИИ

Исследователи EPFL – Готье Ворон, Джовани Ризк и Рашид Геррауи из Лаборатории распределённых вычислений (DCL) – разработали программное обеспечение Anyway Systems, которое позволяет запускать крупные открытые модели ИИ полностью локально, без передачи данных в облако.

Система автоматически объединяет несколько машин в локальной сети в отказоустойчивый вычислительный кластер, используя методы самостабилизирующихся распределённых вычислений. Установка занимает около 30 минут и не требует специализированного персонала.



Ключевая особенность – возможность развёртывания очень крупных моделей (вплоть до сотен миллиардов параметров) на нескольких стандартных GPU вместо дорогостоящих серверных стоек.

По утверждению разработчиков, модель масштаба GPT-120B может быть развернута на четырёх обычных машинах с одним GPU каждая (примерно по 2300 CHF за карту) вместо специализированного оборудования стоимостью около 100 000 CHF.

### Конфиденциальность, суверенитет и устойчивость

Отказ от облака напрямую решает сразу несколько системных проблем:

- конфиденциальность – данные не покидают локальную инфраструктуру;
- суверенитет ИИ – контроль над моделями, алгоритмами и данными остаётся у организации или государства;
- устойчивость – снижается потребность в масштабировании энергоёмких дата-центров.

Как подчёркивает профессор Рашид Геррауи, несмотря на то что распределённая архитектура может приводить к небольшому росту задержек ответа, точность моделей не страдает, что было подтверждено в пилотных тестах.

### От блокчейна – к ИИ

Интересно, что базовые алгоритмы Anyway Systems изначально разрабатывались для других областей – в частности, для блокчейн-систем и криптовалют, где отказоустойчивость и децентрализация критически важны. Три года назад команда DCL адаптировала эти принципы к машинному обучению и, по их словам, получила «почти идеальное совпадение задач и методов».

### Поддержка и первые внедрения

Стартап Anyway Systems был отобран одним из первых получателей гранта программы Startup Launchpad AI Track, поддерживаемой UBS. Сейчас платформа проходит тестирование в компаниях и государствен-

ных структурах по всей Швейцарии, включая сам EPFL.

Пользователи оценивают компромиссы между скоростью, качеством и экономией ресурсов, а также потенциал масштабирования.

Профессор Давид Атиенца, заместитель вице-президента EPFL по исследовательским платформам, отмечает, что устойчивый подход Anyway Systems хорошо вписывается в стратегию университета по снижению ресурсной нагрузки при внедрении новых LLM-моделей, включая Apertus.

### Почему это не Google AI Edge

Разработчики подчёркивают принципиальное отличие от решений вроде Google AI Edge. Последние ориентированы на запуск небольших моделей на одном устройстве и не поддерживают распределённое выполнение крупных LLM в масштабе организации.

Аналогично популярные инструменты для локального запуска LLM (Llama, msty.ai и др.) обычно работают на одной машине, создавая единичную точку отказа и требуя дорогостоящего «серверного» железа для масштабирования.

Anyway Systems решает эти проблемы автоматически: отказ узлов, их отключение или добавление происходят прозрачно для пользователя, влияя лишь на задержку ответа.

### Взгляд вперёд: ИИ у себя дома

Пока система не предназначена для работы на одном домашнем ноутбуке, однако разработчики уверены, что история вычислений указывает именно в эту сторону.

По словам Геррауи, в перспективе пользователи смогут:

- скачивать открытые ИИ-модели;
- дообучать их на собственных данных;
- полностью контролировать архитектуру, параметры и поведение ИИ.

И всё это – без участия крупных облачных платформ.



# Тестер микросхем MAX485

Андрей Шабронов

Микросхемы серии MAX485 – это один из основных элементов перехода от линии связи к оборудованию обработки данных. Для проверки работоспособности MAX485 предлагаемый тестер имитирует все режимы работы передачи данных и контролирует правильность этого исполнения.

Тестер работает в двух режимах: с персональным компьютером выводит данные результата проверки на экран или автономно с сигнализацией – на светодиод, который индицирует, прошла проверка или нет у тестируемой микросхемы.

Линии связи подвержены внешним электромагнитным воздействиям, что влияет на микросхемы сопряжения: меняет их характеристики и затрудняет поиск неисправности.

Предлагаемый тестер позволяет провести проверку используемых или вновь устанавливаемых микросхем, что ускоряет время ввода в эксплуатацию всей системы связи.

## Режимы проверки

Первый режим – это проверка влияния внутренних сопротивлений микросхемы MAX485 [5] на устанавливаемое напряжение на входах А, В. На рис. 1 показано «задаваемое» напряжение с выбранными уровнями работы и уменьшение напряжения у неисправной микросхемы. Практика автора показывает, что под действием атмосферного электричества (молний) наведённое напряжение вызывает повреждение, характеризуемое как «уменьшение входного сопротивления», но при этом сохраняется работоспособность для близких узлов MAX485, а для дальних узлов создаются помехи.

«Прозвонить» тестером такой тип неисправности не получается, так как нужно создать режимы работы MAX485.

Второй режим – это передача данных от входов А, В на выход RO. На входы управления RE, DE должен быть установлен уровень «нуля». Данные

передаются в «парафазном» виде, то есть  $U_a > U_b$  и  $U_a < U_b$ , как это выполняется в линии RS-485.

Третий режим – это передача данных от входа DI на входы А, В, которые также имеют «парафазный» уровень при передаче.

Таким образом, проверив уровни напряжения в рабочем режиме, передав байт в обоих направлениях, можно принять решение об исправности или неисправности MAX485.

## Принципиальная схема и конструкция

Схема тестера для MAX485 с фотографиями основных элементов представлена на рис. 2.

Схема построена по блочно-шинной структуре и содержит следующие элементы.

- Блок USB-UART подключается через разъём J1. Блок переводит интерфейс USB ПК в UART-сигналы. Передаются и принимаются команды для

микроконтроллера (МК) U1(12F675). Этот МК доступен и широко распространён, имеет подробную техническую документацию [4].

- МК U1 работает в режиме внутреннего RC-генератора на частоте 4 мГц, что достаточно для работы UART на скорости 1200 бод, а также позволяет использовать все доступные выводы МК.
- Поскольку для проверки MAX485 требуется пять выводов, и, соответственно, у МК U1 остаётся только один вывод, обмен информацией с персональным компьютером (ПК) выполняется в режиме однопроводного стартстопного метода по одному проводу. При передаче от ПК сигнал TXD через диод D2 приходит на GP5 МК U1 и одновременно этот же сигнал возвращается на RXD и передаётся на ПК. МК принимает сигналы, дешифрует и выполняет команды, а программа на ПК учитывает особенность возвращения переданных данных.
- Передача данных в ПК выполняется всё тем же выводом GP5, который переводится из режима приёма в режим передачи программой МК. Уровни сигнала «нуля» не влияют на выход передачи TXD, поскольку установлен «разделительный» диод D2.
- Для автономной работы используется кнопка S1. При её нажатии формируется сигнал «нуля» на вывод GP5. Поскольку длительность нажатия значительно больше скоростей, используемых для связи с ПК, этот сигнал дешифруется как автономная работа, и, соответственно, выполняется процесс проверки.
- Индикация проверки выполняется также через вывод GP5, который устанавливает длительный сигнала «нуля» и тем самым вызывает заметное постоянное свечение светодиода.
- Все другие выводы от GP0 до GP4 «охватывают» тестируемую микросхему. Формируются различные варианты режимов выводов на «передачу-приём» и на измерение напряжения на выводах А, В для выполнения проверки.

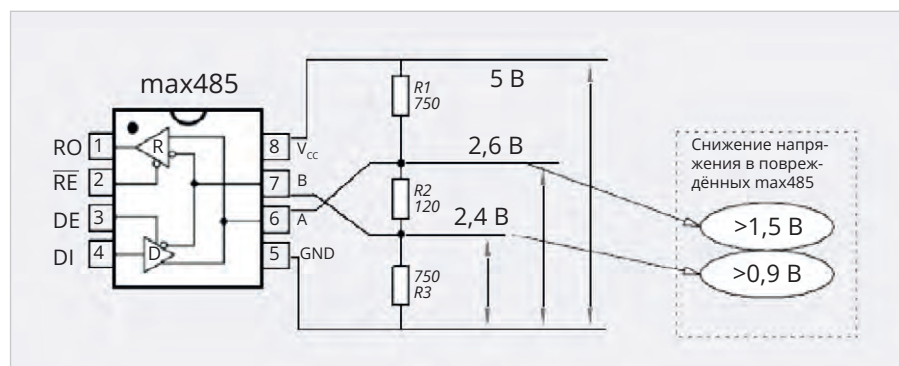


Рис. 1. Напряжения на линиях А, В MAX485



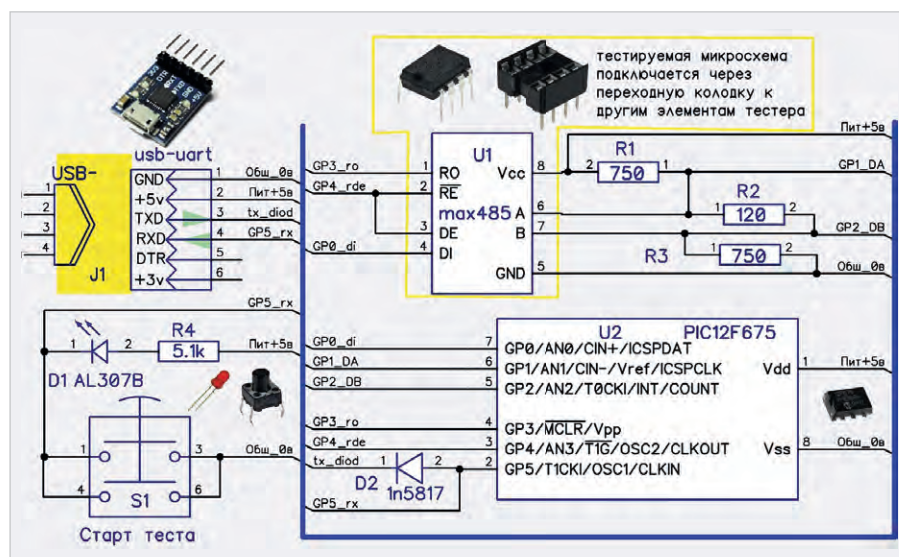


Рис. 2. Схема тестера для MAX485

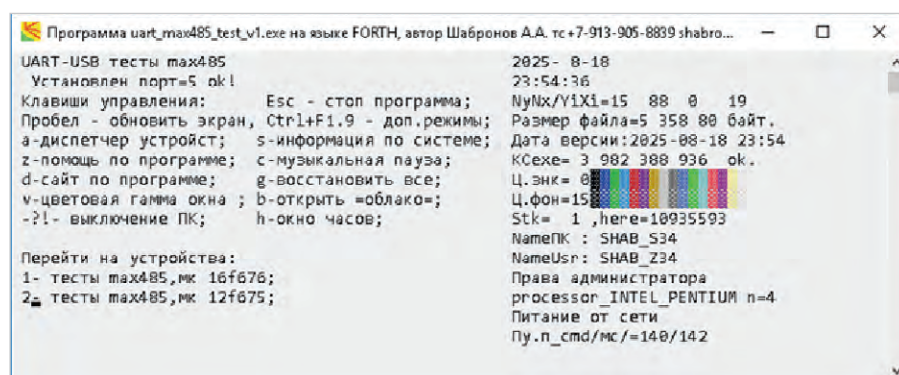


Рис. 3. Окно консоли для выбора МК

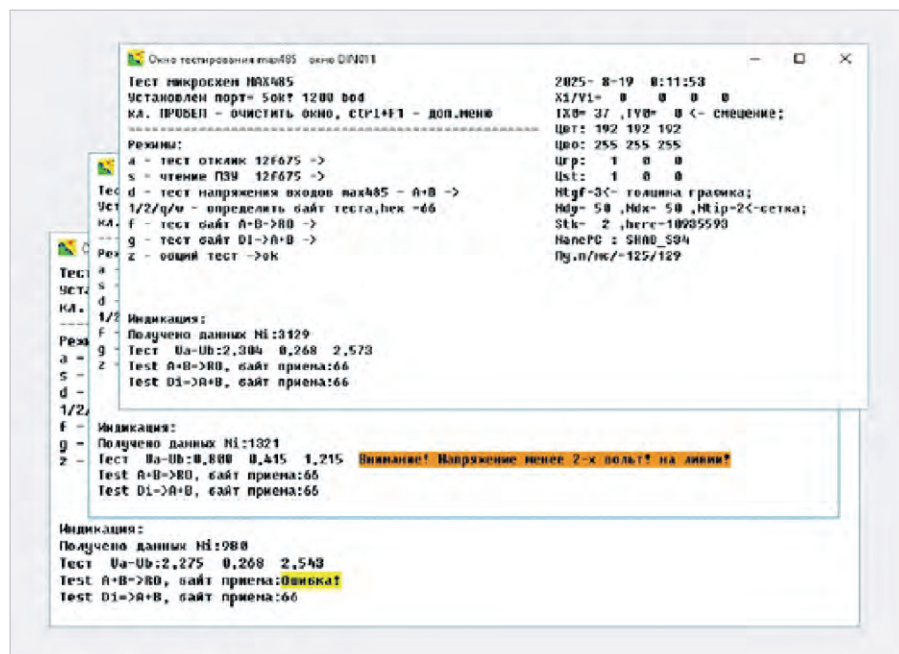


Рис. 4. Окно тестирования MAX485 с разными типами неисправностей

● Питание МК и тестируемой микросхемы MAX485 с напряжением 5 вольт обеспечивает адаптер USB-UART. Потребляемый ток не превышает 10 миллиампер.

● Поскольку схема сравнительно проста и предназначена для ремонтных и учебных целей, она выполнена на монтажной «разъёмной» плате. Собранный вариант

доступен для просмотра по адресу [7].

● Принципиальная схема (файл **схема теста на мк 12f675\_v1.dch**) подготовлена в редакторе DIP-TRACE и находится в каталоге [7] архива программы **uart\_MAX485\_test\_v1.exe**. Файлы извлекаются из программы при старте по клавише «4». Эта команда извлекает все составляющие программного обеспечения и сопутствующую документацию конструкции.

## Программное обеспечение

Программное обеспечение подготовлено на языке Forth [8], находится в одном файле **uart\_MAX485\_test\_v1.exe** и содержит все составляющие для её развития или текущей работы. Первоначальный запуск программы вызовет стартовое меню, на котором необходимо выбрать требуемый режим работы и для этого нажать цифровые клавиши на выбор из четырёх: 1 – восстановить ini-файл **uart\_MAX485\_test\_v1.ini**, 2 – открыть файл помощи, 3 – восстановить всю информацию для дальнейшей модернизации, 4 – восстановить и скомпилировать новую программу.

Запуск программы в каталоге с наличием файла инициализации выполняется по опциям данного файла. Это текстовый файл, и он доступен для редактирования. Программа подготовлена для вариантов отображения с разными МК: 12F675 и 16F676. Другой вариант МК аналогичен приведённому и отличается дополнительными индикаторами. Выбор МК определяется в консоли, как показано на рис. 3.

При нажатии цифровой клавиши «2» открывается окно тестирования MAX485 на МК 12F675. Выполняется общий тест, и отображаются результаты. Если выявлена ошибка в проверке, её тип индицируется на экране. На рис. 4 показаны окна отображения «с наложением» и на «нижних» окнах показаны варианты индикации разных неисправностей. Дополнительно на ПК выдаются звуковые сигналы индикации ошибки.

В автономном режиме при нажатии на тестере кнопки S1 выполняются три варианта проверок, и при безошибочном выполнении выдаются три мигания светодиода с интервалом 2 секунды. При фиксации любой ошибки в любом тесте выдаются шесть миганий светодиода с интервалом 0,3 секунды. Визуально индикация ассоциируется



с тем, что если мигание быстрое – это ошибка, а если размеренно и с длительностью более 5 секунд, то тест пройден. Увидеть индикацию ошибки можно при отсутствии тестируемой микросхемы.

В каталоге **forth\_assmb\_pik12** находятся файлы на языке Forth-ассемблер программы работы МК. При компиляции общей программы они также компилируются, и в каталоге **uart\_12F675\_test\_MAX485** формируются файлы HEX-кодов для записи в МК. Файлы для МК имеют расширение HEX и записываются в МК любым доступным программатором.

Работа с МК построена на структуре AT-команд. Например, для получения четырёх байт данных о напряжении на входах А, В MAX485 передаём код из четырёх байт:

«АТ» (2 байта), х48 (код MAX485), х31 (режим чтения Ua, Ub)

В ответ получаем те же 4 байта, и к ним добавляются 4 байта, содержащих уровни напряжения Ua, Ub. Итого 8 байт данных, где используются для отображения последние четыре байта. Напряжения от тестера и от программы мож-

но сравнить обычным мультиметром, чтобы проверить возможные ошибки.

Другие AT-команды подробно приведены в файле **uart\_12F675\_test\_MAX485.f**, так что возможно программировать и на других языках при обращении к МК.

Скорость обращения к МК выбрана в 1200 бод в стандарте 8N1.

Подробности методов тестирования микросхем приёмников-передатчиков MAX485 выходят за рамки данного изложения. При необходимости возможно дополнить свои тесты и свои проверки [6].

## Выводы

Предлагаемый тестер уменьшает время поиска неисправности, а также может заменить достаточно дорогие универсальные тестеры микросхем [1–3].

Данная конструкция и метод проверки микросхем связи доступны для расширения и для других интерфейсов связи [6].

Возможно применение подобного тестирования и самой линии связи при наличии свободных вычисли-

тельных мощностей и технической необходимости, например, в условиях с высоким уровнем мощности электромагнитных излучений.

## Литература

1. IC тестер TSH-06F. URL: [https://supereyes.ru/catalog/RLC\\_Meters/ic\\_tester/?ysclid=mec5n0p9230742356](https://supereyes.ru/catalog/RLC_Meters/ic_tester/?ysclid=mec5n0p9230742356).
2. Карманный тестер сетей RS-485 и RS-232. URL: <https://cxem.net/comp/comp226.php>.
3. Цифровой IC тестер 74 серии. URL: <https://lazon.ru/p/32949302969>.
4. Описание МК 12F675. URL: <https://www.allelcoelec.ru/blog/introduction-to-the-pic12f675-microcontroller-for-beginners.html>.
5. Описание MAX485. URL: <https://static.chipdip.ru/lib/634/DOC020634647.pdf>.
6. Отечественная организация по анализу отказов ЭКБ. URL: <https://test.irz.ru/>.
7. Каталог программы. URL: [http://90.189.213.191:4422/temp/uart\\_MAX485\\_test\\_v1/test/](http://90.189.213.191:4422/temp/uart_MAX485_test_v1/test/).
8. Описание языка Форт spf4.exe, автор версии А. Черезов. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/SP-Forth>.



АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО

**ЭЛЕКОНД**

РАЗРАБОТКА И ПРОИЗВОДСТВО КОНДЕНСАТОРОВ

**Оксидно-электролитические алюминиевые конденсаторы K50-...**

Номинальное напряжение,  $U_{ном}$ , В, 3,2 ... 485

Номинальная емкость,  $C_{ном}$ , мкФ, 1,0 ... 470 000

Диапазон температур среды при эксплуатации,  $T_{ср}$ , °C -60 ... 125

**Объемно-пористые танталовые конденсаторы K52-...**

Номинальное напряжение,  $U_{ном}$ , В, 3,2 ... 200

Номинальная емкость,  $C_{ном}$ , мкФ, 1,5 ... 60 000

Диапазон температур среды при эксплуатации,  $T_{ср}$ , °C -60 ... 175

**Оксидно-полупроводниковые танталовые конденсаторы K53-...**

Номинальное напряжение,  $U_{ном}$ , В, 2,5 ... 63

Номинальная емкость,  $C_{ном}$ , мкФ, 0,033 ... 2 200

Диапазон температур среды при эксплуатации,  $T_{ср}$ , °C -60 ... 175

**Суперконденсаторы K58-...**

Номинальное напряжение,  $U_{ном}$ , В, 2,5 ... 2,7

Номинальная емкость,  $C_{ном}$ , Ф, 1,0 ... 4 700

Диапазон температур среды и эксплуатации,  $T_{ср}$ , °C -60 ... 65

**Накопители электрической энергии на основе модульной сборки суперконденсаторов НЭЭ, МИК, МИЧ, ИТИ**

Номинальное напряжение,  $U_{ном}$ , В, 5,0 ... 48

Номинальная емкость,  $C_{ном}$ , Ф, 0,08 ... 783

Диапазон температур среды при эксплуатации,  $T_{ср}$ , °C -60 ... 65












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](mailto:elecond-market@elcudm.ru), [www.elecond.ru](http://www.elecond.ru)

Реклама

# Система автоматического управления отоплением, вентиляцией и кондиционированием воздуха

Олег Вальпа

Приведена методика быстрой разработки систем автоматического управления отоплением, вентиляцией и кондиционированием воздуха на основе новейшего современного отечественного контроллера с бесплатной специализированной средой разработки.

## Введение

Системы автоматического управления отоплением, вентиляцией и кондиционированием воздуха появились давно и в настоящее время очень востребованы. Они имеют распространённое международное название HVAC, появившееся в виде аббревиатуры от английских слов «Heating, Ventilation

and Air Conditioning», что переводится как «Отопление, Вентиляция и Кондиционирование воздуха». В русскоязычной терминологии часто используется аналогичное сокращение ОВиК (отопление, вентиляция и кондиционирование) и АОВиК (автоматизация систем отопления, вентиляции и кондиционирования).

Система HVAC представляет собой комплекс инженерного оборудования и технологий, направленных на создание и поддержание комфортного микроклимата в помещениях зданий. Это не набор отдельных устройств, а целостная система, работающая как единый организм. К перечню агрегатов, входящих в систему HVAC, относятся: воздушные клапаны с электрическими приводами, фильтры, электрические нагреватели, жидкостные нагреватели и охладители с узлами регулирования, увлажнители, осушители, датчики параметров воздуха и теплоносителей, рециркуляторы, рекуператоры и т.п.

Главная задача системы HVAC заключается в поддержании заданных параметров воздуха: температуры, влажности и обновления объёма воздуха в единицу времени в помещениях.

Как правило, подобные системы разрабатываются на основе различных программируемых контроллеров, для которых создаются специализированные сложные программы, реализующие множество взаимосвязанных алгоритмов для всего оборудования. Это непростой и трудоёмкий процесс, требующий больших затрат времени высококвалифицированных программистов и тщательной отладки всего продукта.

Альтернативой создания таких систем служат специализированные контроллеры, которые уже имеют встроенную программу управления HVAC и могут быть сконфигурированы с помощью настроек внутренних значений параметров контроллера под конкретное оборудование. Но такое решение не всегда может помочь при создании систем управления со специфичным оборудованием или систем, имеющих технологические особенности. Кроме того, современный мир постоянно предъявляет к подобным системам новые, повышенные требования по производительности, объёму и коммуникационному сервису.



Рис. 1. Вид контроллера с фронтальной стороны

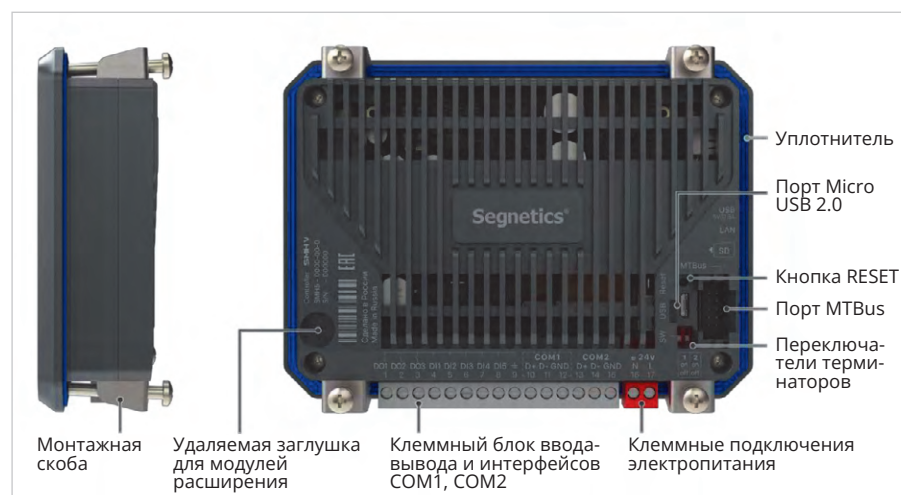


Рис. 2. Вид контроллера с тыльной стороны



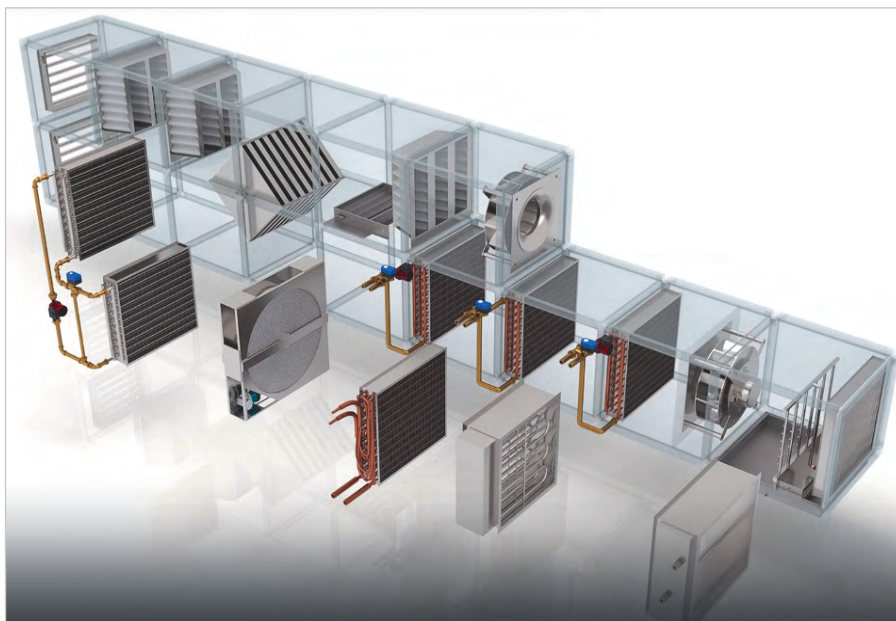


Рис. 3. Пример состава промышленного кондиционера

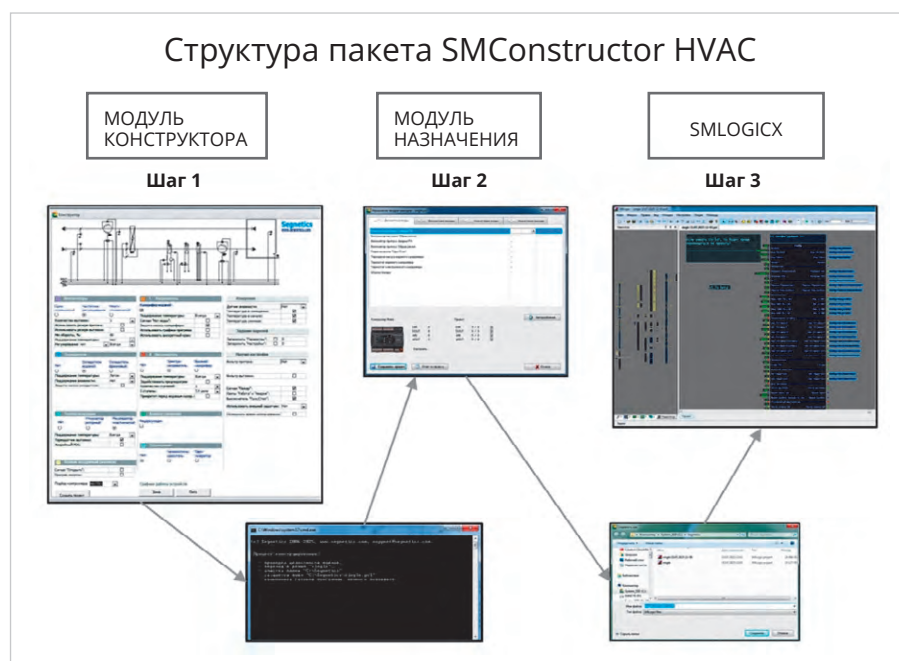


Рис. 4. Структура пакета SMConstructor HVAC

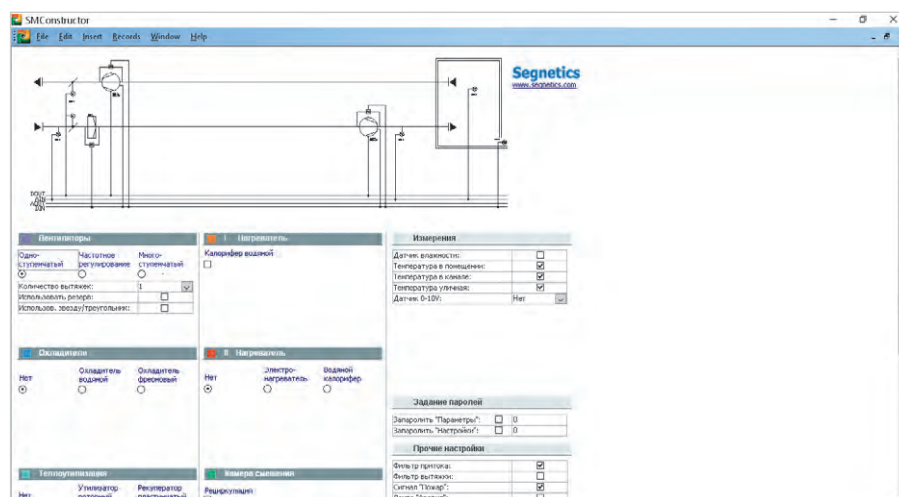


Рис. 5. Панель выбора характеристик

Ответом на подобные требования служат новые контроллеры с увеличенными ресурсами производительности, памяти и коммуникационных портов, а также среды разработки, позволяющие создавать системы управления HVAC более простым и быстрым путём. Один из таких комплексных наборов предлагается к рассмотрению в данной статье.

## Контроллер для HVAC

Отличной новинкой среди контроллеров для создания систем управления HVAC в наши дни является контроллер SMH5 от компании Segnetics [1]. Благодаря мощным ресурсам, наличию цветного графического сенсорного ёмкостного дисплея и присутствию в контроллере множества коммуникационных портов с операционной системой он стал прорывным в решении сложных задач. А наличие свободной среды разработки с поддержкой создания систем HVAC от компании производителя даёт ему неоспоримые преимущества.

Внешний вид контроллера с пояснениями его конструкции, представленными на рис. 1 и рис. 2, даёт наглядное представление его возможностей.

Состав и основные технические характеристики контроллера SMH5 представлены в сводной табл. 1, размещённой по ссылке (QR-код).

Дополнительные порты ввода-вывода можно получить с помощью подключения к контроллеру готовых модулей расширения MRL с различным набором портов от производителя по скоростной шине MT-Bus.

Контроллер SMH5 опционально дополняется встроенным 4G модемом для обеспечения удалённого доступа к системе управления и отправки SMS-сообщений о возникновении аварийных ситуаций, превышении пороговых значений параметров и других событиях.

С помощью Telegram-бота можно удалённо управлять контроллером: изменять настройки, получать уведомления об авариях или других событиях, а также снимать статистические данные.

Наличие 4G-модема полезно для систем, находящихся в труднодоступных местах или размещённых на большой территории.

Встроенная в контроллер функция VNC является отличным инструмен-

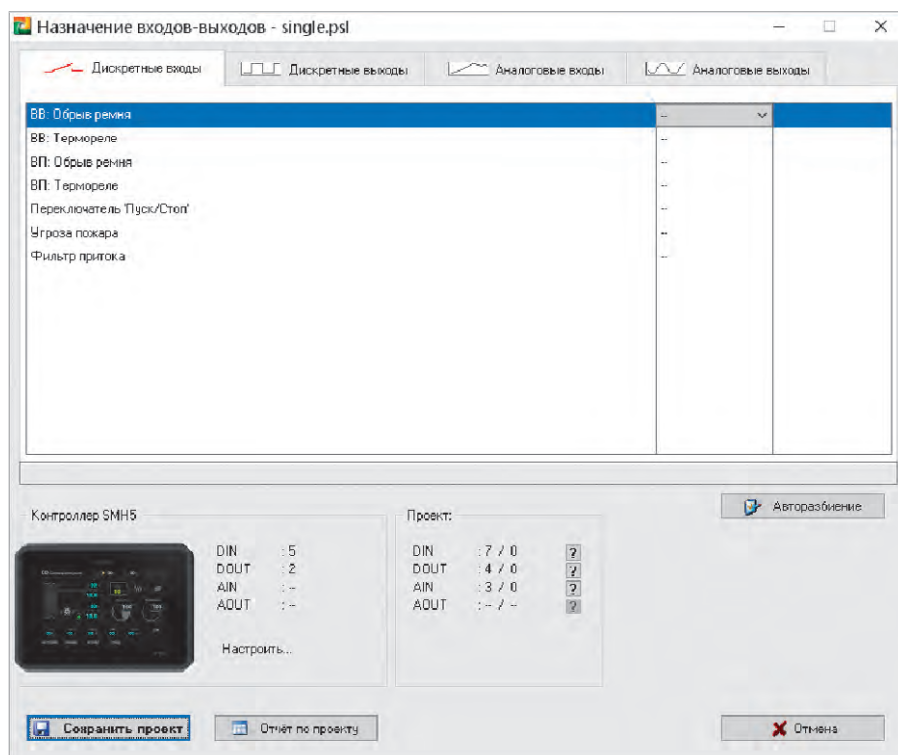


Рис. 6. Вкладки входов и выходов

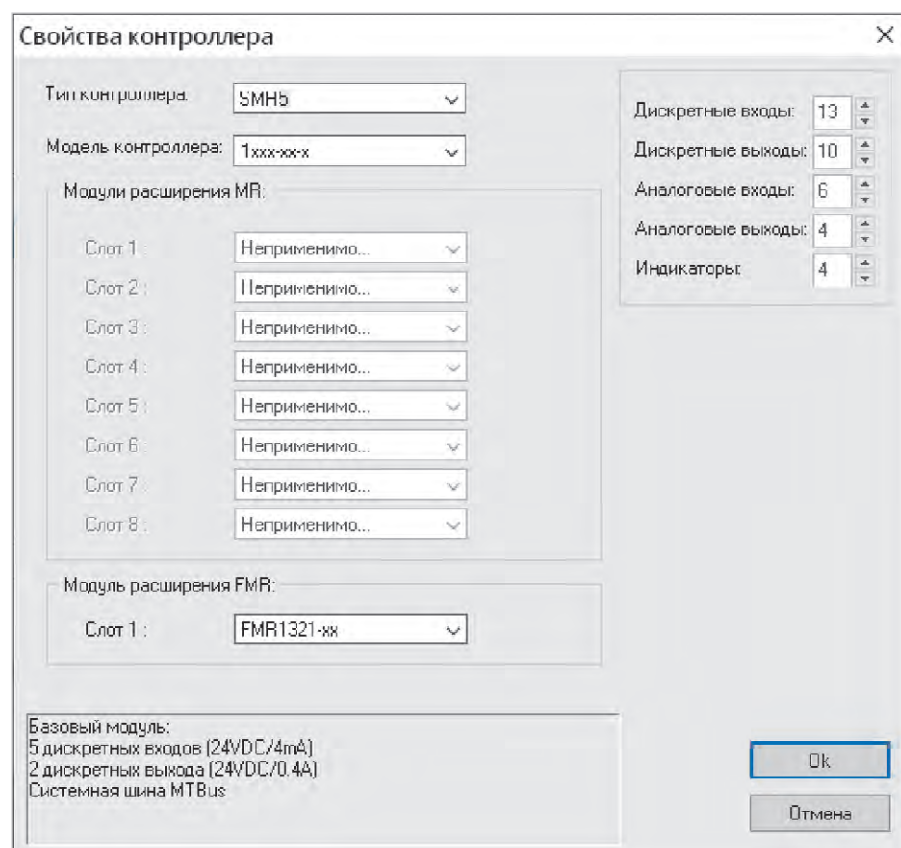


Рис. 7. Свойства контроллера

том для реализации удалённой диспетчеризации. Она предоставляет доступ к графическому интерфейсу контроллера со стороны персонального компьютера или мобильного устройства и позволяет легко выполнять с их помощью функции

диспетчерского пульта. Визуализация работы оборудования, отслеживание параметров в реальном времени и внесение изменений становятся с VNC доступными из любой точки планеты при наличии Интернета.

Благодаря специальным решениям в контроллере SMH5 радикально улучшена защита от промышленных помех. Можно быть уверенным, что контроллер будет работать без сбоев даже в очень сложной электромагнитной обстановке.

## Среда разработки

Поскольку системы вентиляции отличаются большим многообразием и программы управления для каждой из них индивидуальны, разработка таких систем с нуля очень трудоёмка. Отладка подобных систем также занимает много времени. На рис. 3 наглядно представлено оборудование, входящее в состав большинства системы кондиционирования и вентиляции помещений здания.

Чтобы радикально сократить затраты на разработку подобных систем, можно использовать бесплатный программный инструмент SMConstructor HVAC компании Segnetics. Данный инструмент параметрического программирования радикально повышает производительность труда и усиливает конкурентоспособность компании, создающей подобные системы.

Программный пакет SMConstructor HVAC включает в свой состав: модуль конструктора, модуль назначения и инструмент FBD разработки SMLogix [2]. Работа с данным пакетом состоит из трёх основных шагов, представленных на рис. 4.

- Шаг 1 – определение конфигурации вентиляционной системы и запуск процесса конструирования управляющей программы;
- Шаг 2 – в консоли модуля назначения производится привязывание датчиков и исполнительных устройств к входам и выходам выбранного контроллера;
- Шаг 3 – редактирование проекта, в случае необходимости, в SMLogix и загрузка готового проекта в контроллер.

Для установки SMConstructor HVAC необходимо загрузить установочный файл с сайта [segnetics.com](http://segnetics.com) и установить его на компьютер. Далее следует запустить программу через меню запуска программ. После чего на экране компьютера откроется панель выбора характеристик требуемой вентиляционной установки, показанная на рис. 5.



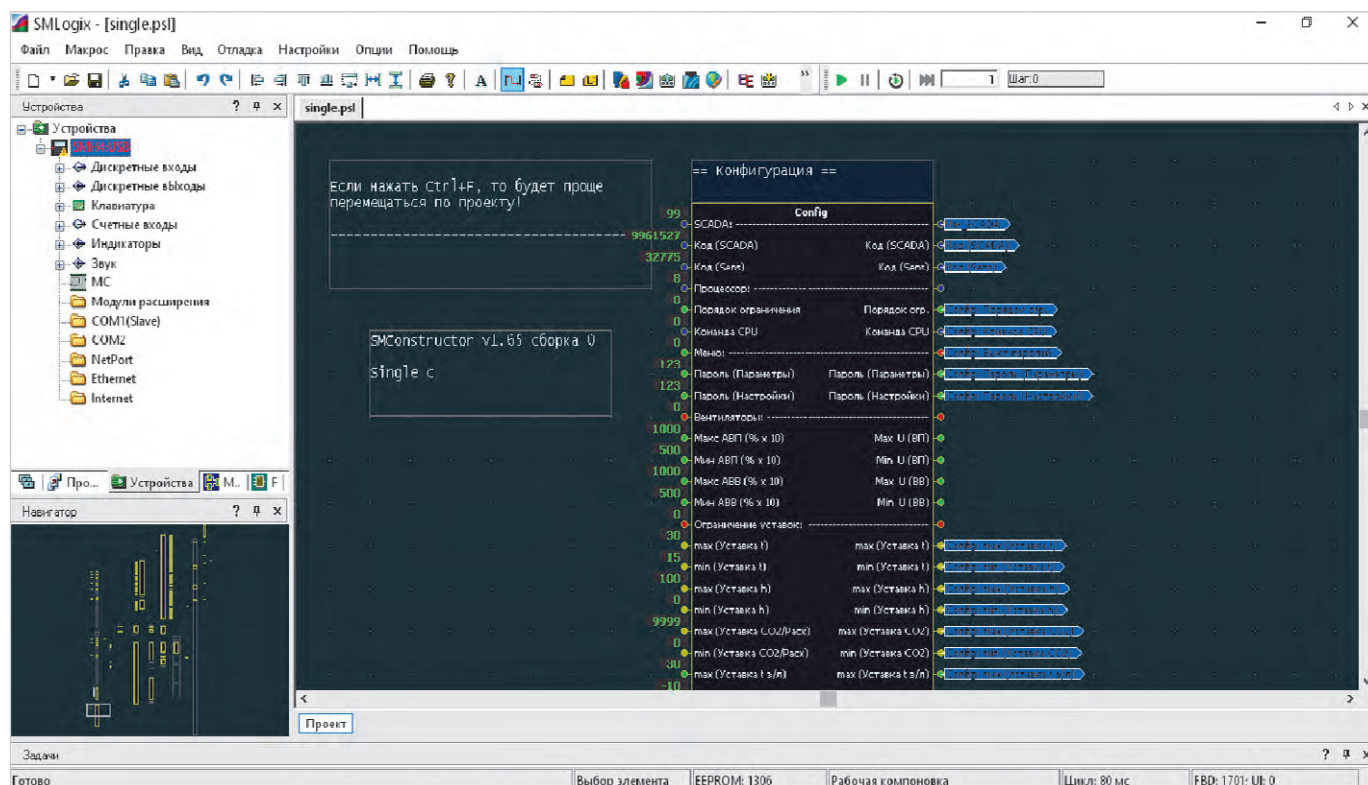


Рис. 8. Окно программы SMLogixHVAC

Здесь с помощью флажков и выпадающих списков конструируется система вентиляции. Результат в виде функциональной схемы вентиляционной системы автоматически отображается в соответствующем верхнем окне.

Для примера создадим проект для установки с водяным нагревателем, фреоновым охладителем и рекуператором. В процессе редактирования системы видно, что некоторые органы настройки становятся доступными при выборе устройств.

Когда конструирование проекта будет закончено, автоматически откроется консоль модуля назначения. В консоли все датчики и исполнительные устройства вашего проекта будут распределены по соответствующим вкладкам входов и выходов, как показано на рис. 6.

Сводные данные по требуемым ресурсам контроллера приведены в разделе «Проект». Если ресурсов контроллера не хватает, можно использовать модули расширения MRL. Окно для выбора таких модулей открывается по кнопке «Настроить» и показано на рис. 7.

Оптимальный подбор контроллера и модулей расширения можно произвести с помощью файла «Price» во вкладке «Подбор». Этот файл можно скачать с сайта segnetics.com.

Теперь, когда ресурсов контроллера хватает для вашего проекта, необходимо привязать переменные программы к входам и выходам. Это можно сделать автоматически по кнопке «Авто-разбивка» для каждой из вкладок по отдельности либо вручную, выбирая имена входов и выходов из списков. Также можно задавать тип контакта для дискретных входов, тип датчика для измерительных входов и тип аналогового входа. По завершении работы необходимо сохранить проект, нажав соответствующую кнопку.

Некоторые дискретные входы могут не использоваться в проекте автоматизации, и, если они не будут привязаны, программа их проигнорирует. Далее проект необходимо открыть с помощью SMLogix. Знакомство с данной средой разработки приведено в источнике [3]. После чего проект можно отредактировать или загрузить в контроллер.

Загрузку можно производить двумя способами: через интерфейс USB или через Ethernet. Последний случай особенно удобен при работе непосредственно на объекте. Для загрузки через USB необходимо во вкладке «Устройство» двойным кликом открыть окно «Свойств контроллера» и во вкладке «Настройка связи» выбрать «Интерфейс USB». После этого проект можно загрузить в контроллер по кнопке F7 или кнопкой загрузки в панели инструмен-

тов. Окно программы SMLogix с готовым проектом представлено на рис. 8.

Существует более производительный способ загрузки проекта в контроллер. В этом случае нужно создать и сохранить загрузочный файл с расширением «psl» через вкладку «Файл». После этого двойным кликом по этому файлу из любого проводника загрузка будет произведена автоматически в подключенное по USB устройство.

Обратите внимание, что после загрузки исполняемого файла в контроллер программа будет выдавать множество ошибок до тех пор, пока не будут подключены все, предусмотренные проектом «Датчики».

## Заключение

Теперь вы можете самостоятельно создавать прикладные программы с помощью SMConstructor HVAC. В следующей статье будет рассмотрен ещё один проект на основе контроллера SMH5, который часто востребован во многих технологических производствах.

## Литература

1. URL: <https://segnetics.com/ru/smh5>.
2. URL: <https://www.segnetics.com/ru/smlogix>.
3. Вальна О. Программирование логических контроллеров // СТА. 2025. № 1. С. 18.

# Искусственный интеллект и современные методы отслеживания с помощью электронных устройств

Андрей Кашкаров

В последнее время расцвет цифровизации заметен практически во всех сферах приложения идей. Широкое внедрение цифрового рубля в России начнётся с июля 2025 года. С 23 февраля 2025 года требования уже частично распространятся на операции по переводу цифровых рублей. Электронные устройства-помощники качественно сделали нашу жизнь как минимум совершенно иной. Вместе с нашим корреспондентом в аналитическом обзоре мы постарались разобраться в том, какую пользу и риски несёт развитие ИИ и усиление с помощью электронных устройств возможностей отслеживания перемещений и транзакций граждан, оставляющих цифровые следы.

## ИИ и GPT

Нейросети с использованием функционального программирования уже настолько обучены, что пишут дипломные работы за людей. Не секрет, что можно поручить искусственному интеллекту написать статью, а самому практически ничего не делать, разве что минимально скорректировать результат. Если сегодняшний Интернет заполнен продуктами трудов копирайтеров разных уровней компетентности,

то завтрашний будет состоять преимущественно из текстов нейросетей, которые учились на статьях этих копирайтеров.

Причём результаты творчества ИИ могут быть разными в зависимости от темы, задачи и электронных средств ИИ; они постоянно совершенствуются. ИИ обучается ежедневно и ежесекундно.

Результат LLM-нейросети выдают в течение нескольких секунд, при этом результаты ИИ до сих пор ещё не могут

никого обмануть. Профессиональный редактор всегда распознает, написал текст человек или робот. Если же использовать ИИ как помощника, к примеру, добавить список рекомендуемой литературы по теме, чтобы результат выглядел максимально убедительным, – тогда это имеет смысл, и то с обязательной проверкой и корректировкой со стороны автора работы. Иногда полезным может быть с помощью нейросети уточнить оригинальность текста, проверить, написана ли работа «роботом» или ответственным человеком, уважающим свой труд, а главное, труд и время читателей.

## Будущее GPT-моделей

В браузер будет встроена нейросеть, которая из входящего информационного шума сможет генерировать осмысленный контент, фильтруя условный «мусор». Всё так же будут статьи, информация и ресурсы с разной степенью ценности, актуальности и верифицируемости. Но с каждым годом будет сложнее отличить настоящие статьи-алмазы от компилированных «поддельных».

Опасность тут есть, но не для хороших СМИ и, в частности, профессиональных журналов. Ибо профессиональное сообщество по ряду критериев всегда распознает «подделку» или откровенный бред. А для нетребовательных клиентов, социальных сетей, блогеров, ориентирующихся прежде всего на презентацию и популярность, ИИ открывает кладёз возможностей. Поэтому дифференциация между качественным контентом в уважающих себя СМИ и «простыми текстовыми формами» будет нарастать. Для обывателей, незнакомых с правилами научной дискуссии и верификации информации, в том числе жалеющих время на поиски альтернативных мнений или научных исследований, информации в простом формате ответа на вопрос, сгенерированного ИИ, будет достаточно.

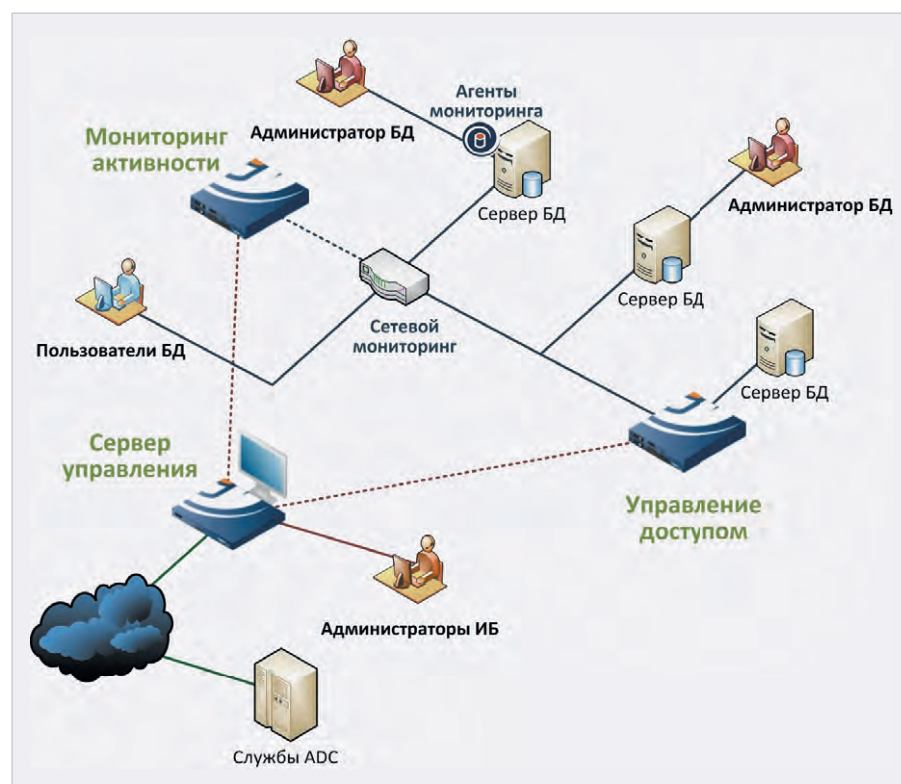


Рис. 1. Архитектура и основные функции системы защиты данных





Рис. 2. Принцип работы в системе обмена данными в упрощённом виде



Рис. 3. Электронное табло в Выборге Ленинградской области

## Система защиты пользовательских данных

На рис. 1 представлена архитектура и основные функции системы защиты данных.

Подсистема управления доступом представляет собой межсетевой экран, позволяющий осуществлять управление доступом к БД посредством анализа SQL-запросов пользователей. Подсистема мониторинга – модуль, обрабатывающий данные об активности пользователей, поступающих с активного сетевого оборудования, а также (при наличии такой возможности) от агентов, развёрнутых непосредственно на серверах. Агенты мониторинга – программные модули, разворачиваемые на серверах. Подсистема блокирования доступа обеспечивает перехват, анализ и соответствующее реагирование (и блокирование) SQL-запросов пользователей. Сервер управления основан на Application Defense Center (ADC), обеспечивающем доступ к актуальным обновлениям конфигурационных данных, включая сигнатуры атак и др.

В комплексе факторов это обеспечивает обнаружение и оперативное реагирование на критичные для пользователей инциденты информационной безопасности, снижение вероятности финансовых и имиджевых потерь, связанных с несанкционированным доступом к данным, а также повышение эффективности взаимодействия подразделений компании, ответственных за эксплуатацию средств информатизации и обеспечение информацион-

ной безопасности за счёт реализации функций аудита баз данных вне серверов СУБД внешними средствами, которые не влияют на производительность систем [7]. Принцип работы в системе обмена данными в упрощённом виде представлен на рис. 2.

## Полный видеоконтроль

В 2025 году можно с уверенностью сказать, что в России достигли уровня почти полного видеоконтроля на улицах крупных городов, а в Москве – всеобщего. Муниципалитеты и управляющие компании обычно не против установки видеокамер, потому что понимают, что те выполняют полезную функцию. Даже в малых городах с численностью жителей 30 и более тысяч человек на заре подобных проектов была идея покрывать видеонаблюдением и дворы, чтобы, как говорят, защитить жильцов от хулиганов. Однако направление пришлось свернуть, потому что выяснилось, что в провинции, где «все друг друга знают», жителям не нравится, что ведётся видеофиксация их жизни.

## Особенности, польза и вред систем распознавания лиц

Системы распознавания лиц основаны на технологии Facial Recognition Technology (FRT). Это автоматическая локализация человеческого лица на изображении или видео и, при необходимости, идентификация личности человека на основе имеющихся баз данных. Интерес к этим системам

очень велик в связи с широким кругом решаемых с помощью электронного оборудования задач. Например, видеонаблюдение за перекрёстками оказалось очень эффективным и стало применяться повсеместно.

На рис. 3 показано электронное табло в Выборге Ленинградской области, которое призвано информировать о движении социального транспорта. Обратите внимание, что система снабжена кнопкой вызова помощи – полиции, а также сверху осуществляется видеоконтроль. На такие, кое-где всё же работоспособные системы, затрачены по всей стране миллиарды бюджетных средств.

Видеокамеры, оснащённые ИИ, «видят», когда в помещении скапливается большое количество людей, выявляют территории, облюбованные безнадзорными, представляющими опасность для людей животными. А ведь ещё недавно бродячих собак выявляли по жалобам граждан, для чего бригадам приходилось объезжать улицы и дворы.

Устройство видеонаблюдения при обнаружении какой-либо потенциально опасной ситуации формирует сигнал для принятия службами соответствующих мер. Только наивный современный обыватель может удивляться, что все «умные» камеры подключены к мониторинговой системе центра безопасности в формате ГКУ (государственного казённого учреждения).

Аналитика несанкционированных свалок мусора, борьба с лесными (и иными) пожарами и возгораниями, контроль за такси и в целом автотранспортом, включая систему дистанционной проверки наличия полиса ОСАГО, контроль безопасности на железной дороге, примеры незаконной торговли, контроль строительных работ, чтобы «видеть» движение строительной техники и рабочих, фиксировать фактический объём строительства и следить за всеми процессами, включая соблюдение мер техники безопасности (камеры идентифицируют, в каске строитель или нет) – далеко не полный список пользы от повсеместного видеонаблюдения. Таким образом, всеохватывающее на местности видеонаблюдение решает важную задачу: ускоряет реакцию служб охраны правопорядка, уменьшает время приезда спасательных и иных специальных служб. Таково одно из аргументированных осно-

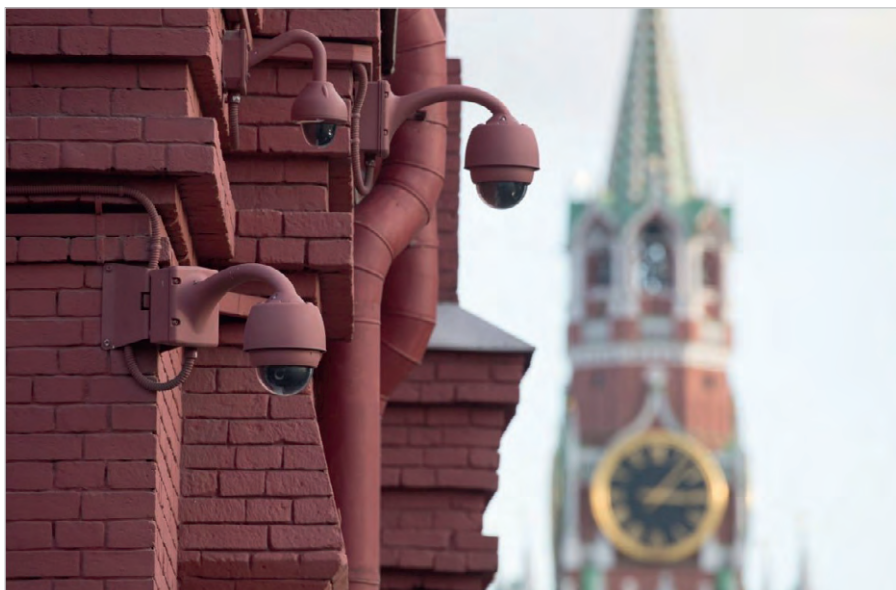


Рис. 4. Замаскированные под «ландшафт» камеры видеонаблюдения при входе на Красную площадь в Москве



Рис. 5. Видеокamеры, встроенные в терминалы и информационные табло на вокзалах и станциях

ваний для того, чтобы оборудовать подьезды и перекрёстки системой видеонаблюдения «Безопасный регион» [3]. Но есть и другая сторона медали: распознать человека, узнать, где он живёт, сейчас не очень сложно. Электронная система распознаёт человека по фотографии и находит его в базе данных, к примеру ТДИ (транспорта и дорожной инфраструктуры). После этого гражданину приходит уведомление о правонарушении или «приходят» уже за ним самим.

Кроме того, в отчётах чиновников нередко говорится, что видеокamеры системы «Безопасный регион» и устройства видеонаблюдения, установленные на социальном транспор-

те, научились распознавать мусор на дорогах и на остановках, «видят» ямы на дорожном покрытии и фиксируют отсутствие дорожных знаков. Однако реакции на такие «проблемы жителей» иногда приходится ждать очень долго. Поэтому видеокamera, разумеется, всё видит, но решения по ситуации всё же принимают люди. Какие решения удобны – те и принимают.

Что касается технической эволюции средств видеонаблюдения в России, то, кроме Москвы, Петербурга и ещё пары мегаполисов, где плотность установки видеонаблюдения высокая (рис. 4), в городках поменьше такая система не работает. Нет ни денег (как говорят) на её установку, ни особой нужды.

На рис. 5 показаны иллюстрации видеокamер, встроенных в терминалы и информационные табло на вокзалах и станциях. Таким образом, платформа контролируется в режиме 24/7, причём доступ к серверной системе есть не только у инспекторов-наблюдателей центров мониторинга, работающих в каждом районе и регионе, но его также может получить аттестованный сотрудник правоохранительных органов и органов госбезопасности – в любое время, из любой точки, где есть связь.

### Обоснованно ожидаемое «завтра» в области электронной торговли

Уже сегодня нашла подтверждение тенденция к росту продаж розничных товаров (и не только) через маркетплейсы. Традиционная ритейл-торговля теряет доходы, материальный оборот средств и ёмкость рынка. До полного исчезновения из привычного быта магазинов разных форм ещё очень далеко, однако уже сейчас многие группы товаров люди предпочитают получать с доставкой на дом или в пунктах выдачи, заказывая их через Интернет.

В области платежей за заказы растёт число киберправонарушений. К примеру, кто-то случайно оставил в открытой сумке или на столе банковскую пластиковую карту. Потенциальный злоумышленник может скопировать её данные или же, при наличии технической возможности, создать полный её клон на основе заготовки «пластика» с чипом. При этом ответственность по закону наступает не за факт копирования, а за использование банковского инструмента в целях обогащения (платежа). Для такой работы нужно соответствующее электронное оборудование и компетенция, тем не менее число подобных случаев растёт. Понятно и то, что банковская сфера старается защищать владельцев электронных счетов (и «электронных денег») многофакторной идентификацией при транзакции не только в терминалах-банкоматах, но и в формате дистанционных интернет-платежей.

Однако одной лишь двухфакторной идентификации уже недостаточно; дополнительная идентификация будет проводиться через «Госуслуги», где предусмотрена и отдельная двухфакторная идентификация.



Ни одна современная банковская организация не проводит идентификацию по адресу электронной почты, но стремится сделать это именно через номер сотового телефона – с кодом, отправленным в формате СМС, предлагая как альтернативу (не всегда) связаться с банком через мессенджер. То есть у пользователя (обязательное условие) должен быть при себе рабочий сотовый телефон. И не только в момент авторизации, но и всегда – при совершении транзакций или дистанционных интернет-платежей. А по номеру сотового телефона легко определить владельца, IMEI-идентификатор оборудования (смартфона или кнопочного сотового телефона). То есть контроль осуществляется по месту (локация от сотового оператора), времени и действиям клиента. Иллюстрация представлена на рис. 6.

### Повышение безопасности расчётов электронными средствами: плюсы и минусы

Для повышения безопасности расчётов электронными средствами планируется, в частности, обязательная регистрация через «Госуслуги» пользователей маркетплейсов, досок объявлений, сайтов по поиску работы и предложению услуг. Абоненты мобильной связи будут обязаны регистрировать передачу сим-карт третьим лицам на портале «Госуслуги», если речь не идёт о ближайших родственниках. Банки, операторы связи и интернет-магазины обяжут добавить биометрию в качестве способа авторизации в приложениях и личных кабинетах, а сотрудникам государственных организаций уже запрещено использовать иностранные мессенджеры для общения с клиентами. При этом для использования отечественными мессенджерами в рабочих целях также потребуются регистрироваться на портале «Госуслуги». Скоро для оплаты продукции банковской картой понадобятся сертификаты Минцифры России. Это ещё один дополнительный метод идентификации, актуальный в скором будущем.

Изменения федерального закона об охоте тоже не прошли без всеобщей цифровизации. Появился государственный электронный сервис документооборота «Охота», и с января 2025 года охотничий билет выдают только в электронном виде. Есть и смягчение требований к кандидатам в охотники:

с сентября 2025 года охотничий билет можно иметь, начиная с 16-летнего возраста – после сдачи соответствующего экзамена.

Нас ожидает создание сервиса «государственного маркетплейса», частично интегрированного в «Госуслуги» и платформу «Почты России». Предполагается, что на нём будет возможность приобретения продукции РЭА (и не только) производителей из России – без зарубежных аналогов [6].

Однако подобные инициативы подвергают обоснованной критике. Владельцам набирающих популярность маркетплейсов избыточные требования идентификации исключительно через «Госуслуги» невыгодны. Это приведёт к значительному падению конверсии на маркетплейсах и отечественных сервисах объявлений, что может существенно усложнить развитие малого и среднего бизнеса. Кроме того, ограничения и запреты сильнее скажутся на обычных гражданах, которые, в отличие от профессиональных кибернарушителей, не умеют быстро адаптироваться к вызовам времени. Ни одним законом не установлено и не может быть установлено обязательное наличие у гражданина «кабинета» в системе «Госуслуги», равно как и наличие у человека смартфона, электронной почты и даже обычного телефона с корректно оформленной на него сим-картой.

Люди могут не иметь возможностей, технических навыков или – что важно – желания следовать государственному прессингу в этой сфере. Тем более отлично известно, что все цифровые следы, транзакции, перемещения человека так или иначе можно отследить, то есть по номеру смартфона и выходам в Интернет точно установить, где и когда человек находился в определённое время. Кстати, именно определение по сотовой связи в ходе оперативно-розыскных мероприятий правоохранительных органов помогает раскрывать большинство обычных и киберпреступлений в последние два десятка лет. Тем не менее принуждать граждан к обязательной регистрации и некорректно, и незаконно, особенно тогда, когда не отлажена система гарантированного хранения организациями разных форм собственности и сотовыми операторами персональных данных. В этом вопросе огромная проблема связана с доверием к государству граждан в разных социальных стратах.

Рис. 6. Иллюстрация обязательной идентификации с помощью смартфона

Пока в этой области наблюдается огромный потенциал для совершенствования безопасных механизмов идентификации. Поэтому принудительная (избыточная) регистрация на маркетплейсах, даже если её постепенно пролоббировать конкуренты и классические торговые сети, приведёт только к оттоку покупателей.

Что касается реализации продукции отечественного производства РЭА (и не только), Минпромторг России в рамках законопроекта о «русской полке» товаров в торговых сетях предлагает, в числе прочего, обязать маркетплейсы при поиске товара рекомендовать клиентам российские аналоги иностранных брендов. Речь о маркетинговых предпочтениях отечественным производителям, чтобы уравнивать их в конкурентных возможностях с сильными с маркетинговой точки зрения зарубежными брендами.

### Перспективы QR-кода как формы для идентификации и расчётов

Сегодня развитие сетей «магазинов без персонала» – перспективное будущее розничной и мелкооптовой торговой системы – возможно при выполнении ряда условий и требований безопасности транзакций. Специалисты не спорят с возможностью единого платёжного механизма в России как альтернативы расчётов частных лиц, но важны детали.



Рис. 7. Иллюстрация-карикатура о попытках ввести QR-коды



Рис. 8. Современные способы анонимизации – маски

Один из перспективных инструментов для транзакций – персональный QR-код. Однако в полной мере говорить о безопасности денежных расчётов с помощью QR преждевременно. Повсеместное использование возможности как платёжного инструмента – тоже в далекой перспективе. А что касается экспериментов с QR-кодами – они были и ранее.

Во время всплеска эпидемии коронавируса механизм назначения и верификации QR-кода был успешно протестирован. Например, использовался в качестве пропуска в регионы, где ограничивали миграцию граждан в защитных целях, служил пропуском на массовые мероприятия, включая кинопоказы в кинотеатрах (и др.). Тогда в код, считываемый контрольными службами с помощью смартфона или сканера, подключённого к ПК с выходом в Интернет, включалась информация о персональных данных визитера, фото, информация об отсутствии заболеваний и вакцинации, срок действия кода.

Были предложены оригинальные решения, к примеру, чтобы QR-код максимально персонифицировать и сделать без ограничения срока, как номера СНИЛС и ИНН, неизменяемых на протяжении жизни, даже если гражданин меняет фамилию и имя.

Из самых оригинальных решений вспоминается печать QR-кода на одежде,

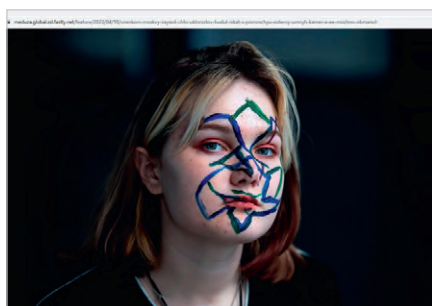


Рис. 9. Вариант противодействия идентификации по лицу с помощью краски



Рис. 10. Вариант изменения внешности фотографическим способом

де, на сменных шевронах с индивидуальным вышитым кодом (прикрепляемых на липучке) и т.д., вплоть до татуировок и даже возможности физического вживления чипов.

Представим, что будет, если совместить QR как идентификатор личности с банковскими инструментами. Скопировать QR можно с чужого сотового телефона, как сейчас номер и CVV (CVC) банковской карты. Таким образом, применение QR как платёжного инструмента пока не добавит безопасности, а только ослабит её.

QR-код не прикреплен к конкретному банку, но так или иначе кредитными организациями – банками применяются двойная и тройная проверки владельца счёта с помощью подтверждения СМС-сообщением или Push-уведомлением на сотовый телефон, биометрическими данными и др.

В этом смысле QR как вариант альтернативной оплаты ничем не лучше банковской карты в форме пластика – и то и другое для безопасной транзакции требуется подтверждать.

Как альтернатива, существует возможность оплаты СБП и с помощью смартфона со встроенной функцией NFC (Near Field Communication) – технологией бесконтактной передачи данных между устройствами на малых расстояниях.

До тех пор, пока QR-код не будет надёжно защищён от копирования,

говорить о перспективах его как инструмента банковских транзакций и платежей в торговых точках преждевременно.

На рис. 7 шуточная иллюстрация-карикатура о попытках ввести и контролировать QR-коды на всё. Широкого охвата они не получают, но отдельные или частные эксперименты вполне возможны. Массовость магазинов без продавцов, видеоконтроля зала, бескассового узла с расчётами за приобретённый товар только по QR-коду, без поста охраны – в отдельных точках предполагает заведомые риски и потери от краж. Пока, до совершенствования системы идентификации и платежей, бескассовые магазины уместны только в охраняемых местах: бизнес- и торговых центрах. Там, где покупателя можно идентифицировать не только по QR или другому банковскому инструменту, но и по видеокартинке, по биометрическим данным.

В этом случае расчёт системы безопасности прост: идентифицировав так или иначе гражданина электронным или дистанционным способом, в случае проблем можно его найти по месту регистрации или проживания, а также в транспорте с помощью системы электронного контроля, в том числе с использованием облачных технологий, удалённых серверов, умных камер.

Способы противодействия такой идентификации тоже известны. К примеру, маски-балаклавы на лицо, проживание без регистрации, жизнь на манер дауншифтера без пользования Интернетом и сотовой связью (чтобы не оставлять цифровые следы), блокирование системы видеоконтроля разными способами и т.д. На рис. 8 показаны варианты современных масок, надеваемых на голову, применяемых для противодействия слежке умными видеокамерами. При этом такие дилетантские способы конспирации, как светоотражающая одежда, пиксельный рисунок краской на лице и иные технологии, представленные на рис. 9, 10, – уже давно не проблема для идентификации видеокамерой. О нашей ранней публикации можно прочитать в [9].

## Проблематика и статистические данные по киберправонарушениям

Кибератаки на финансовый сектор бьют рекорды. От незаконных действий в цифровой сфере страдают физические и юридические лица, в том



числе госструктуры, а киберправонарушения наносят существенный вред экономике и имущественным правам людей. Суммы похищенных средств, по которым ведутся расследования, исчисляются сотнями млрд рублей в год. Пока существенное количество дел, несмотря на возрастающий профессионализм сотрудников правоохранительных органов, служб безопасности организаций, попадают в разряд «глухих», не доведённых до суда из-за сложной процедуры сбора доказательной базы. Так как в доказательной базе по уголовным делам важно обеспечить безупречно доказанную триаду: время, место, способ.

Именно из-за возрастающей активности антисоциальных элементов специальная комиссия правительства по законопроектной деятельности рекомендовала парламентариям сразу пакет законопроектов, принятие которых позволит без суда блокировать кредитной (банковской) организацией на 10–30 дней подозрительные счета; эти нормы права частично уже реализуются. По доступной статистике ясно: МВД России зарегистрировало 765,4 тыс. киберправонарушений только за 11 месяцев 2024 года. Причём 40% от этого числа составили преступления с применением информационно-телекоммуникационных технологий, общая динамика роста в этом сегменте в сравнении с тем же периодом 2023 года демонстрирует рост на 13,1%. Это максимальный показатель с 2020 года [1].

Так, ещё в 2022 году «ИТ-преступления» составляли 26,5% от общего числа зарегистрированных в стране правонарушений, в 2021 году – 25,8%, в 2020 – 25,0%.

В правовом поле блокировки денежных переводов обеспечены в рамках Федерального закона от 25 июля 2024 г. № 161-ФЗ «О национальной платёжной системе». Требования ЦБ о «периоде охлаждения» на банковские переводы действуют с 25 июля 2024 года.

Речь идёт о приостановке операции на два дня, если она подпадает под признаки мошенничества. Клиент банка, чей перевод был приостановлен, может подтвердить операцию не позднее следующего дня. Теперь представим себе ситуацию, что клиент банка – отправитель перевода сделал всё «по закону» и даже сохранил из банкомата бумажный чек (кое-где ещё возможно), но перевод не поступил адресату

и был задержан кредитной организацией (банком). Не имея смартфона или привязки актуального номера к интернет-банку, отправитель не получит сообщения о проблеме, соответственно, не сможет в установленные сроки подтвердить транзакцию.

Системно значимые кредитные организации ежедневно «охлаждают», иными словами, блокируют около 20 тыс. денежных переводов. В этой ситуации защитные механизмы всё ещё напоминают «паровоз, нагоняющий опоздание», а не превентивные избирательные меры, причём без ущерба для законопослушных граждан, какими бы их хотелось видеть. Из-за развития самообучаемых нейросетей и чат-ботов в сфере ИИ в перспективе ближайших лет следует ожидать дальнейшего роста киберправонарушений.

### Принимаемые меры

На этом фоне зафиксирована острая нехватка квалифицированных кадров в сфере информационной безопасности. В 2025 году количество вакансий специалистов по кибербезопасности увеличилось в среднем от 17 до 50% при сокращении резюме на 6%. Нижний порог дефицита обозначен в 27,3 тыс. человек.

Это реакция сегмента рынка труда на фоне роста киберугроз. Все зарекомендовавшие себя хорошие и потому ценимые руководством «безопасники» уже заняты работой, а из вузов выходят неподготовленные кадры, их необходимо дополнительно обучать практически. На фоне возросшей актуальности информационной безопасности из-за геополитической обстановки таких кадров стало не хватать. Пока рост зарплат не помогает закрывать вакансии. Эксперты ИТ-сферы полагают, что на борьбу с дефицитом кадров уйдут годы, а в течение следующих пяти лет спрос на специалистов в этой области будет постоянно увеличиваться. Повод задуматься тем молодым людям, кто серьёзно рассматривает выбор будущей карьеры в части профориентации в ИТ.

На рост показателей преступности с помощью ИИ влияет автоматизация бизнеса и производства и новые возможности по персонализации атак. Ежегодный прирост регистрируемых правонарушений, совершаемых с помощью ИИ, определяется примерно по числу чат-ботов и генерируемого ими контента и не фиксируется орга-

нами соцзащиты. Вместе с прогрессом искусственного интеллекта (ИИ) будут развиваться преступные методы, которые выйдут за пределы киберпространства и затронут многие аспекты жизни.

Так выглядит сегодня условная схема обогащения заинтересованных лиц за счёт социальной инженерии. Также способствует утечке персональных данных использование ИИ: как по недомыслию в компаниях, так и намеренно сотрудниками по собственной инициативе без уведомления работодателя. Это осуществляется с помощью убедительных дипфейков, автоматизации фишинга для массовых атак, а также совершенствования методов поиска уязвимостей в системах и приложениях.

Один из простых и типичных примеров, с которым уже сталкиваются сотрудники в СМИ, таков. При смене организационной формы СМИ или поглощении (расширении) организации, и в частности СМИ, персональные данные сотрудников и контрагентов должны не передаваться в другую (новую) организацию, а уничтожаться, но на практике есть массовые случаи утечек персональных данных из ликвидированных или реорганизованных фирм и учреждений. При этом доказать момент утечки данных остаётся сложной задачей.

Число киберугроз в России растёт вместе с развитием технологий. По данным «Лаборатории Касперского», в 2024 году почти 57% пользователей в России столкнулись с различными киберугрозами. В этих условиях бизнесу необходимо адаптироваться к новым вызовам и снижать риски уязвимости.

Сопутствующим шагом на федеральном уровне стало создание в России ГИС «Антикартель» ценой 240 млн рублей; таков новый механизм для предупреждения, выявления и пресечения антиконкурентных соглашений. Новая программа мониторит признаки сговора, в то время как доля картелей на торгах достигает 85–90% от всех возбуждаемых ФАС РФ антиконкурентных дел [2]. Вместе с развитием технологий генеративного ИИ и GPT повышается их доступность. Для пользователя снижается порог вхождения и стоимость владения, а значит, эти технологии будут активнее применяться для мошенничества.

Центробанк обязал банки внедрить в приложениях «спецкнопку» для жалоб на мошеннические дей-

ствия. С помощью неё пострадавшие от мошеннических действий клиенты смогут сразу же передать информацию в банк, минуя обращение в офис.

Пока это не очень простая процедура. Чтобы подать заявление, всё ещё требуется лично подать заявление: с визитом в банк или через МФЦ. Но уже с октября 2025 года банковские организации внедряют в электронные приложения «спецкнопку». Примерно такую же, как кнопка «SOS» на GPS-трекерах для детей, лиц с ограниченными возможностями здоровья, уже много лет применяемую в автомобильном транспорте. С этим «инструментом будущего» подача заявлений в банк о предполагаемом мошенничестве будет значительно упрощена.

Сегодня на дворе 2025 год, но в целом система до необходимого уровня безопасности до сих пор не доведена, несмотря на попытки заинтересованных организаций популяризовать механизмы многофакторной аутентификации владельца счёта.

### Небольшой юридический ликбез и блокировка иностранных «почт»

Сервис Gmail уже отвязали от «Госуслуг». Сервис призывал пользователей сменить почту, иначе доступ к аккаунту мог быть заблокирован. Запрет на регистрацию пользователей на российских ресурсах через иностранные сервисы, такие как Google или Apple ID, вступил в силу ещё в 2023 году.

Тем не менее почта Gmail в России ещё работает, а швейцарская почтовая система с двойной и тройной идентификацией под брендом Protonmail не запрещена, но условно заблокирована. Её положительная и отличительная особенность в том, что шифрование и дешифрование сообщений происходит непосредственно у отправителя и получателя электронной корреспонденции, минуя сервер. До такой степени, что даже по судебным запросам владельцы сервиса не могут технически расшифровать письма своих клиентов друг другу, так как это не предусмотрено начальной задачей и условием сотрудничества. В том числе поэтому данный сервис в России заблокирован – с его помощью нельзя отправить письма через национальные почтовые сервисы типа «Яндекс» и «Майл» (и др.) – письма просто не доходят. То же и в обратную сторону.

Парадоксально, но улучшенная защита от отслеживания, реализованная в некоторых сервисах, оказалась не только не нужна российским пользователям (их выбор не спрашивали), но её посчитали чуть ли не угрозой, потому что такие средства конфиденциальности мешают отслеживанию цифровых следов. Кому и зачем это нужно – выводы, пожалуйста, делайте сами.

А задумка швейцарских специалистов, усовершенствованная ещё в 2007–2009 годах, великолепна, поскольку «улучшенная защита от отслеживания» в Proton Mail блокирует «шпионские пиксели» (трекеры электронной почты), защищая конфиденциальность отправителей электронной почты. Функция включена по умолчанию в веб-приложении Proton Mail, приложениях для iPhone и iPad.

В веб-приложении Proton Mail пользователь получал дополнительную защиту с автоматическим удалением посторонних ссылок для отслеживания из электронных писем.

### Средства контроля и легальные способы противодействия им

Существует много информации, недоступной обычному пользователю Интернета, но при желании и настойчивости можно найти и её. К примеру, особая сеть «даркнет», являющаяся скрытой частью глобальной сети. Пользователи используют специальные протоколы для осуществления связи друг с другом.

Наиболее известные технологии, позволяющие создавать и использовать закрытые информационные сети, I<sup>2</sup>P, Tor (браузер), Freenet, есть и другие возможности. Описать все мы не можем, оставаясь в правовом поле и в связи с ограничением по объёму статьи.

Одноранговая сеть (на основе одноименного домена) I<sup>2</sup>P обеспечивает высокую степень анонимности участников. Информация между узлами передаётся в зашифрованном виде. Предполагается, что пользователь останется неизвестен, а информация нераскрытой, даже если другие узлы будут скомпрометированы. За последние 5 лет значительно уменьшилось количество шлюзов для доступа в I<sup>2</sup>P, поэтому использовать сеть значительно сложнее, но зато сохраняется высокая степень защиты информации и пользователей от деанонимизации.

Наиболее же доступной и популярной сетью даркнета является TOR. Для того чтобы пользоваться ею, достаточно установить специальный браузер на базе Mozilla Firefox. Подробнее об этом в [8].

Не новость, что компании с разной мотивацией включали и включают средства отслеживания электронной почты в информационные бюллетени и другие маркетинговые материалы, которые отправляют пользователям по подписке или иначе. Кто-то из компаний пытался таким образом контролировать запросы потребителя для внутренней аналитики продвижения товаров (маркетинга), а кто-то изначально вкладывал в реализацию «плана» возможность отслеживания активности, местонахождения и информационных предпочтений пользователей.

Существует два распространённых типа средств отслеживания электронной почты: шпионские пиксели и отслеживающие ссылки.

Пиксель-шпион, также известный как «пиксель отслеживания» – мощный маркетинговый инструмент, включающий вставку изображения в электронное письмо в виде удалённого URL-адреса изображения. Когда пользователь открывает сообщение, содержащее пиксель-шпион, связанное изображение загружается с исходного сервера, и конфиденциальная информация отправляется обратно отправителю. Такая информация связана сведениями о факте, дате, времени открывания (прочтения) письма, содержащего трекер. Все государственные сайты в России имеют трекер-контроль. Есть ли трекинг-слежка в ваших действиях, можно уточнить самым доступным способом.

Попробуйте открыть любой сайт в Интернете, к примеру, свой аккаунт в социальной сети, дзен-рассылку или, скажем, прогноз погоды. В строке типичного браузера (а есть ещё суперзащищённые типа Tor) после открытия сайта увидите примерно такой набор символов: «https://pressfeed.ru/query/163117?utm\_source=email&utm\_medium=organic&utm\_campaign=mailing\_queries». Здесь всё, что идёт правее символа «7», начиная со знака «?», является кодовым показателем трекера. На сайтах, где трекинг не используется (их число стремительно сокращается), вы увидите чистый код, в данном приме-



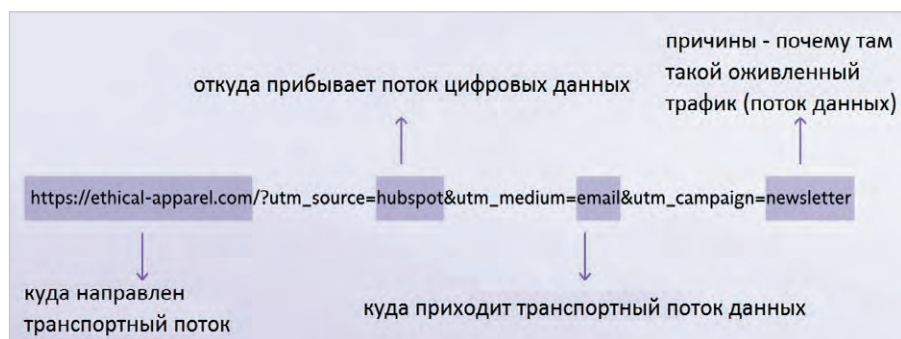


Рис. 11. Элементы кодовой строки в браузере – показатель трекеров

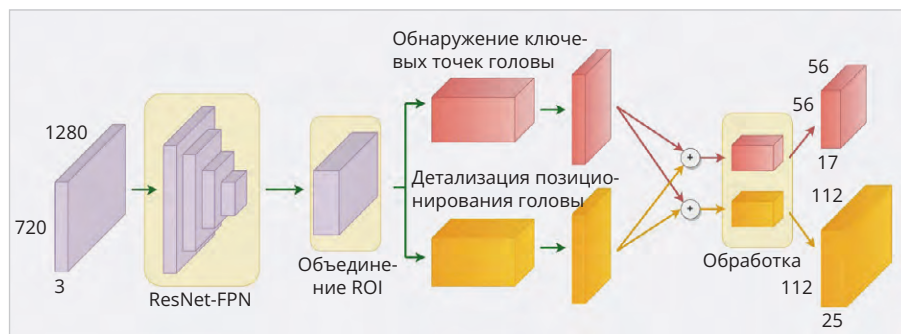


Рис. 12. Концепция определения позы человека с помощью отражённых сигналов роутера Wi-Fi через стены

ре: <https://pressfeed.ru/query/163117>. На рис. 11 схематично показаны элементы кодовой строки в браузере, по которым можно определить, что ваше присутствие на сайте зафиксировано с помощью трекеров.

Конкретные примеры адресной строки для статьи взяты, разумеется, произвольно. Конечно, у пользователя есть выбор, пользоваться таким контентом или нет, однако, как только вы открыли сайт, некоторые данные по месту, времени, особенностям оборудования вне зависимости от типа смартфона или ПК уже зафиксировались моментально. Таков следующий и реально действующий этап плана «контроля всего и вся» после того, как научились контролировать локацию по IMEI и сим-карте сотового телефона, в том числе местам последней их активности. Эти факторы также являются основой доказательной базы в уголовном процессе и помогают раскрывать преступления там и тогда, когда «фигурант», защищая себя, не признаётся в содеянном и для защиты прав и свобод использует положения ст. 51 Конституции России (о праве не свидетельствовать против себя и родственников).

Чтобы собрать доказательную базу, на исследование экспертам должны быть переданы электронные устройства. С санкции прокуратуры на то

имеют право правоохранительные органы в процессе оперативно-розыскных мероприятий. Вот почему в первую очередь изымают на законных основаниях компьютеры, смартфоны, серверы, карты памяти и SSD.

Ни один из действующих мессенджеров пока нельзя назвать безупречным с точки зрения безопасности для пользователя. Ни один популярный мессенджер не соответствует признакам анонимного. Пока регистрация проводится по номеру телефона, переписки, по крайней мере, публичные, хранятся на серверах. Но цифровые данные сегодня контролируются не только постфактум, обращением на сервер (не все мессенджеры на серверах данные сохраняют), но есть возможность (если человек в оперативной «разработке») просмотреть всю его переписку полностью, причём в момент отправки сообщений. Перехват осуществляется на уровне информационных каналов связи, реже – провайдера.

Дополнительного шифрования открытые чаты не имеют. Да и приватные чаты тоже шифрования не имеют: идёт пересылка сообщений с устройства на устройство, минуя сервер. Это единственная и всё равно весьма условная защита.

С определёнными оговорками можно говорить о наиболее защищённых

каналах на примере мессенджеров Signal, Jabber, Briar, Element. Любой из них уместно установить на свой подконтрольный сервер (при его наличии), избавившись от слежки со стороны правообладателя. В таком проекте можно ещё добавить дополнительное шифрование, и тогда уровень вашей защиты очень сильно повышается. Но такой способ работы и коммуникации далеко не всем доступен, как по уровню навыков, так и по стоимости. Поэтому большинство современных обывателей в нашей стране можно назвать государственно-подконтрольными. И в этом смысле лучше не находиться в иллюзиях.

Из всех цифровых следов уместно разделить пассивный цифровой след – остаётся при всех посещениях веб-ресурсов и авторизации на сайтах. Активный цифровой след оставляет сам пользователь – человек. Примеры тому – регистрации во всевозможных блогах, форумах, соцсетях, ведение веб-сайта. Всё, что человек осознанно публикует о себе. В этом смысле старая русская поговорка «о чём бы человек ни говорил – он говорит о себе» приобрела в современных реалиях новый и даже отчасти злоеущий смысл. Ибо любой пост, публичная коммуникация, цифровой след – сродни самодонору. То есть вы абсолютно не можете контролировать, кто и как распорядится полученной от вас или добытой спорным способом информацией.

В журнале «Современная электроника» № 2, 2023, на стр. 51 сообщается о технологии слежки за людьми с помощью Wi-Fi роутера. Тут отличились исследователи из университета Карнеги-Меллон. Вообразите, что Wi-Fi роутер превратится в устройство слежения, и это вовсе не антиутопия. Исследователи из Университета Карнеги-Меллона продвигают свою разработку как хорошую идею в помощь пожилым людям и тем, кто имеет ограниченные возможности здоровья. С помощью Wi-Fi маршрутизаторов, нейросетей и глубокого обучения разработчики смогли создать изображения субъектов в комнате в полный рост. Концепция нашла практическое подтверждение в реализации устройства Wi-Fi DensePose RCNN (рис. 12).

Причём таким же образом можно не только наблюдать за человеком (людьми) скрытно и сквозь стены, без применения видеонаблюдения,



Рис. 13. Изображения, полученные с помощью ИИ и компьютерного ПО, адаптированного для системы «отслеживания» по Wi-Fi

и записывать речи и другие звуки – дистанционно. С такой разработкой нет необходимости проникать в квартиру для наблюдения за человеком, к примеру, находящимся в оперативной разработке. Достаточно «снять» в аренду квартиру по соседству. На рис. 13 представлены изображения, полученные с помощью ИИ и компьютерного ПО, адаптированного с системой «отслеживания сквозь стены» по Wi-Fi. Это вовсе не очередная конспирологическая теория, а реальность сегодняшнего дня.

Так можно получать информацию на основе изображений для прогнозирования UF-карты человеческих тел. Современные алгоритмы оценки позы двухступенчатые: сначала запускается независимый детектор человека по его физической контурной модели, чтобы сформировать рамку-ограничитель, затем проводят оценку позы, исходя из изученных баз данных изображений и поз людей.

Пока таким образом можно наблюдать за единичным объектом. Каждый элемент во входных тензорах CSI является сводным, из-за этого невозможно извлечь сигналы, соответствующие одному человеку из группы присутствующих лиц. Но это – пока. Нет сомнений в том, что обученный ИИ сможет в будущем это ограничение обойти без особых проблем.

### Особенности локальных сетей

Есть ли кто-то рядом (соседи) или нет, нетрудно определить по «обзору» (видимому окружению) Wi-Fi сетей. Включив на ПК или мобильном устройстве режим доступа в Интернет по Wi-Fi, можно видеть «окружение», которое использует подключения (сети). При некотором (1–2 дня) наблюдении становится понятно, какие сети какими соседями организованы. Соответственно, определяется их присутствие.

Цифровые технологии служат существенному расширению аудитории социальных сетей, мессенджеров, даркнета и нейросетей. Транслируемая с их помощью информация несёт в себе не только ценностные смыслы, но и угрозы, при этом необходимо отметить, что деструктивные технологии наносят серьёзный урон, опережая таким образом эффективное противодействие силами безопасности.

Создаётся впечатление, что кругом одни мошенники, мешающие законопослушным людям работать, жить и размножаться. Но это не так. Большинство граждан именно законопослушные, не надо строить на этот счёт конспирологические теории.

Изменение политики (без предупреждения) в отношении клиентов –

физических лиц тоже «норма вещей». Можно отслеживать телефонный трафик и собирать данные и идентификаторы, к примеру, номера IMEI близких мобильных телефонов. Но дело не в претензиях, а в условной похожести стандартов обслуживания и политики работы с клиентами в большинстве известных кредитных организаций.

Бороться с дистанционным видеоконтролем и прослушкой легитимными способами практически невозможно: таково безупречное правовое поле. Можно выключить или оставить телефон дома, если видите, что соседняя квартира насыщена антеннами, оборудованием или похожа на Байконур.

### Разные варианты действий

Возникает актуальный вопрос: что делать тем, кто хочет (и имеет на то законное право) сохранить анонимность в 2025 году? Не заходить в Интернет? Понятия «анонимность» в условиях информационного общества уже не существует. Сохранить её невозможно. Чаще заинтересованные лица пытаются личность заместить. Создать личность, которая не связана с настоящей. Эта тенденция чётко выражена не только у подростков, но в целом у поколения зумеров: они портят свой цифровой след и регистри-



руются под несуществующими персональными данными, не выкладывают свои фотографии.

## Выводы

Действующие и будущие защитные меры в разных (не только описанных выше) сферах направлены против кибермошенничества, в том числе для борьбы с обманом через звонки и при оформлении кредитов. Они способствуют созданию в стране правил и принципов для защиты граждан в цифровой среде.

Разумеется, обзор написан с целью информирования читателей и без намерения кому-то что-то доказать или научить противодействующим приёмам. Пока ИИ, РЭА, интегрированные в системы отслеживания соответствующего назначения, используют как помощников для человека. Этим, к сожалению, полностью исключить человеческий фактор не представляется возможным. Те или иные действия совершает конкретный человек, мы лишь сделали попытку информировать читателей о плюсах и минусах, о перспективах

развития направления, совершенствования искусственного интеллекта и современных методов отслеживания с помощью электронных устройств.

## Литература

1. В России в 2024 году IT-преступления достигли пика за последние пять лет (ТАСС). URL: <https://tass.ru/proisshestiya/22978955>.
2. В прошлом году больше 21% электронных писем для жителей Екатеринбурга оказались спамом. URL: <https://www.dk.ru/news/237216838>.
3. Камеры системы «Безопасный регион» стали ещё «умнее». URL: <https://miskgazeta.ru/obshchestvo/kamery-sistemy-bezopasnyj-region-stali-eshe-umnee-11776.html>.
4. Население мира. URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9D%D0%B0%D1%81%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5\\_%D0%97%D0%B5%D0%BC%D0%BB%D0%B8](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9D%D0%B0%D1%81%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5_%D0%97%D0%B5%D0%BC%D0%BB%D0%B8).
5. Приказ Федеральной службы безопасности Российской Федерации от 04.11.2022 № 547 «Об утверждении Перечня сведений в области военной, военно-технической деятельности Российской Федерации, которые при их получении иностранными источниками могут быть использованы против безопасности Российской Федерации». URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/405624539>.
6. Россиян обяжут регистрироваться на Wildberries, Ozon и «Авито» через портал Госуслуг. URL: <https://www.dk.ru/news/237216887>.
7. Система защиты баз данных. URL: <https://elvis.ru/services/application/database/>.
8. Тёмные воды Интернета. URL: <http://wrnews.ru/?p=7797>.
9. *Каукаров А.П.* Биоидентификация по лицу в проекции алгоритма системного анализа и обработки информации Виолы-Джонса // Современная электроника. 2023. № 4. URL: <https://www.cta.ru/articles/soel/2023/2023-4/169226>.
10. Wi-Fi роутер научили обнаруживать людей в комнате. URL: <https://3dnews.ru/1080498/signal-wifi-moget-bit-ispolzovan-chtobi-videt-lyudey-skvoz-steni-v-detalyah>.



## НОВОСТИ МИРА. ЧИТАЙТЕ НА ПОРТАЛЕ WWW.CTA.RU

### Отечественный ИИ помог выявить на Ямале более 500 преступников за год

Искусственный интеллект компании NtechLab – технологического партнёра Ростех – за 2025 год помог правоохранительным органам Ямало-Ненецкого автономного округа выявить более 500 преступников. В общей сложности с использованием ИИ было обнаружено свыше 1,2 тыс. человек, находившихся в розыске или числившихся пропавшими без вести.

#### Как работает система

Алгоритмы компьютерного зрения в режиме реального времени анализируют видеопотоки с городских камер наблюдения. За доли секунды система:

- сопоставляет изображения лиц с базами розыска;
- распознаёт биометрические признаки;
- сигнализирует правоохранительным органам при совпадениях.

Точность распознавания, по данным разработчика, превышает 99,9%.

#### Масштаб внедрения

На сегодняшний день нейросеть NtechLab обрабатывает видеопотоки примерно с 1,9 тыс. камер, установленных в общественных местах Ямала – на объектах транспорт-

ной инфраструктуры, улицах и городских площадях.

По данным правительства ЯНАО, каждое четвертое преступление в регионе раскрывается с использованием ИИ-инструментов, что делает систему одним из ключевых элементов региональной программы «Безопасный город».

#### Планы на 2026 год: распознавание номеров

Генеральный директор NtechLab Алексей Паламарчук отметил, что компания намерена расширить сотрудничество с регионом: «Решения NtechLab широко используются в Ямало-Ненецком автономном округе и действительно делают города безопаснее. Важно понимать, что нейросети не только помогают оперативно находить злоумышленников или потерявшихся людей, но и предотвращают преступления».

В 2026 году планируется внедрение системы распознавания автомобильных номеров знаков, которая позволит:

- быстрее выявлять угнанные автомобили;
- отслеживать подозрительный транспорт;
- усиливать контроль за транспортными потоками.

#### ИИ – шире, чем безопасность

В сентябре NtechLab и правительство



Ямало-Ненецкий автономный округ подписали соглашение о развитии и внедрении технологий искусственного интеллекта. Документ предусматривает использование нейросетевых решений не только в сфере безопасности, но и:

- в жилищно-коммунальном хозяйстве;
- строительстве;
- здравоохранении;
- других отраслях региональной экономики.

#### Итог

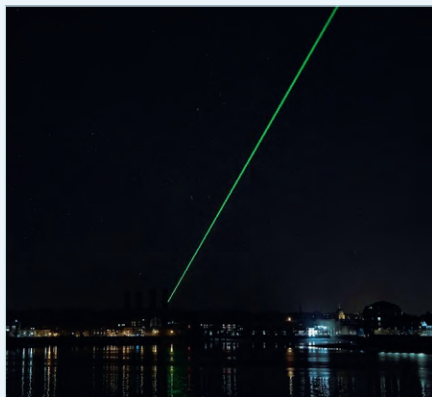
Опыт Ямала демонстрирует, что отечественные ИИ-решения уже вышли за рамки пилотных проектов и стали инфраструктурным инструментом управления безопасностью. Расширение функциональности – от распознавания лиц к анализу транспорта и городских процессов – указывает на формирование комплексной модели «умного региона» с опорой на российские технологии.



## НОВОСТИ МИРА. ЧИТАЙТЕ НА ПОРТАЛЕ WWW.CTA.RU

### В Японии установлен мировой рекорд дальней лазерной связи по воздуху

Национальный институт информационных и коммуникационных технологий Японии (NICT) объявил о мировом рекорде в области оптической связи в свободном пространстве. Учёным удалось продемонстрировать стабильную передачу данных со скоростью 2 ТБ/с по лазерному каналу на расстоянии 7,4 км в плотной городской среде Токио.



Эксперимент был проведён в апреле 2025 года, а официально объявлен 16 декабря. Это первый в мире подобный результат, достигнутый с использованием компактного ИТ-оборудования, пригодного для нестационарных сетей эпохи Beyond 5G/6G.

#### Рекорд в реальной городской среде

Передача данных осуществлялась по горизонтальной линии между двумя малогабаритными оптическими терминалами, установленными в городской застройке Токио – в условиях высокой атмосферной турбулентности и помех.

В эксперименте использовались два терминала:

- Full Transceiver (FX) – высокопроизводительный приёмопередатчик;
- Simple Transponder (ST) – упрощённый компактный терминал.

Несмотря на неблагоприятные атмосферные условия, система обеспечила устойчивую связь на протяжении всего эксперимента.

Общая пропускная способность канала составила 2 ТБ/с, что эквивалентно передаче примерно 10 полнометражных фильмов в формате 4K UHD за одну секунду.

#### Как достигли 2 ТБ/с

Рекордная скорость была обеспечена за счёт мультиплексирования по длине волны (WDM):

- 5 независимых оптических каналов;
- по 400 ГБ/с на каждый канал.

Для компенсации влияния городской атмосферы применялись:

- высокоточная система наведения луча;

- динамическая коррекция расхождения лазерного пучка;
- адаптивная оптическая коррекция в реальном времени.

#### Ключевое достижение – миниатюризация

Особую значимость эксперименту придаёт масштаб оборудования. Ранее терабитные скорости (1 ТБ/с и выше) демонстрировались:

- только на крупногабаритных стационарных установках;
- в лабораторных условиях;
- преимущественно в Европе.

В Азии до сих пор не удавалось превысить рубеж 100 ГБ/с в беспроводной оптической связи.

Терминалы NICT стали самыми компактными в мире (по состоянию на декабрь 2025 года) среди решений, способных обеспечить терабитную пропускную способность.

Это стало возможным благодаря комбинированному подходу:

- специально разработанные компоненты (включая телескоп с апертурой 9 см);
- модифицированные коммерческие решения;
- серийные массовые элементы.

#### Связь для спутников и стратосферы

Разработанные терминалы изначально ориентированы на применение за пределами наземных сетей – в том числе:

- на микро- и нано-спутниках (CubeSat);
- на стратосферных платформах HAPS;
- в гибридных воздушно-космических сетях.

#### Планы на ближайшие годы:

- 2026 год – демонстрация оптической связи между низкоорбитальными спутниками (~600 км) и наземными станциями со скоростью до 10 ТБ/с (в сотрудничестве с SoftBank, Kiyohara Optics и ArkEdge Space);
- 2027 год – связь между спутниками и стратосферными платформами (HAPS);
- до 2035 года – реализация мультитерабитных оптических каналов между спутниками, HAPS и наземными станциями.

#### Значение для Beyond 5G / 6G

Эксперимент NICT демонстрирует, что оптическая беспроводная связь способна стать:

- магистралью для будущих воздушных и космических сетей;
- альтернативой радиочастотным каналам, ограниченным спектром;
- ключевым элементом инфраструктуры Beyond 5G/6G.

Сочетание терабитных скоростей, компактности и устойчивости к атмосферным помехам делает лазерную связь реальным

кандидатом на роль «оптического позвоночника» глобальных коммуникаций следующего поколения.

### По прогнозам компании Micron, объём рынка памяти HBM может достичь 100 миллиардов долларов к 2028 году

Согласно Seeking Alpha, руководство Micron Technology на очередной отчётной встрече представило долгосрочный прогноз. Генеральный директор Санджей Мехротра заявил, что рынок памяти HBM будет расти на 40% в год и достигнет \$100 млрд к 2028 году (против \$35 млрд в текущем), опередив прежние ожидания на два года.

По его оценке, дефицит HBM и других видов памяти продлится как минимум до конца 2026 года и далее. Основным драйвером роста поставок DRAM и NAND станет переход на более передовые технологии, поскольку других способов быстро увеличить объёмы нет. Поэтому Micron увеличивает капитальные затраты на следующий год с \$18 до \$20 млрд, направляя их преимущественно на внедрение новых процессов, таких как «1-гамма» для DRAM, и на развитие сегмента HBM.

Рост компании подтверждается последними результатами: выручка от DRAM (включая HBM) выросла на 20% до \$10,8 млрд, а от NAND – на 22% до \$2,7 млрд квартал к кварталу. Общая выручка достигла \$13,6 млрд, увеличившись на 21% по сравнению с предыдущим периодом и на 57% в годовом исчислении.



Несмотря на сохраняющийся дефицит, Micron уверена в своих конкурентных позициях, предлагая клиентам баланс характеристик и прибыльности. Темпы роста маржи в будущем могут замедлиться, но переход на новые технологии не окажет на неё серьёзного негативного влияния. Кроме того, компания теперь заключает долгосрочные контракты на поставку памяти на значительно более выгодных условиях, чем раньше.



# Изобретатель Зворыкин. История становления и достижений русской и мировой электроники

Андрей Кашкаров

Владимира Козьмича Зворыкина (1888–1982) – инженера в области телевизионной техники – называют изобретателем современного телевидения. Он получил блестящее образование и принёс немало пользы мировой, в том числе советской, науке. В США его называли русским «подарком американскому континенту». В статье публикуются малоизвестные сведения истории профессионального становления русского инженера, его выдающихся достижений и трудного пути эмигранта.

## Изобретатель технологии цветного телевидения XX века

Под руководством научного руководителя и впоследствии основателя Северокавказского политехнического института (ныне Кубанский государственный технологический университет) Бориса Львовича Розинга учёный Владимир Козьмич Зворыкин внёс значительный вклад в развитие кинескопа и электронного телевидения. Борис Львович Розинг – российский физик, учёный, педагог, автор первых опытов по телевидению, за которые Русское техническое общество в 1912 году присудило ему золотую медаль и премию имени К.Г. Сименса. Создал более 120 электрических схем и систем телевизионных устройств. На рис. 1 представлено фото В.К. Зворыкина в зрелом возрасте.

Создание иконоскопа заслуженно приписывают Зворыкину. На основе знаний и изобретений других учёных в 1929 году Зворыкин создал и испытал высоковакуумную телевизионную приёмную трубку, фактически преобразующую электрические сигналы в световые, впоследствии получившую название «кинескоп».

В 1931 году Зворыкин разработал усовершенствованную, окончательную конструкцию передающей трубки, ставшей основой будущей системы электронного цветного телевидения. Именно Зворыкин смог разложить световой луч на три цвета – красный, зелёный и синий (RGB) – основные цвета, воспринимаемые человеческим глазом. Их смешение в разных пропорциях даёт

цветовую гамму в несколько тысяч оттенков.

В основе новой технологии было изготовление «мишени» и чувствительной приёмной трубки. На рис. 2 представлена схема элементов супериконоскопа, на рис. 3 – фактический вид.

Супериконоскоп Владимира Зворыкина открыл новую эру в развитии радиоэлектроники и телевидения как средство коммуникации и распространения информации, о котором предыдущие поколения могли лишь мечтать.

В 1937 году был создан первый цветной телевизор с трёхцветными линзами: красной, зелёной и синей. В годы Второй мировой войны учёный занимался разработкой приборов ночного видения и компактной телевизионной камеры для БПЛА Interstate TDR. В 1950–1960-х годах успешно работал в области медицинской электроники.

Результатом деятельности инженера явились достижения и реальные конструкции, устойчивые к перепадам температур и механическим воздействиям, а также обладающие иммунитетом к электромагнитным помехам. Его авторству принадлежат технологии в области спецтехники и критически важных систем, промышленности и оборонного комплекса. На протяжении XX века «технологии Зворыкина» массово применялись во всех электронных устройствах, где важно отображение информации с минимальными задержками, в частности, в медицинском оборудовании (оборудование в операционных, эндоскопы), мониторах авиационной техники, системах ПВО, РЭБ, космических



Рис. 1. Инженер Владимир Козьмич Зворыкин. Зрелые годы

аппаратах и системах наблюдения – во всём, что теперь принято связывать с функционалом быстрой передачи луча как визуального сигнала и осциллографами.

## Развитие личности изобретателя

Владимир Козьмич Зворыкин родился в городе Муроме Владимирской губернии 17 июля 1888 года, младшим из семи детей в семье купца первой гильдии Козьмы Алексеевича Зворыкина. Как и многие отцы, достигшие результатов в своей деятельности, Козьма страстно хотел ориентировать двух сыновей – старшего и младшего – на продолжение купеческого дела, однако старший сын ушёл в науку. Отцовской надеждой оставался лишь Владимир.

Муром в то время считался прогрессивным городом, как и бывший ганзейский Великий Новгород. Географическая близость Мурома к Нижнему Новгороду давала значительные перспективы для учёных. Была в этих краях и знаменитая радиолaborатория – первый научно-исследовательский центр в области радиотехники в Советской России, с 1924-го Нижегородская радиолaborатория имени

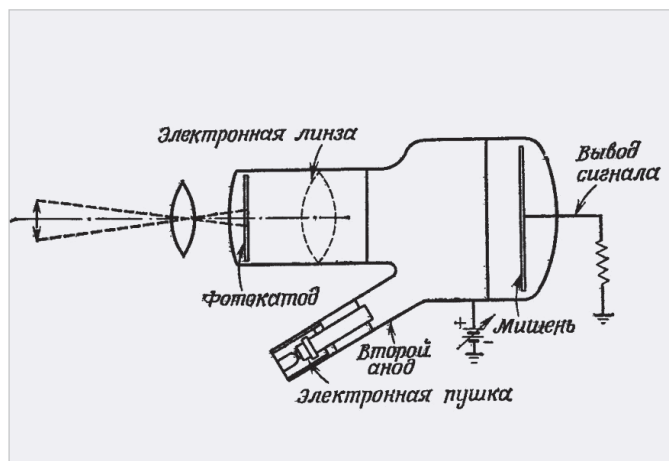


Рис. 2. Схема элементов супериконоскопа



Рис. 3. Фактический вид супериконоскопа Зворыкина

В.И. Ленина, которая в ходе реорганизации вошла в состав ленинградской Центральной радиолaborатории «Треста заводов слабого тока». Здесь в 30-х годах XX века трудился «папа» отечественного телевидения Павел Васильевич Шмаков [3].

В Муроме кроме прочих образовательных заведений работало несколько ткацких фабрик, железнодорожные мастерские, машиностроительный завод, реальное училище, солидная по тем временам научная библиотека. Благодарными горожанами при одобрении местной власти в Муроме установлен памятник В.К. Зворыкину рядом с Муромским историко-художественным музеем (рис. 4).

В 1906 году будущий инженер и изобретатель с отличием окончил Муромское реальное училище и отправился в Петербург, где был зачислен без экзаменов, как обладатель диплома с отличием, на физический (по некоторым данным – инженерный) факультет Санкт-Петербургского Практического Технологического института. С 1907 года на 2-м курсе Технологического института в качестве помощника лаборанта студент Зворыкин участвовал в проведении опытов в области «дальновидения» и электроники под руководством профессора Бориса Розинга, что определило выбор будущей сферы деятельности: создание систем электронного телевидения. В 1909 году в формате лабораторной работы Зворыкиным продемонстрирована телепередача на 4 строки. На рис. 5 представлено фото Зворыкина – студента университета в 1906 году (с автографом).

Аресты студентов в России в дни насыщенного политической активностью времени были обыденностью.

Не избежал этого и студент Зворыкин. Тем не менее он оставил множество интересных воспоминаний – мемуаров, описывающих события его студенческой жизни. Приведём одно из них:

*«Меня задержали только однажды за распространение листовок, призывающих рабочих принимать участие в выборах во Вторую государственную думу. Две недели, проведённые в тюрьме, с очень большой натяжкой можно назвать наказанием. Во-первых, подобралась приятная компания (со мной сидело ещё несколько студентов), а во-вторых, нас все считали героями. Мы каждый день получали письма «с воли», которые приносила очереда «невеста». (Девушки выдавали себя за невест, чтобы получить свидание.) По моей просьбе мне принесли бумагу, перо и чернила, благодаря чему я мог продолжать переписку с родителями, требовавшими от меня еженедельных отчётов...».*

В стенах университета произошла судьбоносная встреча Зворыкина с Борисом Львовичем Розингом. *«Борис Львович вместо того, чтобы отчитать, спросил, не хочу ли я помочь ему в его собственных экспериментах. "Раз уж вы всё равно столько времени здесь проводите", – лукаво добавил он. Розинг пользовался у студентов непрекаемым авторитетом, и я, не раздумывая, согласился...»* [1]. Там же Абрам Фёдорович Иоффе читал спецкурс по заряду электрона. Однако Розинг придерживался концепции «электронного телевидения» по-своему. Точечный импульс в миллионные доли секунды не может вызвать в фотоэлементе заметный результат, а именно такие импульсы многим коллегам Зворыкина виделись базисом развития технологии: основной упор делался на уси-

ления сигнала для высокой чёткости изображения.

В 1912 году Зворыкин получил диплом «инженера-технолога» с отличием, а также право продолжить обучение за границей. Отец потребовал его возвращения в Муром, однако Розинг посоветовал перспективному юноше ехать в Париж в College de France к известному физика Полю Ланжевону, с которым работали профессора Луи де Бройль, Жан Батист Перрен, Фернан Гольевек. Зворыкин послушал Розинга и с 1912 по 1914 год работал в Париже и Берлине, в частности, в Шарлоттенбургском университете.

Прибыв в Россию, Зворыкин не скрылся от мобилизации и как перспективный научный сотрудник был направлен на краткосрочные курсы радистов, затем убыл на фронт под Гродно связистом. После полутора-летней службы Зворыкина произвели в подпоручики и перевели в петроградскую Офицерскую электротехническую школу. Здесь заведовал учебной частью полковник Илья Эммануилович Муромцев, сотрудничавший с Главным военно-техническим управлением при Временном правительстве. Кроме того, он был тесно связан с Русским обществом беспроволочных телеграфов и телефонов (РОБТиТ), дочерним предприятием английской фирмы «Маркони» в Петрограде. Об этом обществе и самом Айзенштейне наш журнал писал в [4].

В 1916 году В.К. Зворыкин назначен военным представителем на Петроградском заводе РОБТиТ С.М. Айзенштейна. Общался он и с военным министром Сухомлиновым. По его распоряжению для освоения производства и исследований заводу передали французские радиотелефонные пере-





Рис. 4. Памятник В.К. Зворыкину рядом с Муромским историко-художественным музеем. Наши дни

датчики на высоковакуумных усиленных лампах.

После революции 1918 году с семьей эмигрировал в США, где изобретатель использовал широкие возможности для профессиональных исследований. Однако ничто не случается «просто так». Этот период жизни и работы Зворыкина малоизвестен, но интересен. Зворыкин эмигрировал вынужденно.

## История необычной эмиграции

На рис. 6 В.К. Зворыкин в военной форме в погонах вольноопределяющегося императорской армии. Погоны вольноопределяющихся от солдат и офицеров, прибывших в армию по призыву, отличались «шитьем по периметру». Такие же погоны носил в то время и выдающийся поэт Николай Гумилёв.

Возвращения Зворыкина к приемлемым условиям для исследовательской работы не предвиделось. Новое правительство издало строгие декреты: бывшие офицеры обязывались явиться в комиссариат для призыва в Красную Армию.

Зворыкин писал: «Мне не хотелось участвовать в гражданской войне. Более того, я мечтал работать в лаборатории, чтобы реализовать идеи, которые я вынашивал. В конце кон-

цов, я пришёл к выводу, что для подобной работы нужно уезжать в другую страну, и такой страной мне представлялась Америка» [2].

Без оснований выехать в Америку Зворыкин не мог, работа на заводе РОБТИТ была связана с секретным производством военной продукции. Узнав, что выписан ордер на его арест, как бывшего офицера, за неявку в комиссариат, Зворыкин спешно покинул Москву, решив добираться до Омска. В июле 1918 года инженера арестовали представители советской власти, но и здесь он не спасовал: удалось разыскать петроградского профессора Толмачева, снаряжающего арктическую экспедицию по рекам Иртыш, Обь и далее по Северному Ледовитому океану до Архангельска, тогда занятого войсками Антанты, где находились посольства стран, не признавших власть большевиков.

В Архангельске в посольстве Великобритании русскому учёному в визе отказали. Тогда Зворыкин встретился с послом США, и только так удалось получить американскую транзитную визу. Воспользовавшись визой, он посетил Норвегию, Данию и Англию, из которой на океанском лайнере «Мавритания» достиг США, но весной 1919 года талантливый сын отечества через Сизтл, Иокогаму, Владивосток и по транссибирской

дороге через Харбин вновь вернулся в Россию.

Затем Зворыкин был вызван к Верховному правителю России адмиралу А.В. Колчаку и согласился на предложение стать полномочным представителем в Америке с контрактом на 2 года. В США Зворыкин узнал о падении правительства Колчака и, оказавшись свободным от обязательств, стал искать новые средства к существованию. Обосноваться Зворыкину в Нью-Йорке помог известный русский учёный-гидродинамик Борис Александрович Бахметьев, бывший профессор Санкт-Петербургского технологического института, тогда посол России в Соединённых Штатах, пока ещё не признавших правительство большевиков. Он предложил Зворыкину работу по выполнению бухгалтерских расчётов на арифмометре в Русской закупочной комиссии в Нью-Йорке [5].

Через несколько месяцев из Германии к нему приехала супруга, а на одно из резюме пришёл отклик – Зворыкина пригласили на работу в Westinghouse Electric and Manufacturing (WE&M) в Питтсбурге, где инженер совершенствовал технологию нанесения бариевого покрытия на платиновую основу катода приёмно-усилительных ламп. Позже он ушёл из фирмы, был бизнесменом в Канзас-Сити – собирал в собственной квартире портативные радиоприёмники. В 1923 году Владимира Козьмича пригласили обратно в WE&M, предложив весьма выгодные условия. Через несколько месяцев, работая практически в одиночку, Зворыкин собрал электронную телевизионную установку и в декабре 1923 года подал заявку на изобретение телевизионной системы нового типа.

В этой системе видимое изображение проецировалось на фоточувствительную мозаику передающей трубки через сетку, являющуюся коллектором. Каждый элемент мозаики получал электрический заряд, пропорциональный освещённости данного участка изображения. Под воздействием электронного луча, сканирующего мозаику, заряд преобразовывался в соответствующий видеосигнал. Изначально в качестве приёмного устройства использовалась усовершенствованная им, но всё же малоподходящая осциллографическая трубка фирмы WE&M.

Затем В.К. Зворыкин уже профессионально сотрудничал с американскими компаниями, ведущими разработки в области радио, телевидения и электроники.

## Достижения и награды

Зворыкину принадлежат более 120 патентов на различные изобретения. Подавляющее их большинство получено в США. Изобретатель удостоен множества престижных научных наград, в частности медалей Говарда Поттса (1947, США), Эдисона (1952, США), Румфорда (1941), Фарадея (1965, Великобритания), медали почёта IEEE и других. В 1967 году Зворыкину вручена Национальная научная медаль США (National Medal of Science), она присуждается Президентом США по рекомендации Комитета Национальной научной медали, состоящего из 12 учёных и инженеров. В 1977 году Зворыкин избран в Национальный зал славы изобретателей. В 2013 году в России Национальной ассоциацией телерадиовещателей учреждена премия имени Владимира Зворыкина за достижения в области развития телевидения.

В России есть музей Владимира Козьмича в бывшей родовой усадьбе купцов Зворыкиных, а в 2013 году в Москве на берегу Останкинского пруда открыт памятник работы скульптора С. Гуляева «Владимир Зворыкин – изобретатель телевидения», где инженер изображён вместе с изобретением, перевернувшим мир. Этот памятник стал вторым значимым скульптурным



Рис. 6. Зворыкин в погонах вольноопределяющегося Российской императорской армии

монументом после памятника в Муроме, открытом в 2013 году к 125-летию со дня рождения прославленного российского инженера.

Также 31 июля 2013 года открыта Памятная доска Зворыкину в Муроме на здании реального училища (ныне средняя школа № 16). Именем Зворыкина названы улицы в Гусеве, где находится завод «Цифровые телевизионные системы», и в технопарке Сколково.

Выдающийся конструктор скончался 29 июля 1982 года в Принстоне (штат Нью-Джерси, США) в возрасте 94 лет.

## Базис изобретений Зворыкина

Если внимательно изучить историю изобретений элементов, положенных в основу будущего телевидения, уместно вспомнить, что с телевидением прямо связаны успешные эксперименты в радиопередаче сигнала на расстояние без проводов. В этой области отличились лейтенант итальянской армии, нобелевский лауреат Гульельмо Маркони, Александр Попов, Борис Розинг, Абрам Иоффе, В.К. Рентген, У. Шокли, Н.Г. Басов, А.М. Прохоров, Ч. Таунс, а много позже способствовал развитию телевидения через открытие эффектов суперпроводимости Ж.И. Алферов и многие другие учёные, имена которых менее известны. Даже в одном из определений телевидение описывается как технический «способ передачи и приёма на экран изображений движущихся и неподвижных объектов на расстоянии средствами электро- и радиосвязи».

Много исследований в области телевидения, причём в разных странах, велись параллельно. За первенство изобретения телевизора спорят многие, однако можно с большой долей уверенности выделить конкретных людей, создавших элементы будущего телевизора. Поэтому к истории телевидения относят лишь нескольких учёных, зафиксировавших результаты своих исследований. Идейно, концептуально и практическими исследованиями создание кинескопа предвосхитили и другие учёные с мировым именем.

История изобретения телевидения берёт своё начало на рубеже XIX–XX веков, когда Карл Фердинанд Браун в 1897 году создал катодную



Рис. 5. Зворыкин – студент университета

трубку, которая получила название трубки Брауна. М. Дикман и Г. Глаге в 1906 году получили патент на использование трубки Брауна для передачи изображений. Но ещё ранее, в 1903 году, Артур Венельт поместил в трубке цилиндрический электрод, позволявший менять интенсивность электронного луча и яркость свечения люминофора. Борису Розингу заслуженно принадлежало авторство (1907 г.) в изобретении ЭЛТ как главного элемента будущего телевизора. Учёный из Страны восходящего солнца Такаэнаги Кэндзи известен тем, что в нескольких экспериментах использовал диск Нипкова как элемент и прообраз электронно-лучевой трубки (ЭЛТ) и ещё в 1920-х годах представил прототип «телевизора» с разрешением 40 строк, названный впоследствии кинескопом. Примерно в то же время, в 1908 году, Алан Арчибальд Кэмпбелл-Суинтон, занимавшийся теоретическими изысканиями в сфере электронного телевидения, опубликовал статью о передаче изображения для визуального восприятия в научном журнале Nature. Борис Грабовский сконструировал телефот – электронный прибор, который по принципу передачи данных близок к современным телевизорам.

Изобретение прообраза иконоскопа имело преимущества по сравнению с другими устройствами: с использованием ЭЛТ достигалась более высокая точность передачи изображения путём бомбардировки люминесцентного экрана электронами. Техническая возможность полностью отклю-



чать свет в определённых областях, создавая глубокий чёрный цвет, сделала изображение насыщенным и реалистичным. С этим связана возможность регулировки уровня контрастности, когда почти без задержек сигнал передавался напрямую на ЭЛТ без дополнительных преобразований, что дало мгновенную реакцию и возможность почти натуралистической передачи динамичных сцен. Это выгодно отличало новые технологии в области развития телевизионного изображения от механического «диска Нипкова». Позже с развитием технологии, уже во время активной работы Зворыкина, кинескопы делали из однородной поверхности, равномерно подвергавшейся воздействию электронных лучей.

Некоторые недостатки первых ЭЛТ (кинескопов), такие как относительно низкая яркость изображения, мерцание экрана (передача изображения с частотой 25–60 Гц), вес и габариты, а также быстрое падение насыщенности люминофора – падение яркости ЭЛТ до 50% – в течение нескольких лет в первые годы «революционных»

изобретений никого не пугали. Лучшей альтернативы всё равно не было. Она появилась лишь спустя время с совершенствованием технологии передачи видекартинки, а также с развитием эффекта свечения кристаллов, что привело к прорывному успеху: созданию светодиодов и матриц на их основе. Позже появились LCD-телевизоры, яркость и насыщенность которых в несколько раз выше, чем у ЭЛТ (всего 120 нит в первых моделях), а долговечность, наработка до отказа и в целом надёжность – в десятки раз больше.

Как всякий талантливый человек, В.К. Зворыкин не был лишен чувства юмора. Любопытны некоторые его высказывания о массмедиа, к примеру: «Я никогда бы не позволил своим детям даже приближаться к телевизору. Это ужасно, что они там показывают... Хотя, конечно, есть в нём детали, которые мне удалось особенно хорошо. Лучшая из них – выключатель» [2].

Научное и интеллектуальное наследство Зворыкина поистине уникально и ценится в мире. Несмотря на то что

XX век с его ЭЛТ и супериконоскопами уже позади, достижения выдающихся российских конструкторов до сих пор лежат в основе множества современных технологий.

## Литература

1. Борисов В.П. Зворыкин. М.: Молодая гвардия, 2013. 316 с.
2. Владимир Зворыкин. Мемуары изобретателя телевидения. URL: <https://libcat.ru/knigi/dokumentalnye-knigi/biografii-i-memuary/229720-vladimir-zvorykin-zvorykin-memuary-izobretatelya-televideniya.html>.
3. Кашкаров А.П. В. Шмаков – «отец» русского телевидения // Радио. 2010. № 12. С. 5–6.
4. Кашкаров А. Семен Айзенштейн в истории радио и электроники // Современная электроника. 2025. № 2. С. 18–21. URL: [https://www.cta.ru/read/soel/SoEl\\_2025-2pr/18/index.html](https://www.cta.ru/read/soel/SoEl_2025-2pr/18/index.html).
5. К 134-летию со дня рождения Владимира Козьмича Зворыкина, создателя цветного телевидения. URL: <https://habr.com/ru/companies/timeweb/articles/748418>.



## НОВОСТИ МИРА. ЧИТАЙТЕ НА ПОРТАЛЕ WWW.CTA.RU

### Бензин из воздуха: стартап Aircela превращает CO<sub>2</sub> в синтетическое топливо

Нью-йоркский стартап Aircela представил компактную установку, способную улавливать углекислый газ прямо из атмосферы и превращать его в бензин – без использования ископаемого сырья. Разработка ориентирована на децентрализованное производство синтетического топлива и может стать альтернативой традиционным нефтепродуктам.

#### Как работает установка

Устройство высотой около 1,8 м и шириной порядка 0,9 м реализует полный замкнутый цикл «воздух → топливо»:

##### 1. Улавливание CO<sub>2</sub>

Воздух пропускается через водный раствор гидроксида калия (KOH), который связывает углекислый газ.

##### 2. Электролиз воды

- Вода расщепляется на водород и кислород.
- кислород выпускается в атмосферу;
- водород используется в дальнейшем синтезе.

##### 3. Синтез топлива

Уловленный CO<sub>2</sub> реагирует с водородом с образованием метанола, который затем перерабатывается в бензин.

Итоговый продукт – бензин без этанола, серы и тяжёлых металлов, пригодный для использования в обычных двигателях внутреннего сгорания без доработки.

#### Производительность и ограничения

По данным Popular Science, установка Aircela:

- улавливает до 10 кг CO<sub>2</sub> в сутки;
- производит около 4 литров бензина в день;
- имеет встроенный бак ёмкостью до 64 литров.

При такой производительности для полного заполнения автомобильного бака потребуется более двух недель, что подчёркивает: речь идёт не о массовой замене НПЗ, а о локальном и распределённом производстве топлива.

#### Экономика и планы

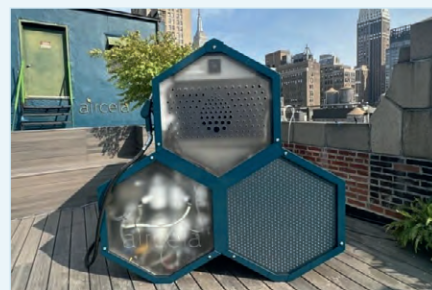
Компания пока не раскрывает:

- стоимость самой установки;
- себестоимость получаемого топлива.

При этом Aircela заявляет, что её долгосрочная цель – сделать синтетический бензин конкурентоспособным по цене с традиционным топливом.

Архитектура системы предусматривает:

- автономную работу одной установки;
- масштабирование за счёт объединения нескольких модулей в сеть.



Ограниченные коммерческие продажи планируются к концу 2026 года.

#### Почему это важно

Подход Aircela иллюстрирует растущий интерес:

- к Direct Air Capture (DAC) – прямому улавливанию CO<sub>2</sub> из атмосферы;
  - синтетическим видам топлива как способу использовать существующую топливную инфраструктуру;
  - децентрализованной энергетике и снижению углеродного следа без отказа от ДВС.
- Хотя текущая производительность далека от промышленных масштабов, подобные установки могут найти нишу:
- в удалённых районах;
  - для резервного топлива;
  - в корпоративных и исследовательских проектах по декарбонизации.





Специализированные конференции

# ПЕРЕДОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ АВТОМАТИЗАЦИИ 2026

Промышленная автоматизация

Цифровизация производства

Интернет вещей и большие данные

Искусственный интеллект

Информационная безопасность

Автоматизация зданий и инженерных систем

21-я специализированная конференция  
**11.02 ПТА – ЕКАТЕРИНБУРГ**

7-я специализированная конференция  
**24.03 ПТА – КАЗАНЬ**

17-я специализированная конференция  
**26–27.05 ПТА – САНКТ-ПЕТЕРБУРГ**

5-я специализированная конференция  
**22.09 ПТА – УФА**

16-я специализированная конференция  
**27.10 ПТА – НОВОСИБИРСК**

[www.pta-expo.ru](http://www.pta-expo.ru)





# 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 «СТА-ПРЕСС»

+7 (968) 567-30-06 / shop@cta.ru / www.cta.ru

**Приглашаем вас к сотрудничеству!**