

# СОВРЕМЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

2

2020

## ВОЗДЕЙСТВИЕ РАДИАЦИИ НА СИЛОВУЮ ЭЛЕКТРОНИКУ

В номере:

**ВОЛНОВОДНО-РЕЗОНАНСНОЕ  
РАСПРОСТРАНЕНИЕ  
РАДИАЦИОННЫХ ПОТОКОВ**

**TI ДЛЯ ИНДУСТРИИ 4.0  
И ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ**

**БЧЗ ДЛЯ ИНЕРЦИАЛЬНЫХ  
СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ**

**ЗАЩИТА  
ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ  
ОТ ГИТ ЭМИ ЯВ**

**ОБЛАЧНОЕ  
ПРОГРАММИРОВАНИЕ IoT**

**СОВЕТСКИЙ «ДОН КИХОТ»  
В РАДИОСТРОЕНИИ**

и многое другое...



RADIO —  
— RESISTANCE

**БЕСПЛАТНАЯ  
ИДЁТ!  
ПОДПИСКА  
2020  
для специалистов**



App Store



Google Play



МИНПРОМТОРГ  
РОССИИ



Главное событие отрасли  
в России и странах СНГ

# ФОТОНИКА МИР ЛАЗЕРОВ И ОПТИКИ

**31 марта – 3 апреля 2020**

При поддержке Министерства  
промышленности и торговли РФ

Под патронатом ТПП РФ



Реклама 12+



15-я юбилейная международная  
специализированная выставка  
лазерной, оптической  
и оптоэлектронной техники

Россия, Москва, ЦВК «Экспоцентр»  
[www.photonics-expo.ru](http://www.photonics-expo.ru)



ЛАЗЕРНАЯ АССОЦИАЦИЯ

**60** ЭКСПОЦЕНТР



ПОДПИСКА НА ЖУРНАЛЫ

**УЖЕ ОПЛАЧЕНА**

РЕКЛАМОДАТЕЛЯМИ

Бесплатная подписка для специалистов



3 идентичные версии: печатная, электронная, мобильная



Мобильное приложение



App Store Google Play

СОВРЕМЕННАЯ  
ЭЛЕКТРОНИКА

Мобильное приложение



App Store Google Play

[WWW.CTA.RU](http://WWW.CTA.RU)

[WWW.SOEL.RU](http://WWW.SOEL.RU)

Подписка оформляется на сайтах журналов

**MARKET****4 Russian Market News****MODERN TECHNOLOGIES**

- 8 The Phenomenon and Consequence of Waveguide-Resonance Propagation and X-Ray Fluxes Interaction. Part 2**  
*Evgeniy Egorov, Vladimir Egorov, Alexey Galitsyn*
- 14 Influence of Radiation Factors on Semiconductor Components of Power Electronics. Part 1**  
*Viktor Bezrodny*

**ELEMENTS AND COMPONENTS**

- 20 Modern Components for Industry 4.0 and the IoT from Texas Instruments**  
*Yuriy Petropavlovskiy*

**DEVICES AND SYSTEMS**

- 28 Oscilloscope Triggering Advanced Course: Trigger Performance Characteristics**  
*Colin F. Mattson*
- 32 Block of Sensitive Elements for Inertial Control Systems**  
*Dmitriy Gamanuk*
- 36 Electronic Relay for Protection of Power Electrical Equipment from Geomagnetic-Induced Currents of the Electromagnetic Pulse of a Nuclear Explosion**  
*Vladimir Gurevich*

**ENGINEERING SOLUTIONS**

- 42 Unipolar Power Supply of an Amplifier with Powerful Op Amps in Bridge Connection. Part 2**  
*Alexey Kuzminov*
- 46 NRF24L01 Radio Module for the IoT**  
*Oleg Valpa*
- 52 Magnetometer on the UART-USB Module**  
*Andrey Shabronov*
- 54 Controller Board for Security Detectors «Astra-5» and IO 102-26**  
*Sergey Shishkin*

**DESIGN AND SIMULATION**

- 58 Increasing the Resource of Reed-Relay by Optimizing the Acting Magnetomotive Force. Part 1**  
*Nikolay Lemeshko, Pavel Stroonin*
- 62 Cloud Programming of IoT Projects**  
*Oleg Valpa*
- 66 Review of Altium Concord Pro**  
*Aleksandr Fen'*

**PAGES OF HISTORY**

- 72 Soviet «Don Quixote» and a Pioneer in Radio Engineering. To the 125<sup>th</sup> Anniversary of the Birth of Academician A.L. Mints**  
*Vladimir Bartenev*

**COMPETENT OPINION**

- 76 Quality Management Systems and Expanding the Capabilities of Organizations Based on them**  
*Dmitriy Gamanuk*

Журнал «Современная электроника»

Издаётся с 2004 года

Главный редактор А.А. Смирнов  
Редакционная коллегия А.Е. Балакирев, В.К. Жданкин, С.А. Сорокин, Р.Х. Хахимов  
Вёрстка А.М. Бабийчук  
Обложка Д.В. Юсим  
Распространение С.Ю. Чепурова (info@soel.ru)  
Реклама И.Е. Савина (advert@soel.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: 119313, Москва, а/я 26

Тел.: (495) 232-0087 • Факс: (495) 232-1653

info@soel.ru • www.soel.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.)  
Свидетельство № 00271-000 о внесении в Реестр надёжных партнёров ТПП РФ.

Отпечатано: ООО «МЕДИАКОЛОР».

Адрес: Москва, Сигнальный проезд, 19, бизнес-центр Вэлдан  
Тел./факс: (499) 903-6952

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, 2020

**МОБИЛЬНОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ «СОВРЕМЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА»**

можно скачать в **Google Play** в разделе «Приложения/Бизнес» (пользователям устройств на платформе Android) и в **App Store** в разделе «Бизнес» (пользователям iOS).  
Ко всем номерам журнала доступ в приложении бесплатный.

**ПОДПИСКА**

Концепция распространения журнала – **БЕСПЛАТНАЯ ПОДПИСКА ДЛЯ СПЕЦИАЛИСТОВ**.  
Предусмотрена подписка на печатную или электронную версию журнала. Условие сохранения такой подписки – своевременное её продление каждый год.

**ПЛАТНАЯ ПОДПИСКА С ГАРАНТИРОВАННОЙ ДОСТАВКОЙ**

Преимущества:

- гарантированная доставка журнала, тогда как при бесплатной подписке редакция гарантирует только отправку, но не доставку журнала;
- подписка доступна любому желающему по всему миру.

**ОФОРМЛЕНИЕ ПЛАТНОЙ ПОДПИСКИ**

В любом почтовом отделении России,

подписное агентство «Роспечать»:

Тел.: (495) 921-2550.

Индексы на полугодие – 46459, на год – 36280.

Подписное агентство «Урал-Пресс»:

Тел.: (499) 700-0507 • http://www.ural-press.ru

# СОДЕРЖАНИЕ 2/2020

## РЕКЛАМОДАТЕЛИ

Bulgin . . . . .	6
EREMEX (Delta Design) . . . . .	13
IEE. . . . .	24
Keysight Technologies 4-я стр. обл.	
MENTOR . . . . .	5, 7
Raystar Optronics . . . . .	6
Schaefer. . . . .	26
XP EMCO . . . . .	45
АРБЕЛОС . . . . .	34
ММП-Ирбис . . . . .	41
ПРОСОФТ. . . . .	5
ПСБ Технологии . . . . .	4
ТЕСТПРИБОР . . . . .	50–51
ЭЛМ (ALTIUM) . . . . .	4, 67

**МОБИЛЬНОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ  
ВСЕ НОМЕРА БЕСПЛАТНО!**



## РЫНОК

**4** Новости российского рынка

## СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

- 8** Явление и последствия волноводно-резонансного распространения и взаимодействия радиационных потоков. Часть 2  
*Евгений Егоров, Владимир Егоров, Алексей Галицын*
- 14** Воздействие радиационных факторов на полупроводниковые компоненты силовой электроники. Часть 1  
*Виктор Безродный*

## ЭЛЕМЕНТЫ И КОМПОНЕНТЫ

**20** Современные компоненты для систем Индустрии 4.0 и Интернета вещей от Texas Instruments  
*Юрий Петропавловский*

## ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

- 28** Характеристики системы запуска осциллографа  
*Колин Мэттсон*
- 32** Блок чувствительных элементов для инерциальных систем управления  
*Дмитрий Гаманюк*
- 36** Электронное реле для защиты силового электрооборудования от воздействия геомагнитно-индуцированных токов ЭМИ ЯВ  
*Владимир Гуревич*

## ИНЖЕНЕРНЫЕ РЕШЕНИЯ

- 42** Однополярное питание аудиоусилителя на мощных ОУ в мостовом включении. Часть 2  
*Алексей Кузьминов*
- 46** Модуль радиосвязи nRF24L01 для Интернета вещей  
*Олег Вальпа*
- 52** Магнитометр на модуле UART-USB  
*Андрей Шабронов*
- 54** Плата контроллера для охранных извещателей «Астра-5» и ИО 102-26  
*Сергей Шишкин*

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ И МОДЕЛИРОВАНИЕ

- 58** Повышение ресурса герконов за счёт оптимизации воздействующей магнитодвижущей силы. Часть 1  
*Николай Лемешко, Павел Струнин*
- 62** Облачное программирование проектов Интернета вещей  
*Олег Вальпа*
- 66** Обзор Altium Concord Pro  
*Александр Фень*

## СТРАНИЦЫ ИСТОРИИ

**72** Советский «Дон Кихот» и первопроходец в радиостроении. К 125-летию со дня рождения академика А.Л. Минца  
*Владимир Бартенев*

## КОМПЕТЕНТНОЕ МНЕНИЕ

**76** Системы менеджмента качества и расширение возможностей организаций на их основе  
*Дмитрий Гаманюк*

# Новости российского рынка

## СПЕЦПРЕДЛОЖЕНИЕ

### РАДИКАЛЬНОЕ УЛУЧШЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПРИЁМЕРЕДАТЧИКОВ СКОРОСТНЫХ ЦИФРОВЫХ РАДИОЛИНИЙ

В 1000 и более раз можно увеличить чувствительность приёмников и уменьшить мощность передатчиков скоростных радиолоний с короткими сигналами с фазовой или амплитудно-фазовой манипуляцией.

Разработка подтверждена компьютерным моделированием и действующим макетом.

*Михайлов Владимир Борисович*

*Тел.: (985) 248-2535*



### СПЕЦИАЛЬНАЯ ЦЕНА НА ALTIUM CONCORD PRO

Компания Altium, ведущий мировой разработчик в области проектирования электронных устройств, и ООО «ЭЛМ», дистрибьютор программных решений Altium на территории России, объявляют о начале действия специального предложения на приобретение лицензий Altium Concord Pro.

Altium Concord Pro гармонично и бесшовно работает с Altium Designer, что предоставляет элегантное решение для надёжного управления компонентами и проектными данными, а также тесную интеграцию с механическим САПР.

Concord Pro не только обеспечивает надёжное и безопасное хранение данных, но также позволяет повторно выпускать их в отдельные ревизии и, таким образом, отслеживать проектные изменения без перезаписи ранее выпущенных данных.

Altium Concord Pro упрощает двунаправленную совместную работу над проектом с



поддерживаемыми платформами механического проектирования. Это позволяет проектным группам MCAD и ECAD передавать друг другу изменения формы платы, положения компонентов и крепёжных отверстий, а также создавать интеллектуальную связь 3D-моделей с данными электрических компонентов, тем самым формировать унифицированную модель компонента, которая точно отражает конструкторский замысел из соответствующих областей проектирования.

На данный момент поддерживаются САПР: SOLIDWORKS, Autodesk Inventor и PTC Creo.

С 1 февраля по 30 июня 2020 года действуют выгодные условия на приобретение лицензий Altium Concord Pro.

Более подробную информацию о стоимости лицензий, обучения и внедрения Altium Concord Pro можно найти на сайте <https://www.altiumconcord.pro> или обратиться к специалистам компании «ЭЛМ» по телефону +7 (495) 005-51-45 и электронной почте [info@elm-c.ru](mailto:info@elm-c.ru).

## СОБЫТИЯ

### «ПСБ ТЕХНОЛОГИИ» НА EXPOELECTRONICA 2020

Компания ООО «ПСБ технологии» более 20 лет оказывает высококачественные услуги по контрактному производству электроники, проектированию, поставке комплектующих и многослойных печатных плат.



С 14 по 16 апреля 2020 года в Москве в МВЦ «Крокус Экспо» пройдёт ежегодная международная выставка ExpoElectronica 2020. Приглашаем всех наших партнёров и заказчиков посетить выставку и стенд компании «ПСБ технологии».

В выставке ExpoElectronica принимают участие как российские, так и зарубежные производители и дистрибьюторы электронных компонентов, модулей и комплектующих. Со-

вместно с ExpoElectronica проводится выставка ElectronTechExpo, которая вот уже многие годы является важнейшей бизнес-площадкой для представителей отрасли и позволяет погрузиться в мир современных технологий, обсуждать и принимать планы на будущее, заключать новые контракты, планировать и подводить итоги работы. Другими словами, событие такого масштаба становится центром притяжения для всего передового и инновационного в отрасли.

В 2019 году выставку ExpoElectronica посетили 11 674 специалиста со всего мира, 457 компаний показали современное оборудование, свою продукцию и рассказали о своих технологических возможностях.

В 2020 году ключевыми темами выставки станут современные технологии сетей 5G, услуги по контрактному производству электроники и поставке печатных плат.

Выставки ExpoElectronica и ElectronTechExpo проводятся при поддержке Коллегии военно-промышленной комиссии РФ, Комитета Государственной Думы по информационной политике, информационным технологиям и связи, Департамента предпринимательства и инновационного развития города Москвы, Департамента радиоэлектронной промышленности Министерства промышленности и торговли РФ.

Выставки ExpoElectronica и ElectronTechExpo из года в год собирают на своей площадке множество компаний, работающих в области создания современной электроники. Эти мероприятия, посвящённые важнейшим составляющим рынка разработки и производства электронной аппаратуры, стали одним из важнейших российских событий отрасли.

[www.pcbtech.ru](http://www.pcbtech.ru)

Тел.: (495) 988-8324

## ПРОСОФТ – НОВЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР КОМПАНИИ SMITHS INTERCONNECT

6 декабря 2019 года компании **Smiths Interconnect** и **ПРОСОФТ** подписали договор, согласно которому ПРОСОФТ является дистрибьютором компонентов и решений Smiths Interconnect на территории РФ.

Smiths Interconnect – ведущий поставщик электронных компонентов, подсистем, микроволновых и радиочастотных продуктов, которые используются в критически важных отраслях, таких как коммерческая авиация, космос, медицина, железнодорожный транспорт, а также в лабораторных испытаниях, беспроводных телекоммуникациях и промышленных применениях.

В программу поставок Smiths Interconnect входит следующая продукция:

- соединители (высокоскоростные, высокой мощности, прямоугольные, цилиндрические, на печатную плату, в том числе стан-

дартных типов ARINC600, MIL-DTL-38999, VME, PC-104+, compactPCI, VPX);

- кабельные сборки (высокопроизводительные ВЧ кабельные сборки, высокофазостабильные до 60 ГГц);
  - радиочастотные компоненты (обширный ассортимент коммерческих и высоконадежных компонентов до 50 ГГц);
  - устройства миллиметрового диапазона;
  - оптические трансиверы (встраиваемые трансиверы Reflex Photonics представляют собой компоненты размером с микросхему, основанные на технологии 850 нм VCSEL и обеспечивающие пропускную способность до 300 Гбит/с для приложений с радиусом действия <300 м).
- В компонентах Smiths Interconnect используются оригинальные высокотехнологичные разработки, например гиперболическая контактная система Hypertac® в соединителях. Форма контактной гильзы образована гиперболически расположенными контактными проводниками, которые упруго выравнива-



ют себя как контактные линии вокруг штыря, обеспечивая ряд линейных контактных дорожек. Наименьший диаметр штыря составляет 0,3 мм, верхнего предела практически нет.

Smiths Interconnect – часть группы компаний Smiths, глобального лидера в области разработки производства высокотехнологичных компонентов, систем и комплексов для применения в критических областях: медицине, промышленности, безопасности, энергетике, авиации и космосе.

[www.prosoft.ru](http://www.prosoft.ru)  
Тел. (495) 234-0636

## ЭЛЕМЕНТЫ И КОМПОНЕНТЫ

### M-Fiber – инновационное оптоволокно для создания индивидуальных световых решений

MENTOR, одна из ведущих компаний в области световых разработок, расширяет свою продуктовую линейку и предлагает **M-Fiber** – волокна бокового свечения. Это волокно позволяет реализовывать даже самые уникальные проекты освещения, благодаря превосходному качеству света.



Система M-Fiber состоит из самого оптоволокна, компактных, но высокоэффективных светодиодных модулей и соответствующих драйверов. MENTOR предлагает отдельные компоненты системы M-Fiber как в базовом, так и в модернизированном виде, которые будут разработаны и изготовлены в соответствии с конкретными требованиями заказчика. Ассортимент включает в себя волокна различной длины (от 250 до 3000 мм). При длине волокна меньше 1500 мм потребуется только один светодиодный модуль, а для большей длины рекомендуется использовать два таких модуля.

Основные технические характеристики:

- волокно – ПЭНП диффузный белый, наружный Ø3,3 мм;
- наружная часть волокна – алюминий AW6082 гофрированный, наружный Ø5,5 мм;
- стандартные длины 0,25 /0,50 /0,75 /1,00 /50 /2,00 /2,50 /3,00 м.

С точки зрения производительности клиенты могут выбирать между двумя вариантами: белым или RGB-светодиодным модулем. Внутри светодиодного модуля прецизионная оптика обеспечивает идеальное смешивание заданного цвета, а также превосходное качество света и максимальную эффективность, благодаря идеальной фокусировке световых лучей.

Волокна, используемые для M-Fiber, тонкие, гибкие и допускают малые радиусы изгиба, при этом эффективно обеспечивая однородную яркость без видимых отклонений цвета с углом излучения 360°. Для этого активируются полимерные оптические волокна (сокращённо POF), изготовленные из ПИММА, путём придания им светорассеивающей поверхностной структуры. После чего волокна связывают и покрывают диффузным слоем.

В зависимости от применения волокна оно может быть активировано по всей длине или только частично. При частичной активации только определённые области волокна освещаются целевым образом и оптимизируются с учётом потерь. Это предотвращает нежелательный рассеянный свет и увеличивает эффективность интегрированной системы освещения. С этой технологией также возможны разно-

цветное освещение, ходовые огни или аналогичные сценарии динамического освещения.

В сочетании с одно- или многоцветными светодиодными модулями для одно- или двухстороннего освещения M-Fiber позволяет создавать индивидуальное освещение длиной до нескольких метров.

M-Fiber представляет собой систему освещения, в которой все отдельные компоненты могут быть адаптированы к соответствующим требованиям заказчика. В дополнение к высокой гибкости системы и выдающемуся качеству света другими преимуществами новой технологии являются низкие первоначальные затраты и короткие сроки разработки.

Новое боковое световое волокно даёт дизайнерам и разработчикам продукции несколько способов достижения функционального, декоративного линейного или непрямого окружающего освещения. Возможно создание освещения практически любой формы. Благодаря пространственному разделению источника света и светоизлучающей поверхности, M-Fiber можно также использовать под водой, во взрывобезопасных зонах и в пищевой промышленности.

Области применения высококачественного, интегрированного в продукт света такого типа очень широки: секторы автомобильной промышленности, машиностроения, инженерные услуги в строительстве, мебель для дома и офиса, бытовая техника и техника безопасности.

[www.prochip.ru](http://www.prochip.ru)  
Тел.: (495) 232-2522

## 1,28-дюймовый OLED-дисплей REA012864L на монтажной печатной плате

Компания *Raystar Optronics* выпустила графический OLED-дисплей **REA012864L** с разрешением 128×64 пикселя. Размер экрана по диагонали 1,28". Дисплей выполнен на печатной плате с монтажными отверстиями (размер платы 35,5×32,0 мм).

Управление работой дисплея осуществляется микросхемой драйвера-контроллера SH1106, которая поддерживает интерфейс I<sup>2</sup>C, коэффициент мультиплексирования строк 1/64.

Управляющая микросхема контроллера размещается непосредственно на подложке дисплея (технология COG, Chip-on-Glass). Технология COG позволяет уменьшить габариты и стоимость дисплейного модуля. Дисплеи, изготовленные по этой

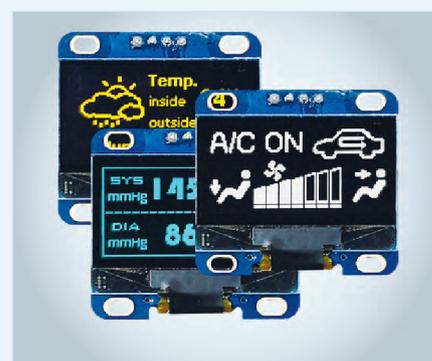
технологии, широко применяются в портативных приборах.

Хороший контраст (2000:1) позволяет OLED-дисплею выводить очень чёткое изображение при весьма невысокой яркости.

Напряжение питания логической части дисплея составляет +3/+5 В. Напряжение питания индикатора 7,5 В (внутреннее повышение напряжения). При наличии 50% светящихся пикселей потребляется ток 25 мА (при напряжении V<sub>DD</sub>=+3 В). Дисплей способен функционировать в диапазоне температур от -40 до +80°C. Диапазон температур хранения от -40 до +85°C.

Основные технические характеристики OLED-дисплея REA012864L:

- габариты дисплейного модуля 35,5×32×2,66 мм;
- рабочая площадь экрана 29,42×14,2 мм;
- разрешение матрицы 128×64;
- размер пикселя 0,205×0,197 мм;



- шаг пикселя 0,230×0,222 мм;
- адресация: пассивно-матричная;
- коэффициент мультиплексирования 1/64;
- цвет свечения экрана: белый/жёлтый/небесно-голубой;
- микросхема драйвера SH1106;
- интерфейс I<sup>2</sup>C.

[www.prochip.ru](http://www.prochip.ru)  
Тел.: (495) 232-2522

## Круглый ЖК дисплейный модуль с разрешением 128×128

Компания *Raystar Optronics* представляет монохромный графический жидкокристаллический индикатор **RX128128A** с точечной матрицей формата 128×128 пикселей.

Этот круглый дисплейный модуль, созданный на основе STN (Super Twist Nematic) материалов, имеет встроенную микросхему контроллера ST75161, которая обеспечивает управление через параллельные интерфейсы 8080/6800, 3- и 4-проводные последовательные интерфейсы SPI и I<sup>2</sup>C. Метод управления – мультиплексирование 1/136 и BIAS 1/12 (режим формирователя напряжений). Направление наблюдения снизу (6:00 часов) – для горизонтального положения.



Напряжение питания для логической части дисплея RX128128A от 2,7 до 3,3 В (типичное значение 3 В). Дисплейный модуль способен работать в диапазоне температур от -20 до +70°C, температура хранения от -30 до +80°C.

Доступны модели, выполненные с чёрно-белым контрастом, использующие ком-

пенсационные фильтры-корректоры FSTN (Film compensated STN) как позитивного типа, так и негативного (двухслойная плёнка).

Основные технические характеристики дисплея RX128128A:

- габариты дисплейного модуля 55×57×6,18 мм;
- видимая площадь экрана 42×42 мм;
- рабочее поле 44×44 мм;
- размер пикселя 0,308×0,308 мм;
- шаг пикселя 0,310×0,310 мм;
- метод управления – мультиплексирование: 1/136 и BIAS 1/12;
- модели: RX128128A-HW (FSTN, позитивная, отражающая) и RX128128A-DIW (FSTN, негативная, Double film);
- система подсветки светодиодная.

[www.prochip.ru](http://www.prochip.ru)  
Тел.: (495) 232-2522

## Оптические разъёмы Vulgin воды и грязи не боятся!

На вершине коммуникационной мачты, на стройплощадке или на дне моря – теперь оптическое волокно можно найти практически везде. Эти тонкие нити из стекловолокна являются идеальным способом передачи информации на огромные расстояния со скоростью света. Однако применение телекоммуникационного оборудования в суровых условиях приводит к увеличению требований к жёстким оптоволоконным разъёмам.

Перед созданием соответствующего решения инженерам необходимо рассмотреть условия среды, в которой будут использоваться разъёмы: является ли среда

грязной или пыльной; взаимодействует ли разъём с водой; подвергается ли воздействию прямых солнечных лучей, низких температур или морской среды (брызги солёной воды); существует ли опасность повреждения оборудования грызунами или риск других механических воздействий.

Если ответ хотя бы на один из поставленных вопросов положительный, важно предпринять все меры, чтобы сделать оптоволоконные соединения более защищёнными.

Выбор надёжного прочного оптического разъёма, не подверженного воздействию воды, пыли, температуры и ударов, в конечном итоге обеспечит возврат инвестиций. Время простоя и затраты на тех-

ническое обслуживание можно снизить, предотвращая загрязнение или повреждение этих хрупких волокон, накопившиеся в течение многих лет. Обеспечивая абсолютную безопасность соединений, можно отказаться от громоздких корпусов вокруг них.

На рынке существует несколько различных типов надёжных соединений. Важно выбрать один, который обеспечивает наилучший тип защиты, требуемый для условий его эксплуатации. Одним из важных факторов будет выбор прочного соединителя с простым способом фиксации, для которого не требуется специализированное оборудование или дополнительное сервисное обслуживание.

Волоконно-оптический разъем **серии 4000** от фирмы *Bulgin* является самым маленьким стандартным герметичным интерфейсным соединителем на рынке. Оптоволоконное соединение устойчиво к ультрафиолетовому излучению, солевому аэрозолю и герметизировано по классам IP66, IP68 и IP69K, в то же время обеспечивает стандартный интерфейс LC в соответствии с IEC 61754-20.

Разъемы в закрытом состоянии могут быть полностью погружены в воду на глубину до 10 м на срок до двух недель (на основании испытаний по классу IP68). Герметичное соединение не позволяет воде просочиться внутрь и повредить волокно. Разъем также может выдерживать температуру от  $-25$  до  $+70^{\circ}\text{C}$  и защищает волокно от грязи и пыли.

Для дуплексного оптического соединения лучше всего подойдет оптоволоконно **серии 6000**. Как и разъем серии 4000, оптический соединитель серии 6000 применяется для наружной работы, в FTTH технологиях, проектирования серверных помещений, гражданского строительства, авиации и железнодорожного транспорта.

Разъем серии 6000 рассчитан на годы эксплуатации в тех областях, где использование



PXF6050

незащищенного волокна невозможно. Обладая надежным, но в то же время простым в использовании механизмом блокировки, эта серия обладает проверенными на практике характеристиками защиты по классу IP68 и IP69K.

По сравнению с симплексным оптическим разъемом серии 4000, дополнительное стекловолокно в этом дуплексном разюме может удвоить возможности передачи данных, где это необходимо.

Благодаря прочным разюмам *Bulgin* инженеры теперь могут планировать проклад-



PXF4050

ку оптоволоконна в суровых условиях, не опасаясь повреждения соединения кабеля низкими температурами и льдом, а также без затрат на антифризы и необходимости дополнительной защиты в виде громоздких корпусов.

На рисунках представлены: симплексный оптический разъем серии 4000 (код PXF4050) и дуплексный оптический разъем 6000 (код PXF6050).

[www.prochip.ru](http://www.prochip.ru)

Тел.: (495) 232-2522



Светопроводник к Вашему успеху



Автоматизация



Автомобилестроение



Медицина

## Световоды для SMD- и THT-светодиодов

### Особенности:

- Световоды со степенью защиты IP68
- Диапазон температур:  $-40...+85^{\circ}\text{C}$
- Возможно изготовление заказных изделий

**ProChip**  
POWERED BY ProSoft

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР

АКТИВНЫЙ КОМПОНЕНТ ВАШЕГО БИЗНЕСА

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



ProChip

# Явление и последствия волноводно-резонансного распространения и взаимодействия радиационных потоков

## Часть 2

Евгений Егоров, Владимир Егоров (egorov@iptm.ru),  
Алексей Галицын (a.a.galitsyn@gmail.com)

Во второй части статьи, посвящённой описанию недавно открытого нового физического явления – волноводно-резонансного распространения и взаимодействия радиационных потоков (рентгеновских, оптических, потоков элементарных частиц), рассмотрено взаимодействие радиационных потоков через взаимное влияние возбуждённых ими однородных интерференционных полей стоячих волн и волноводно-резонансное распространение потоков частиц с ненулевой массой покоя.

### ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ РАДИАЦИОННЫХ ПОТОКОВ ЧЕРЕЗ ВЗАИМНОЕ ВЛИЯНИЕ ВОЗБУЖДЁННЫХ ИМИ ОДНОРОДНЫХ ИНТЕРФЕРЕНЦИОННЫХ ПОЛЕЙ СТОЯЧИХ ВОЛН

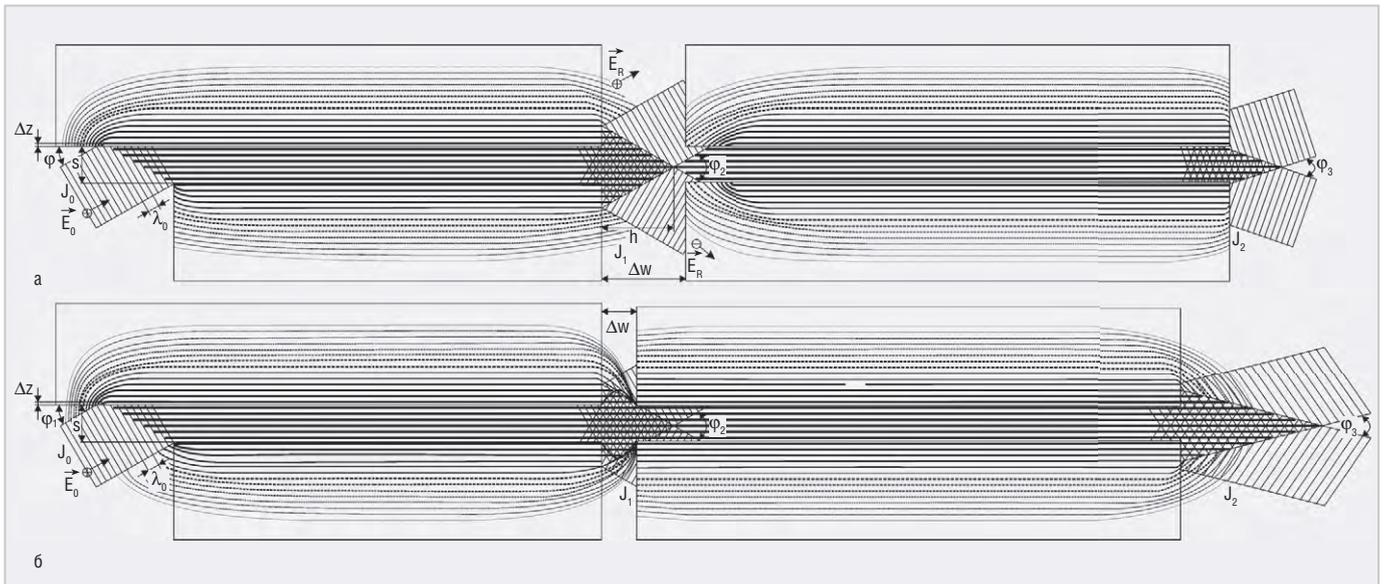
Плоский рентгеновский волноводно-резонатор (ПРВР) простейшего дизайна захватывает радиационный поток в угловом интервале, не превышающем удвоенного значения критического угла полного внешнего отражения этого квазимонохроматического излучения для материала рефлекторов волноводно-резонатора, транспортирует его своим щелевым зазором почти без ослабления и формирует на своём выходе нитевидный радиационный поток наноразмерной ширины и повышенной радиационной плотности, характеризующийся угловой расходимостью, соответствующей углу захвата рентгеновского излучения. Наличие угловой расходимости формируемого потока, составляющей обычно величину около  $0,1^\circ$ , с практической точки зрения оказывается крайне нежелательным фактором, поскольку этот поток уже на расстоянии 4–5 см от выходного среза ПРВР теряет свои главные достоинства: наноразмерность и повышенную радиационную плотность (принципиально важные в микроэлектронике).

Поэтому одним из направлений совершенствования рентгеновских волноводно-резонансных структур был поиск технических решений, позволяющих уменьшить угловую расходимость

формируемого потока в сравнении с углом захвата радиации при сохранении его интегральной интенсивности. В результате проведения поисковых мероприятий удалось разработать конструкцию составного волноводно-резонатора, которая позволила уменьшить угловую расходимость формируемого рентгеновского пучка при неизменной величине его интегральной интенсивности [1]. Конструкция составного плоского рентгеновского волноводно-резонатора (СПРВР) состоит из двух последовательно установленных на некотором расстоянии друг от друга и взаимно съюстированных ПРВР простейшей конструкции. При этом оказалось, что если расстояние между ними не превышает некоторую критическую величину, определённую экспериментально и впоследствии рассчитанную из модельных соображений ( $\Delta z = \lambda_0^3 / 8 \times \Delta \lambda^2$ ), то интегральная интенсивность формируемого рентгеновского пучка остаётся неизменной, а его угловая расходимость оказывается меньше угла захвата радиации первым ПРВР. Если расстояние между ПРВР превышало значение этого критического параметра, интегральная интенсивность формируемого пучка резко падала, хотя и вместе со скачкообразным уменьшением его угловой расходимости. К сожалению, для случая, когда  $\Delta w < \Delta z$ , пока не удалось получить аналитической зависимости, связывающей изменение расстояния между последовательно установленными ПРВР и углом расходимости формируемого пучка.

Статья публикуется в авторской редакции. Мнение редакции не всегда совпадает с позицией автора. Но редакция открыта для диалога и предоставляет специалистам возможность донести свои идеи до аудитории журнала. Специализированный журнал – это информационная площадка, на которой порой встречаются самые невероятные проявления творческой мысли.

Экспериментальные измерения показали, что на параметр расходимости также влияют форма и качество обработки торцов кварцевых рефлекторов, образующих ПРВР простейших конструкций, составляющих СПРВР. Сравнение экспериментальных данных, полученных в условиях варьирования расстояния между последовательно установленными ПРВР, дало основание предположить, что составной волноводно-резонатор демонстрирует свои удивительные свойства по уменьшению угловой расходимости формируемого рентгеновского пучка (при сохранении его интегральной интенсивности) в результате взаимодействия однородных интерференционных полей стоячих рентгеновских волн, возбуждённых в щелевых зазорах ПРВР, образующих составной волноводно-резонатор. Дело в том, что однородное интерференционное поле стоячей рентгеновской волны не только заполняет всё внутреннее пространство плоского протяжённого щелевого зазора ПРВР, но и характеризуется наличием некоего «клина выпячивания» поля из зазора. Длина этого клина независимо от ширины щелевого зазора определяется выражением  $\Delta z$ , приведённым выше, которое характеризует критический параметр для функционирования СПРВР. Если расстояние между последовательно расположенными ПРВР превышает значение этого параметра, такая структура перестаёт функционировать как составной вол-



**Рис. 3. Схемы формирования потока рентгеновской квазимонохроматической радиации парой последовательно установленных и взаимно съюстированных плоских рентгеновских волноводов-резонаторов простейшей конструкции в условиях, когда расстояние между ними больше критического  $\Delta w > \lambda_0^3/8 \times \Delta \lambda^2$  значения (а) и меньше этой величины (б)**

новод-резонатор. Визуально это показано на рисунке 3.

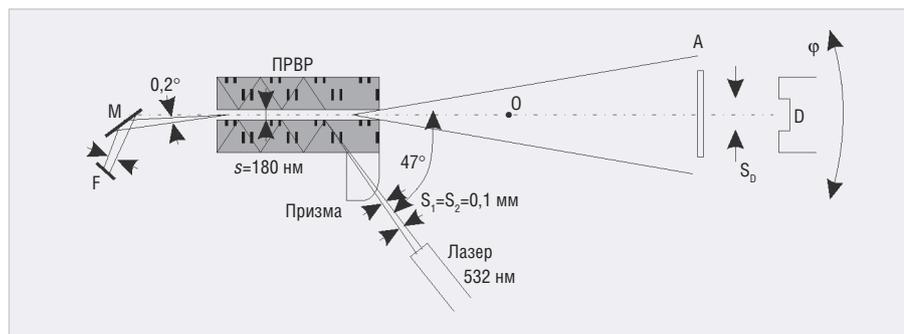
В случае больших расстояний между ПРВР (см. рис. 3а), превышающих размеры «клина выпячивания» однородного интерференционного поля, возбуждённого в щелевом зазоре первого ПРВР, второй волновод-резонатор оказывается способным захватить лишь ту часть потока квазимонохроматической рентгеновской радиации, сформированного первым ПРВР, которая определяется геометрическими соображениями. Эта часть, составляющая ничтожную долю интенсивности потока, сформированного первым ПРВР, возбуждает однородное интерференционное поле стоячей рентгеновской волны во втором ПРВР и формирует выходной пучок рентгеновского излучения малой угловой расходимости и низкой интегральной интенсивности. В то же время если расстояние между последовательно установленными ПРВР оказывается меньше значения критического параметра ( $\Delta w < \Delta z$ ), ситуация с захватом излучения вторым ПРВР резко меняется. В этом случае возникшее в первоначальный момент попадания излучения во второй ПРВР однородное интерференционное поле стоячей рентгеновской волны начинает взаимодействовать с однородным интерференционным полем первого ПРВР (см. рис. 3б). Это взаимодействие приводит к постепенному развороту всего рентгеновского потока, сформированного первым ПРВР, в щелевой зазор второго волновода-резонатора. В итоге в стационар-

ном режиме весь поток будет захвачен вторым ПРВР, то есть будет отмечен эффект частичного углового туннелирования радиационного потока. Вследствие преобладания и всеобщности волновых явлений этот эффект может ожидать у волновых процессов любой длины волны, в том числе для оптического и радиодиапазонов.

Выполненные экспериментальные исследования показали, что эффект частичного углового туннелирования радиационных потоков, приводящий к уменьшению угловой расходимости формируемого на выходе СПРВР радиационного потока, сопровождается ухудшением монохроматичности излучения и, следовательно, приводит к уменьшению его длины когерентности [2]. Однако важнейшим результатом исследований особенностей функционирования СПРВР явилось экспериментальное установление реальной возможности взаимодействия однородных интерференционных полей стоячих радиационных волн, приводящей к реально наблюдаемым изменениям параметров радиационных потоков. В процессе изучения особенностей обнаруженного эффекта возник соблазн попытаться зарегистрировать его проявление, используя однородные интерференционные поля стоячих радиационных волн, возбуждённых потоками излучения различной природы. Использование для этих целей однородного интерференционного поля оптических стоячих волн продемонстрировало обнадёживающие результаты [3].

Для изучения особенностей возможного взаимодействия однородных интерференционных полей, возбуждаемых потоками рентгеновской (CuK $\alpha$ ) и оптической ( $\lambda=532$  нм) квазимонохроматической радиации, был использован плоский рентгеновский волновод-резонатор простейшей конструкции, образованный кварцевыми рефлекторами. В его щелевой зазор шириной 190 нм вводился поток рентгеновской радиации CuK $\alpha$ , предварительно монохроматизированный с помощью кремниевого монохроматора с ориентацией [111]. Пучок характеризовался угловой расходимостью менее 0,01°. Угол падения пучка на вход щелевого зазора ПРВР мог регулироваться в угловом интервале  $\Delta\varphi=0,2^\circ$ . При этом период рентгеновских стоячих волн мог изменяться в интервале 180...21 нм.

Поток оптического излучения вводился в один из рефлекторов ПРВР через кварцевую призму в форме четверти цилиндра. Источником этого излучения служил малогабаритный твердотельный лазер мощностью 300 мВт, излучавший квазимонохроматическую линию  $\lambda_0 = 532$  нм ( $\Delta\lambda = 0,6 \times 10^{-4}$  нм,  $L = \lambda_0^2/\Delta\lambda = 50$  м). Вводимый в призму оптический поток имел нитевидную форму размером  $0,1 \times 10$  мм<sup>2</sup> и мог падать на призму в широком интервале углов. Явление полного внутреннего отражения в одном из кварцевых рефлекторов ПРВР реализовалось в угловом интервале при падении под углом  $\psi > 42,5^\circ$ . Максимальный угол разворота щелевого устройства составлял 75°.



**Рис. 4. Экспериментальная схема исследования возможного взаимодействия независимых рентгеновских и оптических квазимонохроматических потоков через взаимное влияние возбуждаемых ими однородных интерференционных полей стоячих радиационных волн**

Таким образом, при варьировании угла падения светового потока в угловом интервале  $42,5...75^\circ$  период стоячей оптической волны изменялся от 360 до 1027 нм. Принципиальная схема рентгено-светового устройства, предназначенного для поиска условий возможного взаимодействия однородных интерференционных полей стоячих радиационных волн, возбуждаемых рентгеновскими и оптическими потоками, представлена на рисунке 4. В качестве объекта, позволяющего зафиксировать возможное взаимодействие потоков рентгеновского и оптического излучений, было выбрано пространственное (угловое) распределение интенсивности рентгеновского пучка, сформировавшегося на выходе ПРВР.

При варьировании углов падения потоков рентгеновского и оптического излучений удалось зафиксировать стационарное состояние, в котором наблюдалось отклонение распределения интенсивности в потоке рентгеновского излучения от его формы, соответствующей отсутствию оптического возмущения. Эффект был зафиксирован близко к краям изменения углов падения радиационных потоков и демонстрировал резко резонансный характер. Он наблюдался при периодах рентгеновской стоячей волны 180 нм и оптической стоячей волны 360 нм. При других соотношениях величин периодов радиационных стоячих волн изменений в пространственном распределении интенсивности рентгеновского потока зафиксировать не удалось. Таким образом, полученный результат даёт основания полагать, что независимые радиационные потоки могут взаимодействовать между собой через взаимное влияние однородных интерференционных полей стоячих радиационных волн, возбуждённых этими потоками в стационарных условиях. При этом такое

взаимодействие будет иметь остро резонансный характер, а период возбуждённых стоячих волн окажется либо совпадающим, либо кратным. Выполненные измерения, к сожалению, не позволяют высказать предположений о каких-либо других особенностях наблюдаемого взаимодействия. Более того, пока не ясна локализация этого взаимодействия. Скорее всего, можно ожидать, что его локализация связана с поверхностной переходной областью, введение которой было обосновано профессором Друде для объяснения аномалии, связанной с отражением потока оптического излучения под углом Брюстера [4]. Обычно ширина этой области не превосходит нескольких нанометров, а взаимная радиационная плотность интерференционных полей рентгеновских и оптических стоячих волн там максимальна.

### Волноводно-резонансное распространение потоков частиц с ненулевой массой покоя

Изучение особенностей распространения пучков электронов, а также атомных и молекулярных потоков показало, что их движение может быть описано волновыми методами [5]. Ансамбль материальных частиц, имеющих массу  $m$  и движущихся со скоростью  $v$ , может быть охарактеризован средней длиной волны  $\lambda_0 = h/m \times v$ , степенью волновой монохроматичности  $\Delta\lambda = h \times \Delta v / m \times v^2$ , а также параметром длины когерентности этого радиационного потока  $L = h / m \times \Delta v$ .

Первое экспериментальное подтверждение наличия волновых свойств у потоков электронов было описано в фундаментальной работе Девисона и Джермера [6]. Они показали, что потоки электронов определённой энергии испытывают дифракцию на монокристаллических объектах подобно пуч-

кам рентгеновского излучения. В то же время в работе профессора Раппа было показано, что в отличие от рентгеновского излучения пучки электронов в условиях малоуглового зеркального отражения испытывают не полное внешнее, а полное внутреннее отражение [7]. Напротив, изучение особенностей малоуглового зеркального отражения потоков тепловых нейтронов, т.е. потоков нейтронов со средней длиной волны, соответствующей энергии рентгеновских квантов, наиболее часто применяемых в дифрактометрических исследованиях ( $E \sim 10$  кэВ), показало их подобие рентгеновским пучкам. Как и рентгеновское излучение, потоки тепловых нейтронов испытывают на материальном интерфейсе полное внешнее отражение [8]. Это даёт основания полагать, что потоки нейтральных атомов и молекул также будут демонстрировать определённое подобие потокам рентгеновских лучей в плане их зеркального отражения на материальном интерфейсе. Наличие волновых свойств у потоков этих частиц также было зафиксировано экспериментально. Впервые работы этого направления были выполнены Эстерманом и Штейном [9]. В их исследованиях было показано, что пучки молекул водорода и атомов гелия с энергией, близкой к энергии тепловых нейтронов ( $E \sim 0,01$  эВ), сформированных с помощью протяжённого кварцевого капилляра, дифрагировали на монокристаллических пластинах LiF (100), которые располагались на вакуумном рентгеновском гониометре. Эти эксперименты непосредственно подтвердили волновую природу движения тяжёлых частиц с ненулевой массой покоя, что может быть с успехом использовано для реализации низкотемпературного ядерного синтеза.

Основной трудностью, препятствующей протеканию взаимодействия атомных ядер с малым содержанием нуклонов, например ионов дейтерия, является преодоление кулоновского барьера. Наиболее примитивным подходом к его преодолению является повышение температуры коллектива атомов. В результате атомы ионизируются, а ионы приобретают скорость, достаточную для преодоления кулоновского отталкивания. В то же время экспериментальные исследования показали, что синтез новых ядер может происходить и без повышения температуры [10, 11]. Энергетический выход, регистрируемый в процессе проведения экспери-

ментов по низкотемпературному ядерному синтезу, весьма невелик и совершенно не сопоставим с величинами ожидаемых в результате ядерных реакций значений. Но он превышает статистическую погрешность и поэтому представляет собой объективную реальность. Публикуемые подходы, направленные на повышение эффективности разработанных методик, фактически ориентированы на то, чтобы как-то понизить значение кулоновского барьера или повысить вероятность подбарьерного протекания реакции. В то же время имеется принципиальная возможность обойти кулоновское взаимодействие, используя эффект взаимодействия радиационных потоков через взаимное влияние однородных интерференционных полей стоячих волн, возбуждённых этими потоками. При этом в качестве объектов, представляющих собой радиационный поток, предполагается использовать не ионные, а атомарные и молекулярные потоки, создаваемые, например, в соответствии с методикой, разработанной Эстерманом и Штейном [12].

Например, если в соответствии с этой методикой через капилляр подавать в вакуумный объём поток молекул дейтерия из объёма, охлаждённого до температуры жидкого азота, то в энергетическом распределении этого потока максимум энергии будет соответствовать длине волны  $\lambda_m = 0,11$  нм, т.е. попадать в рентгеновский диапазон длин волн. Далее, используя кристаллический монохроматор, возможно получение квазимонохроматического потока молекулярного дейтерия, который, в свою очередь, позволяет возбудить однородное интерференционное поле стоячей молекулярной волны в соответствующей волноводно-резонансной структуре. Параллельно возможно получить однородное интерференционное поле стоячей рентгеновской волны, период которой может быть легко варьирован путём изменения угла падения квазимонохроматического рентгеновского потока на подходящий волноводно-резонатор. Сведение полученных однородных интерференционных полей позволит обеспечить условия поиска их возможного взаимодействия. Предлагаемый подход к поиску условий возможного ядерного синтеза обеспечивает нейтрализацию кулоновского взаимодействия, однако требует для проведения экспериментов обеспечения высокого вакуума. Схематически процесс проведения поисковых исследований показан на рисунке 5.



**Рис. 5. Принципиальная схема генерации и преобразования потоков дейтерия и потока рентгеновского излучения для создания условий возможного протекания холодного ядерного синтеза по принципиально возможным механизмам:  $d+d \rightarrow He^3+p$ ;  $d+d \rightarrow t+n$ ;  $d+d \rightarrow He^4+v+24$  МэВ за счёт взаимодействия с потоком рентгеновского излучения**

Выполненные эксперименты показали, что волноводно-резонансные структуры способны обеспечить образование однородных интерференционных полей стоячих радиационных волн как для пучков рентгеновского излучения, так и для квазимонохроматических молекулярных и атомарных потоков и могут быть реализованы как в макро- и микро-, так и в наномасштабах. По этой причине волноводно-резонансные элементы могут быть внедрены в технологию построения микрочипов не только для эффективной передачи информации с помощью планарных оптических и рентгеновских нановолноводов, но и для создания практически вечных нанобатарей, работающих в результате протекания реакций холодного ядерного синтеза.

### Эпилог

Для выполнения проекта по практическому применению результатов исследований, описанных в настоящей статье, а также для выполнения десятка других проектов, касающихся электронной компонентной базы нового поколения (описание некоторых из них приведено в [12, 13]), был создан Консорциум «Физико-техническая корпорация», который впоследствии планировалось преобразовать в частно-государственную «Физико-техническую корпорацию», в которой государство могло бы участвовать деньгами, а участники – нематериальными активами.

В соответствии с письмом Аппарата Правительства РФ от 31 мая 2019 года № П7-27805 Департамент радиоэлектронной промышленности Минпромторга России (директор департамента – Шпак Василий Викторович) рассмотрел предложение о создании частно-государственной «Физико-технической корпорации» и от имени Правительства РФ констатировал, что: «Принимая во внимание полученные экспертные оценки (заключения кор-

порации «Росатом» и Министерства науки и высшего образования), считаем, что предложения автора требуют дополнительной проработки и полагаем государственное финансирование «Физико-технической корпорации» в настоящее время нецелесообразным».

В заключениях, на которые ссылается Минпромторг, нет ни слова об оценке научной, военно-стратегической и экономической значимости предлагаемого проекта.

Заключение корпорации «Росатом» основано на том, что «В представленных материалах не отражены: механизмы реализации создания частно-государственной «Физико-технической корпорации»: полномочия, права, ответственность, порядок финансирования и формы деятельности; последовательность и сроки выполнения этапов НИОКР и их подэтапов, содержание и объём выполняемых работ, объёмы и сроки представляемой научно-технической документации и опытных образцов по результатам НИОКР; обоснование цены и технико-экономическое обоснование предлагаемых к реализации НИОКР; обладание организацией необходимыми расчётно-вычислительной, технологической, материаловедческой, экспериментальной базами и квалифицированным научно-кадровым составом для выполнения НИОКР; имеющиеся лицензии для проведения работ и осуществления всех видов деятельности, необходимых для выполнения НИОКР в полном объёме» (Прим. автора: которые никем не запрашивались).

А заключение Министерства науки и высшего образования выдано вообще без каких-либо оценок и выводов, в нём просто пересказано то, о чём идёт речь и констатируется, что: «На данный момент в России существуют 122 фонда, специализирующихся на всех основных отраслях науки. Реестр фондов поддержки научной, научно-техни-

ческой, инновационной деятельности отображён на сайте <http://funds.rier.ru>, данный реестр предоставляет возможность выбора подходящего фонда по заданным параметрам».

С учётом всего вышеизложенного авторы настоящей статьи обращаются к частным инвесторам (российским и зарубежным) с предложением профинансировать создание частной «Физико-технической корпорации» и выполнение всех этих проектов, отвергнутых чиновниками российского государства. Бизнес-план инвестиционного проекта «Пределные технологии», выполняемого консорциумом «Физико-техническая корпорация», готов для представления квалифицированным инвесторам.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Майер Дж., Гиперт-Майер М. Статистическая механика. М.: Мир. 1980. 544 с.
2. Егоров В.К., Егоров Е.В. Особенности формирования рентгеновских потоков вол-

новодами-резонаторами различных конструкций. Оптика и спектроскопия 2018. Т. 124. Вып. 6. С. 808–820.

3. Егоров В.К., Егоров Е.В. О принципиальной возможности управления параметрами потоков характеристической рентгеновской радиации. Сб. науч. тр. по материалам 6-й Международной научно-практической конференции «Современные тенденции развития науки и технологий» (в 10 частях). 2015. № 6. Ч. 1. Белгород: ИП Ткачёва Е.П. (АПНИ). С. 24–45. [www.issledo.ru](http://www.issledo.ru).
4. Друде П. Оптика. Ленинград-Москва: ОНТИ. 1935. 458 с.
5. L. De Broglie. Recherches sur la theorie des quanta, 1924. Ann. De Phys. 1925. Vol. 3. pp. 22–31.
6. Davison C.J., Germer L.H. Electron beams scattering by Ni monocrystal. Nature. 1927. Vol. 119. pp. 538–541.
7. Rupp E. Uber die Spiegel-und vollstandige innere reflexion von electronen. Physikalische zeitschrift. 1929. Bd 30. pp. 935–946.

8. Никитенко Ю.В. Нейтронные стоячие волны в слоистых системах: образование, детектирование и применение в нейтронной физике и для исследования наноструктур. Физика элементарных частиц и атомного ядра. 2009. Т. 40. Вып. 6. С. 1682–1794.
9. Estermann I., Stern O. Beugung von molekularstrahlen. Zeitschrift fur Physik. 1930. Bd 61. pp. 95–125.
10. Storms E. The science of low energy nuclear reactions. A comprehensive compilation of evidence and explanations about cold fusion. Singapore: World scientific publ, 2007. p. 317.
11. Высоцкий В.И., Корнилова А.А. Ядерный синтез и трансмутация изотопов в биологических системах. М.: Мир. 2003. С. 161.
12. Галицын А.А. IoT-радиопроцессор с криптокодированием структуры радиосигнала. Современная электроника. 2019. № 7. С. 26–30.
13. Галицын А.А., Рождественский А.Е., Рождественский Д.Б. Системы управления с «предвидением». Современная электроника. 2019. № 9. С. 2–6.



### НОВОСТИ МИРА

#### KEYSIGHT ОБЪЯВЛЯЕТ О ЗАПУСКЕ НОВОГО РЕШЕНИЯ ДЛЯ ЭМУЛЯЦИИ КАНАЛОВ 5G

Компания Keysight Technologies, Inc. объявила о коммерческом запуске нового решения для эмуляции каналов 5G с целью развёртывания интегрированных систем связи, а также для повышения качества обслуживания пользователей.

Эмулятор каналов PROPSIM FS16 от компании Keysight представляет собой очередное прогрессивное решение в длинном ряду инноваций, предложенных Keysight с целью ускорения коммерциализации и развития сетей 5G.

PROPSIM FS16 обеспечивает эффективную проверку функционирования устройств 5G New Radio (NR) с поддержкой сверхшироких полос пропускания в миллиметровом диапазоне частот, а также технологий формирования луча и конфигураций с использованием большого количества антенн.

Новое решение для эмуляции 5G-каналов дополняет семейство эмуляторов 5G-каналов от компании Keysight, широко применяемых для тестирования и валидации устройств и базовых станций. PROPSIM FS16 позволяет производителям составных микросхем и устройств 5G надёжно и эффективно тестировать реальные параметры работы 5G-систем за счёт использования технологий MIMO и Massive MIMO для приложе-

ний с большими объёмами передачи данных. Данное решение реализовано на базе компактного и модульного настольного эмулятора радиочастотных каналов 5G New Radio с масштабируемой функцией затухания и интуитивно понятными программными инструментами.



PROPSIM FS16 дополняет первое в отрасли решение для эмуляции каналов PROPSIM F64 от компании Keysight, помогающее лидерам рынка беспроводных 5G-устройств эффективно решать проблемы моделирования затухания высокочастотных сигналов. PROPSIM FS16 поддерживает диапазон частот и полос 5G New Radio в соответствии с требованиями 3GPP. Предложенное решение полностью интегрируется с другими решениями Keysight для эмуляции сетей 5G на технологическом уровне, превышающем

уровень требований 3GPP – глобального консорциума по сертификации технологий мобильной связи.

PROPSIM FS16 обладает следующими базовыми характеристиками и преимуществами:

- масштабируемый набор каналов с конфигурируемым ослаблением (от 2 до 1024) позволяет проводить испытания широкого ряда MIMO-систем;
- решение поддерживает функцию двустороннего затухания для проверки соединения абонента с магистральным узлом связи в обоих направлениях;
- функция односторонней передачи в канале позволяет исследовать параметры затухания при передаче сигнала от узла к абоненту с целью обеспечения эффективности испытаний параметров приёмника. Это повышает экономичность процессов проведения комплексных испытаний MIMO-систем в эфирных тестовых средах согласно требованиям 3GPP.

Технология MIMO (Multiple Input Multiple Output; множественные входы, множественные выходы) – технология беспроводной связи, основанная на использовании большого числа антенн в качестве источников (передатчиков) и получателей (приёмников) сигнала.

[www.keysight.com/go/news](http://www.keysight.com/go/news)



Свобода проектирования

 **DeltaDesign**

В состав Delta Design, обеспечивающей сквозной цикл проектирования печатных плат, входят модули:

- Менеджер библиотек
- Схемотехнический редактор
- Схемотехническое моделирование
- HDL-симулятор
- Редактор правил
- Редактор печатных плат
- Топологический редактор плат TopoR
- Коллективная работа для предприятий

# Воздействие радиационных факторов на полупроводниковые компоненты силовой электроники

## Часть 1

Виктор Безродный (Москва)

При эксплуатации в космических и военных системах силовые полупроводниковые устройства подвергаются воздействию разнообразных источников радиации. В статье рассматриваются общие вопросы воздействия радиоактивного излучения на полупроводниковые приборы и представлены наиболее популярные радиационно-стойкие компоненты для применения в источниках питания специальной техники подразделения компании Infineon Technologies AG – International Rectifier HiRel Products, доступные для свободного экспорта в Россию.

Выбор силовых полупроводниковых устройств для применения в космических и военных системах, которые будут подвергаться воздействию ионизирующих излучений, является сложной задачей вследствие обширного ряда радиационных факторов и особенностей применений в силовых устройствах. В некоторых случаях будет достаточно применения устройств без специфицированных показателей радиационной стойкости, в других ситуациях потребуются радиационно-стойкие устройства. Задача выбора компонентов осложняется отсутствием для большинства выпускаемых промышленных приборов, используемых в военных встраиваемых системах, доступных данных, связанных с эксплуатацией в радиоактивных условиях. Более того, стойкость силовых устройств к радиации может быть снижена изменением процесса или конструкции при их производстве, что не влияет на их функционирование в обычной обстановке.

Силовые компоненты являются важными для любой электронной системы. Некоторые эффекты, вызванные воздействием радиации, являются простым параметрическим смещением, таким как смещение пороговых значений (порогов) при суммарной накопленной дозе радиации. Другие воздействия являются в большей степени катастрофическими, такие как одиночный эффект пробоя подзатворного диэлектрика в МДП-структурах (Single Event Gate Rapture, SEGR) или одиночный эффект вторичного пробоя в мощ-

ных МДП-транзисторах (Single Event Burnout, SEB). Для предотвращения таких эффектов требуется применение схем резервирования в силовой части системы и дополнительные силовые компоненты для переключения между альтернативными силовыми трактами.

Надёжное функционирование электронных систем может потребоваться в различных типах радиационного окружения – от спутников на низких или высоких орбитах до военных систем, которые должны быть способными выдерживать выбросы гамма лучей или нейтронов.

### ЭФФЕКТЫ ВОЗДЕЙСТВИЯ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА СИЛОВЫЕ УСТРОЙСТВА

Существует несколько различных видов ионизирующих излучений, каждый из которых отличается воздействием на полупроводниковые устройства. Эти виды радиации включают высокоэнергетичные фотоны (рентгеновское и гамма-излучение), нейтроны (высокоэнергетичные и тепловые) и высокоэнергетичные частицы (субатомные и атомные). Каждый тип излучения вносит свой вклад в суммарную накопленную дозу (Total Ionizing Dose, TID), которая определяет энергию, поглощаемую материалами электронных устройств.

Из определения следует, что ионизирующее излучение имеет достаточную энергию для выбивания электронов из атомов. В материалах это приводит к тому, что разрушаются химические связи, и атомы покидают свои нормальные положения в кристаллической решётке.



Нарушение химической связи порождает два вида эффектов: постоянные заряды в диэлектриках и ловушки на границах раздела (поверхностные ловушки) в полупроводниковой изолирующей поверхности раздела. Смещение атомов из устойчивых положений в кристаллической решётке приводит к появлению центров генерации/рекомбинации в полупроводниковых приборах.

Накопление объёмного заряда в подзатворном диэлектрике служит причиной смещений порогового напряжения мощных MOSFET-транзисторов. Во всех силовых устройствах это может также быть причиной изменений блокирующего напряжения (напряжения пробоя) вследствие изменений распределения поля в соединении перехода.

Поверхностные ловушки являются причиной смещений в пороговом напряжении и уменьшения коэффициента усиления и уровня нагрузки по току стока MOSFET-транзистора. Поверхностные ловушки также приводят к повышению сопротивления открытого канала  $R_{ds(on)}$ .

Смещение атомов из устойчивых положений в кристаллической решётке создаёт центры генерирования/рекомбинации. Этот дефект смещения, в свою очередь, приводит к уменьшению коэффициента усиления биполярных устройств и повышению тока утечки всех обратных смещённых переходов. Силовые устройства в большей степени подвержены данным эффектам, чем низковольтные устройства, вследствие больших площадей их переходов.

Степень повреждения из-за смещения атомов, вызванного воздействием радиации, зависит от природы излучения, а также суммарной накопленной дозы радиации. По сравнению с протонами или нейтронами, воздействие фотонов не приводит к особенно большим повреждениям из-за смещения атомов, так как фотоны имеют не настолько высокую кинетическую энергию.

Эффекты ещё одного типа происходят при вспышке излучения. Основным результатом таких выбросов является генерирование большого числа носителей в обеднённых областях. Это может привести к «защёлкиванию» устройства. Из этого состояния оно не может восстановиться, пока не будет отключено питание. В случае силовых устройств при воздействии вспышки излучения в фиксированном состоянии может рассеиваться мощность, достаточная для повреждения устройства. Это может случиться, даже если устройство разработано таким образом, чтобы предотвратить режим «защёлкивания». Проблема заключается в том, что фототок, генерируемый вспышкой излучения, может протекать в устройстве с высоким обратным напряжением смещения в выключенном состоянии. Рассеяние мощности приведёт к нагреву устройства и возможному превышению температурного предела. Способность силового устройства выдерживать вспышку излучения будет зависеть от используемых в схеме силового устройства элементов, таких как число индуктивностей, установленных последовательно с устройством, количество конденсаторов, включённых параллельно устройству, времени восстановления схемы управления и тепловых сопротивлений на участках кристалл–корпус–плата.

Высокоэнергетичные частицы, такие как галактические космические лучи (ГКЛ), могут вызывать ряд одиночных эффектов (Single Event Effect, SEE), включая одиночный сбой (Single Event Upset, SEU) и тиристорный эффект – возбуждение паразитных тиристорных полупроводниковых структур (Single Event Latchup). В силовых устройствах основными проблемами являются одиночный эффект вторичного пробоя в мощных MOSFET-транзисторах и одиночный эффект пробоя подзатворного диэлектрика. Так как эти пробоя являются разрушающими отказами, разработчики должны выбирать устройства,

которые будут выдерживать воздействие любых ожидаемых высокоэнергетичных частиц.

Одиночные эффекты воздействия радиации являются критическими для схем, которые управляют силовыми устройствами, таких как ШИМ-контроллеры, драйверы затворов или цифровые сигнальные процессоры. Они могут приводить к импульсным помехам в линиях силовой шины или к состояниям, которые вызовут разрушение силовых устройств, таким как одновременное включение высоковольтной и низковольтной частей полумостовой схемы.

### РАДИАЦИОННЫЕ ОКРУЖАЮЩИЕ СРЕДЫ

К счастью, для большей части применений разработчик силовых приборов не должен учитывать все эти источники радиации. Однако в околоземном пространстве радиация является главной проблемой для электроники. Это пространство обычно делится на три зоны: низкие круговые, средневысотные и геостационарные орбиты.

Низкие круговые орбиты используются для полётов космических кораблей с космонавтами на борту, таких как Международная космическая станция (МКС) и многие миссии по изучению и исследованию Земли, а также низкоорбитальные космические аппараты (КА) для связи с подвижными объектами. Низкие орбиты простираются на высоте до 1000 км, ниже радиационных поясов Ван Аллена, первый из которых располагается выше 1500 км. Космические аппараты (КА) на этой высоте не накапливают большую дозу радиации. Однако они являются объектом одиночных эффектов, так как ГКЛ могут проникать ниже этих высот. Для работы на низких орбитах должны быть выбраны такие силовые полупроводниковые устройства, которые смогут выдержать воздействие ГКЛ при рабочих напряжениях без возникновения одиночных эффектов SEB или SEGR.

Средневысотные орбиты попадают в зону радиационных поясов Ван Аллена, трасса средневысотных спутников проходит между первым и вторым поясами Ван Аллена (на высоте от 500 до 15 000 км). Эти пояса сформированы заряженными частицами, захваченными магнитным полем Земли. Внутренний пояс имеет высокие плотности захваченных электронов и протонов, которые могут

существенно отражаться на требованиях к накопленной дозе и неионизирующему радиационному воздействию (результат смещения атомов в полупроводниковом материале из устойчивых положений в кристаллической решётке). Так как магнитное поле Земли не является простым диполем, расположенным в центре Земли, внутренний пояс Ван Аллена простирается до низких орбит в зоне, называемой Южной Атлантической аномалией. Внешний радиационный пояс Ван Аллена содержит электроны и сильно деформирован солнечным ветром. Эти электроны вызывают существенные дозовые воздействия на спутники.

В «щелевой» зоне между двумя поясами Ван Аллена уровни радиации ниже, чем в пределах любого из двух поясов. Радиация в этой зоне зависит от солнечных вспышек, так как они могут создавать временные радиационные пояса, которые сохраняются в течение значительного времени.

Геостационарные орбиты сохраняют фиксированное положение над экватором Земли. Они используются для КА, которые будут передавать сигнал на стационарные антенны, такие как спутники для систем радио- и телевизионного вещания. Данные орбиты расположены выше радиационных поясов Ван Аллена и выше большей части магнитной экранирующей оболочки Земли, что подвергает их прямым воздействиям солнечной радиации, включая солнечные вспышки и ГКЛ. Воздействие суммарной дозы не очень высокое. Однако в течение срока активного существования КА будет существовать множество возможностей для появления одиночных эффектов, вызванных ГКЛ.

Существует много других классов космических миссий со специальными требованиями, например, межпланетные миссии, где должны быть учтены уникальные окружающие среды около других планет, или эллиптические орбиты (орбиты с большим коэффициентом эксцентриситета) вокруг Земли, где КА будут подвергаться воздействию окружающих сред каждой из ранее упомянутых зон.

Военные системы часто должны быть разработаны таким образом, чтобы выдерживать воздействия ближних ядерных взрывов. Воздействие суммарной дозы (дозовые эффекты) от таких взрывов обычно низкое, но выброс гамма-лучей способен значительно повредить любое электронное оборудование.

Энергетическая система особенно уязвима из-за её многочисленных электрических ёмкостей с накопленной энергией и наличия высоких напряжений. Сохранить работоспособность должны не только отдельные устройства, но и вся система в целом должна вернуться в нормальное рабочее состояние после радиационно-индуцированного переходного процесса.

## ПРИМЕНЕНИЯ СИЛОВЫХ УСТРОЙСТВ

Сфера применений для силовых полупроводниковых приборов в радиационных окружениях является довольно широкой и включает в себя прежде всего DC/DC-преобразователи для различных напряжений, схемы управления приводами и переключатели. В аппаратуре КА используются шины с напряжениями в диапазоне от 28 до 120 В. Разработчики некоторых систем рассматривают возможности использования шин с напряжениями выше 600 В, но на данный момент такие решения не реализованы на практике. В то же время рабочими напряжениями для низковольтного электронного оборудования являются обычно напряжения от 0,8 до 15 В. В связи с этим для КА требуются высокоэффективные DC/DC-преобразователи для формирования низких уровней напряжений от основной шины. Силовые MOSFET-транзисторы используются в качестве ключей практически во всех DC/DC-преобразователях. Данные транзисторы также применяются в качестве синхронных выпрямителей во вторичной цепи, так как подобные выпрямители в преобразователях с низким выходным напряжением позволяют получить КПД выше 90%.

Силовые MOSFET-транзисторы также используются вместо механических реле для коммутации нагрузки из-за их высокой надёжности и низкой мощности, необходимой для их переключения. Обычно для коммутации нагрузки используются транзисторы с каналом р-типа, поскольку именно в этом случае напряжение управления затвором выше напряжения шины. Применение р-канальных транзисторов обусловлено также увеличением порогового напряжения по модулю с ростом величины поглощённой дозы, вплоть до напряжения пробоя затвора, что повышает уровень отказа ключевого элемента.

Высокие напряжения необходимы для питания усилителей на лампах бегущей волны передатчиков данных со спутника на наземную станцию или радаров, установленных в космосе, а также для некоторых ламп импульсных лазеров для атмосферных исследований.

## ВЫБОР ПОДХОДЯЩЕГО УСТРОЙСТВА

Разработчики, выбирающие силовые устройства для применения в радиационной среде, должны очень хорошо знать требования миссии. Анализ наихудшего сценария требует рассмотрения параметрических смещений, а также режимов катастрофического отказа. Некоторые из этих параметрических смещений имеют следствия, которые могут быть не очень очевидными, такие как влияние смещения порогов на времена задержки. Например, порог силового MOSFET-транзистора с каналом n-типа смещается в сторону полностью открытого состояния при воздействии суммарной накопленной дозы радиации. Побочным эффектом снижения порога является уменьшение времени задержки включения и увеличение времени задержки выключения.

Современные коммерческие силовые устройства быстро эволюционируют по пути снижения потерь мощности и повышения функциональности. Новые устройства обычно имеют более тонкие окислы затвора и неглубокие переходы по сравнению с предыдущими поколениями. Это приводит к способности лучше выдерживать воздействие накопленной дозы, но ухудшает стойкость к одиночным эффектам или быстрым дозовым эффектам. Необходимо проводить тестирование для определения реакции устройства на вероятное воздействие радиации.

Ограничение допустимых значений часто используется для гарантированного сохранения работоспособности устройств в условиях воздействия радиации. Но это не является состоятельным методом, который будет гарантировать живучесть, и по-прежнему требует проведения тестирования. Как правило, ограничение допустимых параметров приводит к значительному снижению эффективности энергетической системы. Так как стоимость мощности в системах питания КА весьма высокая, снижение эффективности

может приводить к повышению общей стоимости системы.

Жёсткие условия эксплуатации военных и космических систем требуют применения электронных устройств, которые способны работать при высоких уровнях радиации. Сегодня на рынке доступны радиационно-стойкие силовые MOSFET-транзисторы для большей части применений, описанных выше. Например, подразделение International Rectifier HiRel Products компании Infineon Technologies AG разрабатывает и производит радиационно-стойкие электронные устройства, используемые для преобразования энергии, помещает их в герметичные корпуса для обеспечения дополнительной защиты. Эти устройства включают в себя простые компоненты, интегрированные системы, драйверы затворов транзисторов MOSFET/IGBT, полупроводниковые реле и сложные компоненты, такие как DC/DC-преобразователи, преобразователи типа POL, линейные регуляторы напряжения со сверхнизким падением напряжения.

С начала 90-х годов в России существует проблема обеспечения ракетно-космической промышленности высококачественной радиационно-стойкой электронно-компонентной базой (ЭКБ). В связи с этим отечественные разработчики вынуждены использовать ЭКБ иностранного производства, главным образом производства США. Однако 27 марта 2014 года Министерство торговли США ввело мораторий на выдачу американским компаниям лицензий на экспорт товаров и продукции двойного назначения. Приостановка оформления лицензий распространялась и на радиационно-стойкие компоненты.

Внедрение новой системы регулирования экспорта технологий и продукции военного назначения в США позволило компании IR перевести ряд DC/DC-преобразователей космической категории качества и многие другие радиационно-стойкие компоненты из номенклатуры International Rectifier из перечня ITAR USML Category XV(e) в Перечень критических товаров (CCL) под контроль Правил экспортного регулирования (EAR99). Таким образом, многие радиационно-стойкие компоненты компании International Rectifier стали доступны для экспорта в Россию без оформления лицензии в государственных ведомствах США,

ответственных за регулирование экспорта технологий и продукции военного назначения.

Классификация продукции International Rectifier, представленная в таблице 1, основана на постановлении, опубликованном 10 ноября 2014 года. Тем не менее необходимо помнить, что подразделение ведомства, ответственного за соблюдение национальной безопасности при экспортных поставках из США, – Отдел промышленности и безопасности Министерства торговли США – сохраняет за собой право вносить поправки в постановление в любое время.

На протяжении более 30 лет International Rectifier HiRel Products предлагает уникальный перечень высоконадёжной продукции для преобразования и управления энергией, которая находит широкое применение в условиях воздействия жёстких внешних факторов, характерных для бортовой аппаратуры ракетно-космической техники, авиационной аппаратуры и другой электроники специального назначения. Далее кратко представлены категории радиационно-стойкой продукции компании IR.

### РАДИАЦИОННО-СТОЙКИЕ MOSFET-ТРАНЗИСТОРЫ

Компания IR внесла существенный вклад в создание мощных транзисторов MOSFET с малым сопротивлением канала при включении. В 1978 году была разработана технология производства MOSFET-транзисторов с гексагональной (шестиугольной) формой ячейки – HEXFET. Такая форма ячеек обеспечивает высокую плотность их упаковки на площади кристалла. Размер ячейки – 5 мкм. В 1989 году с использованием этой технологии было создано первое поколение радиационно-стойких MOSFET-транзисторов, стойких к дозовым эффектам, – поколение GEN4. Диапазон напряжений составлял 100...500 В (*n*-канал) и 60...200 В (*p*-канал).

Второе поколение (R5) радиационно-стойких силовых MOSFET-транзисторов с полосковой структурой ячеек (StripFET) было выпущено в 1998 году. Их отличает особая надёжность при работе в предельных режимах. Транзисторы StripFET имеют более компактную ячейку (1,5 мкм) и пониженные потери на проводимость и переключение по сравнению с HEXFET в диапазоне напряжений до

Таблица 1. Классификация продукции подразделения International Rectifier по ECCN

Вид продукции	Классификационный номер экспортного контроля (ECCN)
Диоды (корпусированные и кристаллы, диоды Шоттки, быстродействующие)	EAR99
MOSFET-транзисторы без специфицированных показателей радиационной стойкости (исполнение: корпусированные и кристаллы)	EAR99
Интегральные микросхемы без специфицированных показателей радиационной стойкости (корпусированные и кристаллы, например драйверы затворов)	EAR99
Радиационно-устойчивые DC/DC-преобразователи (SEE < 80 МэВ·см <sup>2</sup> /мг; TID < 100 крад, например серии AMA, AMF, AMR, L..., H..., D...)	EAR99
Радиационно-стойкие MOSFET-транзисторы (корпусированные и кристаллы, TID > 100 крад, SEE > 80 МэВ·см <sup>2</sup> /мг, например поколения R5, R6, R7)	9E515.e (EAR99)
Радиационно-стойкие MOSFET-транзисторы (корпусированные и кристаллы, TID > 500 крад, SEE < 80 МэВ·см <sup>2</sup> /мг, например поколения GEN IV)	3E001
Радиационно-стойкие MOSFET-транзисторы (корпусированные и кристаллы, TID > 100 крад, < 500 крад; SEE < 80 МэВ·см <sup>2</sup> /мг, например поколения GEN IV)	EAR99
Радиационно-стойкие микросхемы драйвера затворов RIC7113 (корпусированные и кристаллы)	9E515.e (3E001) (EAR99)
Радиационно-стойкие полупроводниковые реле (TID > 100 крад)	9E515.e (EAR99)
Радиационно-стойкие DC/DC-преобразователи (TID > 100 крад; SEE > 80 МэВ·см <sup>2</sup> /мг, например серии M3G, LS, GH, S, DH, ARA)	9E515.e (EAR99)
Радиационно-стойкие DC/DC-преобразователи, выполненные на печатной плате (TID > 100 крад; SEE > 80 МэВ·см <sup>2</sup> /мг, например серии MX, EX, ZX)	9E515.e (EAR99)

200 В. Кроме того, транзисторы поколения R5 имеют улучшенные показатели стойкости к одиночным радиационным эффектам SEB и SEGR. Диапазон напряжений составлял 30...250 В (*n*-канал) и 60...200 В (*p*-канал).

В 2002 году выпущены транзисторы поколения R6, имеющие лучшее в своём классе значение сопротивления открытого канала  $R_{DS(ON)}$ . В этих транзисторах, также изготовленных по технологии StripFET и имеющих размер ячейки 0,6 мкм, улучшена область безопасной работы при воздействии ТЗЧ. Форма кристалла лучше подходит для обеспечения показателя  $R_{DS(ON)}/Q_G$ . Диапазон напряжений в *n*-канале – 100...600 В.

Технология управления затвором логическим уровнем впервые появилась в MOSFET-транзисторах поколения R7. Эти транзисторы были разработаны специально для преобразователей POL и синхронного выпрямления. Показатели TID/SEE сходны с показателями устройств поколения R6. Диапазон напряжений составил 60...250 В (*n*-канал) и 60 В (*p*-канал).

Транзисторы поколения R8, которые были представлены в 2012 году, выполнены по Trench-технологии (вертикальное расположение затвора). Благодаря вертикальному расположению затвора транзисторы этого типа имеют минимальный размер ячейки (0,5 мкм) и самое низкое сопротивление открытого канала. Показатели TID/SEE сходны с показателями устройств поколения R6. Диапазон напряжений в *n*-канале – 30...60 В.

В 2017 году компания выпустила первые транзисторы поколения R9 на осно-

ве собственной платформы. По сравнению с предыдущими новая технология предлагает улучшение размеров, веса и мощности. Это особенно важно в таких системах, как спутники с высокопроизводительной бортовой аппаратурой. MOSFET-транзисторы с максимальным рабочим напряжением 100 В и током 35 А идеально подходят для ответственных применений, требующих срока активного существования 15 лет и выше. Целевые применения включают в себя DC/DC-преобразователи космического уровня качества, преобразователи напряжений промежуточной шины, контроллеры электроприводов и другие устройства с высокой скоростью переключения.

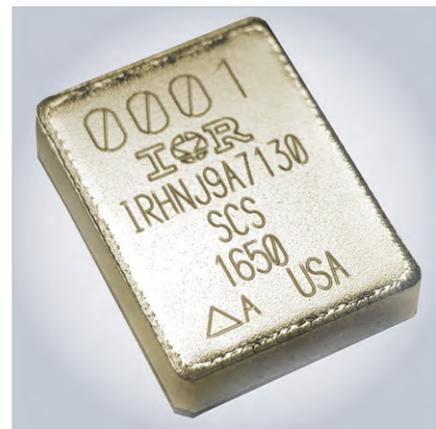
Разработанные модели IRHNJ9A7130 и IRHNJ9A3130 характеризуются стойкостью в области дозовых эффектов 100 и 300 крад соответственно. Типовое значение сопротивления открытого канала  $R_{DS(ON)}$  составляет 25 мОм, что на 33% меньше, чем у транзисторов предыдущего поколения. В сочетании с повышенным током стока (35 против 22 А) это позволяет обеспечивать новым транзисторам повышенную плотность мощности и сниженные потери мощности в коммутационных применениях. Новые транзисторы характеризуются повышенной стойкостью к воздействию тяжёлых заряженных частиц (ТЗЧ) с линейными потерями энергии до 90 МэВ·см<sup>2</sup>/мг, что на 10% лучше, чем у транзисторов предыдущих поколений. Оба устройства выполнены в лёгком герметичном керамическом корпусе для поверхност-

**Таблица 2. Радиационно-стойкие транзисторы MOSFET с каналом n-типа, TID > 100 крад, SEE с LET = 60 МэВ·см<sup>2</sup>/мг**

Модель	Напряжение V <sub>DS</sub> , В	Сопротивление R <sub>DS(ON)</sub> , мОм	Заряд затвора Q <sub>г</sub> , нКл	Ток стока I <sub>D</sub> , А при T=+25°C	Напряжение V <sub>GSmax</sub> , В	Размер кристалла	Тип корпуса
IRHLUB7S70Z4	60	680	3,6	0,8	±10	Z	UB
IRHLF7S110	100	290	11	6	±10	1	TO-39
IRHF6S7130	100	64	50	11,7	±20	3	TO-39
IRHNJ6S7130	100	42	50	22	±20	3	SMD 0.5
IRHYS6S7130CM	100	42	50	20	±20	3	TO-257 (LO)
IRHMS6S7160	100	11	170	45	±20	6	TO-254 (LO)
IRHNA6S7160	100	10	170	56	±20	6	SMD 2
IRHF6S7230	200	153	42	9,1	±20	3	TO-39
IRHNJ6S7230	200	130	42	16	±20	3	SMD 0.5
IRHYS6S7230CM	200	130	42	16	±20	3	TO-257 (LO)
IRHMS6S7260	200	29	240	45	±20	6	TO-254 (LO)
IRHNA6S7260	200	28	240	56	±20	6	SMD 2
IRHF6S7234	250	233	50	5,4	±20	3	TO-39
IRHNJ6S7234	250	210	50	12,4	±20	3	SMD 0.5
IRHYS6S7234CM	250	220	40	12	±20	6	TO-257 (LO)
IRHMS6S7264	250	41	220	45	±20	6	TO-254 (LO)
IRHNA6S7264	250	40	220	50	±20	6	SMD 2

**Таблица 3. Радиационно-стойкие транзисторы MOSFET с каналом p-типа, TID > 100 крад, SEE с LET = 60 МэВ·см<sup>2</sup>/мг**

Модель	Напряжение V <sub>DS</sub> , В	Сопротивление R <sub>DS(ON)</sub> , мОм	Заряд затвора Q <sub>г</sub> , нКл	Ток стока I <sub>D</sub> , А при T=+25°C	Напряжение V <sub>GSmax</sub> , В	Размер кристалла	Тип корпуса
IRHLNJ7S97034	-60	72	36	-22	±10	3	SMD 0.5
IRHLNYS797034CM	-60	74	36	-20	±10	3	TO-257 (LO)
IRHLF7S97034	-60	95	36	-1,6	±10	3	TO-39
IRHLUB7S97034	-60	1350	2,8	-0,53	±10	Z	UB
IRHNA5S97064	-60	16	200	-56	±20	6	SMD 2
IRHMS5S97064	-60	17	160	-45	±20	6	TO-254 (LO)
IRHNJ5S97130	-100	205	45	-12,5	±20	3	SMD 0.5
IRHYS5S97130CM	-100	205	45	-12,5	±20	3	TO-257 (LO)
IRHF5S97130	-100	228	45	-6,7	±20	3	TO-39
IRHNA5S97160	-100	49	170	-52	±20	6	SMD 2
IRHMS5S97160	-100	50	170	-45	±20	6	TO-254 (LO)
IRHNJ5S97230	-200	505	45	-8	±20	3	SMD 0.5
IRHYS5S97230CM	-200	510	45	-8	±20	3	TO-257 (LO)
IRHF5S97230	-200	533	45	-4,5	±20	3	TO-39
IRHNA5S97260	-200	102	180	-35,5	±20	6	SMD 2
IRHMS5S97260	-200	103	180	-32	±20	6	TO-254 (LO)



**Рис. 1. Внешний вид MOSFET-транзистора поколения R9**

ного монтажа (SMD-0.5) с размерами 10,28×7,64×3,12 мм. Внешний вид корпуса транзистора поколения R9 показан на рисунке 1.

Следует отметить, что компания IR является создателем ряда технологий корпусирования кристаллов силовых транзисторов для снижения активного сопротивления, улучшения теплопередачи и повышения плотности мощности. В таблицах 2 и 3 представлены конкретные модели радиационно-стойких MOSFET-транзисторов с каналами n- и p-типа, которые не имеют ограничений для поставки в Россию. При экспорте в Россию необходимо иметь основную информацию о конечном получателе поставляемых компонентов и видах продукции, производимой из них.

Во второй части статьи будут рассмотрены радиационно-стойкие твердотельные реле, высоковольтные интегральные микросхемы драйверов и DC/DC-преобразователи.



**НОВОСТИ МИРА**

**СОВНАМ GAISLER УСПЕШНО ВЕРИФИЦИРОВАЛА СВОЙ ПЕРВЫЙ RISC-V С ПОМОЩЬЮ ALDEC RIVIERA-PRO**

Компания Aldec, Inc., пионер в моделировании смешанного кода HDL и аппаратной верификации проектов FPGA и ASIC, объявила о том, что компания Cobham Gaisler успешно проверила свою первую линейку процессоров RISC-V, называемую NOEL-V™, используя программу Riviera-PRO™ для симуляции смешанного кода HDL.

NOEL-V представляет собой синтезируемую модель VHDL 64-разрядного процессо-

ра, которая реализует архитектуру RISC-V с усовершенствованным 7-ступенчатым сдвоенным конвейером и обеспечивает до 4,69 CoreMark/МГц.

«Как ведущему поставщику микропроцессоров для космического применения нам необходимо было проверить NOEL-V с помощью надёжного и высокопроизводительного RTL-симулятора с расширенными возможностями отладки и проверки DRС», – сказал Ян Андерссон, технический директор Cobham Gaisler. – Мы использовали Riviera-PRO для функционального моделирования, моделирования на уровне вентилей и синхронизации и были пол-

ностью удовлетворены его мощной поддержкой VHDL, скоростью компиляции и моделирования».

«Благодаря модели с открытым исходным кодом, RISC-V представляет собой технологию, изменяющую рынок, для аппаратного обеспечения, которое охватывает различные встроенные приложения, включая оборудование для работы в космосе и критически важные задачи», – сказал Луи Де Луна, директор по маркетингу Aldec. – Мы рады помогать и работать с Cobham Gaisler и с нетерпением ждём новых задач по проверке будущих поколений NOEL-V».



**E·X·P·O**  
**ELECTRONICA**

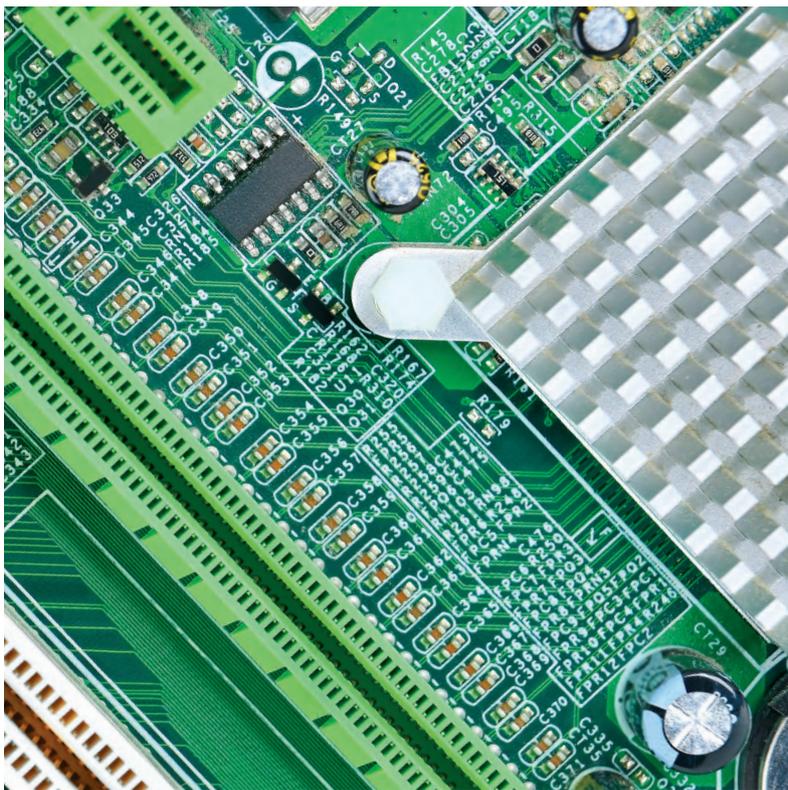


Самая крупная в России  
выставка электронных  
компонентов, модулей  
и комплектующих

Ваш компонент успеха!

**14-16 апреля 2020**

Москва  
МВЦ «Крокус Экспо»



**457**

участников  
из 17 стран

**450+**

видов  
электронных  
компонентов



Реклама

Получите бесплатный билет  
по промокоду  
**ee20pTRRT**

[expoelectronica.ru](http://expoelectronica.ru)

\*Совместно с выставкой



+7 (499) 750-08-28  
[electron@hyve.group](mailto:electron@hyve.group)  
[www.hyve.group](http://www.hyve.group)

# Современные компоненты для систем Индустрии 4.0 и Интернета вещей от Texas Instruments

Юрий Петропавловский (г. Таганрог)

В статье приведена номенклатура и рассмотрены особенности современных продуктов компании Texas Instruments для беспроводных приложений, Интернета вещей и систем автоматизации производства.

Важнейшей составляющей прогнозируемой четвёртой промышленной революции является внедрение в производство парадигмы Индустрии 4.0, подразумевающей использование киберфизических систем (CPS – Cyber-Physical Systems) в различных отраслях промышленности. Каких-либо стандартизованных определений сути Индустрии 4.0 в данное время не существует, тем не менее, к основным составляющим Индустрии 4.0 многие эксперты относят следующие технологические и организационные решения:

- гибкая и автоматическая адаптация производственных цепочек к требованиям быстро изменяющейся обстановки на рынках;
- широкое использование Интернета вещей (IoT) и искусственного интеллекта для оптимизации производственных цепочек и снижения затрат;
- существенное наращивание степени автоматизации производства и снижение участия человека в производственных процессах;
- широкое использование облачных технологий для функционирования автоматизированных производств и хранения больших объёмов данных;
- внедрение 3D-печати и печатной электроники для создания продуктов как широкого бытового, так и специального назначения.



Рис. 1. Wi-Fi-процессор CC3100

Разработкой компонентов и решений для автоматизированных производств настоящего и будущего занимаются как ведущие производители мирового уровня, так и относительно небольшие технологические компании. Не осталась в стороне от этого процесса и компания Texas Instruments (TI). Одной из задач в области контроля промышленного оборудования, решение которой реализовала компания, является внедрение непрерывного контроля систем и узлов промышленного оборудования.

Традиционно контроль оборудования на большинстве производств осуществляется в планово-предупредительном порядке, когда через определённые промежутки времени заменяются узлы и компоненты оборудования, подверженные износу. Сроки проведения профилактических замен деталей и узлов промышленного оборудования выбираются с большим запасом, что приводит к неоправданно высоким затратам на обслуживание. В действительности многие узлы оборудования, подлежащие замене в планово-предупредительном порядке, могут служить существенно дольше.

Непрерывный мониторинг состояния критических узлов промышленного оборудования устраняет указанные недостатки планово-предупредительного обслуживания. Кроме того, при непрерывном контроле и использовании достаточного числа датчиков существенно снижается и вероятность аварийных ситуаций на производстве. Непрерывный контроль оборудования также позволяет более точно определять конкретные дефектные участки и элементы производственных линий и станков за счёт использования методов математического моделирования и соответствующего программного обеспечения самих систем мониторинга.

Компания TI разработала ряд решений и компонентов для реализации

непрерывного мониторинга датчиков различного типа через проводные и беспроводные интерфейсы с возможностью обмена и хранения данных в облачных сервисах. В октябре 2014 года TI объявила о сертификации своих устройств SimpleLink Wi-Fi CC3100 и CC3200 (см. рис. 1) альянсом Wi-Fi Alliance. Таким образом, компания стала первой в мире, получившей сертификат Wi-Fi CERTIFIED на чипы для Интернета вещей. Сертификат означает, что чипы CC3100 и CC3200 содержат все необходимые компоненты для взаимодействия с сетями Wi-Fi и интеграции в системы IoT. С этого момента клиенты TI могут заказывать образцы чипов, оценочные комплекты CD3200 LaunchPack и встраиваемые платы CC3100 BoosterPack. В том же году компания представила платформу Internet-on-a-chip на базе CC3100 и CC3200 со следующими характеристиками и функциональными возможностями:

- гибкость в использовании микроконтроллеров: с CC3100 можно использовать любой микроконтроллер, а в CC3200 уже есть встроенный микроконтроллер с архитектурой ARM Cortex-M4, позволяющий клиентам добавлять свой собственный код;
- простая и удобная разработка систем с быстрым подключением, облачной поддержкой, встроенным Wi-Fi, доступом в Интернет и надёжной платформой безопасности;
- возможность простого и безопасного подключения устройства к Wi-Fi с помощью приложения для смартфона, планшета или веб-браузера с несколькими вариантами инициализации, включая технологии SmartConfig, WAC, WPS;
- самое низкое в отрасли энергопотребление для устройств с батарейным питанием и маломощных радиоприёмников;
- поддержка 14 различных стандартов и технологий беспроводной связи, в том числе Wi-Fi, Bluetooth, ZigBee, Sub-1 GHz, 6LoWAN и других.

Компания продолжает развивать свою деятельность в области беспро-

водных технологий и платформы SimpleLink MCU. В разделе Wireless Portfolio каталога TI 2019 года представлены более 130 различных продуктов для этого направления [1]. Рассмотрим особенности платформы SimpleLink MCU на примере одной из новейших серий систем на кристалле (SoC) со встроенными микроконтроллерами CC3235x. В серию входят модули CC3235MODS, CC3235, CC3235MODSF, CC3235S, CC3235SF, отличающиеся типами корпусов (QFM63 – исполнений MODx, VQFN64 – исполнений S/SF) и некоторыми характеристиками.

CC3235MODx SimpleLink Wi-Fi CERTIFIED – двухдиапазонный Wi-Fi сертифицированный модуль с поддержкой стандартов IEEE802.11a/b/g/n: 2,4 ГГц и 5 ГГц, FCC, IC/ISED, ETSI/CE и сертификацией по MIC Certified. Модуль выполнен по технологии SoC с многоядерной архитектурой вычислительного сегмента, содержит встроенный микроконтроллер с ядром ARM Cortex-M4, ОЗУ объёмом 256 Кбайт (опционально до 1 Мбайт), четырёхканальный 12-разрядный АЦП, четыре таймера общего назначения (GPT), сторожевой таймер, до 27 выводов GPIO. Периферия и интерфейсы модуля: McASP с поддержкой двух I<sup>2</sup>S каналов, SD, SPI, I<sup>2</sup>C, UART, JTAG, cJTAG, SWD.

Ядро Wi-Fi-модуля с встроенной подсистемой управления питанием обеспечивает режимы точки доступа, станции, Wi-Fi Direct (только в диапазоне 2,4 ГГц), скорость передачи данных составляет 16 Мбит/с (UDP) и 13 Мбит/с (TCP), информационная безопасность отвечает требованиям WEP, WPA/WPA2, WPA Enterprise. Поддерживаются следующие интернет-технологии и протоколы приложений: HTTPs Server, mDNS, DNS-SD, DHCP, IPv4/IPv6, TCP/IP стеки, 16 RSD. Выходная мощность передатчика в диапазоне 2,4 ГГц составляет 16 дБм, в диапазоне 5 ГГц – 15 дБм, чувствительность приёмника составляет –94,5 дБм (2,4 ГГц) и –89 дБм (5 ГГц).

Для работы модуля необходимы внешние резонаторы на частоты 40 МГц и 32,768 кГц, ВЧ-фильтры, диплексеры и пассивные компоненты. Приборы рассчитаны на работу в диапазоне температур окружающей среды от –40 до +85°C. Данные модули могут найти применение в следующих приложениях: промышленная автоматика, контроль электрических сетей, отслеживание активов (Asset Tracking), системы безопасности зданий, системы видео-

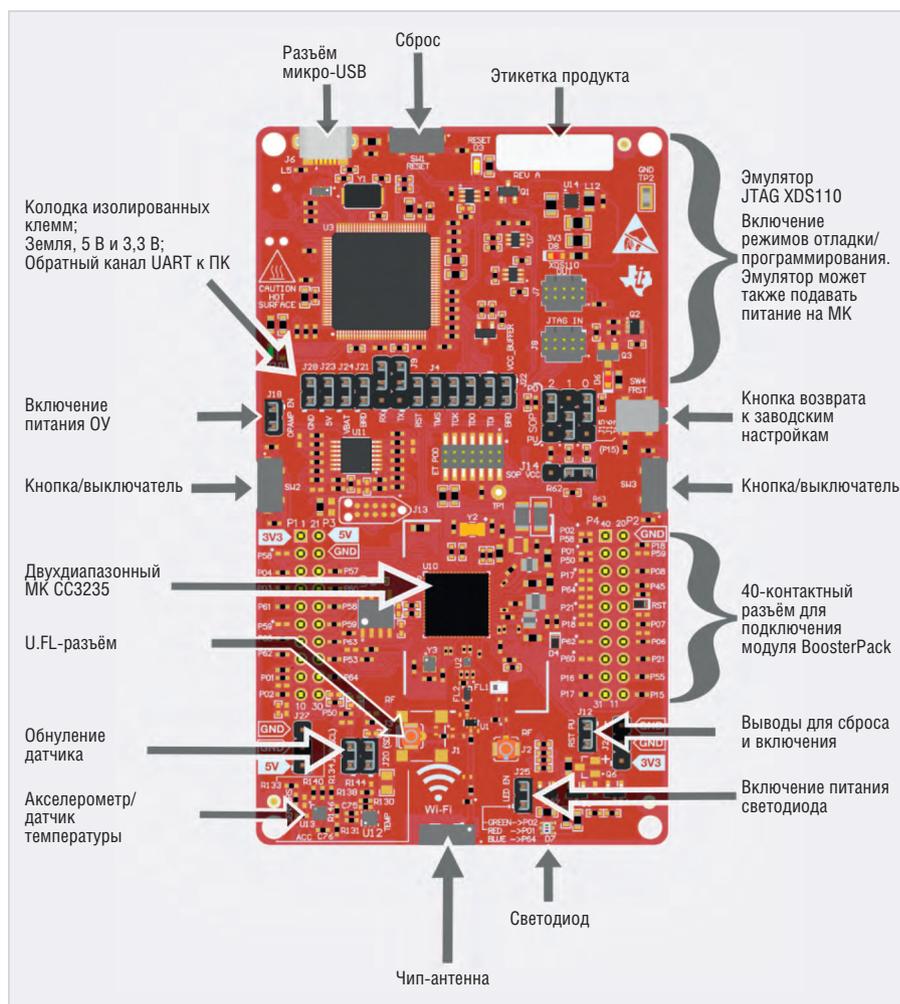


Рис. 2. Плата CC3235 SimpleLink Wi-Fi LaunchPack

наблюдения, видеокamеры с малым энергопотреблением, медицинские приборы и здравоохранение, автоматика промышленных и жилых помещений.

Компания TI обеспечивает аппаратную, информационную и программную поддержку разработчиков решений на базе модулей CC3235x. В частности, доступны комплект разработчика, типовая схема сети IoT для автоматических выключателей и датчиков оборудования, рекомендации по компоновке Wi-Fi и IoT решений на базе CC3135 и CC3235, двухдиапазонный комплект разработчика на базе LAUNCHXL-CC3235S SimpleLink, плагин для разработки и программирования SIMPLELINK-SDK-PLUGIN-FOR HOMEKIT и другие материалы.

Комплект разработчика CC3235 SimpleLink Wi-Fi LaunchPack Development Kit выполнен на основе модулей CC3235S/SF и предназначен для отладки беспроводных решений для IoT. В состав комплекта входят: отладочная плата, кабель micro-USB и руководство по быстрому запуску

устройства. Внешний вид отладочной платы и её основные компоненты показаны на рисунке 2.

Основные особенности комплекта:

- реализация доступа в Интернет на микросхеме CC3235 SimpleLink Wi-Fi с встроенным микроконтроллером;
- 40-выводная плата LaunchPad;
- стандарт XDS110 на базе JTAG-эмуляции с последовательным портом для программирования, поддержка 4-проводных JTAG и 2-проводных SWD-интерфейсов;
- две кнопки и RGB-светодиод для пользовательского интерфейса;
- виртуальный порт UART для подключения ПК, реализуемый через порт micro-USB;
- антенна Wi-Fi, датчики ускорения и температуры для проверки работы устройства вне помещений с передачей данных через интерфейс I<sup>2</sup>C;
- большая дальность действия – до 200 м на открытом пространстве.

Кроме модулей CC3235 компания выпускает целый ряд других компонентов для применения в проводных и беспроводных системах различного назна-

Компоненты TI для беспроводных систем

Продукт	Назначение и характеристики	Технология
CC1352P/R	Многодиапазонный беспроводный микроконтроллер с интегрированным усилителем мощности, 5 Мбит/с	Bluetooth, Sub-1 GHz, Zigbee
CC2652R	Многодиапазонный беспроводный микроконтроллер, 5 Мбит/с	Bluetooth, Zigbee
CC1213R	Sub-1 GHz беспроводный микроконтроллер, 5 Мбит/с	Sub-1 GHz
CC1310	Беспроводный микроконтроллер	Sub-1 GHz
CC2642R, CC2640	Bluetooth беспроводный микроконтроллер, 5 Мбит/с	Bluetooth
CC2652RB, CC2640R2F	Bluetooth беспроводный микроконтроллер, 2 Мбит/с	Bluetooth
CC2650MODA	Bluetooth беспроводный микроконтроллер, 1 Мбит/с	Bluetooth
CC2564C	Двухрежимный Bluetooth-контроллер в корпусе QFN, 3 Мбит/с	Bluetooth
CC2564MODA	Двухрежимный Bluetooth-модуль с антенной, 3 Мбит/с	Bluetooth
CC2640R2F-Q1	Автомобильный беспроводный микроконтроллер, 2 Мбит/с	Bluetooth
MSP432P4011/T	32-разрядный микроконтроллер с ядром ARM Cortex-M4F, с прецизионным АЦП и 2 МБ флеш-ЗУ	Хост МК
MSP432P4011V/VT, MSP422P411V/VT	32-разрядный микроконтроллер с ядром ARM Cortex-M4F, с прецизионным АЦП, 512 КБ флеш-ЗУ и 128 КБ ОЗУ	Хост МК
MSP432P401Y/YT, MSP432P411Y/YT	32-разрядный микроконтроллер с ядром ARM Cortex-M4F, прецизионным АЦП, 1 МБ флеш-ЗУ и 256 КБ ОЗУ	Хост МК
MSP432E401Y, MSP432E411Y	Ethernet-микроконтроллер	Хост МК
CC3135MOD	Двухдиапазонный сетевой модуль SimpleLink, 16 Мбит/с	Wi-Fi
CC3220MODA	Однодиапазонный беспроводный модуль с антенной	Wi-Fi
CC3120MOD	Беспроводный модуль для IoT-приложений, 16 Мбит/с	Wi-Fi
CC3220MO	Беспроводный модуль, 16 Мбит/с	Wi-Fi
CC3120	Беспроводный сетевой процессор для IoT-приложений, 16 Мбит/с	Wi-Fi
CC3220R/S	Беспроводный модуль для IoT-приложений, 16 Мбит/с	Wi-Fi
CC3200MOD	Беспроводный микроконтроллер для IoT, 16 Мбит/с	Wi-Fi
RF430CL381H	Динамический NFC-транспондер	NFC
CC2620	Беспроводный микроконтроллер с малым потреблением, 0,25 Мбит/с	RF4CE
CC2650	Многостандартный беспроводный микроконтроллер, 5 Мбит/с	6LoWPAN, Bluetooth, Zigbee 2,4 ГГц
RF430xxx	Серия модулей для NFC ISO15693 приложений	NFC

чения и в Интернете вещей. В каталоге компании на конец 2019 года в категории Wireless Connectivity предлагалось 58 проектов, выполненных по различным технологиям, и 87 продуктов для приложений SimpleLink. В продуктах этой группы используются следующие технологии: Bluetooth с низким энергопотреблением, мультистандартные Sub-1 GHz, Thread (ячеистые сети), Wi-Fi, Zigbee и проводные решения. Особенности некоторых микросхем для этих приложений приведены в таблице.

Компания TI разработала ряд рекомендаций по применению однодиапазонного (CC3220) и двухдиапазонного (CC3235x) модулей в различных приложениях сетей Wi-Fi IoT, в том числе в промышленной автоматизации и управлении производством Индустрии 4.0, к основным составляющим которой компания относит контроль промышленного оборудования, организацию передачи данных от датчиков и человеко-машинный интерфейс [2].

Для организации непрерывного контроля компания предлагает использовать системы, состоящие из шлюзов мониторинга состояния, модулей мониторинга состояния и датчиков контроля состояния. Для этих состав-

ляющих систем автоматизации производства TI выпускает широкую номенклатуру микросхем, а также отладочные комплекты и другие продукты.

**Контроль промышленного оборудования**

Компания TI располагает обширной номенклатурой микросхем и эталонных конструкций для построения шлюзов мониторинга состояния. В число таких продуктов входят микроконтроллеры с ультранизким энергопотреблением MSP430, микропроцессоры SimpleLink MSP432, CC3200, 32-разрядные микроконтроллеры TM4Cxxx и другие компоненты.

Для построения модулей мониторинга состояния компания предлагает более двух десятков различных микросхем:

- прецизионные ЦАП DAC8775, DAC7750, DAC8560, DAC8750, DAC8760;
- прецизионные АЦП ADS8321, TLC1543, ADS127L01, ADS8681, ADS1262;
- прецизионные операционные усилители INA149 и ОУ общего назначения LM2902, OPA2171, OPA4171, LMV751;
- коммутаторы и мультиплексоры TMUX1574, TMUX1072, MUX36S08, TS5A2315, TS3A5017, TS5A3159;

- прецизионный источник образцового напряжения REF6025.

При подключении различных датчиков состояния отдельных компонентов промышленного оборудования возникает потребность в устройствах для их сопряжения с системами контроля. В качестве таких компонентов TI предлагает следующие продукты:

- прецизионные ОУ OPA4988, OPA325, LM7702, LM77016 и ОУ общего назначения OPA2348, LMV751;
- прецизионный АЦП ADS1148, ADS122U04, ADS1271, ADS1220, ADS8320;
- прецизионный ЦАП DAC5311;
- упомянутые выше микроконтроллеры MSP432, а также различные логические микросхемы, коммутаторы, мультиплексоры и микросхемы управления питанием.

**Передача данных от датчиков**

Компания TI ориентируется на датчики температуры, потока, уровня и давления. Кроме датчиков в системах промышленной автоматизации применяются актуаторы (приводы). Для получения данных от датчиков и управления актуаторами необходимы соответствующие передатчики (преобразователи) и драйверы. Для их построения компания выпускает ряд микросхем и отладочных комплектов.

Микросхемы и эталонные конструкции компании TI позволяют разработчикам создавать решения для гидравлических, пневматических и электрических приводов промышленного назначения. Для этих целей рекомендуются следующие компоненты:

- драйверы затворов MOSFET серии UCC2751xx, UCC27517 (ток до 4 А), UCC27511A (8 А) в миниатюрных корпусах WSON (3x3 мм) и SOT-23 (пять и шесть выводов);
- интеллектуальные коммутаторы питания TPS1H100-Q1, TPS4H160-Q1, TPS27S100, выпускаемые в корпусах HTSOP14, HTSSOP28 и QFN16, представляют собой одноканальные коммутаторы верхнего плеча (Single-Channel High-Side Switch);
- N-канальные NextFET MOSFET с малым сопротивлением открытого канала CSD18537NQ5A ( $R_{dson} = 13 \text{ мОм}$ ), CSD18543Q3A (9,9 мОм), CSD15380F3, CSD15571Q2 (19,2 мОм), CSD18532Q5B (3,2 мОм), предназначенные для применения в качестве ключей верхнего плеча и управления двигателями;

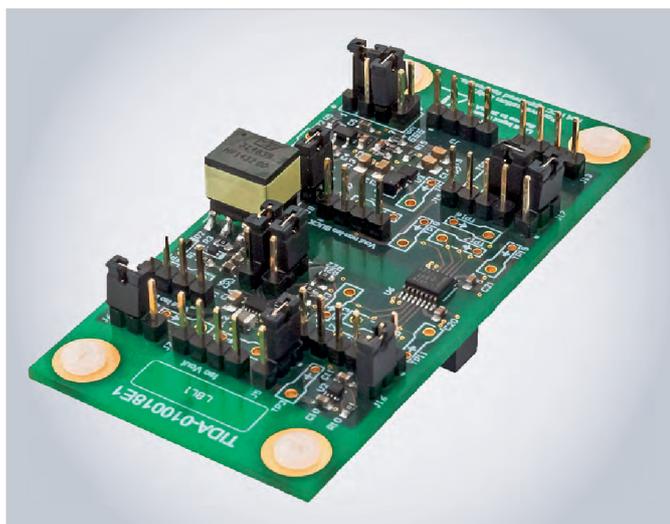


Рис. 3. Эталонный комплект TIDA-010018

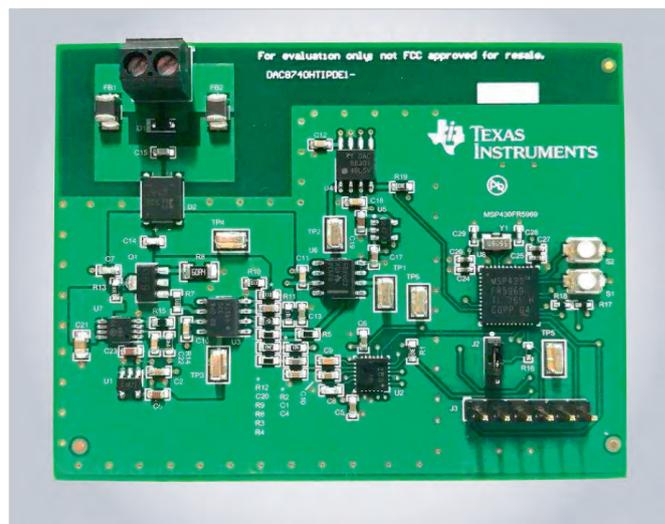


Рис. 4. Плата TIDA-01504

- драйвер промышленных пьезоизлучателей с интегрированным повышающим DC/DC-преобразователем DRV2700.

Номенклатура компонентов для построения систем передачи данных от различных типов датчиков в общем случае включает в себя согласующие и изолирующие устройства, усилители, АЦП, процессоры обратной связи, линейные регуляторы, различные коммутаторы, цифровые изоляторы, проводные и беспроводные интерфейсы, преобразователи данных, микросхемы управления питанием, цифровые и аналоговые микросхемы различного назначения и ряд других компонентов. Номенклатура таких компонентов TI чрезвычайно широка и требует отдельного рассмотрения. Компания также выпускает ряд эталонных конструкций, отладочных плат, комплектов и модулей, предназначенных для того, чтобы помочь разработчикам в создании систем передачи данных от датчиков. Рассмотрим некоторые из них подробнее.

**TIDA-010018** – изолированный интерфейс питания и данных для приложений с низким энергопотреблением. Внешний вид устройства приведен на рисунке 3. Интерфейс предназначен для приложений, требующих высокоэффективного преобразования энергии и изолированной передачи данных при питании от источников с ограниченными возможностями по току, таких как преобразователи температуры, потока/расхода и давления. Основными компонентами интерфейса TIDA-010018 являются:

- ISO7041 – 4-канальный цифровой изолятор с ультранизким энергопотреблением;

- TPS60402 – генератор подкачки заряда с фиксированной частотой переключения 50 кГц и выходным током до 60 мА;
- TPS62125 – понижающий DC/DC-преобразователь напряжения 3–17 В /300 мА;
- TPS62745 – сдвоенный понижающий преобразователь для маломощных беспроводных приложений;
- TPS727 – стабилизатор с низким падением напряжения для беспроводных приложений.

**TIDA-01504** – высокоточный полевой передатчик (преобразователь) с HART-модемом (см. рис. 4). Устройство предназначено для применения в системах автоматизации производственных процессов, преобразователях температуры, давления, потока, уровня и давления с выдачей данных по протоколу HART, используемому в подобных приложениях. Основными компонентами прибора являются:

- DAC8740 – HART-модем с низким энергопотреблением, предназначенный для управления технологическими процессами в промышленности и автоматизации производства;
- DAC8830 – 16-разрядный ЦАП с ультранизким энергопотреблением;
- MSP430FR596 – 16-разрядный 16 МГц RISC-микроконтроллер с ультранизким энергопотреблением, 16-канальным аналоговым компаратором, 12-разрядным АЦП, ОЗУ 64 Кбайт FRAM, 2 Кбайт SRAM, 40 портами ввода/вывода общего назначения.

Напомним, что HART-протокол является открытым стандартом метода сетевого обмена, разработанным компанией Rosemount Inc. ещё в 1980 году. Этот протокол широко применяется и в настоящее время. Обмен данными

между устройствами осуществляется по аналоговому каналу связи со скоростью 1200 бит/с. Основными преимуществами этого метода являются: отличная совместимость с аналоговыми датчиками и существующим оборудованием 4...20 мА, передача параметров и цифровой интерфейс по одной линии связи, большой и постоянно растущий выбор совместимых продуктов.

**TIDA-00650** – датчик-преобразователь для термопар в форм-факторе DevPack (см. рис. 5) для подключения к отладочному модулю TI SensorTag (TIDCC2650STK-Sensortag). С помощью этого прибора разработчики могут создавать решения для подключения датчиков температуры к беспроводным сетям Bluetooth, Zigbee, Wi-Fi, Sub-1 GHz. Устройство позволяет измерять температуру в диапазоне от  $-270$  до  $+1372^{\circ}\text{C}$  с 24-разрядной дискретизацией, обеспечиваемой дельта-сигма АЦП ADS1220. Кроме АЦП ADS1220 на плате устройства установлены: коммутатор включения/выключения T5A3159, эталонная термопара PT100 для выполнения процедуры компенсации температуры холодного спая измерительной термопары и другие компоненты. Вывод данных о температуре в формате SPI производится через разъем SensorTag DevPack Connector. Области применения устройства: изолированные датчики температуры и полевые передатчики (преобразователи), автоматизация производственных процессов и мониторинг компонентов оборудования, системы автоматизации зданий, портативные измерительные приборы.

**TIDC-CC2650STK** – отладочный модуль SensorTag, предназначенный для отладки решений IoT с возможностью соединения с облачными серверами.

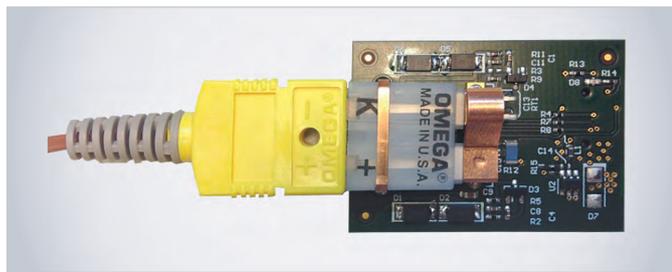


Рис. 5. Модуль TIDA-00650



Рис. 6. Комплект SensorTag

сами. Устройство выполнено на мини-атюрной плате и дополнено 10 МЭМС-датчиками (см. рис. 6). Модуль обладает широкими возможностями по подключению различных датчиков и выбору стандартов беспроводной связи. С модулем SensorTag можно использовать приложения для iOS и Android без каких-либо навыков программирования. Модуль отличается очень низким энергопотреблением и может работать от батареи в течение длительного времени. Модуль SensorTag предоставляет возможность подключения большого числа датчиков, включая датчики освещения, цифровой микрофон, магнитный датчик, акселерометры, гироскопы, датчики давления, влажности, тем-

пературы. Если датчик подключён к «облаку», то доступ к нему возможен из любой точки мира. Без подключения к «облаку» данные можно считать в радиусе действия выбранного стандарта связи с помощью мобильных устройств. В комплект поставки входят: сам SensorTag, батарея CR2032, инструкция по запуску, приложения для iOS и Android. Возможно расширение функциональности комплекта с помощью отладочной платы DevPack. Прибор построен на беспроводном микроконтроллере CC2650 с ядром ARM Cortex-M3. Основными областями применения являются: портативные устройства для смартфонов, домашняя автоматика, схемы для подключения

датчиков, интеллектуальное наблюдение, метеостанции.

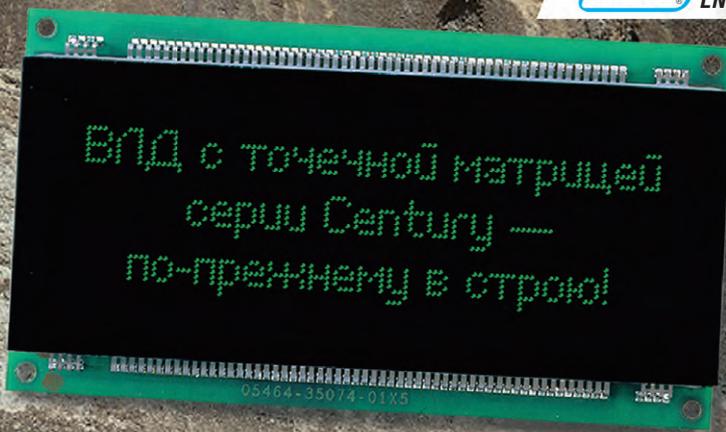
Широкий ассортимент современной высокотехнологичной продукции, предлагаемой Texas Instruments, позволяет компании надёжно закрепиться на быстрорастущем рынке IoT- и IIoT-решений. Особого внимания заслуживает довольно широкая номенклатура отладочных модулей, позволяющая разработчикам быстро и эффективно реализовывать самые различные проекты.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. <http://www.ti.com/wireless-connectivity/overview.html>.
2. <http://www.ti.com/applications/industrial/factory-automation/overview.html>. 

## ВАКУУМНО-ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЕ ДИСПЛЕИ ДЛЯ ЖЁСТКИХ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

- Яркость 600 кд/м<sup>2</sup>
- Угол обзора 150°  
(конусный)
- Встроенные контроллеры управления
- Символы высотой 5 и 9 мм
- Вибрации от 10 до 500 Гц
- Удары до 20 г  
(по каждой оси)
- Ресурс от 40 000 до 100 000 часов
- Диапазон рабочих температур -40...+85°C

**PROSOFT**<sup>®</sup>

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР

(495) 234-0636  
INFO@PROSOFT.RU

WWW.PROSOFT.RU



Реклама



МОСКВА '20  
Экспоцентр

31 марта – 2 апреля

+7 (495) 78-601-78 | [expocontrol.online](http://expocontrol.online)

## 12-я тематическая выставка-форум приборов и средств для проведения измерений и испытаний и обеспечения контроля качества

Оптическая и промышленная метрология    Контроль формы    Акустика  
Пробоподготовка    Испытательное оборудование    КИПиА    Ударные стенды  
Климатические испытания    Виброиспытания    Механические испытания  
Многофункциональные измерительные системы    3D сканирование    КИМ

в рамках выставки



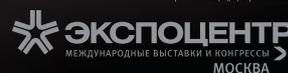
**METROLOGY  
DAYS**  
MOSCOW

Законодательная, научная и  
практическая метрология  
открытые лекции и семинары

Медиа-партнёр:



При поддержке:



Реклама

## НОВОСТИ МИРА

## IXIA – ПОДРАЗДЕЛЕНИЕ KEYSIGHT – ПРИСОЕДИНЯЕТСЯ К СООБЩЕСТВУ IBM SECURITY APP EXCHANGE

Компания Keysight Technologies, Inc. объявила, что приложение IxFlow, разработанное компанией Ixia (подразделение Keysight), будет интегрировано с технологией обеспечения информационной безопасности от компании IBM.

Брокеры сетевых пакетов серии Vision от компании Ixia используют функционал AppStack для генерирования потока метаданных, получившего название IxFlow, на основе сетевого трафика. IxFlow, являясь расширением к существующим протоколам Netflow/IPFIX, предоставляет подробную информацию о приложениях, устройствах, известных угрозах, географическом расположении, типе операционной системы, версии интернет-браузеров. Для анализа этих данных можно использовать платформу информационной безопасности IBM QRadar, позволяющую анализировать сведения об IT-инфраструктуре организации в режиме реального времени с целью выявления потенциальных угроз безопасности.



Поддерживая прикладной программный интерфейс (API) платформы QRadar, приложение IxFlow App позволяет клиентам Ixia и IBM использовать для передачи потока метаданных IxFlow, который затем анализируется с помощью QRadar. Эти метаданные содержат информацию об узлах, поражённых вредоносным ПО, бот-сетями и эксплоитами. Брокеры сетевых пакетов от компании Ixia также предоставляют QRadar данные на уровне пакетов для более тщательной проверки аномалий и тревожных сигналов.

Приложение IxFlow для QRadar можно бесплатно установить через платформу IBM Security App Exchange, на которой до-

ступны приложения разработчиков в сфере информационной безопасности IBM. Развитие угроз ускоряется с каждым годом, поэтому совместные разработки участников сообщества информационной безопасности помогут организациям быстрее реагировать на новые вызовы и развивать инновационные методы борьбы с киберпреступностью.

«Повышение риска кибератак приводит к необходимости построения полностью прозрачных гибридных сетей, надёжно защищённых от хакеров», – комментирует Скотт Уэстлейк, вице-президент группы по вопросам сетевых приложений и безопасности компании Keysight (ранее – Ixia Solutions Group). – Ixia обеспечивает полную прозрачность для QRadar благодаря расширенному потоку метаданных IxFlow; таким образом, обеспечивается точное выявление и определение приоритета угроз, а также ускорение процессов их устранения, что позволяет снизить негативные последствия атак».

Приложение IxFlow для QRadar доступно на странице IBM Security App Exchange: <https://exchange.xforce.ibmcloud.com/hub/?q=ixia>.



## SCHAEFER

### Источники питания AC/DC

- Вход: однофазная и трехфазная сеть переменного тока
- Мощность от 100 Вт до 500 кВт
- Выход: от 5 до 800 В постоянного тока
- Диапазон рабочих температур от -40 до +75°C

### Источники питания DC/DC

- Вход: от 10 до 800 В постоянного тока
- Разнообразные конструктивные исполнения

### DC/AC-инверторы

- Вход: от 20 до 800 В
- Выходы: однофазное и трехфазное напряжение
- Частота выходного напряжения от 40 до 800 Гц с подстройкой

### AC/AC-преобразователи

- Преобразование переменного напряжения в однофазное и трехфазное с частотой от 40 до 800 Гц

### Области применения

- Промышленная автоматизация
- Железнодорожный транспорт
- Испытательное оборудование
- Энергетика
- Нефтегазовая промышленность
- Ответственные применения

PROSOFT®

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР

(495) 234-0636  
INFO@PROSOFT.RU

WWW.PROSOFT.RU



Реклама

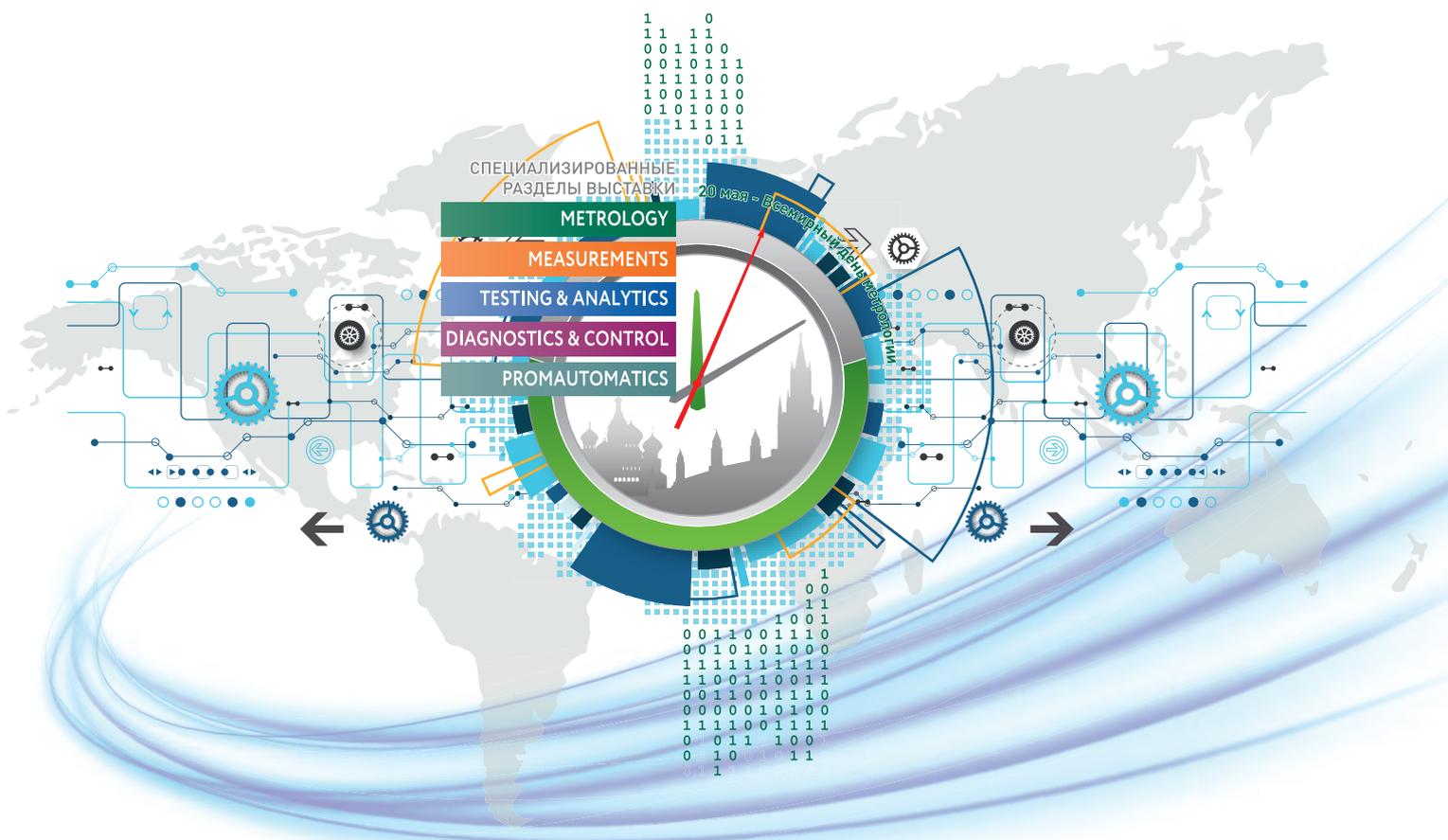
16-й МОСКОВСКИЙ МЕЖДУНАРОДНЫЙ  
ИННОВАЦИОННЫЙ ФОРУМ И ВЫСТАВКА

ТОЧНЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ –  
ОСНОВА КАЧЕСТВА И БЕЗОПАСНОСТИ

# MetrolExpo'2020

## Москва, 2-4 июня

### ВДНХ, павильон 75



#### ТЕМАТИЧЕСКИЕ РАЗДЕЛЫ ВЫСТАВКИ:



**МЕТРОЛОГИЯ**  
METROLOGY



**ИЗМЕРЕНИЯ**  
MEASUREMENTS



**ИСПЫТАНИЯ И АНАЛИТИКА**  
TESTING & ANALYTICS



**ДИАГНОСТИКА И КОНТРОЛЬ**  
DIAGNOSTICS & CONTROL



**АВТОМАТИЗАЦИЯ**  
PROMAUTOMATICS

Устроитель:



Выставочная компания  
ВЭСТСТРОЙ ЭКСПО

+7 (495) 937-40-23  
metrol@expoprom.ru

ПРИГЛАШАЕМ ПРИНЯТЬ УЧАСТИЕ

[www.metrol.expoprom.ru](http://www.metrol.expoprom.ru)



Реклама

# Характеристики системы запуска осциллографа

Колин Мэттсон (Keysight Technologies)

**Правильная настройка системы запуска осциллографа является важным элементом для получения надёжных результатов измерений. В статье обсуждаются характеристики системы запуска осциллографа реального времени, рассказывается о том, как настроить эту систему на оптимальную производительность, и как эти настройки влияют на систему запуска.**

## ОБЗОР СИСТЕМЫ

Чтобы понять, от чего зависят характеристики системы запуска, нужно сначала разобраться в самой системе. Почти все современные осциллографы используют аналоговые системы запуска (см. рис. 1). Когда сигнал подаётся на один из входных каналов осциллографа, то в первую очередь он попадает на предварительный усилитель этого канала. Задача предусилителя заключается в таком усилении и смещении сигнала, чтобы максимально использовать динамический диапазон АЦП и не допустить возникновения отсечки. Выходной сигнал предусилителя поступает на АЦП для дискретизации, а копия этого же сигнала подаётся на компараторы системы запуска канала. Компараторы оценивают сигнал и решают, находится ли он выше или ниже порога, заданного для соответствующего канала. Выходы компараторов устанавливаются в единицу или ноль в зависимости от того, превысил сигнал порог или нет. Как

правило, каждый входной канал имеет несколько компараторов запуска. Это позволяет осциллографу реализовать условия запуска, требующие нескольких порогов в одном канале (запуск по переходу и т.п.). Выходные сигналы компараторов всех каналов поступают в так называемую «систему запуска». Это довольно сложная система, которая может содержать специализированные ИС, ПЛИС и компоненты общего назначения. Её работа заключается в распознавании заданных событий запуска в процессе наблюдения за выходными сигналами компараторов. Для осуществления такого распознавания выполняются сложные логические операции над всеми входными сигналами, от которых зависит событие запуска. Детальное рассмотрение способов реализации режимов запуска в этой системе выходит за рамки данной статьи, но важно понять, что весь анализ, необходимый для определения того, отвечает ли исследуемый сигнал

требованиям заданного события запуска, выполняется по выходным сигналам аналоговых компараторов, а не по сохранённым в памяти оцифрованным данным.

Многие считают сигнал на выходе компаратора запуска «цифровым», поскольку некоторая информация об исходном сигнале в процессе обработки компаратором теряется (длительность фронта, постоянная составляющая и т.п.), и выход компаратора представляет собой чисто логическое состояние – выше или ниже порога. Всё это верно, но, когда идёт речь о выходе компаратора как об «аналоговом» сигнале, имеется в виду, что он представляет собой изменяющееся во времени напряжение на дорожке печатной платы, в отличие от сохранённых в памяти единиц и нулей.

Рассмотрим некоторые параметры системы запуска, способные повлиять на её характеристики.

## УРОВЕНЬ ЗАПУСКА

Уровнем запуска называется значение напряжения, с которым компаратор осциллографа сравнивает входной сигнал. Всякий раз, когда вы настраиваете уровень запуска по фронту или меняете какие-либо ещё «вертикальные» параметры запуска, вы настраиваете уровень запуска. Тщательная настройка уровня запуска является ключом к надёжной работе системы запуска. Выбирая режим запуска, использующий лишь один критерий, например фронт или длительность импульса, постарайтесь настроить уровень на середину амплитуды входного сигнала (см. рис. 2), если только вы не исследуете какое-либо особое поведение вблизи основания или вершины сигнала (см. рис. 3). Заметьте, по горизонтали сигнала присутствует большой джиттер. Для лучшего выделения джиттера использован режим с бесконечным послесвечением. Чем ближе установлен уровень к одному из крайних значений уровня сигнала, тем менее надёжным будет запуск. Необходимо отметить, что неудачный выбор уровня увеличивает джиттер запуска.

Зачастую осциллографы позволяют выбрать несколько уровней для каждого входного канала. Обычно это дела-

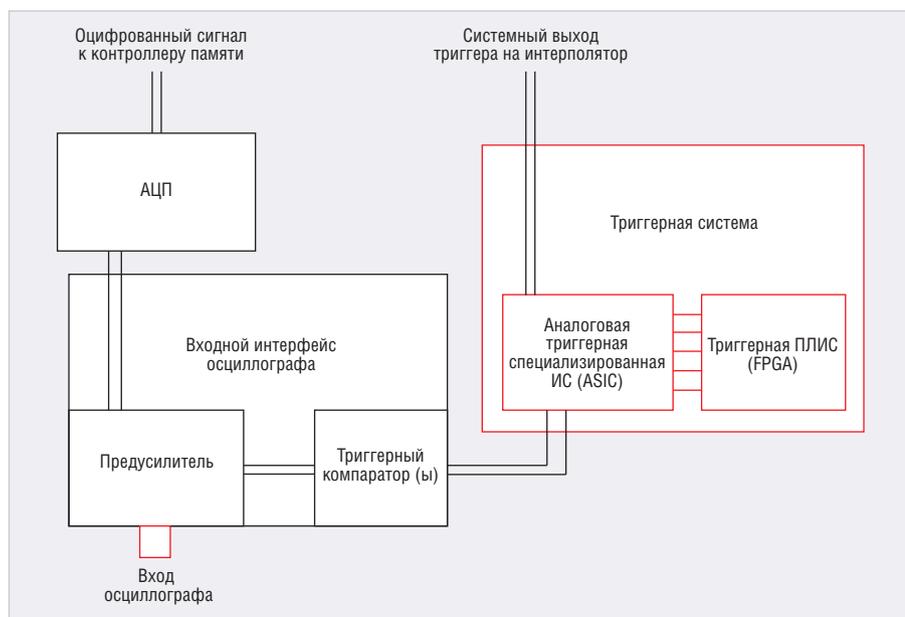


Рис. 1. Упрощённая одноканальная схема аналоговой системы запуска типичного цифрового осциллографа



Рис. 2. Установка уровня посередине сигнала на осциллографе Keysight Infiniium серии S

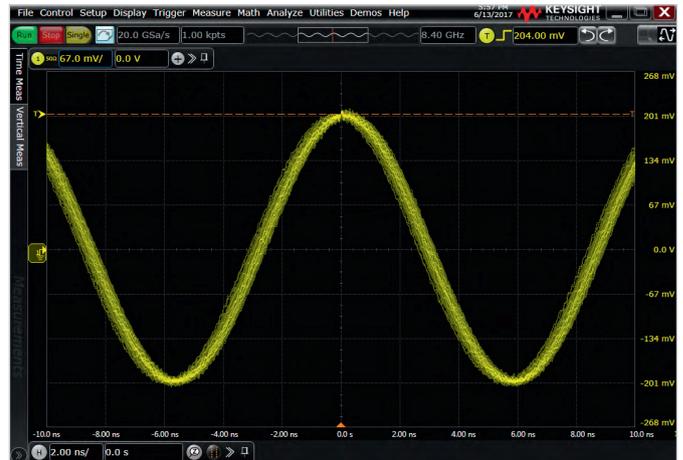


Рис. 3. Установка уровня близко к вершине сигнала на осциллографе Keysight Infiniium серии S

ется для того, чтобы осциллограф поддерживал режимы запуска с несколькими уровнями, такими как запуск по переходу или по ранту. В этом случае не забудьте настроить оба уровня в соответствии с нужным режимом.

### ГИСТЕРЕЗИС ЗАПУСКА

Инженеры-электронщики знакомы с концепцией гистерезиса, но многие не знают, что современные осциллографы используют это явление для фильтрации нежелательных событий запуска. Вспомните, что на компараторы системы запуска поступают выходные сигналы канальных предусилителей. Если эти компараторы не имеют гистерезиса, или их гистерезис слишком мал, или пользователь настроил уровень запуска на середину уровня сигнала (на уровень постоянного смещения сигнала), то компаратор будет срабатывать на шум даже при отсутствии иной активности. Очевидно, что пользователя такая ситуация не устроит, поскольку он ожидает запуска осциллографа только по достоверным событиям. В связи с этим компараторы системы запуска осциллографа имеют некоторый гистерезис. В зависимости от модели осциллографа гистерезис может быть фиксированным или настраиваемым.

В различных моделях осциллографов настройка гистерезиса может называться по-разному, но в большинстве случаев соответствующие пункты в меню настройки запуска называются «чувствительность» или «подавление шумов». На рисунке 4 «установка флага» Analog Noise Reject (подавление аналогового шума) увеличивает гистерезис компараторов запуска, связанных с любыми аналоговыми каналами, уча-

ствующими в формировании условий запуска.

Большая чувствительность означает меньший гистерезис. Если вы работаете с сильно зашумленными сигналами, то во избежание ложных срабатываний попробуйте увеличить гистерезис. И наоборот, если требуется запуск на грани срыва из-за масштабирования сигнала или его спектрального состава, то может понадобиться как можно меньший гистерезис. Запуск на грани срыва будет рассмотрен далее.

### МАСШТАБ ПО ВЕРТИКАЛИ

Помимо настройки уровня, важным фактором, влияющим на характеристики системы запуска, является правильный выбор масштаба по вертикали для всех сигналов, участвующих в условиях запуска. И, к сожалению, именно этим фактором чаще всего пренебрегают. Поскольку уровень запуска (на выходе предусилителя/входе компаратора) и гистерезис компаратора зависят от вертикального масштаба входного канала, а сигнал максимально использует динамический диапазон осциллографа без отсечки, эти параметры будут обеспечивать максимальную точность по отношению к сигналу. Рассмотрим следующий пример. Допустим, требуется наблюдать на экране осциллографа три сигнала, два из которых мы хотим использовать для формирования условий запуска. Обычно это делается так: включаются все три канала, выбирается вертикальный масштаб и смещение в каждом канале так, чтобы сигналы располагались друг над другом и были видны одновременно, не перекрываясь (см. рис. 5). Такой подход является в корне неправильным! Не забывайте, что вертикальный масштаб и смещение

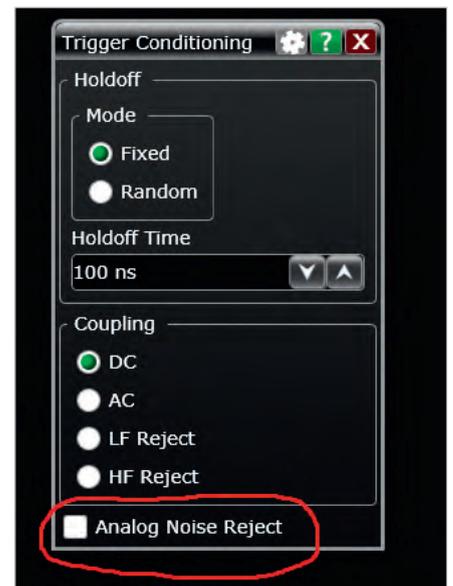


Рис. 4. Окно настройки запуска осциллографа Keysight Infiniium серии S

влияют не только на изображение, но они также определяют усиление сигнала предусилителем перед подачей его на АЦП и компараторы запуска. Сжимая сигналы так, чтобы они уместились на экране без перекрытия, мы тем самым ограничиваем разрешение их оцифровки и принудительно ухудшаем характеристики системы запуска. При этом не только снижается точность уровня запуска. Может получиться и так, что запуск вообще не произойдет из-за гистерезиса. Зачастую гистерезис выражается в процентах от полного вертикального диапазона. Если сжать сигнал так, чтобы он полностью оказался в зоне гистерезиса, то компараторы этого канала не будут срабатывать.

Как же нужно настроить осциллограф при наличии нескольких сигналов, которые необходимо наблюдать, и по которым осуществляется запуск?



Рис. 5. Три различных сигнала, одновременно отображаемых на экране осциллографа Keysight Infiniium серии S

В первую очередь нужно выбрать масштаб всех сигналов таким, чтобы они занимали большую часть вертикального диапазона (см. рис. 6). Это гарантирует получение высокого разрешения АЦП, хорошей точности уровней и гистерезиса запуска. Если нас устраивает наложение сигналов, то на этом можно остановиться.

А что делать, если действительно необходимо наблюдать каждый сигнал в отдельности или, может быть, сфокусироваться на одном из них? Для решения данной задачи возможны различные варианты в зависимости от используемого осциллографа. Некоторые современные осциллографы имеют расширенные настройки изображения, не зависящие от вертикального масштаба и смещения, которые можно использовать для перемещения каждого сигнала в своё собственное окно (см. рис. 7). В этом случае окна можно расположить друг над другом, и сигналы будут выглядеть так, как если бы они имели малый вертикальный масштаб. Каждое окно будет представлять собой полный вертикальный диапазон осциллографа. Некоторые осциллографы (включая осциллографы Keysight Infiniium серии S) позволяют перетаскивать некоторые или все окна с сигналами на внешние мониторы. Для решения многих задач, вместо изменения вертикального масштаба и смещения сигнала в предусилителе, достаточно изменить способ его отображения на экране. Если осциллограф не обладает такой возможностью, то можно попробовать другой способ. Допустим, нас интересует изображение только третьего сигнала, а первые два нужны лишь для запуска. В этом случае большинство осцилло-

графов позволяет запускаться от каналов, сигналы которых не выводятся на экран. Для этого нужно включить все три канала и выбрать соответствующий масштаб. Затем требуется настроить запуск по первым двум каналам и отключить отображение этих каналов, оставив настройки запуска неизменными. После этого на экране останется только третий сигнал (см. рис. 8). При использовании данного метода первые два сигнала вообще не захватываются, поэтому, если необходимо осуществлять их наблюдение или измерение, то такой подход не работает.

### АМПЛИТУДНО-ЧАСТОТНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

Подобно всем другим аналоговым схемам, компоненты, составляющие систему запуска, – предусилитель, компараторы и сигнальный тракт – обладают некоторой амплитудно-частотной характеристикой. Это может показаться странным, но очень часто данная АЧХ сильно отличается от АЧХ тракта захвата осциллографа. В узкополосных осциллографах это отличие не представляет особой проблемы, но в моделях с широкой полосой пропускания оно может стать источником разочарования. В последние годы полоса пропускания тракта захвата высокопроизводительных осциллографов реально во времени существенно увеличилась, а аналоговая система запуска за столь быстрым прогрессом не поспевает. К сожалению, это означает, что в большинстве высокопроизводительных моделей система захвата имеет гораздо более широкую полосу пропускания, чем система запуска. Если полоса пропускания системы захвата почти всегда указывается прямо на корпусе



Рис. 6. Три правильно масштабированных сигнала, наложенные друг на друга

осциллографа, то полоса системы запуска обычно приводится лишь в техническом описании прибора как «максимальная полоса при запуске по фронту» или «минимальная длительность глитча». При этом не стоит забывать, что некоторые режимы запуска могут иметь полосу меньше заявленной, и лучше всего считать заявленное значение «максимальной полосой».

Действительно ли разница в полосе пропускания систем захвата и запуска столь важна? Забегая вперёд, отметим, что чаще всего она вовсе не важна. Обычно возможностей запуска современных осциллографов вполне достаточно для большинства задач, с которыми может столкнуться пользователь. Рассмотрим несколько сценариев, способных привести к странному поведению запуска из-за различия АЧХ трактов запуска и захвата.

#### Сценарий 1: сверхбыстрые сигналы.

Если имеется высокопроизводительный осциллограф, и требуется увидеть высокоскоростной сигнал, скажем в диапазоне 18...20 ГГц, то можно обнаружить, что осциллограф вообще не может по нему запускаться. Если же прибор запускается, то, скорее всего, это происходит на грани срыва: частота запуска развёртки значительно ниже, чем ожидалось, наблюдается очень большой джиттер и т.п. Когда высокоскоростной сигнал проходит через схему, ведущую к системе запуска, его высокочастотные составляющие ослабляются и в конце концов могут стать совершенно не обнаруживаемыми.

Рассмотрим эту ситуацию на примере синусоидального сигнала. С ростом частоты синусоидального сигнала, даже если его амплитуда на экране осцил-

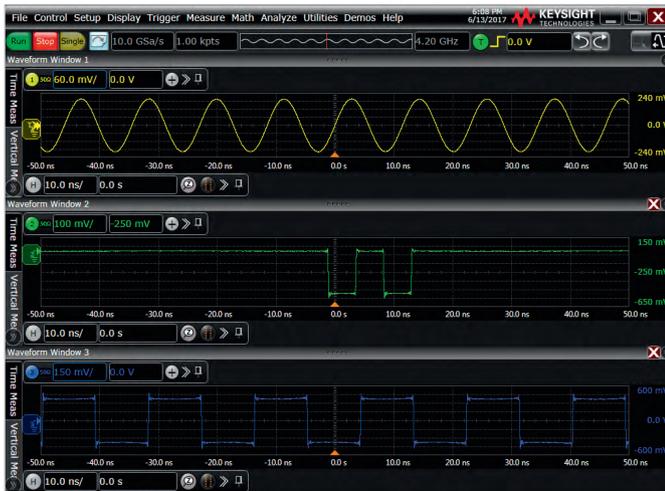


Рис. 7. Отображение каждого из трёх сигналов в отдельном окне

лографа остаётся постоянной (в тракте захвата), амплитуда, достигающая системы запуска, будет снижаться. Если увеличить частоту за пределы возможностей системы запуска, то фактически это будет означать, что сигнал в тракте запуска уменьшится настолько, что станет необнаружимым. Если рассматривать несинусоидальные сигналы, что вполне характерно для пользовательских задач, то ослабление высокочастотных составляющих сигнала означает, что фронты, достигающие системы запуска, будут не столь крутыми, как те, что видны на экране осциллографа.

**Сценарий 2: цифровая коррекция АЧХ.** Всегда следует помнить о том, что предусилители и сигнальный тракт осциллографа весьма далеки от совершенства. В научно-исследовательских лабораториях специалисты из всех сил стараются добиться максималь-

но точного представления сигнала на экране, и один из используемых ими способов заключается в применении цифровой обработки сигнала. Использование цифровой коррекции тракта захвата в высокопроизводительных осциллографах является вполне обычной практикой для того, чтобы показать пользователю наилучшее представление сигнала в том виде, в каком он присутствует на входном разъёме осциллографа или даже, в некоторых моделях, на кончике зонда. К сожалению, поскольку цифровая обработка выполняется с сохранёнными в памяти оцифрованными данными, аналоговый тракт запуска не может воспользоваться её результатами. Таким образом, если осциллограф использует цифровую коррекцию АЧХ, ограничивающие фильтры в тракте захвата или другие способы коррекции, то сигнал на



Рис. 8. Отображение только третьего канала при запуске от первого и второго каналов

экране может отличаться от того, что «видит» система запуска. Обычно это означает, что система запуска «видит» сигнал с несколько иной формой фронтов и большими или меньшими выбросами/провалами, чем тот сигнал, что видит пользователь. Если попытаться выбрать точку запуска вблизи вершины или основания сигнала, то, скорее всего, можно заметить разницу между трактом захвата и запуска, связанную с цифровой обработкой, которая обычно проявляется как явная погрешность уровня запуска в этих предельных точках.

Лучший способ сгладить последствия описанных выше сценариев заключается в соблюдении приведённых ранее рекомендаций по выбору вертикального масштаба и уровней. При таком подходе можно добиться от системы запуска наилучших характеристик. ☺

НОВОСТИ МИРА

**ОТР и МГТУ им. Баумана подписали договор о сотрудничестве**

Компания ОТР (Организационно-технологические решения) подписала договор о сотрудничестве с Московским государственным техническим университетом имени Н.Э. Баумана.

Договором предусмотрено проведение вузом и ИТ-компанией совместных активностей, связанных с ознакомлением студентов с новейшими ИТ-технологиями, получением учащимися теоретических знаний по наиболее востребованным ИТ-специальностям, а также с привлечением их к практическим занятиям для формирования навыков применения ИТ-инструментов и накопления

практического опыта, способствующего последующему трудоустройству.

Тесное сотрудничество МГТУ им. Н.Э. Баумана, одного из ведущих технических вузов страны, и ОТР, известного отечественного разработчика сложных инновационных ИТ-решений, применяемых сегодня в госуправлении и бизнесе, может стать важным шагом в подготовке ИТ-кадров, владеющих самыми современными технологиями, базирующимися на искусственном интеллекте, методах умной роботизации и инструментах бизнес-анализа.

В ближайших планах ОТР стоит разработка курсов очного и дистанционного обучения созданию программных роботов (на платформах ведущих мировых профильных вендоров),

а также работа со студентами, готовыми посвятить себя системному и бизнес-анализу.

Повышение эффекта от цифровизации в госуправлении и бизнесе сегодня напрямую связано с подготовкой высококвалифицированных кадров, знакомых не только с отдельными ИТ-продуктами и технологиями, но и владеющих академическим образованием, пониманием процессов, стоящих за автоматизацией и работой искусственного интеллекта. Высокий уровень академической подготовки выпускников Бауманского университета позволяет готовить ИТ-специалистов как для ИТ-компаний, так и для коммерческих предприятий из других отраслей, а также для госструктур.

Пресс-служба ОТР

# Блок чувствительных элементов для инерциальных систем управления

Дмитрий Гаманюк (г. Саратов)

Статья посвящена решению такой задачи, как измерение угловой скорости и линейного ускорения при помощи блока чувствительных элементов (БЧЭ) на базе трёхосного волоконно-оптического гироскопа и микроэлектромеханических акселерометров. Рассмотрены устройство, принцип работы и области применения данного прибора.

Прибор БЧЭ400 предназначен для измерения проекций векторов абсолютной угловой скорости и кажущегося линейного ускорения на оси чувствительности прибора и передачи выходной информации в виде последовательного цифрового кода по интерфейсу RS-422.

## СОСТАВ ПРИБОРА

Функционально прибор состоит из следующих основных частей:

1. оптический блок, в состав которого входят:
  - три ортогонально расположенных кольцевых волоконно-оптических контура (ВК);

- три модуля интегрально-оптических многофункциональных (МИОМ);
  - источник оптического излучения, содержащий суперлюминесцентный диод (СЛД);
  - три модуля оптических приёмных, содержащих фотодиоды (ФД);
2. блок акселерометров, в состав которого входят три расположенных ортогонально акселерометра (АКС);
  3. электронные блоки для приёма, преобразования и вывода информации, в составе которых находятся:
    - три усилителя фототока УФТ-095;
    - плата управления излучателем ПУИ-096;

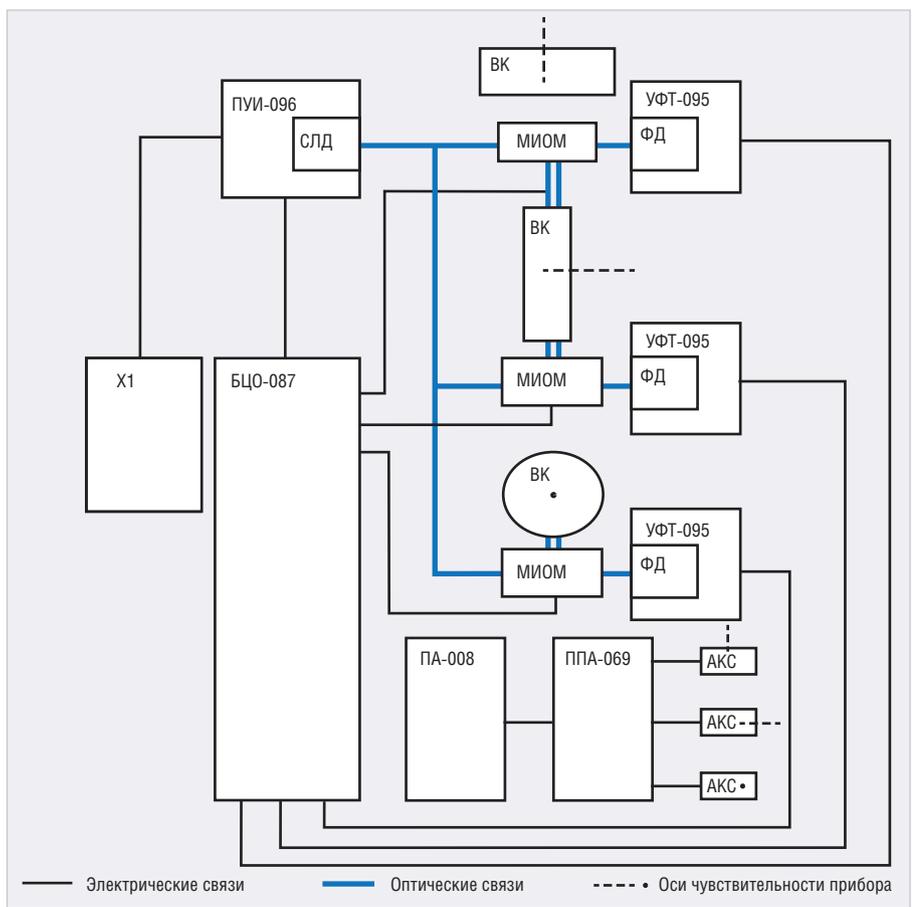


Рис. 1. Функциональная схема БЧЭ (без термодатчика)

- блок цифровой обработки БЦО-087;
  - плата акселерометров ПА-008;
  - плата питания акселерометров ППА-069;
4. термодатчик – микросхема AD590КН;
  5. электрический разъём X1.

Совокупность ВК, МИОМ и ФД образует оптическую часть каждого из трёх измерительных каналов угловой скорости по осям X, Y, Z. Ортогонально расположенные акселерометры составляют чувствительную часть трёх измерительных каналов линейного ускорения по осям X, Y, Z.

Электронная часть измерительных каналов имеет как обособленные элементы (три УФТ-095), так и общие платы (БЦО-087, ПА-008, ППА-069). Функциональная схема прибора (без термодатчика) приведена на рисунке 1.

## УСТРОЙСТВО И РАБОТА ПРИБОРА

На плате управления излучателем ПУИ-096 установлен источник электромагнитного излучения оптического диапазона – суперлюминесцентный диод (СЛД), в состав которого входят термодатчик (ТД) и термоэлектрический модуль (ТЭМ). Блок ПУИ-096 обеспечивает подачу в СЛД необходимого тока накачки и осуществляет температурную стабилизацию СЛД на номинальной температуре +20°С.

Каждый волоконный контур представляет собой цилиндрическую катушку с намотанным на неё оптическим волокном – проводником оптического излучения. МИОМ осуществляет поляризацию и распределение светового потока в волоконно-оптическом контуре каждого измерительного канала прибора, а также фазовую модуляцию световых потоков, что в совокупности обеспечивает получение точной информации о величине действующей угловой скорости.

Сигнал фазовой модуляции формируется блоком БЦО-087, который вырабатывает модулирующее пилообразное напряжение, передаваемое на МИОМ. Частота пилообразного напряжения пропорциональна действующей угловой скорости.

В усилителе фототока УФТ-095 фотодиод осуществляет преобразование интерференционного оптического сигнала в электрический сигнал, который несёт информацию о величине и знаке действующей угловой скорости вокруг оси чувствительности данного канала.

Акселерометры предназначены для преобразования действующих вдоль их осей чувствительности линейных ускорений в электрический сигнал и выполнены на микроэлектромеханических системах (МЭМС).

Блок БЦО-087 осуществляет АЦ-преобразование сигнала УФТ, обработку цифрового сигнала для выделения информации об угловой скорости и линейном ускорении и формирует выходной информационный сигнал о величине и знаке проекции действующей угловой скорости и ускорения по каждой измерительной оси. Блок БЦО-08 также формирует модулирующее напряжение для фазовой модуляции световых потоков.

Плата акселерометров ПА-008 осуществляет АЦ-преобразование сигналов акселерометров и обеспечивает электрическую связь акселерометров и БЦО-087 по цепям питания и информационных сигналов.

Плата питания акселерометров ППА-069 формирует необходимые питающие напряжения акселерометров и обеспечивает коммутацию их информационных сигналов. Прибор представляет собой моноблок с размерами 111×62 мм. Масса прибора – 0,86 кг. Потребляемая мощность – не более 10 Вт.

Рассмотрим принцип работы прибора при измерении угловой скорости. В предлагаемом решении, где каналы измерения угловой скорости образуют трёхосный волоконно-оптический гироскоп, используется оптический эффект Саньяка. Измерение скорости вращения волоконно-оптическим гироскопом осуществляется с помощью кольцевого интерферометра, в котором распространение света по замкнутому пути обеспечивается катушкой из оптического волокна. Простейшая модель интерферометра Саньяка изображена на рисунке 2.

Свет входит в контур распространения ВК в точке М (точка ввода-вывода излучения) и расщепляется на два луча, распространяющихся в противоположных направлениях: луч 1 – по часовой стрелке, что совпадает с направлением вращения ВК со скоростью  $\Omega$ ,

и луч 2 – против часовой стрелки. После обхода контура свет выводится из него в точке ввода-вывода, которая займёт новое положение М', определяемое углом разворота  $\Omega\tau$  контура за время обхода  $\tau$ . В общем случае времена обхода для встречных лучей  $\tau_1$  и  $\tau_2$  будут неодинаковыми, а их разность  $\Delta\tau = \tau_1 - \tau_2$  будет определяться как:

$$\Delta\tau = \frac{\Omega \times R \times \tau_0}{c}, \quad (1)$$

где  $\tau_0 = \frac{2\pi \times R}{c}$  – время обхода световым потоком контура при отсутствии вращения;  $c$  – скорость света.

Как видно из соотношения (1), разность времён обхода встречных лучей пропорциональна скорости вращения волоконного контура. Подставив значение  $\tau_0$  в формулу (1), получим:

$$\Delta\tau = \Omega \times \frac{2\pi \times R^2}{c^2}. \quad (2)$$

Произведение  $\pi \times R^2$  в числителе (2) представляет собой площадь контура обхода светового потока. С увеличением числа витков катушки с оптоволоконном увеличивается и площадь контура при неизменных внешних геометрических размерах. Это приводит к уменьшению нижнего предела значений измеряемой скорости. Таким образом, повышается чувствительность волоконно-оптического гироскопа (ВОГ). Разность времён обхода двумя лучами вращающегося контура приводит к их взаимному фазовому сдвигу, что и используется для формирования полезного выходного сигнала.

Для измерения линейного ускорения в приборе используется принцип инерционности – стремления материального тела (чувствительного элемента акселерометра) сохранять неизменными параметры своего движения (состояние покоя) в инерциальной системе отсчёта. Принцип измерения линейного ускорения в приборе проиллюстрирован на рисунке 3.

При воздействии вдоль оси чувствительности линейного ускорения на инерционную массу будет действовать сила, прямо пропорциональная величине действующего ускорения. Инерционная масса, в свою очередь, стремясь сохранить своё состояние неизменным, воздействует на преобразующий элемент, который формирует электрический сигнал, пропорциональный действующему ускорению. Принцип работы преобразующего эле-

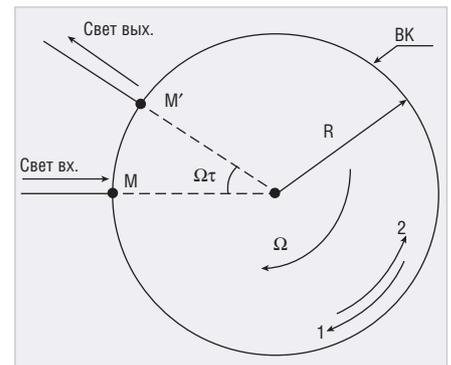


Рис. 2. Простейшая модель интерферометра Саньяка

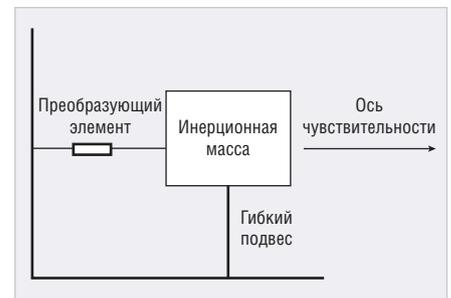


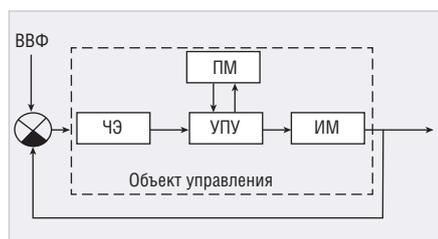
Рис. 3. Принцип измерения линейного ускорения в БЧЗ

мента может быть основан на изменении при действии силы:

- ёмкости конденсаторов, обкладки которых расположены на корпусе акселерометра и на чувствительном элементе;
- величины электрического заряда пьезоэлементов;
- частоты колебаний струны преобразующего элемента и т.д.

При подаче питания термоэлектрический модуль (элемент Пельтье) в составе СЛД начинает поддерживать номинальную температуру СЛД +20°C. СЛД формирует световой поток, оптическая мощность которого стабилизируется электронной схемой ПУИ-096. Свет излучается в оптоволокно – проводник оптического излучения. Через МИОМ, разделившись на два потока, излучение поступает во встречно направленные входы волоконного контура. При этом электроника БЦО-087 по сигналу с УФТ-095 формирует электрическое напряжение, прикладываемое к МИОМ для осуществления фазовой модуляции световых потоков.

При вращении вокруг осей чувствительности световые потоки, обладавая свойствами электромагнитных волн, будут иметь относительно друг друга фазовый сдвиг, вызванный эффектом Саньяка. Фазовая модуляция световых потоков позволяет компенсировать



**Рис. 4. Место БЧЭ в схеме классической автономной инерциальной системы управления**

данный сдвиг. При этом наклон компенсирующего пилообразного напряжения, прикладываемого к МИОМ, несёт информацию о направлении вращения, а частота «пилы» – о величине скорости.

При включении прибора питание через платы ПА-008 и ППА-069 подаётся на акселерометры. При действии вдоль осей чувствительности прибора линейного ускорения инерционная масса в гибком подвесе воздействует на преобразующий элемент, вызывая изменение параметров преобразователя информации (расстояния между обкладками конденсатора, между пьезоэлементами, силы натяжения струны и т.д.). Это приводит к формированию полезного информационного сигнала о действующем линейном ускорении.

Сигнал, содержащий информацию о величине действующего линейного ускорения, через платы ПА-008 и ППА-069 подаётся на БЦО-087. БЦО-087 формирует выходной цифровой код, который в соответствии с протоколом информационного обмена может быть преобразован в величины угловой скорости вокруг осей чувствительности и линейного ускорения вдоль осей чувствительности.

### Область применения прибора

Блок чувствительных элементов фактически является датчиком, преобразу-

ющим в пропорциональный электрический сигнал (цифровой код) физические величины: угловую скорость вращения относительно ортогональной системы координат и линейные ускорения, действующие вдоль осей чувствительности. Такая информация необходима для автономных инерциальных систем управления подвижными объектами различного назначения: судами, самолётами, космическими аппаратами, военной техникой. Возможность применения прибора на том или ином объекте определяется его устойчивостью к внешним воздействующим факторам, присутствующим при его эксплуатации. Место БЧЭ в схеме классической автономной инерциальной системы управления показано на рисунке 4.

При воздействии внешних возмущений объект управления будет отклоняться от заданной траектории движения. Отклонения от углового положения будут измерены оптическими каналами БЧЭ, и сигнал поступит на усилительно-преобразующее устройство (УПУ), представляющее собой ЭВМ, реализующую необходимые, заданные разработчиками законы управления. Управляющие сигналы поступают на исполнительный механизм (ИМ), представляющий собой рулевые машины, механизмы сопел реактивных двигателей и т.д. С помощью исполнительного механизма формируется механический момент, воздействующий на объект управления и возвращающий его на заданную траекторию. При возвращении на заданную траекторию сигнал с оптических каналов БЧЭ уменьшается и меняет свой знак, что приводит к изменению сигнала на исполнительный механизм и, как следствие, к уменьшению механического управляющего момента. При возвращении объекта управления на заданную

траекторию сигнал с БЧЭ условно будет равен нулю, и воздействие на объект со стороны ИМ прекратится. Условно – потому, что в зависимости от динамических характеристик системы управления объект управления может «гулять» внутри некой трубки возможных предельных отклонений. Таким образом, осуществляется так называемая угловая стабилизация объекта относительно центра масс. Управление движением центра масс осуществляется с помощью каналов измерения линейных ускорений БЧЭ.

Информация о величине и направлении действия линейных ускорений по осям объекта из БЧЭ поступает в УПУ, где производится оценка скорости, направления движения объекта и пройденного им расстояния. В зависимости от требуемого направления движения, параметров работы силовой установки и других факторов программный механизм может вносить корректировки в формируемые УПУ сигналы управления на ИМ. В конечном итоге результирующий сигнал с УПУ обеспечивает движение объекта управления по заданной траектории и угловую стабилизацию его положения.

Вопросы определения состава и методики проверки параметров, оптимизации состава приёмочных (приёмо-сдаточных и периодических) испытаний приборов данного типа рассмотрены в [1, 2].

### Литература

1. Гаманюк Д.Н. Контрольные испытания датчиков угловой скорости и кажущегося ускорения. Современная электроника. 2015. № 7.
2. Гаманюк Д.Н., Гаманюк Н.Г. Контрольные испытания датчиков угловой скорости, выполненных на основе волоконно-оптических гироскопов. Современная электроника. 2016. № 6.



## РОССИЙСКИЙ РАЗРАБОТЧИК И ПРОИЗВОДИТЕЛЬ

- Разработка герметичных DC/DC-преобразователей для ответственных применений
- Разработка и производство мощных источников питания для авиационной аппаратуры
- Разработка заказных силовых и ВЧ/СВЧ-модулей
- Производство дискретных силовых компонентов в керамических корпусах
- Разработка и проведение испытаний изделий и компонентов силовой электроники

**ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИЛЕР**

**АКТИВНЫЙ КОМПОНЕНТ ВАШЕГО БИЗНЕСА**  
 (495) 232-2522 • INFO@PROCHIP.RU • WWW.PROCHIP.RU



ПАТРОНАЖ ТПИ РФ

**21-23**

СЕНТЯБРЯ 2020

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ

КВЦ «ЭКСПОФОРУМ»

**Radelexpo**

# XX МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА РАДИОЭЛЕКТРОНИКА & ПРИБОРОСТРОЕНИЕ

- ЭЛЕКТРОННЫЕ КОМПОНЕНТЫ И КОМПЛЕКТУЮЩИЕ
- ПЕЧАТНЫЕ ПЛАТЫ И ДРУГИЕ НОСИТЕЛИ СХЕМ
- СВЕТОДИОДНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
- РАЗРАБОТКА И ПРОИЗВОДСТВО ЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ
- РОБОТОТЕХНИКА
- КОНСТРУКТИВЫ
- МАТЕРИАЛЫ
- ТЕХНОЛОГИИ
- ПРОМЫШЛЕННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И ИНСТРУМЕНТЫ
- КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ И ЛАБОРАТОРНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ



[radelexpo.ru](http://radelexpo.ru)

(812) 777-04-07



ОРГАНИЗАТОР ВЫСТАВКИ:



# Электронное реле для защиты силового электрооборудования от воздействия геомагнитно-индуцированных токов ЭМИ ЯВ

Владимир Гуревич (vladimir.gurevich@gmail.com)

В статье рассмотрена проблема геомагнитно-индуцированных токов (ГИТ), возникающих в нейтралях силовых трансформаторов при воздействии электромагнитного импульса ядерного взрыва (ЭМИ ЯВ), и их влияние на силовое электрооборудование энергосистем. Приведено описание разработанного комплекта, состоящего из защитного электронного реле повышенной надёжности и тестера для проверки реле. Разработанные устройства построены на стандартных электронных компонентах и пригодны для массового производства.

## ВВЕДЕНИЕ

Защита электрооборудования энергосистем от воздействия электромагнитного импульса высотного (более 30 км) ядерного взрыва (ЭМИ ЯВ) является актуальной проблемой, которой в последнее время уделяется большое внимание [1, 2]. Это связано с тем, что высотный ЯВ не влияет непосредственно на людей, но электромагнитный импульс, образующийся в результате такого взрыва, является мощным разрушительным фактором для электронного оборудования энергосистем и силового электрооборудования.

Как известно, ЭМИ ЯВ состоит из трёх компонентов: E1, E2 и E3. Эти компоненты существенно отличаются друг от друга по своим свойствам и характеристикам, что связано с целым комплексом сложных физических эффектов, возникающих в ионосфере при ЯВ. Например, компонент E1 – это

очень короткий одиночный импульс (2,5/25 нс), создающий очень высокую напряжённость поля у поверхности земли (50 кВ/м). Компонент E3, наоборот, очень медленный колебательный процесс с частотой менее 0,1 Гц, продолжительностью в несколько минут и очень низкой напряжённостью поля, не превышающей 85 В/км [3]. E2 – компонент, очень близкий по своему воздействию к разряду молнии, от которого энергетическое оборудование, как правило, защищено.

В данной статье рассмотрена защита силового электрооборудования энергосистем от компонента E3 ЭМИ ЯВ.

## ВОЗДЕЙСТВИЕ КОМПОНЕНТА E3 НА СИЛОВОЕ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ ЭНЕРГОСИСТЕМ

На первый взгляд, проблема защиты от медленных электромагнитных

колебаний с такой низкой напряжённостью, как 85 В/км, может показаться надуманной, но это далеко не так. Дело в том, что данные электромагнитные колебания наводятся в многокилометровых воздушных линиях электропередач (ЛЭП) и замыкаются через цепь, имеющую очень низкое полное сопротивление, например через систему заземления (см. рис. 1). В результате через нейтралы силовых трансформаторов могут протекать геомагнитно-индуцированные квазипостоянные токи (ГИТ) с амплитудой в десятки и сотни ампер. При этом магнитопровод трансформаторов быстро насыщается, а его импеданс, соответственно, снижается. Существенно возрастают рабочие токи, протекающие через его обмотки, и, соответственно, увеличивается нагрев трансформатора. При аналогичных воздействиях на силовые трансформаторы геомагнитно-индуцированных токов во время сильных солнечных бурь в северном полушарии Земли уже зафиксировано несколько случаев перегорания обмоток очень мощных силовых трансформаторов стоимостью в миллионы долларов в Канаде и США. Помимо высокой стоимости таких трансформаторов дополнительными проблемами являются длительные сроки их изготовления и очень сложная транспортировка к месту установки. В связи с этим выход из строя подобных трансформаторов является чрезвычайным происшествием с большими последствиями для энергосистем, и предприятия готовы к существенным затратам на мероприятия, предотвращающие такие ситуации.

Компанией ABB активно продвигается устройство SolidGrid™ для блокировки ГИТ в нейтралях силовых трансформаторов (см. рис. 2). Как можно видеть из рисунка, это устройство представляет собой крупную высоковольтную установку, требующую подготовки довольно большой площадки для монтажа на подстанции. Стоимость устройства составляет около \$300 тыс. Зна-

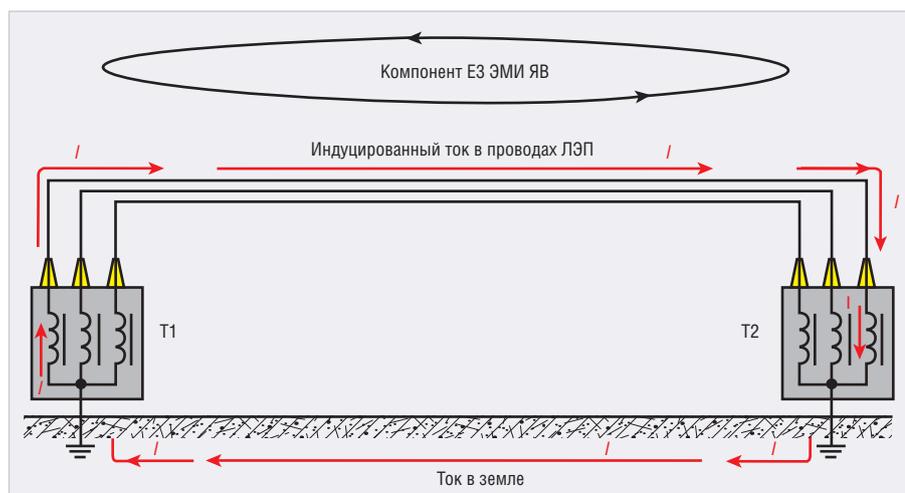


Рис. 1. Протекание геомагнитно-индуцированных токов (ГИТ) через нейтралы силовых трансформаторов T1 и T2

начально это устройство разрабатывалось для блокировки ГИТ при сильных солнечных бурях, которые могут продолжаться в течение многих часов. Позже эту установку начали предлагать и в качестве основного средства защиты от компонента ЕЗ ЭМИ ЯВ [4, 6] длительно-стью несколько минут. Однако напряжённость поля от этого компонента – 85 В/км, это близкое к максимально возможному значение, зависящее от множества внешних факторов (географического расположения трансформаторов и ЛЭП, сопротивления системы заземления, свойств грунтов, конструкции магнитной системы трансформаторов и т.п.), и поэтому ГИТ в нейтрали трансформатора совсем не обязательно принимает значения в сотни ампер. При наиболее вероятных токах, составляющих десятки ампер, силовой трансформатор, содержащий десятки тонн железа, меди и масла, просто не успева-ет нагреться до опасной температуры (см. рис. 3). Так, может быть, и пробле-мы вовсе не существует, и ГИТ, возникающими под действием компонента ЕЗ, можно просто пренебречь?

Во-первых, вероятность возникнове-ния ГИТ большой амплитуды всё же существует при определённом соче-тании внешних факторов. Во-вторых, силовой трансформатор с насыщен-ным магнитопроводом является мощ-ным источником гармоник, генери-руемых в сеть (см. рис. 4). Предель-но допустимое значение суммарного коэффициента гармонических иска-жений для высоковольтных сетей с напряжением 160 кВ и выше состав-ляет 1,5% [8]. Эти гармоники отрица-тельно воздействуют на многие виды электрооборудования, включён-ного в сеть, например на конденсаторные установки поперечной и продольной ёмкостной компенсации, устройства релейной защиты и т.д. Как поведёт себя это электрооборудование в реаль-ных условиях под воздействием ком-понента ЕЗ неизвестно, однако, учиты-вая возможный ущерб, следует всё же при-знать целесообразным принятие пре-вентивных мер. Неужели чрезвычайно дорогой и громоздкой установке, пред-лагаемой АВВ, не существует никакой альтернативы?

**Предлагаемое решение проблемы**

Решение проблемы защиты сило-вого электрооборудования энергосис-тем от компонента ЕЗ ЭМИ ЯВ было



Рис. 2. Устройство SolidGround™ компании АВВ (слева) для блокировки ГИТ в нейтрали силового трансформатора

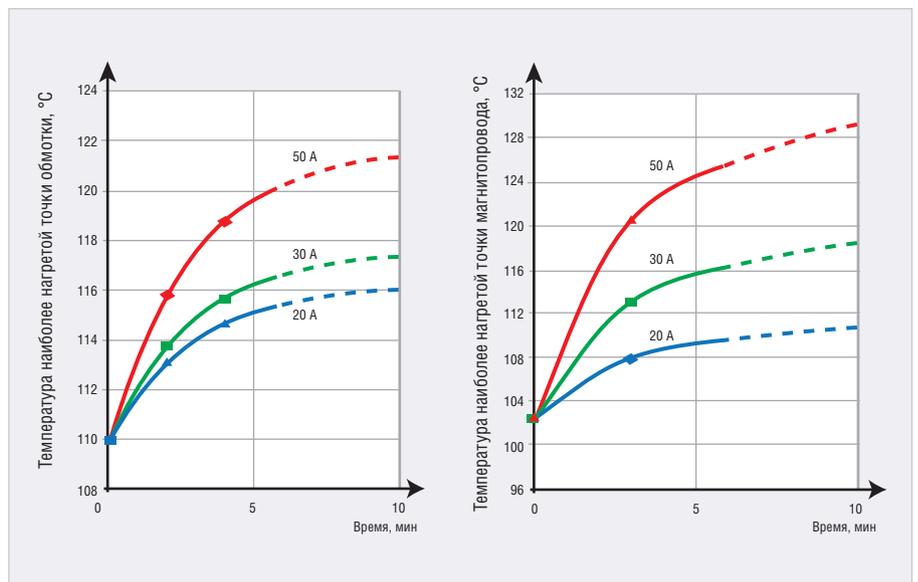


Рис. 3. Графики нагрева обмотки и магнитопровода силового трансформатора при протекании в его нейтрали геомагнитных токов величиной 20, 30 и 50 А

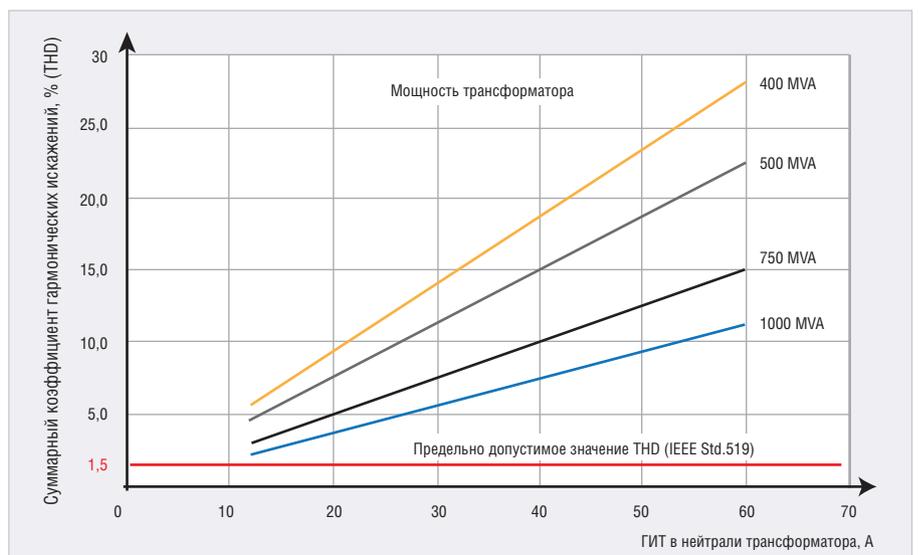


Рис. 4. Зависимость суммарного коэффициента гармонических искажений от величины ГИТ в нейтрали [7]

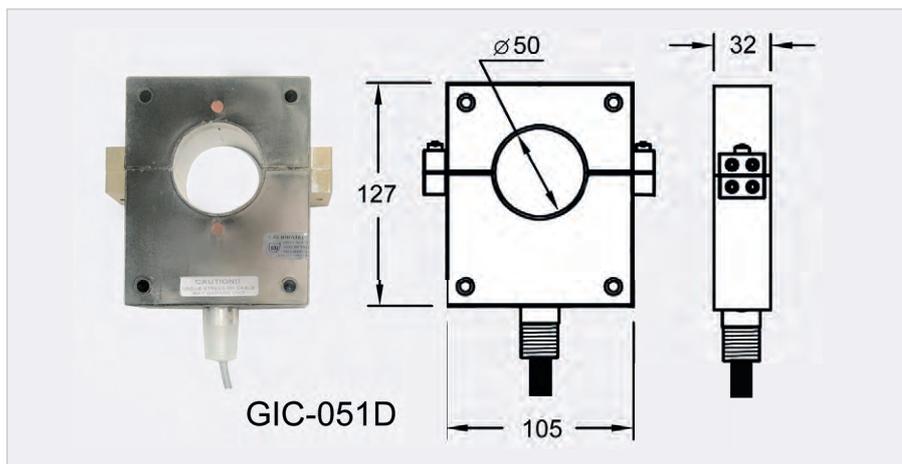


Рис. 5. Датчик ГИТ типа GIC-051D компании Ohio Semitronics, Inc. (размеры в мм)

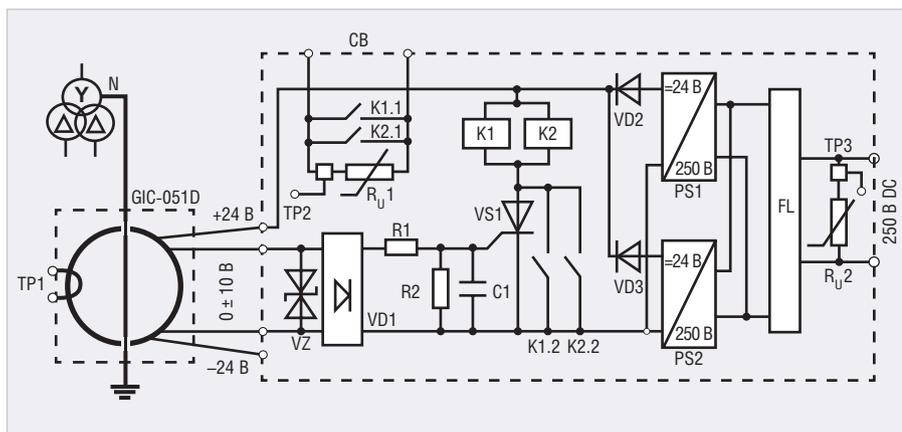


Рис. 6. Принципиальная схема электронного реле защиты силового трансформатора от компонента ЕЗ ЗМИ ЯВ

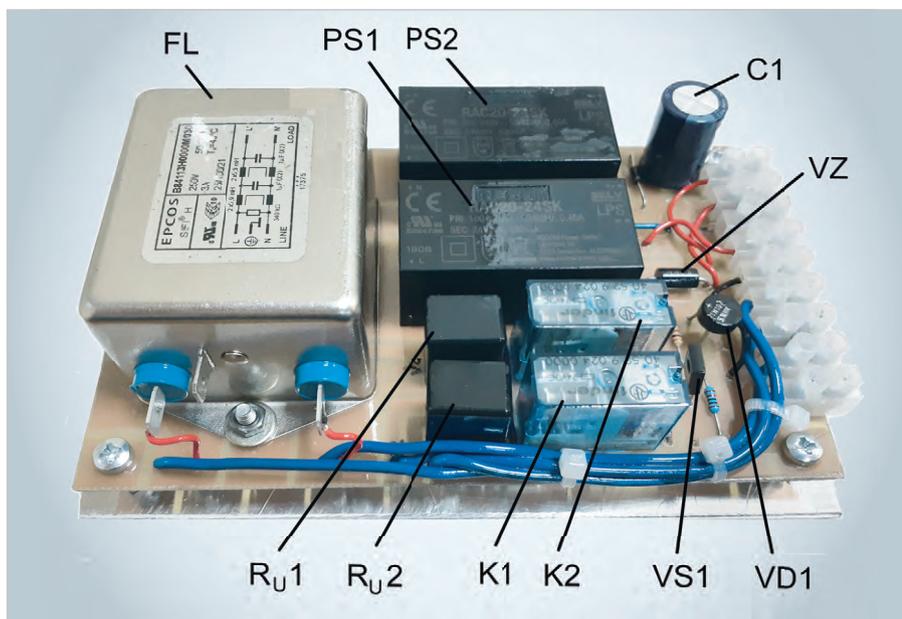


Рис. 7. Опытный образец электронного реле защиты силового трансформатора

предложено автором данной статьи ещё в 2011 году [9, 10]. Принцип действия такой защиты заключается в кратковременном отключении силового трансформатора при выявлении ГИТ в его нейтрали с последующим возвра-

том в рабочее состояние после паузы в несколько минут (то есть по окончании воздействия компонента ЕЗ). В статьях [9, 10] в качестве примера реализации такого принципа приведено описание защитного реле на основе

магнитоуправляемого контакта (геркона), снабжённого специальной магнитной системой, реагирующей на постоянный ток в заземляющем нейтраль трансформатора кабеле и не реагирующей на переменную составляющую тока. Однако такая конструкция защитного реле слишком сложна в реализации и требует довольно сложной индивидуальной настройки и подбора номиналов компонентов, что ставит под вопрос возможность массового производства данного прибора. В этой связи было разработано новое электронное реле для защиты трансформаторов, пригодное для массового производства и удобное для практического применения в энергосистемах. Реле состоит из датчика ГИТ, выполненного в виде разборного трансформатора тока, надеваемого на кабель заземления нейтрали, и специального реле, срабатывающего от сигнала этого датчика. В комплект устройства входит также тестер для периодической проверки исправности защитного реле непосредственно в месте его установки путём симуляции ГИТ.

В качестве датчика ГИТ выбрано устройство типа GIC-051D (см. рис. 5) компании Ohio Semitronics, Inc., как наиболее подходящее по параметрам и одновременно доступное по цене (\$650). Датчик надевается на кабель заземления нейтрали трансформатора и выдаёт выходное напряжение от нуля до 10 В лишь при квазипостоянном токе в этом кабеле с амплитудой от нуля до 50 А любого направления с частотой от нуля до 1,5 Гц. То есть датчик не реагирует на переменный ток частотой 50 Гц. При этом он выдерживает токи короткого замыкания в кабеле до 8 кА. Погрешность датчика составляет 0,5% от полного тока, т.е. 0,25 А. Датчик включён на вход разработанной электронной схемы реле повышенной надёжности (см. рис. 6). Схема содержит два параллельно включённых источника питания PS1 и PS2 (RAC20-24SK), два параллельно включённых выходных реле K1 и K2 (Finder 40.52.9.024.000), высоковольтный тиристор VS1 (C106M), варисторы RU1 и RU2 (T14 K300E2) на входе и выходе схемы со встроенными термозащитными элементами и высокоэффективный помехоподавляющий фильтр FL (EPCOS SIFI-H) на входе схемы. Тиристор VS1 снабжён эффективной помехоподавляющей цепью R2 и C1 с временной задержкой и шунтируемый после отпирания контактами реле.

На рисунке 7 показан опытный образец реле. Результаты испытаний приведены на рисунке 8.

В обычном режиме работы энергосистемы в кабеле заземления нулевой точки звезды силового трансформатора может протекать лишь переменный ток. При высотном ядерном взрыве в кабеле возникает постоянная составляющая тока (компонент E3), которая вызывает появление напряжения на выходе датчика GIC-051D, пропорционального этому току. При величине тока, превышающей 20 А, выходное напряжение датчика становится достаточным для отпирания тиристора VS1. Порог отпирания тиристора выбран фиксированным, без возможности его изменения с помощью подстроечного элемента, т.к. это ухудшило бы надёжность реле. Порог определяется величиной сопротивления резистора R2.

Отпирание тиристора приводит к срабатыванию двух электромагнитных реле K1 и K2, контакты которых действуют параллельно. Первая пара контактов воздействует через промежуточное реле на подстанции на отключающую катушку высоковольтного выключателя трансформатора. Вторая пара контактов шунтирует тиристор, защищая его от нагрева протекающим током и предотвращая многократные срабатывания и отпускания реле во время колебаний тока в кабеле. Возврат трансформатора в рабочее состояние осуществляется через несколько минут (т.е. по окончании действия компонента E3) системой автоматического повторного включения, и этой же системой через вспомогательный таймер производится кратковременное прерывание питания защитного реле. При таком кратковременном прерывании питания реле возвращается в исходное состояние, т.е. в ждущий режим.

Результаты измерений, полученные при исследовании схемы (см. рис. 8), показали её соответствие параметрам и ограничениям датчика типа GIC-051D, а также подходящую (обратно зависящую от входного напряжения на схеме) временную зависимость момента срабатывания.

Печатная плата покрыта с обеих сторон двумя слоями высококачественного влагостойкого лака и помещена в герметичный алюминиевый контейнер, обеспечивающий защиту схемы от воздействия компонента E1 ЭМИ ЯВ. В аналогичный экранирующий кон-

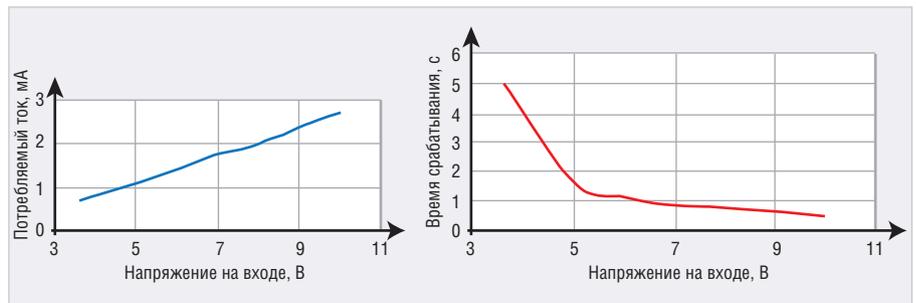


Рис. 8. Экспериментальные зависимости потребляемого схемой реле тока (слева) и временной задержки (справа) от напряжения на входе схемы

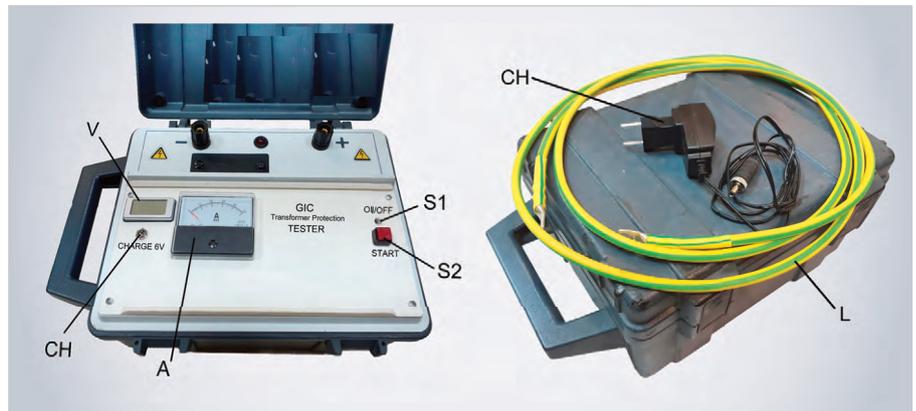


Рис. 9. Портативный тестер для проверки исправности защитного реле

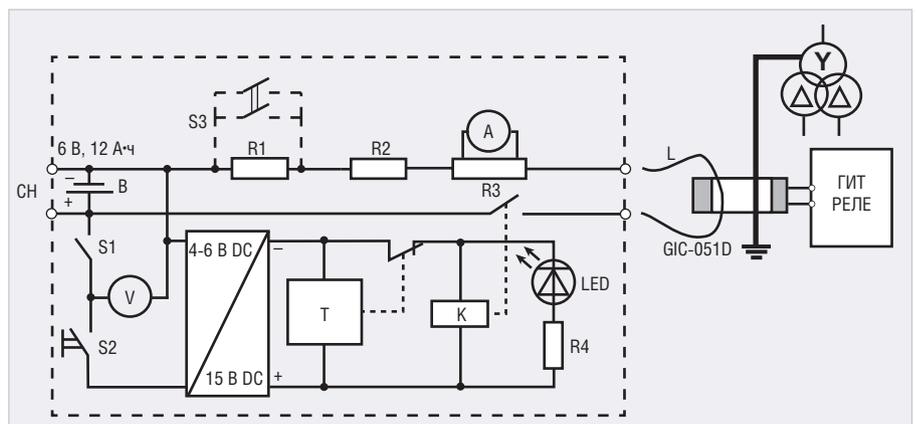


Рис. 10. Принципиальная электрическая схема портативного тестера для периодических проверок исправности реле защиты трансформатора

тейнер помещён и сам датчик. Соединение схемы с внешними цепями осуществляется при помощи экранированного кабеля.

### ТЕСТЕР ДЛЯ ПЕРИОДИЧЕСКИХ ПРОВЕРК ИСПРАВНОСТИ ЗАЩИТНОГО РЕЛЕ

Как отмечалось выше, силовой трансформатор является важнейшим элементом системы электроснабжения, поэтому устройство его защиты должно быть чрезвычайно надёжным. Для того чтобы быть уверенным в исправности защитного реле, его нужно периодически тестировать. Для периодических

проверок исправности описанного защитного устройства, установленного на кабеле заземления нейтрали трансформатора, разработан специальный портативный тестер (см. рис. 9 и 10).

Источником тока в тестере является аккумуляторная батарея 6 В, 12 А•ч. Ток батареи (около 25 А) ограничивается двумя 100-ваттными резисторами R1 и R2 с сопротивлением 0,1 Ом, соединёнными последовательно. Некоторый запас по мощности выбран для предотвращения нагревания резисторов и изменения их сопротивления и, соответственно, выходного тока тестера. Однако, как показали испыта-

ния, можно вполне обойтись и одним 100-ваттным резистором с сопротивлением 0,2 Ом, установленным на алюминиевой панели. Выходной ток тестера подаётся на шлейф L, выполненный из отрезка изолированного медного провода, вставляемого при испытаниях в окно датчика GIC-051D (см. рис. 10).

В приборе использованы высококачественные, но доступные компоненты известных производителей. В качестве устройства, коммутирующего ток батареи, выбрано автомобильное электромагнитное реле К типа DG85C с контактами, рассчитанными на коммутацию постоянного тока до 80 А. Это реле выпускается с катушками управления на напряжение 6, 12 и 24 В. Однако наиболее распространёнными и доступными являются автомобильные реле на напряжение 12 и 24 В, что и определило их выбор для использования в устройстве. Для повышения напряжения с 4...5 В (напряжение 6-вольтовой батареи при включении на очень низкое внешнее сопротивление) до приемлемого значения 15 В в схеме тестера применён миниатюрный повышающий преобразователь напряжения типа IZ0515SA от XP Power. При испытании совместно с реле DG85C в качестве нагрузки этот преобразователь показал устойчивую работу и неизменное выходное напряжение 15 В при изменении входного напряжения в пределах от 3 до 10 В.

Для исключения нежелательного длительного разряда батареи при токе в несколько десятков ампер (при нажатой кнопке S2) в тестере использован простейший таймер типа H3Y-2, обеспечивающий выключение реле К и прерывание его контактами тока батареи через 5 с после подачи на таймер питания.

Миниатюрный вольтметр V с жидкокристаллическим экраном (типа EMV1200) и небольшой аналоговый амперметр А с шунтом, которыми снабжён тестер, позволяют контролировать напряжение батареи и ток в датчике, симулирующий ГИТ во время испытаний.

Возможно некоторое усовершенствование тестера за счёт использования двух ступеней выходного тока. На нижней ступени проверяется несрабатывание реле при токе немного меньше уставки, а на верхней ступени проверяется срабатывание реле при токе немного больше уставки. Это усовершенствование возможно реализовать путём использования в тестере дополнительного двухполюсного тумблера S3 с контактами, рассчитанными на ток 20 А (показан пунктиром на схеме рисунка 10). Такие тумблеры широко представлены на рынке, например ET220K12-Z (Copal Electronics), S-331 (NKK Switches), EK204-73 (Carling Technologies) и другие. При этом сопротивление каждого токоограничивающего резистора (R1 и R2) должно составлять 0,2 Ом.

В тестере допускается использование аккумулятора меньшего размера и ёмкости, например ёмкостью 7 А•ч. Такой аккумулятор вполне справляется с возложенными на него задачами, а сам прибор получается намного компактнее и легче.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработанный комплект устройств позволяет решить актуальную проблему обеспечения надёжной защиты важнейшего элемента системы электроснабжения – силового трансформатора – от воздействия ЭМИ ЯВ. При

этом комплект достаточно прост, имеет невысокую стоимость и пригоден для массового производства.

### ЛИТЕРАТУРА

1. *Гуревич В.И.* Электромагнитный импульс высотного ядерного взрыва и защита электрооборудования от него. М.: Инфра-Инженерия, 2019. 516 с.
2. *Gurevich V.* Protecting Electrical Equipment: Good Practices for Preventing High Altitude Electromagnetic Pulse Impacts. De Gruyter, Berlin, 2019. 386 p.
3. Recommended E3 HEMP Heave Electric Field Waveform for the Critical Infrastructures. Report of the Commission to Assess the Threat to the United States from Electromagnetic Pulse (EMP) Attack, 2017.
4. SolidGround™ neutral blocker is the most effective and economical solution to protect the electric power grid from stray DC, Solar Storms (GMD) and Nuclear EMP E3: <http://www.emprimus.com/solidground>.
5. Power World Grid Modeling with GIC and Neutral Blocking. Presentation to 2013 Power World Client Conference January 22, 2013.
6. SolidGround™ Grid Stability System Geomagnetic Storm Induced Currents (GIC) and Electromagnetic Pulse (EMP) E3 Protection. ABB Inc. High Voltage Products, 2012.
7. Analysis of Geomagnetic Disturbance (GMD) Related Harmonics. Report EPRI No. 3002002985, March 21, 2014.
8. IEEE Std. 519 – 2014. IEEE Recommended Practice and Requirements for Harmonic Control in Electric Power Systems, 2014.
9. *Гуревич В.И.* Силовые трансформаторы тоже подвержены влиянию Солнца. Электротехнический рынок. 2011. № 5. С. 48–51.
10. *Gurevich V.* Protection of Power Transformers Against Geomagnetically Induced Currents. Serbian Journal of Electrical Engineering, 2011, Vol. 8, No. 2, pp. 333–339.



## НОВОСТИ МИРА

### Микрон – школьникам: первые часы-телефон «Москвёнок» со встроенным чипом для прохода в школу и оплаты школьного питания

Карта «Москвёнок» стала ещё более удобной: Микрон, крупнейший производитель и экспортёр микроэлектроники в России, и Тимтон Групп, российский ИТ-разработчик систем безопасности и мониторинга маршрутов детей, запустили в продажу в Москве первые часы-телефон WOCHI X и кожаные браслеты WOCHI P со встроенной RFID-меткой для прохода детей

в школу, оплаты питания и бесплатного посещения музеев в рамках системы «Москвёнок».

«Бесконтактные часы-телефон и кожаные браслеты включают полноценный функционал электронной карты школьника, – прокомментировал Станислав Братчиков, директор ТИМТОН ГРУП. – RFID-чип встроен под экран часов, что позволяет детям с лёгкостью проходить в школу и оплачивать питание, просто прикладывая часы дисплеем к считывателю. Браслеты выполнены из кожи растительного дубления. Благодаря использованию гибкой RFID-метки Микрона брас-

лет получился мягким, удобным для ношения школьнику любого возраста».

«Учебные заведения являются одним из ключевых объектов инфраструктуры, где необходимо уделять особое внимание вопросам безопасности. Технология RFID в этом секторе помогает обеспечить сочетание удобства и безопасности на современном уровне, – отметила Гульнара Хасьянова, генеральный директор ПАО «Микрон». – Всего в рамках этого проекта уже поставлено 20 000 меток, в 2020 году запланировано поставить более 100 000 меток».

Первые отечественные часы-телефон и кожаные браслеты под брендом WOCHI содержат метку M1743-0Q2M высокочастотного диапазона (HF), разработанную RFID-лабораторией Микрона. Новые факторы соответствуют всем требованиям системы «Москвёнок», впервые запущенной в учебных заведениях Москвы в 2012 году, и оснащены дополнительными функциями, что делает их ещё более удобными.

Часы-телефон WOCHI X помимо стандартных функций (определение местоположения, двусторонняя голосовая связь, обмен голосовыми сообщениями, телефонная книга на 10 номеров, несколько режимов звонков) имеет ряд преимуществ: простая активация в мобильном приложении, онлайн-активация чипа (на портале mos.ru) без необходимости посещения родителями школы для проведения процедуры привязки идентификатора к ребёнку. Все уведомления о входе-выходе ребёнка из школы, отчёт о школьном питании поступают родителям в мобильном приложении GEOPLANNER.

Часы и браслеты имеют яркие цветовые решения, ремни выполнены из высококачественных гипоаллергенных материалов. Часы-телефон имеют нецарапающийся ударопрочный дисплей и защищённый от влаги и пыли корпус.



Часы и браслеты рекомендованы Департаментом информационных технологий г. Москвы (заключение № 68 от 20 ноября 2019 года) в качестве электронного идентификатора подсистемы предоставления услуг в сфере образования с использованием электронных карт Комплексной информационной системы «Государственные услуги в сфере образования в электронном виде» (КИС ГУСОЭВ).

Система «Москвёнок» уже установлена в 4333 зданиях образовательных организаций города Москвы, а это более 95% всех зданий детских садов и школ города. «Москвёнком» пользуются уже один миллион школьников, более миллиона родителей дошкольников и около 185 тысяч работников образовательных организаций.

Все передаваемые данные полностью защищены: сервера по обработке данных расположены на территории РФ.

Использование компонентной базы отечественного производства гарантирует отсутствие недеklarированных возможностей и обеспечивает надёжное хранение данных и информационную безопасность.

Микрон имеет собственную RFID-лабораторию по разработке и тестированию радиочастотных идентификационных изделий во всех действующих диапазонах частот. На предприятии организован полный цикл производства продукции, что позволяет учитывать индивидуальные требования каждого заказчика. В продуктовой линейке фабрики более 150 видов различных RFID-меток.

В настоящее время RFID-продукция Микрона успешно применяется для различных задач, в том числе инвентаризации, контроля доступа, защиты бренда, автоматизации техпроцессов, складской и торговой логистики, сельскохозяйственных и промышленных предприятий, а также для управления доступом к различным объектам и единицам хранения, управления мероприятиями, обеспечения безопасности, контрольных и сервисных функций в финансовых, образовательных и медицинских учреждениях, в инфраструктурных и транспортных системах.

Пресс-релиз ПАО «Микрон»

## ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ ДЛЯ СВЕТОДИОДОВ



Серии AE16 / AM16 для офисных светильников  
Мощность 40 / 60 Вт



### Преимущества:

- Высокая удельная мощность
- Гальванически изолированный выход
- Пульсации светового потока < 2%
- Коэффициент мощности  $\lambda = 0,96$
- Двухкаскадная схема
- Металлический корпус, низкий уровень электромагнитных помех



MAIN@MMP-IRBIS.RU

8 (495) 987-10-16

WWW.MMP-IRBIS.RU

# Однополярное питание аудиоусилителя на мощных ОУ в мостовом включении

## Часть 2

Алексей Кузьминов (compmicrosys@mail.ru)

Во второй части статьи, рассказывающей об альтернативном варианте питания аудиоусилителя на мощных операционных усилителях (ОУ), включённых в мостовом режиме работы, представлены разводка плат устройств, их настройка, тестирование и результаты работы.

### Разводка плат устройств

Разводка плат устройств сделана автором с помощью программы SprintLayout 6.0. Технология изготовления плат и фотошаблонов для них своими силами подробно описана автором в статьях [7, 8]. Платы формирователя (см. рис. 5) и стабилизаторов (см. рис. 6–7) имеют двустороннюю разводку, а плата индикации (см. рис. 8) – одностороннюю. Исходный файл разводки всех плат в формате \*.lay6 можно скачать в дополнительных материалах к статье на сайте журнала.

### Внешний вид устройств

На рисунке 9 слева можно заметить плату формирователя (уже в составе усилителя); она достаточно прочно держится на пяти выводах микросхе-

мы LA6500 в корпусе TO220-5, которая через теплопроводящую керамическую прокладку крепится к радиатору винтом М3 (с использованием теплопроводной пасты КПТ8). Справа на рисунке 9 видно два цементных резистора SQP 5 Вт R4 и R5 (см. рис. 1) [9], которые крепятся к ещё одному радиатору с помощью плоской стальной скобы двумя винтами М3 также с использованием теплопроводной пасты КПТ8. Оба радиатора крепятся к днищу корпуса усилителя винтами М3 с помощью двух стоек с внутренней резьбой М3.

На рисунке 10а в левой верхней части платы стабилизатора на базе микросхемы MC34072MTTBG можно заметить вывод транзистора VT1 (см. рис. 2) [9] в корпусе TO247. Это вывод истока, к которому припаивается провод входно-

го напряжения. Между средним выводом транзистора (стоком) и левой частью П-образной скобы (перевёрнутой «П») из медного провода диаметром 1,2 мм, впаянной в плату, припаян токоизмерительный шунт (резистор R6, см. рис. 2) [9], а к правой части этой скобы припаивается провод выходного напряжения. На рисунке 10б можно заметить три электролитических конденсатора C9, C6\* и C2 (см. рис. 2) [9], а за ними – корпус TO247 силового транзистора. Плата не имеет крепёжных отверстий, поскольку достаточно прочно держится на трёх выводах транзистора, который крепится к радиатору источника питания (ИП) через керамическую теплопроводящую прокладку с использованием теплопроводной пасты КПТ8.

Фотография платы на основе микросхемы MC33072P по разводке на рисунке 6 не приводится, т.к. она имеет похожий вид. Разводка плат и их фотографии приведены в иллюстративных целях; изготовить платы по приведённым на рисунках 5–8 вариантам разводки и тем более фотографиям невозможно. Для их изготовления, как было отмечено выше, необходимо использовать исходный файл разводки в формате \*.lay6.

### Настройка, тестирование устройств и результаты их работы

Вначале о настройке и тестировании формирователя.

Для настройки потребуется стабилизированный ИП с возможностью регулировки выходного напряжения и тока и любой цифровой тестер с точностью измерения напряжения не меньше двух знаков после запятой. В качестве ИП автор использовал Б5-47. Для настройки формирователя необходимо подключить его к ИП, выставить на нём напряжение 28 В и измерить его тестером. Затем подключить тестер между землёй формирователя и положительным потенциалом (+28 В) и, вращая подстроечный резистор R2 (см. рис. 1) [9], выставить половинное напря-

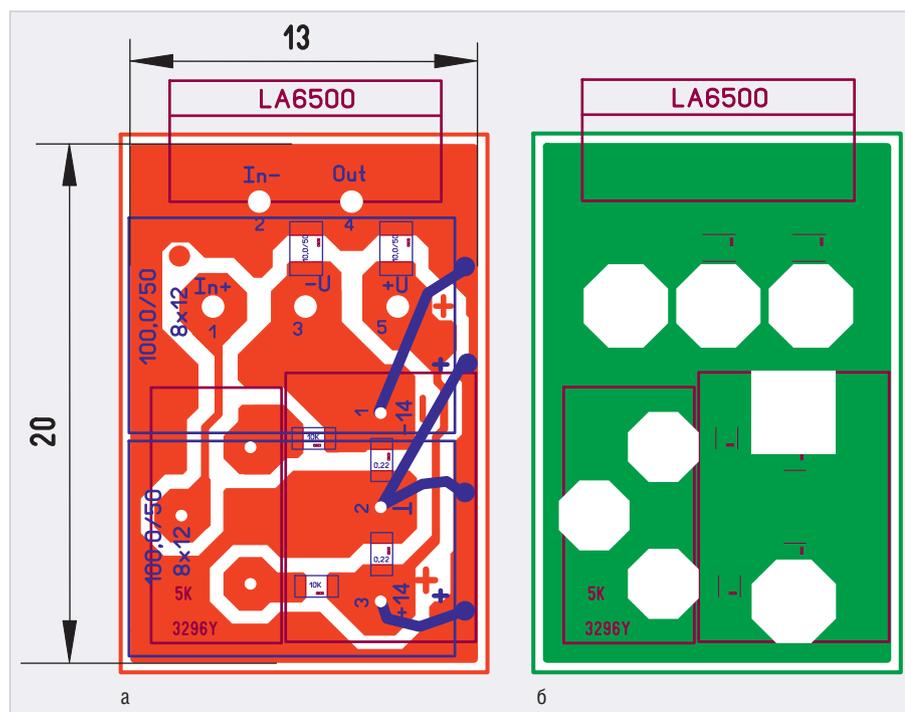


Рис. 5. Разводка платы формирователя по схеме на рисунке 1 [9]: а) вид со стороны дорожек; б) вид с обратной стороны (вид сквозь плату)

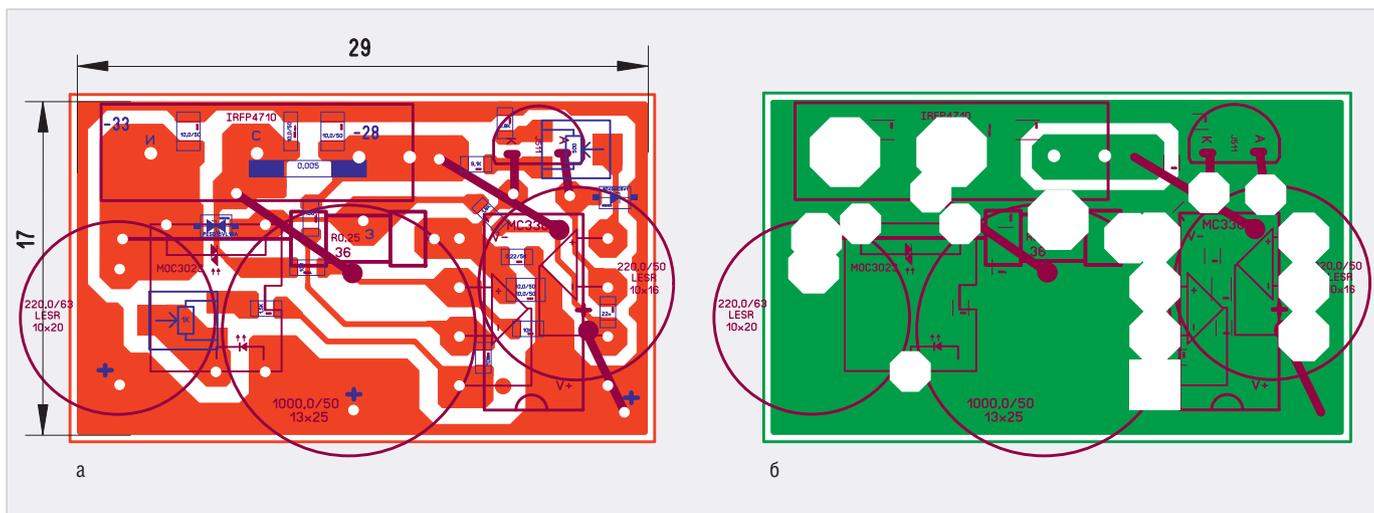


Рис. 6. Разводка платы стабилизатора на микросхеме MC33072P (см. схему на рис. 2 [9]): а) вид со стороны дорожек; б) вид с обратной стороны (вид сквозь плату)

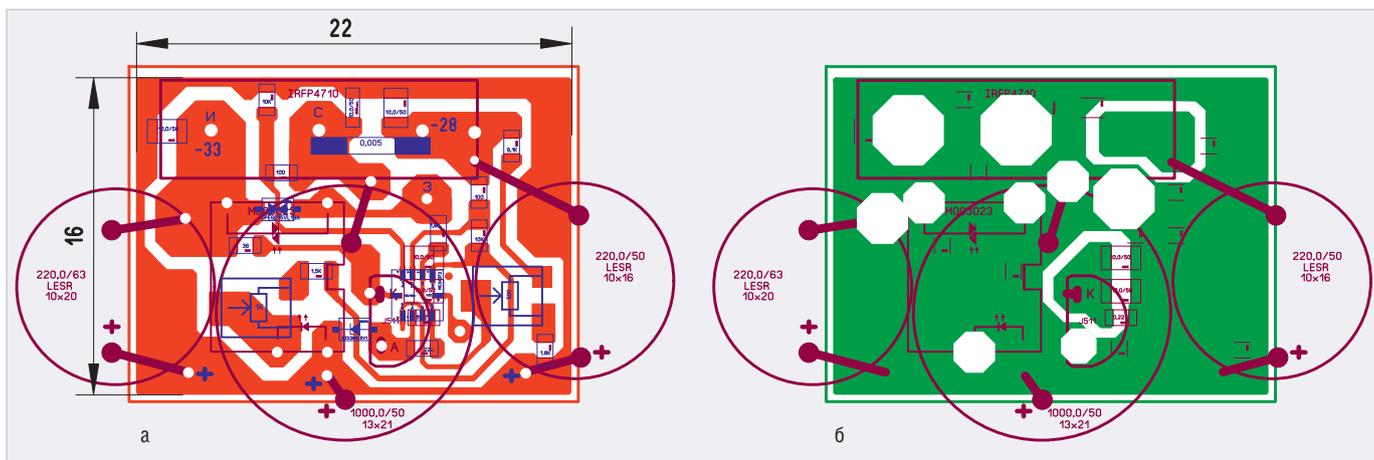


Рис. 7. Разводка платы стабилизатора на микросхеме MC34072AMTТВG (см. схему на рис. 2 [9]): а) вид со стороны дорожек; б) вид с обратной стороны (вид сквозь плату)

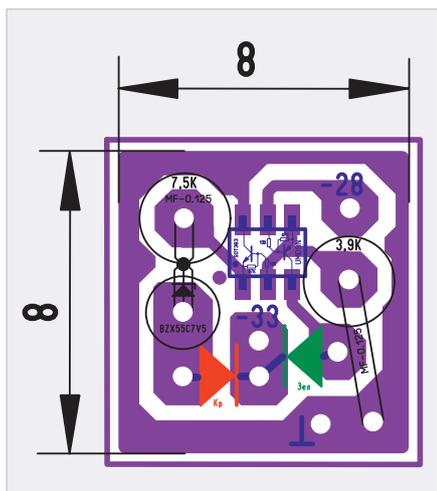


Рис. 8. Разводка платы индикации по схеме рисунка 4а [9]

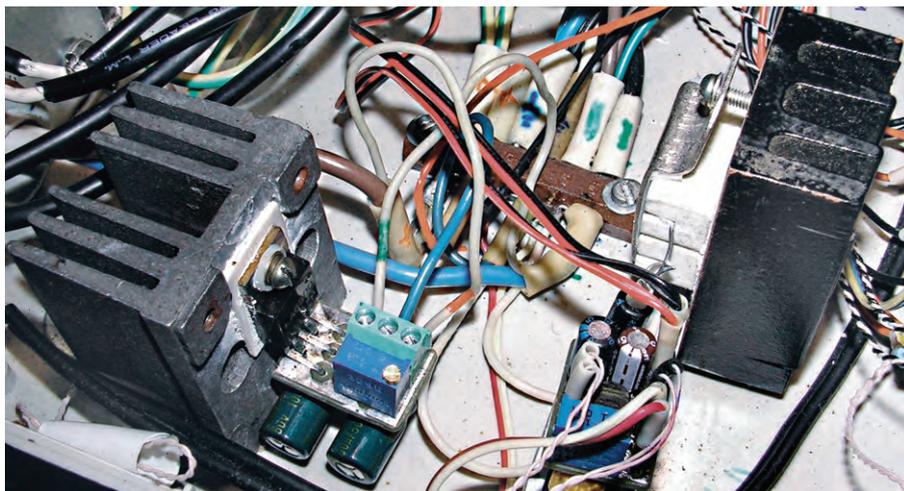


Рис. 9. Устройство формирователя (см. разводку на рис. 5) на радиаторе (слева) и подтягивающие цементные резисторы R4, R5 (см. рис. 1) на радиаторе (справа)

жение питания +14 В. Затем измерить напряжение между землёй и отрицательным потенциалом (-28 В). Это напряжение должно быть -14 В. Если выходное напряжение ИП, измеренное тестером, несколько отличается от 28 В, напри-

мер оно составляет 28,20 В, то напряжённость между землёй и положительным и отрицательным потенциалами должны составлять соответственно +14,10 В и -14,10 В. При некоторой их разбалансировке – настроить их равенство.

После этого необходимо поочерёдно подключить нагрузочный резистор номиналом 28 Ом между землёй и положительным (+28 В) и отрицательным (-28 В) потенциалами ИП. Такой резистор соответствует току 0,5 А (14 В/28 Ом). Автор

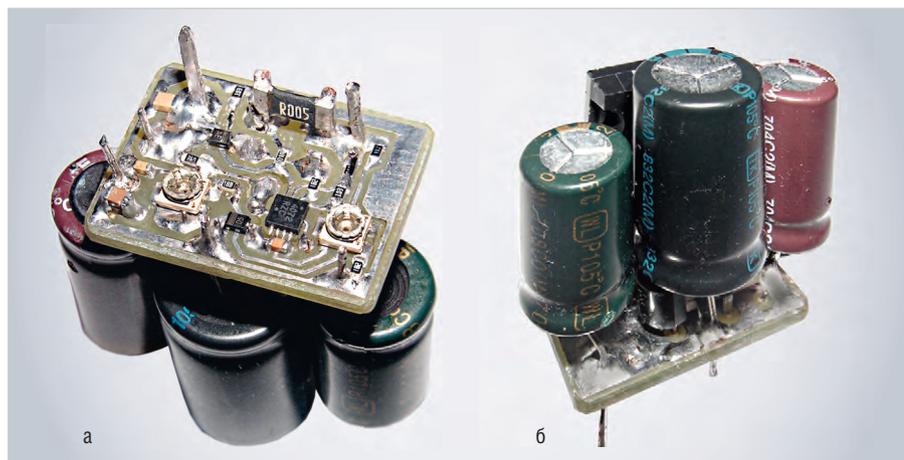


Рис. 10. Плата стабилизатора –28 В на базе МС34072МТТВГ (см. разводку на рис. 7):

а) вид со стороны дорожек; б) вид со стороны навесных компонентов

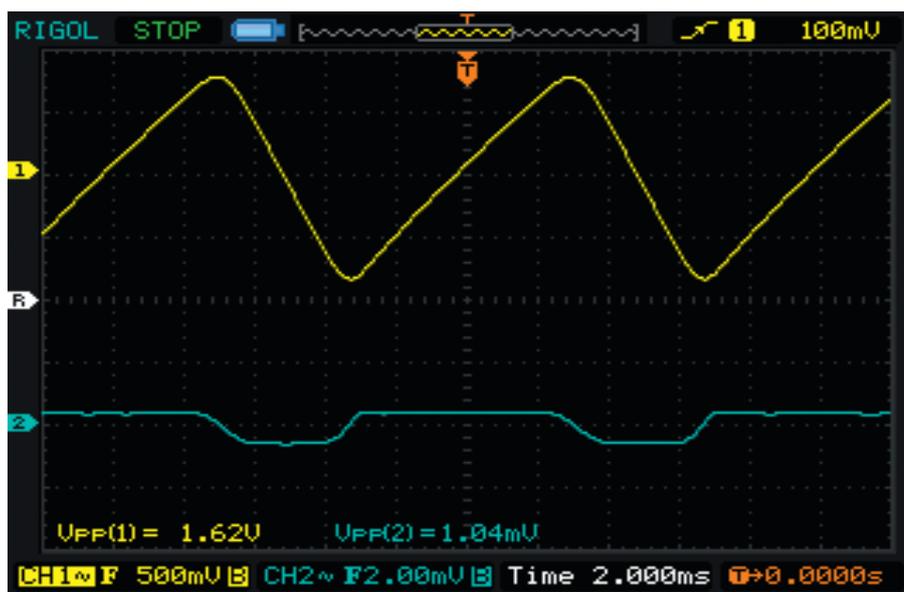


Рис. 11. Осциллограмма пульсаций входного (жёлтого цвета) и выходного (бирюзового цвета) напряжений при токе 9 А

использовал два цементных резистора по 56 Ом мощностью 5 Вт, включённых параллельно. При подключении резистора к тому или иному потенциалу, напряжения между землёй и каждым из потенциалов не изменялись, т.е. 2-й знак после запятой в измеренном тестером напряжении оставался прежним. На этом настройка и проверка работоспособности формирователя заканчивается.

### Настройка и тестирование стабилизатора

Необходимо проверить работоспособность стабилизатора и выставить его выходное напряжение –28 В. Для этого автор использовал цифровой тестер и тот же ИП Б5-47.

Ко входу стабилизатора подключить ИП, а к выходу – цифровой тестер. В ИП выставить выходное напряжение –30 В и выходной ток в диапазо-

не 40–50 мА. Далее включить питание ИП и, вращая подстроечный резистор R4 (см. рис. 2), выставить выходное напряжение стабилизатора –28 В, измеряя его цифровым тестером. Далее выставить выходной ток ИП около 1,5 А и подключить к выходу стабилизатора нагрузку – резистор 28 Ом (о нём было упомянуто выше). Измерив выходное напряжение стабилизатора тестером, необходимо убедиться в том, что оно не изменяется, т.е. 2-й знак после запятой в показаниях тестера при подключённой нагрузке остаётся прежним.

После этого можно приступить уже к тестированию стабилизатора с реальной нагрузкой. Для этого автор использовал несколько мощных резисторов: 10 Ом (два последовательно соединённых резистора по 5 Ом, 70 Вт), 10 Ом (такие же два резистора), 8 Ом (два последовательно соединённых

резистора по 4 Ом, 50 Вт), 20 Ом (два последовательно соединённых резистора по 10 Ом, 10 Вт). Далее вход стабилизатора подключить к выходному напряжению выпрямительной схемы. Это напряжение условно обозначено как «–33» (см. рис. 3), а к выходу стабилизатора параллельно подключить вышеупомянутые мощные резисторы в следующей последовательности: 10 Ом (что будет соответствовать нагрузке в 10 Ом и току 2,8 А), 10 Ом (5 Ом, 5,6 А), 8 Ом (3,08 Ом, 9,1 А), 20 Ом (2,67 Ом, 10,5 А). Далее подключить ко входному напряжению стабилизатора стрелочный тестер, к выходному напряжению – цифровой тестер, а в качестве измерителя тока можно использовать либо ещё один стрелочный тестер, либо измерительную головку, предназначенную для измерения тока со шкалой 0–10 А (автор использовал головку М42303 со шкалой 10 А), подключив её между выходным напряжением стабилизатора и нагрузочными резисторами.

Далее, включив питание, можно приступать к тестированию. Результат, полученный автором, следующий.

Входное напряжение стабилизатора без нагрузки, измеренное стрелочным тестером, составило –40 В, при токе 9,1 А оно опустилось до –33 В, при токе 10,5 А оно стало –31 В. Выходное напряжение стабилизатора, измеренное цифровым тестером, оставалось равным 28 В с точностью до двух знаков после запятой, т.е. последняя цифра в числе измеренного напряжения не изменялась как при отсутствии нагрузки, так и при максимальном токе 10,5 А. Здесь необходимо добавить: для того чтобы при таком токе не срабатывала защита, её необходимо несколько загрузить, т.е. резистор R11 (см. рис. 2) [9] установить на максимум. Движок этого резистора установить в левое по схеме на рисунке 2 положение.

Далее необходимо настроить порог срабатывания защиты. Для этого установить движок R11 в среднее положение, включить питание и подключить к выходу стабилизатора нагрузку 3 Ом, т.е. установить ток 9,1 А. При этом защита должна гарантированно не срабатывать. После этого подключить нагрузку 2,67 Ом, т.е. установить ток 10,5 А. При этом защита должна срабатывать. Регулируя положение движка R11, добиться такого его положения, когда при токе 9,1 А защита не срабатывает, а при токе 10,5 А –

срабатывает. На этом тестирование и настройка стабилизатора заканчиваются.

Автор снял осциллограммы пульсаций входного и выходного напряжений стабилизатора при токе 9 А с помощью двухканального цифрового осциллографа с закрытыми входами (см. рис. 11).

Верхняя осциллограмма (жёлтого цвета) соответствует пульсациям входного напряжения. Чувствительность по вертикали для этого канала (канал 1) составляет 0,5 В/деление (надпись 500mV), размах пульсаций от пика до пика составляет 1,62 В (надпись  $V_{pp}(1) = 1.62V$ ).

Нижняя осциллограмма (цвета морской волны или бирюзовая) соответствует пульсациям выходного напряжения. Чувствительность по вертикали для этого канала (канал 2) составляет 2 мВ/деление (надпись 2.00mV), а размах пульсаций от пика до пика составляет 1,04 мВ (надпись  $V_{pp}(2) = 1.04mV$ ). Развёртка осциллографа составляет 2 мс/деление (надпись Time 2.000ms).

Как видно из приведённых осциллограмм, размах пульсаций выходного напряжения при токе 9 А составляет около 1 мВ. Это в 2 раза меньше, чем размах пульсаций в аналоговой схеме [3] (около 2 мВ) и в 4 раза больше, чем размах пульсаций в схеме [4] (около 1/4 мВ).

Если подсчитать, во сколько раз размах пульсаций выходного напряжения меньше размаха пульсаций входного, получится:  $1620 \text{ мВ} / 1 \text{ мВ} = 1620$  раз, или около 64 дБ. Такое подавление размаха пульсаций автора вполне устроило.

После подключения ИП к аудиоусилителю и установки на нём регулятора громкости на максимум автор прослушал шум в акустической системе как при отсутствии звукового сигнала, так и в паузах между фонограммами. В результате: при приложении уха вплотную к ВЧ-динамику в нём прослушивалось слабое шипение, у СЧ-динамика – слабое шипение, а вот у НЧ-динамика была вообще полная тишина. Автор очень тщательно прислушивался, надеясь услышать знакомый 50-герцевый фон, однако ни в одном из динамиков так ничего и не услышал.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Применение однополярного стабилизированного ИП совместно с искусственно созданным земляным потенциалом по приведённым в статье схемам для питания аудиоусилителя на базе

мощных ОУ, работающих в мостовом режиме включения, имеет несомненные преимущества перед двухполярным ИП: в 2 раза снижается количество выпрямительных диодов и дорогих электролитических конденсаторов. Кроме того, требуется только один стабилизатор вместо двух (в двухполярном ИП), а стоимость формователя для создания земляного потенциала в разы меньше стоимости стабилизатора. Но все эти преимущества, хотя они и так достаточно существенны, просто меркнут по сравнению с полным исчезновением 50-герцевого фона в акустических системах, работающих с усилителем, при отсутствии аудиосигнала или в паузах между фонограммами. Эта на первый взгляд не совсем заметная особенность, на самом деле, существенно повышает комфортное восприятие высококачественного музыкального сигнала.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Кузьминов А.Ю. Применение инструментального усилителя для мостового включения двух мощных ОУ. Современная электроника. 2017. № 4–7.
2. Кузьминов А.Ю. Усовершенствованный УМЗЧ на базе ИУ и мощных ОУ. Современная электроника. 2019. № 5.
3. Кузьминов А.Ю. Двухканальный сетевой источник питания с низким уровнем пульсаций и токовой защитой. Радио. 2018. № 4.
4. Кузьминов А.Ю. Усовершенствованный двухполярный стабилизатор на ОУ и мощных полевых транзисторах с токовой защитой и ультранизким уровнем пульсаций. Радиолоцман. 2019. № 3.
5. Кузьминов А.Ю. Управление включением вентилятора для поддержания оптимальной температуры радиатора охлаждения. Радиолоцман. 2019. № 6, 7.
6. Кузьминов А.Ю. Двухполярный стабилизатор на ОУ и мощных полевых транзисторах с токовой защитой. Ч. 2. Радиолоцман. 2018. № 5.
7. Кузьминов А.Ю. Технология изготовления печатных плат с высоким разрешением в любительских условиях. Радио. 2017. № 10.
8. Кузьминов А.Ю. Как использовать фольгу обратной стороны односторонней печатной платы в качестве общего провода. Радио. 2019. № 2.
9. Кузьминов А.Ю. Однополярное питание аудиоусилителя на мощных ОУ в мостовом включении. Ч. 1. Современная электроника. 2020. № 1.



## Компактные высоковольтные преобразователи напряжения



### ПРОПОРЦИОНАЛЬНЫЕ И СТАБИЛИЗИРОВАННЫЕ МОДЕЛИ

#### Технические параметры

- Входное напряжение 5, 12, 24 В
- Выходные напряжения от 2 до 10 кВ
- Мощность от 2 мВт до 15 Вт
- Диапазон температур от -55 до +70°C
- Длительный ресурс

#### Применение

- Медицинская диагностика
- Научное оборудование
- Авиационно-космическая техника

PROSOFT®



ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР

(495) 234-0636 • INFO@PROSOFT.RU • WWW.PROSOFT.RU

# Модуль радиосвязи nRF24L01 для Интернета вещей

Олег Вальпа (sandh@narod.ru)

Важным компонентом для проектов Интернета вещей является средство коммуникации. С одним из таких недорогих и доступных компонентов в виде модуля радиосвязи nRF24L01 и знакомит статья.

## ВВЕДЕНИЕ

Одним из самых популярных и доступных радиомодулей для проектов Интернета вещей является модуль nRF24L01 от компании Nordic Semiconductor [1]. С помощью такого модуля можно организовать достаточно надёжную многоканальную скоростную связь с подтверждением доставки пакетов между двумя или несколькими микроконтроллерами устройствами. Модуль nRF24L01 легко найти в интернет-магазинах, он имеет миниатюрные размеры и стоит всего \$1.

При помощи такого модуля можно объединить до семи приборов в одну общую радиосеть, один из модулей будет выступать в качестве ведущего, а остальные в качестве ведомых модулей связи. Благодаря высокой скорости передачи информации через эти радиомодули можно транслировать даже оцифрованный звук и изображение.

Модуль nRF24L01 с успехом можно применять в следующих областях: мобильная электроника; компьютерные сети; автоматизированные системы; системы умного дома; сигнализация; игровые устройства; беспроводные клавиатуры и манипуляторы; бытовая электроника; беспроводный опрос датчиков; системы радиоуправления различными роботами; портативные приёмопередатчики для голосового общения по радиоканалу.



Рис. 1. Внешний вид модуля nRF24L01

## ОПИСАНИЕ МОДУЛЯ

Название модуля nRF24L01 образовано от сокращения слов Nordic Radio Frequency 2,4 ГГц. Он предназначен для передачи и приёма данных по радиоканалу в разрешённом диапазоне радиочастот ISM (Industrial Scientific Medical). Внешний вид модуля приведён на рисунке 1.

Частотный диапазон модуля nRF24L01 разбит на 128 каналов с шагом 1 МГц; от 2,4 ГГц до 2,527 ГГц. Например, на канале 0 передача и приём и будут вестись на частоте 2,4 ГГц, а на канале 37 будет использована частота 2,437 ГГц. Модуль способен работать на любом из 128 каналов. На каждом канале можно сформировать сеть из шести передатчиков и одного приёмника.

Модуль nRF24L01 создан на базе 20-выводной высоко интегрированной одноимённой микросхемы nRF24L01 в корпусе QFN20, включающей синтезатор частот, демодулятор, усилители и другие составляющие. Принципиальная электрическая схема радиомодуля nRF24L01 приведена на рисунке 2.

Модуль имеет интерфейс SPI для связи с внешним управляющим устройством. По интерфейсу SPI производится настройка протокола, устанавливается выходная мощность сигнала, задаются каналы обмена данными и другие параметры.

Модуль имеет четыре рабочих режима: приём данных – RX Mode, передача данных – TX Mode, спящий режим – Standby, отключённое состояние – Power Down.

Стабильную и надёжную связь радиомодулей обеспечивает протокол Enhanced ShockBurst, согласно которому принимающее устройство формирует ответ о приёме данных, подтверждая тем самым исправность канала связи. Данный протокол является усовершенствованным протоколом ShockBurst. Основным отличием усовершенствованного протокола является возможность простой и эффективной передачи данных с обратной связью. Таким образом в трансивере аппаратно реализована отправка подтверждения приёма пакета. В противном случае передача пакета повторяется. Использование вышеупомянутой функции позволяет снизить нагрузку управляющего микроконтроллера, сняв с него задачу анализа потерянных пакетов. Также данный протокол

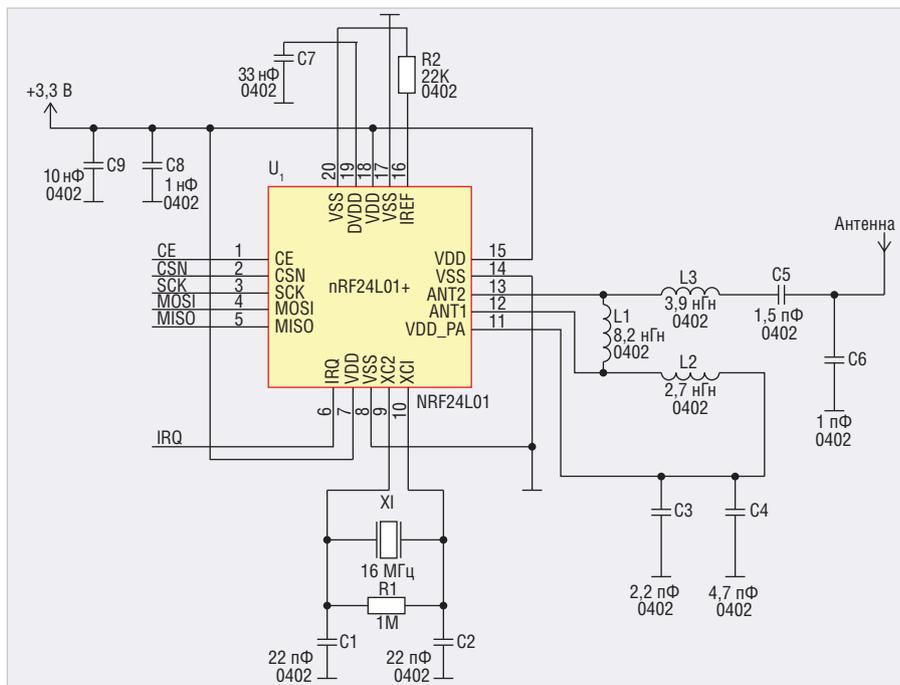


Рис. 2. Принципиальная электрическая схема модуля nRF24L01

удобен для передачи данных в режиме «точка-точка» или создания беспроводной сети топологии «звезда».

Благодаря многоканальности модуль позволяет создавать сеть из множества устройств, которые могут связываться между собой, не мешая друг другу. Для передачи данных используется собственный запатентованный протокол. Достоверность принимаемых данных обеспечивается передачей контрольной суммы данных в виде циклически избыточного кода CRC.

Все данные, передаваемые по беспроводной сети, представляют собой пакеты, состоящие из множества байт, как показано на рисунке 3.

В таком пакете 32 байта зарезервированы для информационных данных, остальные байты являются служебными.

Для обеспечения групповой связи из семи модулей на одном канале, шесть модулей должны иметь уникальные идентификаторы для передатчиков – Pipe ID, а седьмой модуль – все идентификаторы этих передатчиков, от которых требуется принимать данные. Таким образом, для передающих модулей требуется только один идентификатор, а принимающему модулю нужно от одного до шести идентификаторов: Pipe 0 – Pipe 5. По этим идентификаторам приёмник распознаёт источник данных. Номера идентификаторов должны состоять из пяти байт. При этом требуется соблюдать некоторые условия их задания. Идентификатор каждого передатчика на одном канале должен быть уникальным. Идентификаторы передатчиков задаются так, что у приёмника Pipe 0 и Pipe 1 могут отличаться всеми байтами, а Pipe 2 – Pipe 5 должны отличаться от Pipe 1 только младшим байтом. Пример идентификаторов для описанного режима приведён в таблице 1.

Кроме канала и идентификатора для модулей задаются программным образом мощность передатчика, скорость передачи данных и другие параметры. Модуль nRF24L01 имеет следующие технические характеристики:

- частотный диапазон: ISM от 2,400 до 2,527 ГГц;
- количество поддерживаемых каналов: 128 с шагом 1 МГц;
- тип модуляции: GFSK;
- расстояние между передатчиком и приёмником: до 100 м в условиях прямой видимости;

Преамбула	Адрес от 3 до 5 байт	Флаги 9 бит	Информация от 1 до 32 байт	CRC от 0 до 2 байт
-----------	----------------------	-------------	----------------------------	--------------------

Рис. 3. Формат пакета модуля nRF24L01

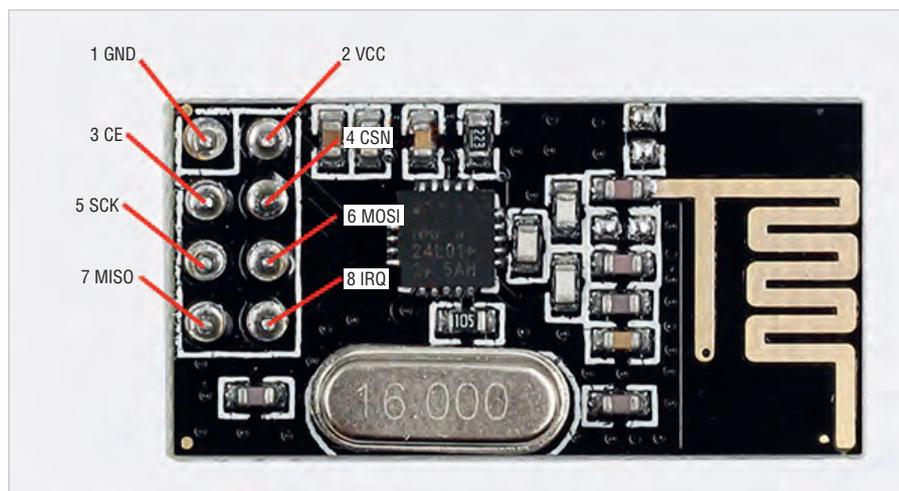


Рис. 4. Назначение выводов модуля nRF24L01

- скорость передачи данных: 0,25; 1,2 Мбод, на скорости 2 Мбод используются два канала;
- мощности передатчика: –18; –12; –6 и 0 дБм;
- чувствительность приёмника: –82 дБм;
- коэффициент усиления антенны: 2 дБм;
- интерфейс связи: SPI;
- входы толерантны к 5 В;
- тип ускорителя аппаратного протокола: ShockBurst;
- операционная система: ISM;
- напряжение питания: от 1,9 до 3,3 В;
- потребляемый ток в режиме передачи данных: 11,3 мА, при максимальной мощности передачи 0 дБм;
- потребляемый ток в режиме приёма данных: 12,3 мА, при максимальной скорости передачи 2 Мбод;
- потребляемый ток в режиме энергосбережения: 85 мкА;
- диапазон рабочей температуры: от –40 до +85 °С;
- габариты: 29×16×14 мм;
- вес: 2 г.

Модуль не требует подключения внешней антенны, поскольку она входит в состав модуля в виде топологии печатной платы.

### Подключение модуля

Модуль подключается к управляющему устройству по протоколу SPI, с дополнительным сигналом управления приёмом-передачей и выходом прерывания. Назначение выводов модуля приведено на рисунке 4, а описание выводов модуля nRF24L01 приведено в таблице 2.

Таблица 1. Пример идентификаторов

Идентификатор	Байт 4	Байт 3	Байт 2	Байт 1	Байт 0
Pipe 0	0x3F	0xE5	0x7C	0x57	0xF3
Pipe 1	0x7A	0x41	0xCC	0xDE	0x25
Pipe 2	0x7A	0x41	0xCC	0xDE	0x38
Pipe 3	0x7A	0x41	0xCC	0xDE	0x17
Pipe 4	0x7A	0x41	0xCC	0xDE	0x78
Pipe 5	0x7A	0x41	0xCC	0xDE	0x83

Таблица 2. Описание выводов модуля nRF24L01

Название	Тип вывода	Описание
CSN	Вход	Выбор микросхемы модуля
SCK	Вход	Сигнал тактирования с частотой не более 10 МГц
MOSI	Вход	Входной сигнал данных
MISO	Выход	Выходной сигнал данных
CE	Вход	Управление режимом приём-передача
IRQ	Выход	Сигнал прерывания, формируемый при приёме данных
VCC	Питание	Напряжение питания 3,3 В
GND	Общий	Общий вывод

Рассмотрим пример подключения модуля к широкораспространённому контроллеру Arduino. Модуль подключается к контроллеру по интерфейсу SPI с помощью выводов: SCK, MOSI, MISO и CSN. Вход модуля CE для выбора режима подключается к любому цифровому выходу контроллера Arduino, а выход прерывания IRQ радиомодуля можно не использовать. Модуль позволяет подавать на свои входы сигналы с уровнем от 0 до 5 В. Выходные сигналы модуля могут принимать значения от 0 до напряжения источника питания  $V_{cc}$ .

Подключение модуля к источнику питания с напряжением 5 В приводит к выходу его из строя, поэтому для под-

Таблица 3. Соответствие цепей модуля nRF24L01

Модуль nRF24L01	Контроллер Arduino	Назначение цепей
CSN	10 (задаётся программно)	Выбор микросхемы модуля
SCK	13 (SCK)	Сигнал тактирования
MOSI	11 (MOSI)	Входной сигнал данных
MISO	12 (MISO)	Выходной сигнал данных
CE	9 (задаётся программно)	Управление режимом: 0 – приём, 1 – передача
IRQ	Не используется	Прерывание

**Листинг 1**

```
// Программа для ежесекундной передачи данных с аналогового датчика
// по радиоканалу
#include <SPI.h> // Подключить библиотеку интерфейса SPI
#include <nRF24L01.h> // Подключить файл настроек библиотеки RF24
#include <RF24.h> // Подключить библиотеку функций для модуля nRF24L01
const uint64_t pipe = 0x123456789aLL; // Назначить идентификатор
// канала связи
int data; // Создать переменную для данных
RF24 radio(9,10); // Создать класс radio с выводами управления CE и
//CSN модулем
// Настройки
void setup()
{
  pinMode(A1,INPUT); // Задать порт для чтения аналогового датчика
  delay(2000); // Задержка на 2 с
  radio.begin(); // Включить радиомодуль
  radio.setChannel(1); // Выбрать канал 1
  radio.setDataRate(RF24_1MBPS); // Задать скорость канала связи 1 Мбод
  radio.setPALevel(RF24_PA_HIGH); // Задать мощность передатчика модуля
  radio.openWritingPipe(pipe); // Открыть канал связи для передачи
}
// Главный цикл программы
void loop()
{
  data = analogRead(A1); // Читать данные с датчика
  radio.write(&data, sizeof(data)); // Передать данные
  delay(1000); // Задержка на 1 с
}
```

**Листинг 2**

```
// Программа для приёма данных и трансляции их в последовательный
// порт UART
#include <SPI.h> // Подключить библиотеку интерфейса SPI
#include <nRF24L01.h> // Подключить файл настроек библиотеки RF24
#include <RF24.h> // Подключить библиотеку функций для модуля nRF24L01
const uint64_t pipe1 = 0x123456789aLL; // Назначить идентификатор
//канала связи
int data; // Создать переменную для данных
uint8_t npipe; // Создать переменную для номера канала связи
RF24 radio(9,10); // Создать класс radio с выводами управления CE и
CSN модулем
// Настройки
void setup()
{
  Serial.begin(9600); // Задать скорость для последовательного порта
UART
  delay(2000); // Задержка на 2 с
  radio.begin(); // Включить радиомодуль
  radio.setChannel(1); // Выбрать канал 1
  radio.setDataRate(RF24_1MBPS); // Задать скорость канала связи 1 Мбод
  radio.setPALevel(RF24_PA_HIGH); // Задать мощность передатчика модуля
  radio.openReadingPipe(1, pipe1); // Открыть канал связи для приёма
  radio.stopListening(); // Начать приём
}
// Главный цикл программы
void loop()
{
  if(radio.available(&npipe)) // Проверить буфер обмена
  {
    radio.read(&data, sizeof(data)); // Читать данные
    if(npipe==1) Serial.println(data); // Транслировать данные канала 1
    //в порт UART
  }
}
```

ключения модуля nRF24L01 к контроллеру Arduino можно воспользоваться адаптером, в составе которого имеется стабилизатор напряжения на 3,3 В. Сам адаптер при этом подключается к источнику питания постоянного тока с напряжением 5 В. В таблице 3 приведено соответствие цепей при подключении модуля к контроллеру Arduino.

При питании радиомодуля от платы контроллера Arduino могут возникнуть проблемы, связанные с недостаточной мощностью источника питания, которые приводят к потере связи и нестабильной работе. Подобные трудности появляются, когда используются платы Arduino, в которых не хватает мощности источника питания. Для решения этой проблемы лучше всего использовать отдельный источник питания 3,3 В для радиомодуля.

**Программирование модуля**

Для создания программного кода в среде разработки ARDUINO IDE достаточно будет дополнить её основной библиотекой RF24 [2], которая содержит все необходимые функции для работы с модулем на языке высокого уровня.

В листинге 1 приведён пример программ для модуля, ежесекундно передающего данные с аналогового датчика, а в листинге 2 – для модуля, принимающего эти данные с трансляцией их в последовательный порт UART. Обе программы снабжены подробными комментариями, поясняющими назначение всех операторов и функций.

Во время записи программы в контроллер Arduino необходимо отключить от него радиомодуль, чтобы он не мешал загрузке программы. Перед первой инициализацией модуля нужно делать в программе паузу на 2 с после подачи напряжения питания.

При необходимости в программе можно изменять порты для подключения модуля nRF24L01, номер канала связи, скорость, мощность передачи и другие параметры. Вместо передачи данных с аналогового порта можно передавать любые другие данные, в зависимости от решаемой задачи.

В данной программе каждому модулю программно задаётся роль передатчика или приёмника, но в ходе выполнения программы эту роль можно менять.

Для добавления в созданную сеть из двух модулей дополнительного модуля nRF24L01 можно использовать для него программу из листинга 1, изменив

в ней лишь адрес `Pipe=0x123456789aLL`, например на `Pipe=0x123456789bLL`. В программе приёмника потребуются при этом добавить дополнительный идентификатор канала связи, например с именем `Pipe2=0x123456789bLL`, и открыть второй канал связи для приёма с помощью команды `radio.openReadingPipe(2, Pipe 2)`. В главном цикле программы приёмника можно разделять данные, полученные от разных передатчиков с помощью операторов `if(npipe==1)` и `if(npipe==2)` соответственно.

Дополнительно в программах для модулей nRF24L01 можно использовать библиотеку SerialFlow [3]. Эта библиотека нужна для пакетной передачи данных, чтобы можно было задавать формат передаваемого пакета,

устанавливать функции для упаковки информации в пакет и их распаковки.

Помимо библиотек RF24 и SerialFlow существует и библиотека Mirf [4] для поддержки радиомодулей nRF24L01. Выбор той или иной библиотеки определяется самим программистом, исходя из удобства работы с ней или личных предпочтений.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Беспроводной модуль nRF24L01 не является простым в освоении устройством. Его подключение и программирование требуют определённых навыков. Но стоимость и доступность модуля позволяют рекомендовать его тем, кто занимается проектами Интернета вещей или нуждается в простых устройствах для

коммуникаций. Использование рекомендуемых здесь библиотек позволяет максимально упростить код программы и создавать многофункциональные проекты.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Nordic Semiconductor: <https://www.nordicsemi.com>.
2. Основная библиотека «Arduino driver for nRF24L01». GitHub development platform: <https://github.com/maniacbug/RF24>.
3. Библиотека «SerialFlow library for Arduino». GitHub development platform: <https://github.com/oevsegneevev/arduino-dev/tree/master/libs/SerialFlow>.
4. Библиотека Mirf для поддержки радиомодулей nRF24L01. GitHub development platform: <https://github.com/aaronds/arduino-nrf24l01/tree/master/Mirf>. 

## НОВОСТИ МИРА

### МИКРОН PARKING: RFID-ПАРКОВКА С ИДЕНТИФИКАЦИЕЙ НА РАССТОЯНИИ ДО 15 М

Линейка RFID-решений Микрона пополнилась системой автоматизации доступа на парковку. Бесконтактная RFID-система управления проездом на территорию обеспечивает контроль въезда/выезда автомобилей в автоматическом режиме с использованием радиочастотных меток дальнего радиуса действия производства Микрона. Система увеличит пропускную способность КПП за счёт сокращения времени проезда автомобиля через шлагбаум или ворота, также обеспечивается устойчивая к помехам идентификация транспортных средств на расстоянии до 15 м.

Контроль и фиксация проезда с применением RFID-технологии ускоряет проезд и делает его комфортней, при этом несанкционированный заезд автомобиля на территорию полностью исключён и минимизируются затраты на операторов паркинга. Система обеспечивает идентификацию транспортных средств «свой-чужой» с 15 м и автоматическое открывание шлагбаумов, поэтому водителю не нужно выходить из машины или открывать окно. Отлично подходит для организации проезда на территорию гаражных комплексов и парковок с высокой интенсивностью автомобилепотока, например бизнес-центры, предприятия с собственным КПП, многоквартирные дома и коттеджные поселки.

RFID-система идентификации автомобиля работает автономно, не требует специальных условий эксплуатации и может инте-



грироваться с имеющейся системой СКУД. Система включает автомобильные метки, стандартное программное обеспечение, RFID-считыватель и контроллер, которые монтируются на имеющемся оборудовании КПП: шлагбаум, ворота или другие устройства контроля периметра.

Автомобили, имеющие доступ на территорию, маркируются ультравысокочастотными (УВЧ) RFID-метками производства Микрона, которые наклеиваются на лобовое стекло или тыльную часть зеркала заднего вида. Метки устойчивы к механическим повреждениям, воздействию тепла и света. В память метки записывается необходимая для идентификации объекта информация и вносится в единую информационную базу с целью привязки к конкретному владельцу. Метки невозможно подделать

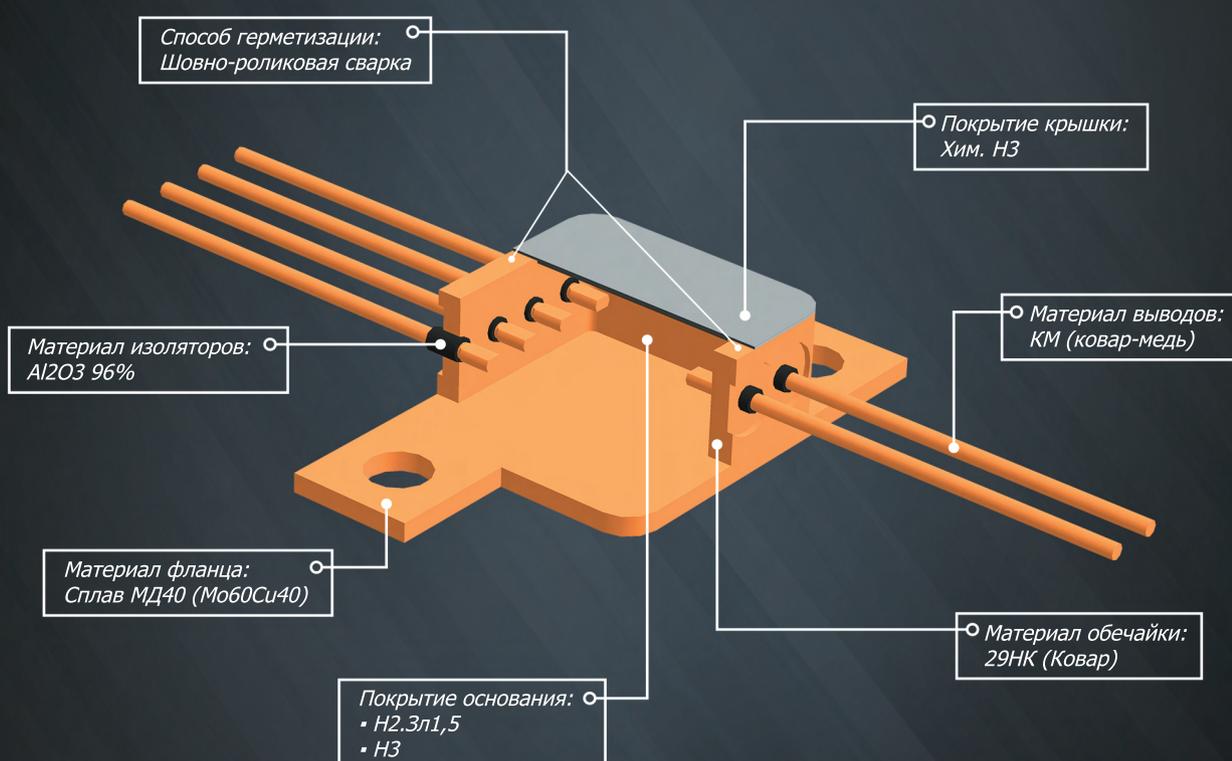
ввиду использования цифрового кодирования, что исключает несанкционированный заезд транспорта и упрощает контроль безопасности на территории. Подъезжающий автомобиль автоматически идентифицируется на расстоянии от 0,5 до 15 м (дальность идентификации зависит от поставленных задач).

При приближении транспорта к КПП происходит считывание информации с метки и обмен данными с системой СКУД о праве доступа. Если проезд разрешён, шлагбаум автоматически открывается. При необходимости могут быть реализованы дополнительные опции, например распознавание номеров, автоматизация проезда гостевых автомобилей, мониторинг перемещения транспорта и другие.

*Пресс-служба ПАО «Микрон»*

# КОРПУСА ДЛЯ ПОЛУПРОВОДНИКОВОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ

АО «ТЕСТПРИБОР» освоено серийное производство полной номенклатуры металлокерамических корпусов для мощных дискретных полупроводниковых приборов, являющихся конструктивными аналогами зарубежных корпусов серий TO и SMD.



125480, г. Москва,  
ул. Планерная, д. 7А  
тел./факс: (495) 657-87-37  
testpribor@test-expert.ru  
www.test-expert.ru

В результате выполнения ОКР разработана серия выводных корпусов из 9 типонаименований (типа КТ-97, КТ-105, КТ-110, КТ-116 и КТ-117) и серия безвыводных корпусов из 4 типонаименований (типа КТ-120, КТ-121, КТ-122 и КТ-123).

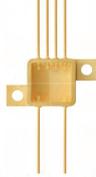
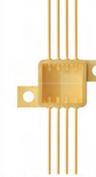
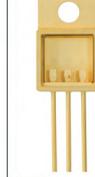
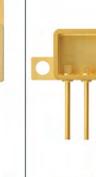
Данные корпуса могут быть использованы для изготовления дискретных полупроводниковых приборов, в том числе диодов Шоттки, выпрямительных диодов, импульсных диодов, полевых и биполярных транзисторов с изолированным затвором.

\* По отдельным требованиям заказчика возможна разработка корпусов для дискретных полупроводниковых приборов с металлизированными монтажными площадками, изолированными от оснований керамикой AlN или BeO.

## ХАРАКТЕРИСТИКИ МЕТАЛЛОКЕРАМИЧЕСКИХ КОРПУСОВ ТИПА КТ-97, КТ-105, КТ-110, КТ-116 И КТ-117\*

Корпуса типа КТ-97, КТ-105, КТ-110, КТ-116 и КТ-117 изготавливаются в четырех вариантах:

- 1) С фланцем, изолированным от выводов, и никелевым покрытием основания корпуса.
- 2) С фланцем, изолированным от выводов, и золотым покрытием основания корпуса.
- 3) С неизолированным фланцем, при этом он электрически соединен с одним из выводов корпуса. Покрытие металлических частей и металлизированных поверхностей оснований корпусов Н2. Зл1,5.
- 4) С неизолированным фланцем, при этом он электрически соединен с одним из выводов корпуса. Покрытие металлических частей и металлизированных поверхностей оснований корпусов Н3.

Тип	КТ-97В	КТ-105А	КТ-116	КТ-97А	КТ-97L	КТ-117	КТ-97А-4	КТ-110А	КТ-105В
Наименование параметра	КТ-97В-22 КТ-97В-22.01 КТ-97В-22Н КТ-97В-22.01Н	КТ-105А-А КТ-105А-В КТ-105А-АН КТ-105А-ВН	КТ-116-1 КТ-116-1.01 КТ-116-1Н КТ-116-1.01Н	КТ-97А-5 КТ-97А-5.01 КТ-97А-5Н КТ-97А-5.01Н	КТ-97L-1 КТ-97L-1.01 КТ-97L-1Н КТ-97L-1.01Н	КТ-117-1 КТ-117-1.01 КТ-117-1Н КТ-117-1.01Н	КТ-97А-4-1 КТ-97А-4-2 КТ-97А-4-1Н КТ-97А-4-2Н	КТ-110А-А КТ-110А-В КТ-110А-АН КТ-110А-ВН	КТ-105В-А КТ-105В-В КТ-105В-АН КТ-105В-ВН
Внешний вид									
Габаритный размер тела корпуса, мм	20,2×13,7×6,45	13,7×26,5×6,45	13,7×26,5×6,45	16,5×10,6×4,9	21,0×17,5×6,6	13,7×30,15×6,5	10,6×10,6×4,9	21,0×17,5×4,9	13,7×30,15×4,9
Размер МП, не менее, мм	11,0×7,76	11,0×5,85	11,0×5,85	8,15×5,45	15,35×8,4	15,35×8,4	8,15×5,45	15,35×8,7	15,35×5,85
Шаг выводов, мм	3,81	2,54	2,54	2,54	5,08	5,08	5,08	2,54	2,54
Количество силовых выводов	3	6	8	3	3	3	2	5	7
Диаметр выводов, мм	1,0	0,8	0,8	0,8	1,5	1,5	0,8	0,8	0,8
Материал МП (фланца)	МД40								
Материал выводов	КМ (ковар-медь)								
Материал обечайка	29НК								
Сопротивление изоляции, не менее, Ом	10 <sup>9</sup>								
Напряжение между выводами до, В	1500	1200			1600		1200		
Максимальное значение тока, через выводы, А	20			15	20		10		
Способ герметизации	Шовная контактная сварка								

## ХАРАКТЕРИСТИКИ МЕТАЛЛОКЕРАМИЧЕСКИХ КОРПУСОВ ТИПА КТ-120, КТ-121, КТ-122 И КТ-123

Тип	КТ-120	КТ-121	КТ-122	КТ-123
Внешний вид				
Габаритный размер корпуса, мм	19,4×15,8×3,1	15×15×3,92	21,05×15,8×3,47	17,0×12,06×3,47
Размер МП, не менее, мм	10,45×9,25	4,5×4,5	8,8×6,8	8,8×6,8
Диаметр выводов, мм	1,15	1,95	1,15	1,15
Количество управляющих выводов	8	5	12	6
Количество силовых выводов	4	4	2	2
Материал МП	МД40			
Материал выводов	Медь (М06)			
Сопротивление изоляции, не менее, Ом	10 <sup>9</sup>			
Напряжение между выводами до, В	1000			
Максимальное значение тока, через выводы, А	40		50	
Способ герметизации	Шовная контактная сварка			

\* В данных корпусах вместо стеклянных изоляторов применены керамические втулки, что позволило в значительной степени повысить надежность корпусов при воздействии механических нагрузок и резком изменении температуры среды.

# Магнитометр на модуле UART-USB

Андрей Шабронов (shabronov@ngs.ru)

В статье приводятся описание схемы и конструкция устройства для измерения величины постоянного магнитного поля. Основное отличие прибора от существующих прототипов [1] заключается в использовании модуля UART-USB [2], что уменьшает затраты на автоматизацию и визуализацию измерений. Регистрацию магнитного поля выполняет датчик Холла типа SS49, аналоговый сигнал которого после цифрового преобразования передаётся в компьютер.

## ВВЕДЕНИЕ

Магнитометры, представляющие собой приборы для измерения характеристик магнитного поля, находят применение для решения различных задач, в том числе: в системах контроля магнитных изделий, регистрации сильных токов и магнитных полей, в учебной и научной практике. Одним из вариантов построения магнитометра является использование датчика Холла. При наличии магнитного поля датчик Холла SS49 изменяет среднее исходное выходное напряжение (+2,5 В) в сторону увеличения или уменьшения в зависимости от направления поля [3]. Чем сильнее магнитное поле, тем сильнее отклонение от среднего значения. На рисунке 1 представлена функциональная схема предлагаемого магнитометра.

Генератор, управляемый напряжением (ГУН), преобразует амплитудное аналоговое изменение сигнала датчика в изменение частоты сигнала. Затем сигнал с периодом, содержащим информацию о магнитном поле, складывается операцией И-ИЛИ с сигналом постоянного периода от компьютера. Таким образом, конечный сигнал содержит информацию о величине магнитного поля, значение которого можно определить, зная частоту сигнала передачи от компьютера.

Подробно метод подобного использования И-ИЛИ описан в работе [4].

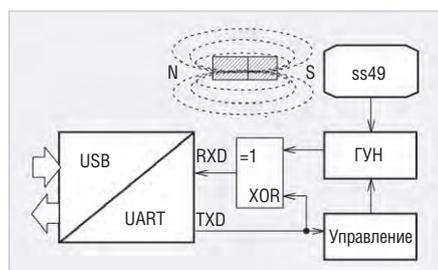


Рис. 1. Функциональная схема магнитометра

В предлагаемую конструкцию добавлена функция перевода аналогового сигнала в цифровой с помощью ГУН. Измерение уровня магнитного поля выполняется программно посредством анализа получаемой обратной последовательности блока передаваемого сигнала. Блок «Управление» синхронизирует работу ГУН с последовательностью передачи опорного блока по линии TXD, что обеспечивает совместный приём по линии RXD.

Блок, передаваемый на «машинном уровне» компьютера по линии TXD, не прерывается другими подпрограммами USB-интерфейса, что делает его достаточно точным по времени. Чувствительность датчика составляет  $\approx 1$  мВ/Гс, динамический диапазон – до 1000 Гс при напряжении питания 5 В.

Для выбранной средней частоты ГУН 10 кГц и частоты опорного сигнала 200 кГц точность измерения равна  $10000/200000=0,5\%$ . Время единичного измерения представляет собой длительность передачи одного блока  $4096(0x1000)$  байт,  $T_{изм} = 0x1000 \times 50 \text{ мкс} \approx 0,2$  с. Следовательно, точность измерения можно изменять, изменяя частоту ГУН и скорость передачи одного блока.

## ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ СХЕМА МАГНИТОМЕТРА

Магнитометр построен на двух самостоятельных конструктивных элементах: адаптере USB-UART и печатной плате со схемой, содержащей датчик магнитного поля, работающий на эффекте Холла (типа SS49 компании Honeywell) [3], логическую микросхему с функцией И-ИЛИ 555ЛП5 (74АС86) и микросхему компаратора 1040СА1 (LM393). Принципиальная схема устройства представлена на рисунке 2.

Напряжение с вывода 3 датчика SS49 через резистор R2 поступает на положительный вход микросхемы U1.1 и управляет частотой генератора, определяемой цепью R3C2.

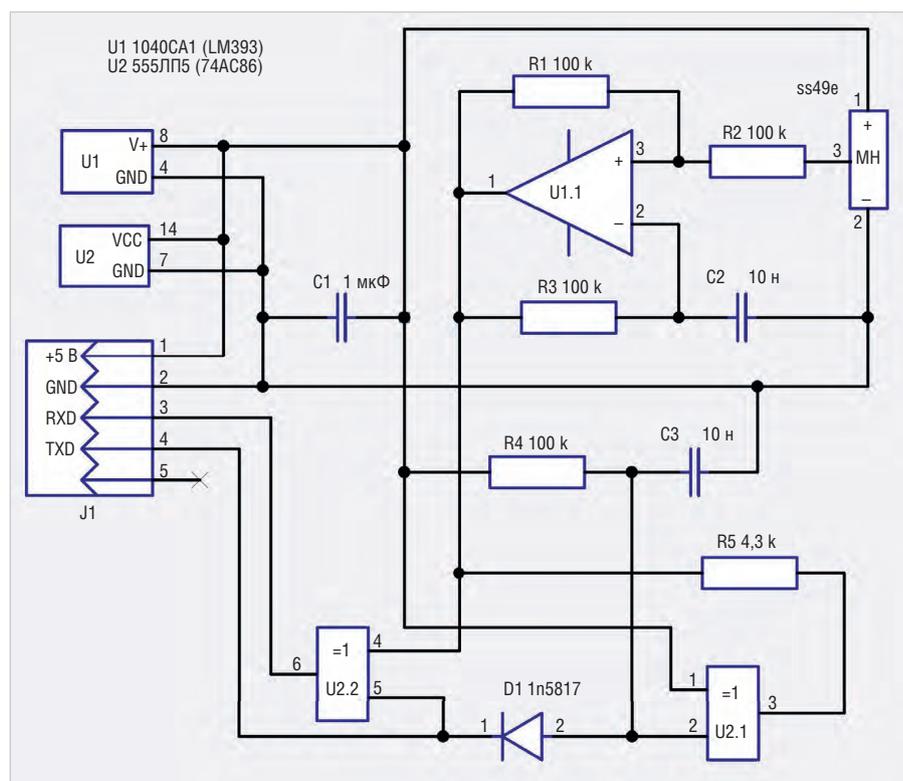


Рис. 2. Принципиальная схема магнитометра

Резистор R1 определяет коэффициент усиления каскада. ГУН начинает работать при передаче сигналов измерительного блока от компьютера по линии TXD. Диод D1 и RC-цепь C3R4 разрешают включение логической единицы на выводе 3 U2.1 на всё время передачи блока, и таким образом напряжение питания через R5 поступает на выходной транзистор ГУН. Выходной каскад ГУН выполнен по схеме с открытым коллектором. Резистор R5 выполняет функцию нагрузки выходного каскада U1.1. Генерируемый ГУН сигнал поступает на вывод 4 микросхемы U2.2 элемента И-ИЛИ. На вывод 5 U2.2 элемента И-ИЛИ поступает сигнал известной длительности и частоты из UART по линии TXD. Сформированный модулированный по И-ИЛИ сигнал принимается в UART по линии RXD. На рисунке 3 приведены диаграммы зависимости работы ГУН от передаваемого блока:

- сигнал 1 – передаваемый блок в точке TXD UART;
- сигнал 2 – напряжение питания на выводе 3 микросхемы U2.1, которое формируется при передаче передаваемого блока TXD;
- сигнал 3 – выход ГУН с вывода 1 микросхемы U1.1 и одновременно вход И-ИЛИ вывода 4 микросхемы U2.2.

Все сигналы сложения по И-ИЛИ повторяют логику работы и диаграммы, которые подробно описаны в статье [4]. Неиспользуемые элементы микросхем U1 и U2 на схеме не показаны, их входы замкнуты на землю.

### Конструкция магнитометра

Внешний вид магнитометра показан на рисунке 4. Прибор с разъёмом USB может быть размещён в небольшом корпусе, выполненном, например, из короба кабель-канала. Слева показан готовый блок на печатной плате – модуль USB-UART. На печатной плате справа показан равный по ширине, но значительно более длинный модуль, который содержит все компоненты схемы.

Датчик SS49 установлен в пазе печатной платы и зафиксирован клеем. Принципиальная схема и разводка печатной платы подготовлены в редакторе DipTrace и доступны в прилагаемой программе [5]. При изготовлении магнитометра допускается использовать отечественные или зарубежные аналоги компонентов.

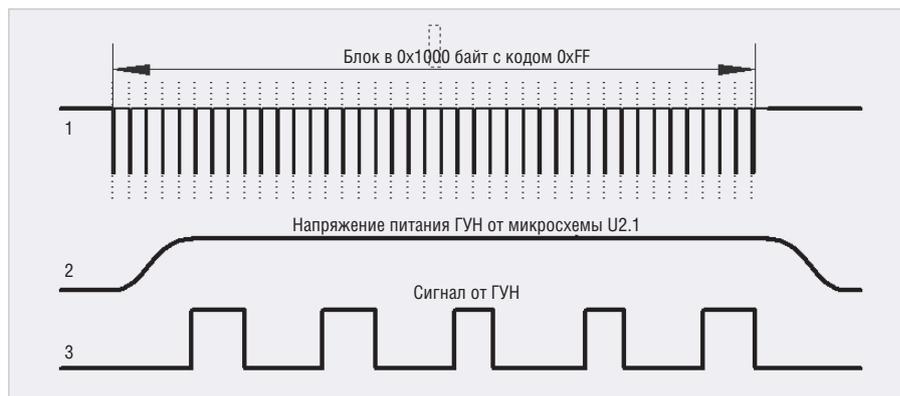


Рис. 3. Диаграммы работы магнитометра

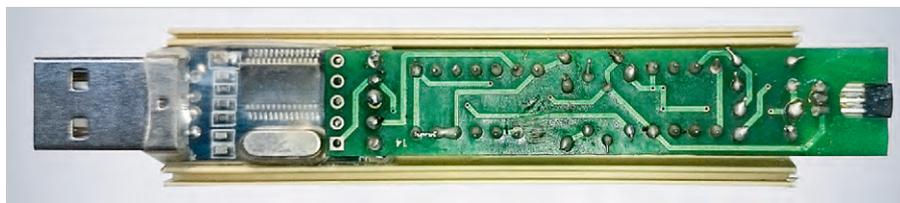


Рис. 4. Внешний вид магнитометра

### ПРОГРАММА МАГНИТОМЕТРА

Программа для работы с магнитометром выполнена на языке программирования Форт [6]. Вид окна программы и основные элементы управления аналогичны программе, представленной в [4]. Перед началом работы требуется открыть устройство с доступом к UART и убедиться в правильности его подключения в «диспетчере устройств». После запуска программы пользователю доступны следующие возможности:

- вычисление частоты ГУН и отображение значений в абсолютной шкале в гауссах и без пересчёта;
- калибровка с помощью внешнего прибора и источника опорного магнитного поля;
- отображение среднего значения и дисперсии средних значений за период измерений;
- отображение в отдельном окне графика уровня магнитного поля;
- запись данных в файловый архив и анализ графиков в макросе Excel;
- средства контроля, анализа и визуализации настройки датчика Холла, цветовые настройки окна, схема магнитометра и печатная плата в редакторе DipTrace;
- имитатор приёма магнитного поля;
- текст программы, компилятор языка Форт, файл справки по командам языка Форт;
- справка по управляющим клавишам, файл настройки быстрого запуска и выбор режима.

Программа не требует установки и предназначена для работы на операционных системах Windows XP/7/8/10.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Отличительным признаком предложенной схемы является способ измерения с использованием модуля UART-USB на основе функционального преобразования аналогового сигнала посредством ГУН. Среди достоинств измерителя стоит отметить «кварцевую» точность измерения и относительно низкую цену исходных компонентов. Ещё одним достоинством прибора является возможность его подключения к компьютеру для сбора, визуализации и обработки данных. Получаемые в процессе измерения данные одновременно доступны для «интеллектуальной обработки», сигнализации и других задач.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Магнитометр LSM303DLH (прототип): <http://narodstream.ru/stm-urok-49-hal-magnitometr-lsm303dlhc-chast-1/>.
2. Интерфейсы UART: [https://musbench.com/e\\_digital/uart.html](https://musbench.com/e_digital/uart.html).
3. Датчик SS49: <https://sensing.honeywell.com/SS495A-linear-and-angle-sensor-ics>.
4. А. Шабронов. Тахометр для квадрокоптера. Современная электроника. 2019. № 8.
5. Программа: [http://shabronov\\_s2.dyn-dns.ru/temp/uart\\_holl\\_analog\\_v1/test/uart\\_holl\\_v1.zip](http://shabronov_s2.dyn-dns.ru/temp/uart_holl_analog_v1/test/uart_holl_v1.zip).
6. Описание языка Форт spf4.exe, автор версии А.Черезов <http://www.forth.org.ru/>.



# Плата контроллера для охранных извещателей «Астра-5» и ИО 102-26

Сергей Шишкин (schischckin.sergei2014@yandex.ru)

В статье представлена плата контроллера охранного устройства. К данной плате контроллера можно подключать извещатели охранные объёмные оптико-электронные «Астра-5» (исполнение А) и извещатели охранные точечные магнитоcontactные (герконовые) типа ИО 102-26 (исполнение 4). Автор приводит развёрнутый алгоритм работы устройства, схемотехнику и схему подключения извещателей.

В представляемой плате контроллера имеется одна линия для подключения извещателя охранного объёмного оптико-электронного ИО 409-10 «Астра-5» исполнения А (далее датчик охраны «Астра-5») и шесть независимых линий для подключения охранных точечных магнитоcontactных извещателей ИО 102-26 исполнения 4 (далее датчик охраны ИО 102-26). Они являются внешними (выносными) элементами по отношению к плате. Вышеуказанные датчики к плате контроллера можно подключать в шлейф. Внешний вид датчиков охраны «Астра-5» и ИО 102-26,

а также структурная схема устройства представлены на рисунках 1 и 2 соответственно.

В качестве нагрузки к плате контроллера через силовую часть можно подключать такие исполнительные устройства, как соленоид электромеханического замка, актуатор люка или двери, механизм блокировки дверей, световая или звуковая сигнализация (ревун, сирена и пр.) Внутренние кнопки платы контроллера S1...S6, SB1 – это кнопки для проверки работоспособности линий, к которым подключаются выносные датчики охраны.

Датчик охраны «Астра-5» исполнения А предназначен для обнаружения проникновения в охраняемое пространство закрытого помещения и формирования извещения о тревоге путём размыкания выходных контактов сигнального реле. Принцип действия основан на регистрации изменений потока теплового излучения, возникающих при пересечении человеком зоны обнаружения, которая состоит из чувствительных областей. Каждая чувствительная зона состоит из двух элементарных чувствительных зон. Чувствительные зоны датчика формируются линзой Френеля и двухплощадочным пироэлектрическим приёмником излучения. Электрический сигнал с пироэлектрического приёмника поступает на микроконтроллер, который в соответствии с заданным алгоритмом работы формирует извещение «тревога» размыканием выходной цепи оптоэлектронного реле.

Датчики охраны ИО 102-26 исполнения 4 предназначены для блокировки дверных и оконных проёмов, организации устройств типа «ловушка», а также блокировки других конструктивных элементов зданий и сооружений на открывание или смещение с выдачей сигнала «тревога». Извещатель каждого исполнения конструктивно состоит из магнитоуправляемого датчика на основе геркона и задающего элемента (магнита), выполненных в корпусах из пластика. Крепёжные отверстия извещателя



Рис. 1. Внешний вид датчиков охраны «Астра-5» (а) и ИО 102-26 (б)

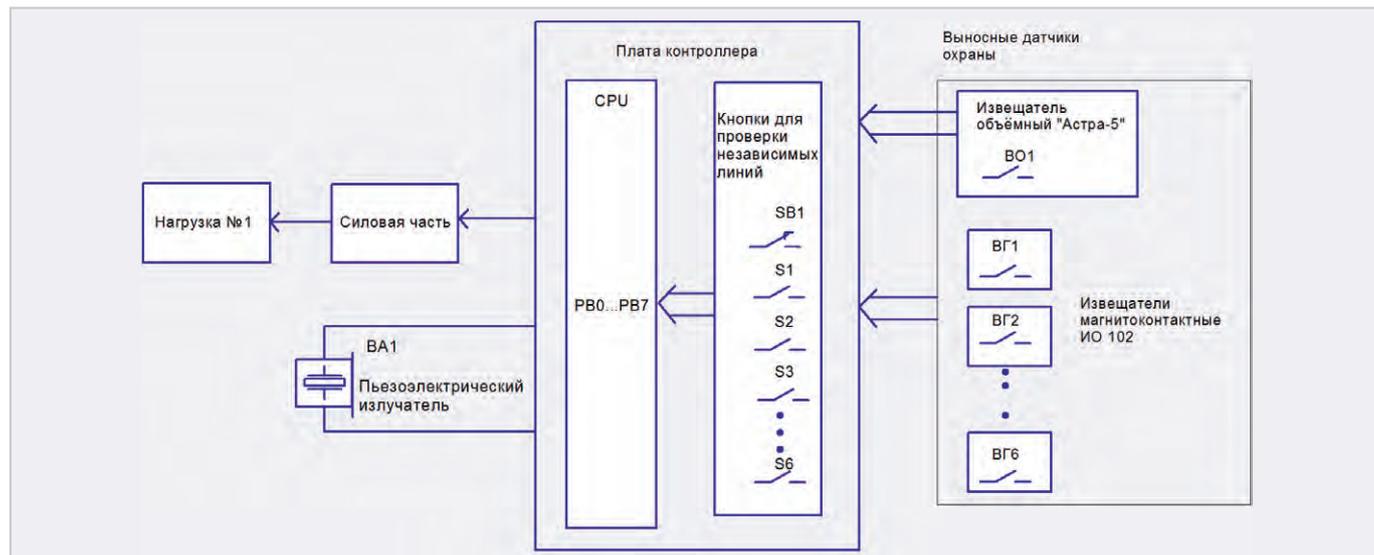


Рис. 2. Структурная схема устройства

щателя сверху закрыты накладной декоративной крышкой.

Некоторые люди считают, что магнито-контактные датчики можно легко обойти и проникнуть, например, на охраняемый объект, не вызывая сигнала тревоги, используя внешний магнит. Однако это не так. Практика показывает, что саботирование датчиков, применяемых на стальных конструкциях, вообще невозможно, так как магнитное поле внешнего магнита не может воздействовать на исполнительный элемент через сталь. У датчиков на немагнитических конструкциях толщина блокируемых дверных, оконных и иных конструкций часто превышает 35 мм. Это делает саму возможность саботирования сомнительной, так как для этого понадобятся сильные и громоздкие внешние магниты. Кроме того, большое поле такого магнита (при неудачном его ориентировании) может, наоборот, разомкнуть (замкнуть) геркон и вызвать сигнал тревоги. Если же возникают сомнения в возможности саботирования магнитоcontactного датчика, то есть несколько простых способов защиты.

**Первый способ.** Для блокировки применяется не один, а два магнитоcontactных датчика, расположенных на расстоянии примерно 15 мм друг от друга и последовательно соединённых друг с другом. При этом нужно, чтобы у задающих элементов направления магнитных полей были встречными. Тогда при попытке саботирования работы датчиков внешним магнитом большой мощности один из задающих элементов поменяет направление магнитного поля и переключит систему датчиков из режима «охрана» в режим «тревога».

**Второй способ.** Для замыкания магнитного поля используется магнитный экран. Для датчиков поверхностного монтажа можно использовать стальную пластину толщиной не менее 0,5 мм и размерами примерно 60×20 мм, для датчиков скрытого монтажа – размерами 20×30 мм. Такой экран нужно разместить между исполнительным элементом датчика и возможным местоположением саботажного магнита. Расстояние от исполнительного элемента до экрана должно быть не менее 15 мм. Принципиальная схема платы контроллера с подключёнными датчиками охраны «Астра-5» и ИО102-26 представлена на рисунке 3.

Назначение сигналов на колодке датчика охраны «Астра-5» следующее:

- ТМР – сигнал (выход реле, при снятой крышке контакты реле разомкнуты), который при снятии крышки формирует извещение о тревоге независимо от включения питания датчика;

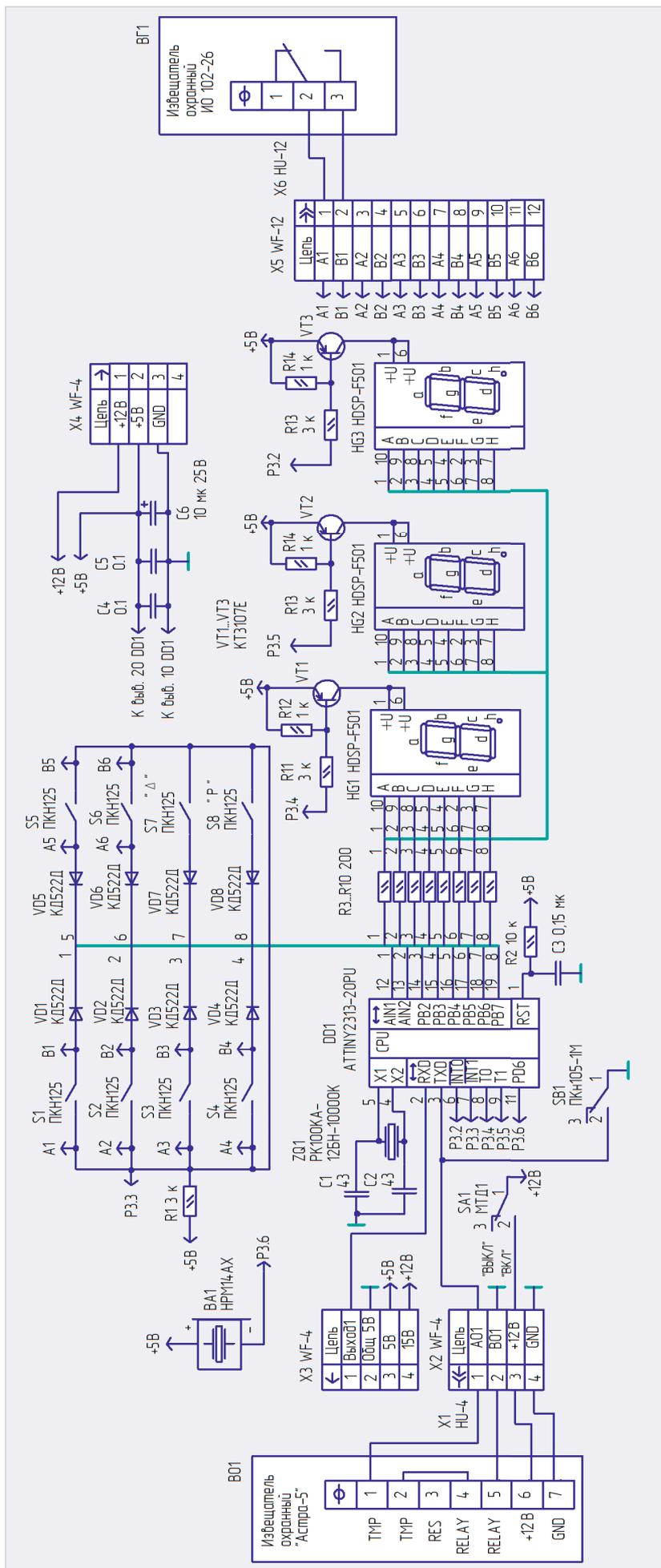


Рис. 3. Принципиальная схема платы контроллера с подключёнными датчиками охраны «Астра-5» и ИО 102-26

## Соответствие элементов индикатора HG2, кнопки S1...S6, SB1 и датчиков охраны ВГ1...ВГ6, В01

Элементы	Обозначения						
	A	B	C	D	E	F	G
Индикатор HG1	S1	S2	S3	S4	S5	S6	SB1
Кнопки модуля управления	ВГ1	ВГ2	ВГ3	ВГ4	ВГ5	ВГ6	В01
Датчики охраны							

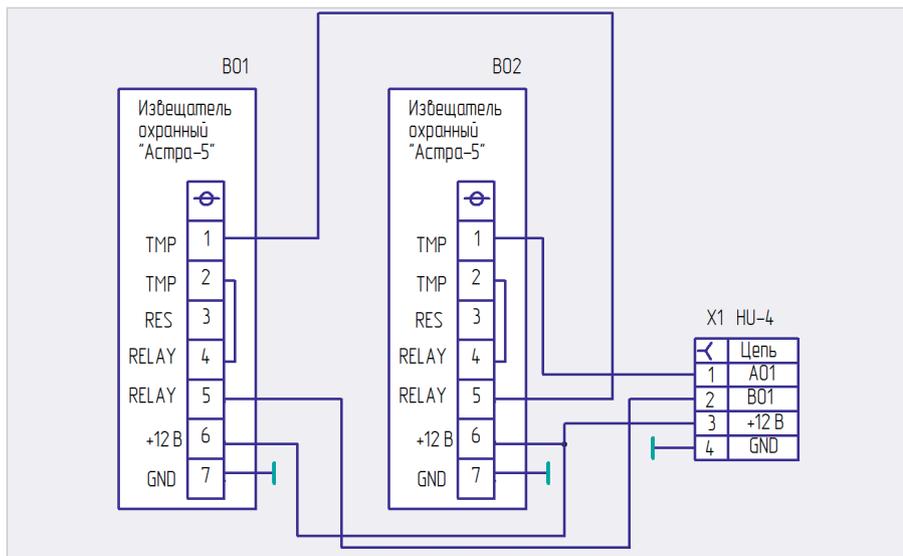


Рис. 4. Схема подключения датчиков охраны «Астра-5» в шлейф

- RES – клемма для установки резистора;
- RELAY – выходы реле;
- +12 В, GND – клеммы электропитания.

Обозначение контактов на колодке дано условно. При выключенном электропитании, а также в дежурном режиме (одна минута после подачи электропитания) выходные контакты реле RELAY датчика охраны разомкнуты. Более подробное описание датчика охраны «Астра-5» приведено в руководстве по эксплуатации [1].

Задействован датчик ИО102-26 исполнения 4, у которого тип геркона относится к переключающемуся. Под действием магнита контакт 2 размыкается с контактом 3 и замыкается с контактом 1. Более подробное описание датчика ИО102-26 приведено в руководстве по эксплуатации [2].

Нагрузка, исполнительное устройство подключаются к соединителю X3. Канал управляется с вывода 2 микроконтроллера DD1. С порта PB микроконтроллер DD1 управляет клавиатурой (кнопки S1...S8) и динамической индикацией. Динамическая индикация собрана на транзисторах VT1...VT3 и цифровых семи-сегментных индикаторах HG1...HG3. Резисторы R3...R10 являются токоограничительными для сегментов индикаторов HG1...HG3. Коды для включения данных индикаторов при функционировании динамической индикации поступают на вход PB микроконтроллера DD1. Для функционирования клавиатуры задействован вывод 7 микроконтроллера DD1. Рабочая частота микроконтроллера DD1 задаётся генератором с внешним резона-

тором ZQ1 на 10 МГц. Питающие напряжения +5, +12 В поступают на устройство с соединителя X4. Конденсатор С6 фильтрует пульсации в цепи питания +5 В.

Интерфейс управления и контроля модуля управления содержит клавиатуру (кнопки S1...S8, SB1) и блок индикации (дисплей) из двух цифровых семи-сегментных индикаторов HG1, HG2, а также тумблер SA1. Элементы интерфейса управления и контроля имеют следующее назначение:

- S1...S6 – контрольные кнопки проверок линий подключения датчиков охраны ИО 102-26;
- SB1 – контрольная кнопка проверки линии подключения датчика охраны «Астра-5»;
- S7 ( $\Delta$ ) – увеличение на единицу значения при установке времени (в секундах);
- S8 (P) – кнопка выбора режима работы: режим № 1, режим № 2, режим № 3, режим № 4 (режим № 5 – режим тревоги при срабатывании сигнализации – данной кнопкой не устанавливается);
- SA1 – тумблер включения питания датчика охраны «Астра-5».

Конструктивно все вышеуказанные элементы целесообразно разместить на отдельной панели управления. Автор не будет останавливаться на какой-то конкретной конструкции панели управления и устройства в целом.

В устройстве предусмотрены следующие режимы работы:

- режим № 1 – установка интервала включения режима «охрана»;

- режим № 2 – установка интервала включения режима «тревога» из режима «охрана»;
- режим № 3 – режим проверки линий подключения датчиков охраны;
- режим № 4 – дежурный режим перехода в режим охраны;
- режим № 5 – режим «тревога» (сигнализация сработала).

Разряды индикации интерфейса имеют следующее назначение:

- 1-й разряд (индикатор HG1) отображает единицы секунд в режимах № 1, № 2, № 4, отображает цифру 3 в режиме № 5 (сигнализация сработала);
- 2-й разряд (индикатор HG2) отображает десятки секунд в режимах № 1, № 2, № 4, отображает цифру 5 в режиме № 5 (сигнализация сработала), состояние линий охраны подключения датчиков ВГ1... ВГ6, В01 в режиме № 3 можно контролировать с помощью элементов А, В, С, D, E, F, G данного индикатора;
- 3-й разряд (индикатор HG3) отображает номер режима работы устройства: цифра 1 – режим работы № 1, цифра 2 – режим работы № 2, цифра 3 – режим работы № 3, цифра 4 – режим работы № 4, цифра 5 – режим работы № 5.

На принципиальной схеме (см. рис. 3) к соединителю X5 через ответную часть (соединитель X6) подключён только один датчик ВГ1 (линия А1, В1 – линия № 1). То есть в устройстве имеется шесть независимых линий, к которым можно подключить шесть датчиков типа ИО 102-26. Датчик охраны «Астра-5» подключается к соединителю X2 блока управления через ответную часть (соединитель X1). Кроме датчика охраны «Астра-5», к данному соединителю можно подключить следующие типы извещателей (датчиков): «Фотон-9», «Фотон-10», «Пирон-4», «РАПИД», «Сокол-3». Ниже описано подключение датчиков «Астра-5» в шлейф на одну линию.

Алгоритм работы устройства следующий. Имеется, как упоминалось выше, пять режимов работы: № 1, № 2, № 3, № 4, № 5. После подачи питания на блок управления он переходит в режим работы № 1. Тумблер SA1 должен находиться в положении «выкл.». То есть датчик охраны «Астра-5» выключен. В данном режиме кнопкой S7 задаётся интервал включения режима «охрана» в диапазоне от 1 до 99 с с дискретностью 1 с. Кнопкой S7 аналогично задаётся в режиме № 2 интервал включения режима «тревога» из режима «охрана». В том же диапазоне и с той же дискретностью. На выводах 2, 11 микроконтроллера DD1 присутствует сигнал логической единицы.

В режиме № 3 проверяется состояние/ режим контроля независимых линий подключения датчиков. При нажатии на концевой выключатель-кнопку S1 или принудительном замыкании контактов датчика ВГ1 (режим тревоги датчика) начинает периодически мигать элемент А индикатора НГ1. Остальные линии контроля, подключённые к соединителям X5 и X3, работают аналогично. Соответствие элементов индикатора НГ2, кнопок S1...S6, SB1 и датчиков охраны ВГ1...ВГ6, ВО1 приведено в таблице.

Режим № 4 – режим постановки устройства на охрану. После нажатия на кнопку S8 модуль управления из режима № 3 переходит в режим № 4, начинается обратный отсчёт времени, который отображается на индикаторах НГ1, НГ2. Данный интервал времени был задан в режиме № 1. За это время нужно закрыть двери, окна, покинуть помещение – сдать помещение под охрану. После нажатия на кнопку S8 в режиме № 4 необходимо установить тумблер SA1 в положение «вкл.». Датчик охраны после включения режима охраны выходит в дежурный режим. Длительность дежурного режима для датчика «Астра-5» – 60 с. То есть интервал времени, заданный в режиме № 1, должен быть заведомо больше этого значения и задаваться под каждый конкретный тип датчика охраны. Обратный отсчёт декрементируется с каждой секундой. Как только значение времени, индицируемое на индикаторах НГ1 и НГ2, примет нулевое значение, устройство ставится под охрану. На индикаторе НГ1 индицируется символ О, на индикаторе НГ2 индицируется символ Х. ОХ – режим охраны. Точка Н индикатора НГ2 периодически мигает. В режиме № 4 после постановки устройства под охрану контакты RELAY и контакты ТМР датчика охраны ВО1 замкнуты, контакты датчиков ВГ1...ВГ6 разомкнуты. Для снятия с охраны в режиме № 4 необходимо нажать кнопку S7, при этом устройство переходит в режим № 1.

Устройство переходит в режим № 5 автоматически при переходе в режим «тревога» датчиков ВО1, ВГ1...ВГ6. При этом на индикаторе НГ3 индицируется цифра 5. Начинается обратный отсчёт времени, который отображается на индикаторах НГ1, НГ2. Данный интервал времени был задан в режиме № 2. При достижении нулевого значения на индикаторах НГ1, НГ2 сигнализация срабатывает, устройство переходит в режим «тревога». Это значит, на выводе 2 микроконтроллера DD1 сигнал будет на уровне логического нуля, а на выводе 11 микроконтроллера

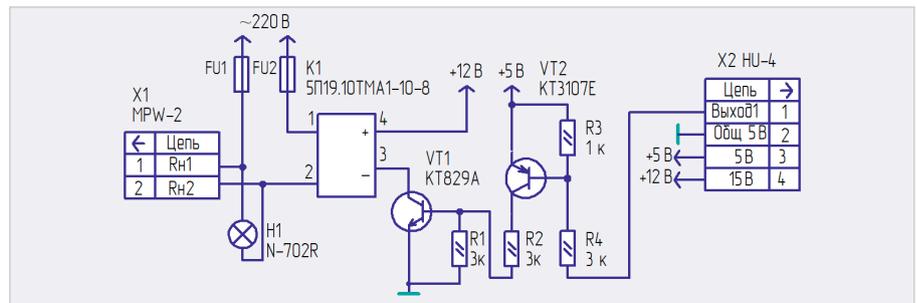


Рис. 5. Принципиальная схема силовой части

DD1 сигнал будет иметь форму меандра с периодом 2 с. То есть пьезоизлучатель ВА1 будет включаться и выключаться с тем же периодом. Звуковой пьезоэлектрический излучатель ВА1 включён. При этом на индикаторе НГ1 индицируется символ С, на индикаторе НГ2 индицируется символ С. СС – сигнализация сработала. Точка Н индикатора НГ2 периодически мигает.

Сигнализация сработает также при размыкании контактов ТМР датчика охраны ВО1, то есть при попытке снять с него крышку.

При нажатии на кнопку S8 в режиме № 5 устройство переходит в режим № 1. То есть для снятия здания с охраны нужно за время, заданное в режиме № 2, нажать кнопку S8 и перевести тумблер SA1 в положение «выкл.». Понятно, что доступ к данным органам управления должен быть ограничен. Принципиальная схема подключения датчиков охраны «Астра-5» в шлейф к соединителю X2 платы контроллера управления представлена на рисунке 4, а принципиальная схема силовой части – на рисунке 5.

Сразу после подачи питания на выводе 1 микроконтроллера DD1 через RC-цепь (резистор R10, конденсатор C3) формируется сигнал системного аппарата сброса микроконтроллера DD1. Инициализируются регистры, счётчики, стек, таймер Т/С1, сторожевой таймер, порты ввода-вывода. При инициализации каналы управления нагрузками отключены. На выводах 2, 11 присутствует сигнал логической единицы.

Программа состоит из трёх основных частей: инициализации, основной программы, работающей в замкнутом цикле, и подпрограммы обработки прерывания от таймера Т/С1 (частям соответствуют метки INIT, SE1, TIM0). В основной программе происходит инкремент/декремент значения времени обратного отсчёта, включение сигнализации. В подпрограмме обработки прерывания осуществляется счёт одной секунды, опрос клавиатуры, рабо-

та динамической индикации и перекодировка двоичного числа значений времени в код для отображения информации на семисегментных индикаторах.

На R2 (катод) организован регистр знакоместа. При инициализации в Y-регистр загружается начальный адрес буфера отображения \$060. При этом на дисплее будет включён разряд «единицы минут» («единицы секунд»). При каждом обращении к подпрограмме обработки прерывания содержимое регистра R2 сдвигается влево на один разряд, а Y-регистр инкрементируется.

Разработанная программа на ассемблере занимает около 0,54 кбайт памяти программ микроконтроллера. Потребление тока по каналу напряжения +5 В, не более 100 мА. Конденсаторы C1...C5 – типа K10-17а. Конденсатор C6 – типа K50-35. В схемах применены резисторы типа C2-33H-0.125 с допуском ±5%. Индикаторы НГ1, НГ2 – индикаторы зелёного цвета типа HDSP-F501. Индикатор НГ3 – индикатор красного цвета типа HDSP-F001, его целесообразно выделить на фоне остальных индикаторов (индикатор режима работы).

В силовой части применено твердотельное реле K1 типа 5П19.10ТМА1-10-8 с максимальным током нагрузки 10 А и напряжением до 800 В. Данное реле можно заменить на электромагнитное или другое твердотельное реле, учитывая при этом параметры подключаемой нагрузки. Номинальный ток предохранителей FU1, FU2 – 5 А. Тип – ВП1-5А (5 А/250 В). Держатели вставок плавких – типа ДВП4-1В. Номинальный ток предохранителя выбирается, исходя из номинального тока подключаемой нагрузки. Плата контроллера не требует никакой настройки и отладки.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Руководство по эксплуатации. Извещатель охранный объёмный оптико-электронный ИО 409-10 «Астра-5». Исполнение А.
2. Руководство по эксплуатации. Извещатель охранный точечный магнитоконтактный. ИО 102-«Люкс» ПАШК.425119.080.



# Повышение ресурса герконов за счёт оптимизации воздействующей магнитодвижущей силы

## Часть 1

Николай Лемешко (nlem83@mail.ru),  
Павел Струнин (Pavel.Strunin@rohde-schwarz.com)

В статье предложен способ повышения рабочего ресурса герконов, который основан на уменьшении количества отскоков контактов в каждом цикле срабатывания.

В первой части статьи излагается механистическая модель, которая позволяет рассчитывать время первого касания контактов и скорость их соударения для произвольных форм тока в связанной с герконом катушке.

### ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время значительное внимание уделяется повышению надёжности функционирования электронных устройств, которая определяется используемой компонентной базой и режимами её эксплуатации. Практика показала, что такие показатели надёжности [1], как вероятность безотказной работы и средняя наработка на отказ, существенно снижаются при приближении компонентов к предельно допустимым режимам эксплуатации. В связи с этим выбор режима работы компонентов является важным условием обеспечения надёжности технических средств.

Одними из самых надёжных компонентов электрических схем являются герконы и реле на их основе, среди которых встречаются образцы с предельным количеством коммутаций свыше 100 млн. Как известно, коммутация в герконах осуществляется за счёт того, что контактная пара становится частью магнитной цепи, в результате чего между контактами действует сила тяги, подобная возникающей в зазоре между электромагнитом и якорем. В справочной документации для

герконов указывают интервалы для двух параметров: магнитодвижущей силы (м.д.с.) срабатывания и отпускания. Однако этой информации недостаточно для оптимизации работы герконов и повышения их надёжности.

В работе [2] отмечается, что процесс перехода контактной пары геркона в замкнутое состояние сопровождается в среднем шестью отскоками контактов. Время дребезга может составлять до 10 мс в зависимости от силы первоначального их соударения. Если геркон работает под значительной токовой нагрузкой активного характера, особенно индуктивного, то каждый отскок будет сопровождаться искрением, которое приводит к эрозии контактов, их истончению, повышению переходного сопротивления и последующему излому [3]. Ещё одной проблемой является чрезмерная механическая нагрузка на области крепления контактов в корпусе геркона, которая приводит к ускорению старения материала и в перспективе – к появлению трещин и разрушению корпуса.

Анализ работы геркона показывает, что чрезмерное увеличение м.д.с. должно приводить к снижению времени первого соударения контактов при одновременном увеличении его скорости и, соответственно, количества отскоков, что приводит к значительному снижению ресурса работы геркона. Целью настоящей работы является выработка подходов к увеличению ресурса работы герконов, в первую очередь – в составе реле, и устройств на их основе, а также к сопутствующему снижению энергии, требующейся для срабатывания геркона.

### МОДЕЛЬ СБЛИЖЕНИЯ КОНТАКТОВ ГЕРКОНА ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ МАГНИТНОГО ПОЛЯ

Из законов механики следует, что отскок контактов в герконе происходит в результате обмена импульсами движения, который возникает из-за ненулевых скоростей контактов в момент их первого соприкосновения [4]. Для оптимизации управления м.д.с. следует более тщательно рассмотреть процесс сближения контактов в герконе, модель которого может быть построена на основе известных законов механики.

Рассмотрим пару контактов в составе геркона (см. рис. 1), имеющих постоянные жёсткости  $c_1$  и  $c_2$  в направлении силы тяги внешнего магнитного поля. Будем считать, что контакты движутся от своих крайних положений к точке соприкосновения вдоль прямой (на иллюстрации показана пунктиром), параллельной оси  $X$ , причём при отсутствии магнитного поля положение контактов 1 и 2 соответствуют координатам  $x_{1,0}=0$  и  $x_{2,0}=A$ . Помещение геркона в магнитное поле приводит к тому, что система из двух контактов становится частью магнитной цепи, и между ними возникает некоторая сила тяги  $F_M$ , которая стремится сблизить контакты и является функцией расстояния между ними, т.е.  $F_M = F_M(x_2(t) - x_1(t))$ . С другой стороны, при отклонении контактов 1 и 2 от положения равновесия возникают силы противодействия, обусловленные их деформацией и равные  $c_1 x_1(t)$  и  $c_2(A - x_2(t))$  соответственно. Задавая механическую инерционность контактов массами  $m_1$  и  $m_2$ , получим следующие выражения для зависимостей их ускорений от времени:

$$\begin{aligned} a_1(t) &= \frac{F_M(x_2(t) - x_1(t)) - c_1 x_1(t)}{m_1}, \\ a_2(t) &= \frac{c_2(A - x_2(t)) - F_M(x_2(t) - x_1(t))}{m_2}. \end{aligned} \quad (1)$$

Далее необходимо определить зависимость силы тяги  $F_M$ , возникающую между контактами геркона. Для этого следует проанализировать структуру магнитной цепи, в которой создаётся данная сила. Известно, что для электромагнита с одним зазором малых

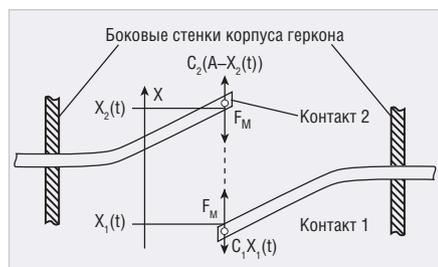


Рис. 1. Модель сближения контактов в герконе при воздействии магнитного поля

размеров  $\delta$  сила тяги, не зависящая от его размеров, определяется формулой Максвелла и составляет  $F = \frac{1}{2} \times \frac{\Phi^2}{\mu_0 \times S}$ , где  $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$  Гн/м – магнитная постоянная;  $\Phi$  – магнитный поток;  $S$  – площадь сечения магнитного потока [5].

Однако эта формула не подходит для случая геркона, поскольку вне зависимости от конструкции катушки, создающей магнитное поле, замкнутые силовые линии магнитного поля проходят большую часть вне ферромагнитных элементов, образующих магнитопровод, и по этой причине аналогия с классическим электромагнитом не может быть использована.

Для определённости будем считать, что геркон расположен внутри катушки с совпадением осей их симметрии. Контактную пару можно рассматривать как фрагмент магнитопровода малого сечения, в котором имеется один зазор, соизмеримый с размерами сечения магнитного потока. Это случай, соответствующий магнитному приводу со значительным расстоянием перемещения сердечника, и он детально рассмотрен в теории проектирования реле [6], где показано, что зависимость силы тяги магнита от расстояния между якорем и сердечником определяется уравнением  $F_M = \frac{(M(t))^2 \times \mu_0 \times S}{2 \times \delta^2}$ , где  $M(t)$  – магнитодвижущая сила в магнитной цепи, изменяющаяся во времени.

Контакты геркона обычно выполнены из ферромагнетика с относительной магнитной проницаемостью  $\mu \gg 1$ . Известно, что магнитное сопротивление  $R_M \sim 1/(\mu \times S_M)$ , где  $S_M$  – площадь сечения участка магнитной цепи. В случае размещения геркона внутри катушки магнитный поток протекает двумя путями: через магнитопровод, образованный контактами, и вне его, причём для материала контактов значение  $\mu$  составляет порядка 1000...10000. С учётом столь большого значения  $\mu$  сопротивления двух названных участков магнитной цепи будут одинаковыми, если диаметр катушки будет превосходить диаметр сечения контактов геркона в  $\sqrt{\mu}$  раз. Для оценки распределения магнитного потока в контактах геркона и в остальном сечении катушки целесообразно обратиться к типовым условиям использования массово выпускаемых герконов.

В качестве примера рассмотрим геркон МКА-14103 [7], который имеет диаметр контактов 0,55 мм при рекомендуемом диаметре катушки 8,1 мм. Если считать, что для материала контактов  $\mu=1000$ , то магнитное сопротивление контактной пары оказывается в 4,6 раза меньше, чем в остальном сечении катуш-

ки. Это означает, что 82,1% магнитного потока проходят через контакты геркона. Таким образом, если катушка весьма плотно охватывает геркон, то большая часть магнитного потока проходит через его контактную пару. В связи с этим в дальнейших расчётах будем полагать, что  $M(t) = k \times N \times i(t)$ , где  $k=0,8$  – коэффициент использования м.д.с;  $N$  – количество витков в катушке;  $i(t)$  – зависимость тока в катушке от времени. Исходя из этого, формула для силы тяги приобретает вид:

$$F_M \times (x_2(t) - x_1(t)) = \frac{(k \times N \times i(t))^2 \times \mu_0 \times S}{2 \times (x_2(t) - x_1(t))^2}$$

однако она требует некоторой корректировки.

Согласно экспериментальным исследованиям, с уменьшением расстояния между якорем и сердечником сила тяги увеличивается по квадратичному закону, но при их контакте имеет конечное значение. Как отмечается в [6], для практических расчётов можно полагать, что их сближение ограничено расстоянием  $\delta_{\min} = 0,1$  мм. Исходя из этого, уравнения (1) могут быть записаны в виде:

$$a_1(t) = \frac{(k \times N \times i(t))^2 \times \mu_0 \times S}{2m_1 \times (|x_2(t) - x_1(t)| + \delta_{\min})^2} - \frac{c_1 \times x_1(t)}{m_1} = G_1;$$

$$a_2(t) = \frac{c_2 \times (A - x_2(t))}{m_2} - \frac{(k \times N \times i(t))^2 \times \mu_0 \times S}{2m_2 \times (|x_2(t) - x_1(t)| + \delta_{\min})^2} = G_2.$$

Построенная модель имеет ограничения по области адекватности, поскольку описывает сближение контактов геркона только до первого касания, если таковое вообще происходит для заданной функции  $i(t)$ . Для дальнейшего анализа интерес представляют скорости движения контактов  $v_1(t)$  и  $v_2(t)$ , а также координаты  $x_1(t)$  и  $x_2(t)$ . Отсюда модель приобретает форму системы дифференциальных уравнений вида:

$$\frac{dx_1(t)}{dt} = v_1(t); \quad \frac{dv_1(t)}{dt} = G_1;$$

$$\frac{dx_2(t)}{dt} = v_2(t); \quad \frac{dv_2(t)}{dt} = G_2.$$

Для формулирования качественных и количественных выводов, являющихся основой для оптимизации формы тока в катушке, необходимо проанализировать результаты моделирования процесса сближения контактов.

### РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА СБЛИЖЕНИЯ КОНТАКТОВ В ГЕРКОНЕ

Реле на основе герконов характеризуются сравнительно невысокой индуктивностью катушки из-за отсутствия ферро-

магнитного сердечника. Поэтому можно считать, что инерционность коммутации при внезапном появлении постоянного тока  $I$  в катушке в первую очередь обусловлена механическими процессами. В качестве рассчитываемых по модели характеристик введём время первого касания контактов  $t_{\text{нк}}$ , а также энергетическую характеристику  $\mathcal{E}_{\text{нк}} = I^2 \times t_{\text{нк}}$ . Как правило, контакты в герконе изготавливаются из одинаковых материалов, имеют симметричное расположение, одинаковые размеры и сходные точки закрепления, что даёт возможность охарактеризовать их одинаковой массой. Исходя из этого, можно ожидать численного равенства скоростей  $v_1(t)$  и  $v_2(t)$ . Поэтому вместо них в дальнейшем будет использоваться единая функция  $v(t)$ . Введём параметр  $v_{\text{нк}} = v(t_{\text{нк}})$ , характеризующий скорость движения каждого из контактов геркона в момент их первого касания. Основной целью моделирования является получение зависимостей показателей  $t_{\text{нк}}$ ,  $v_{\text{нк}}$  и  $\mathcal{E}_{\text{нк}}$  от значения тока  $I$ .

Уравнения (2) включают в себя ряд параметров, значения которых должны быть оценены на основе анализа типовой конструкции геркона, например МКА-14103 [7]. Герконы этой марки имеют симметричные контакты и массу не более 0,14 г. Для моделирования примем  $m_1 = m_2 = 0,03$  г. Несмотря на малую площадь сечения контактов (около 0,26 мм<sup>2</sup>), они имеют весьма значительную жёсткость для обеспечения упругих деформаций и снижения контактного сопротивления, которая поддерживается специальным профилем их сечения, а также малым плечом приложения нагрузок. Для моделирования примем  $c_1 = c_2 = 10$  Н/м. Площадь  $S$ , через которую протекает магнитный поток, можно приближённо определить соответствующей области возможного электрического контакта. Эта область имеет размеры 0,5 × 2 мм, т.е.  $S = 10^{-6}$  м<sup>2</sup>. Расстояние между контактами при отсутствии магнитного поля примем равным 1 мм.

Далее необходимо определить количество витков  $N$ . В информационном листе [7] даны рекомендации по параметрам катушки для изготовления реле на основе геркона, согласно которым рекомендуется использовать 5000 витков обмоточного провода диаметром 0,063 мм, что соответствует активному сопротивлению катушки около 870 Ом и напряжению питания около 5 В. Однако следовать этой рекомендации и при моделировании, и в экспериментальной части работы нецелесообразно, т.к. уве-

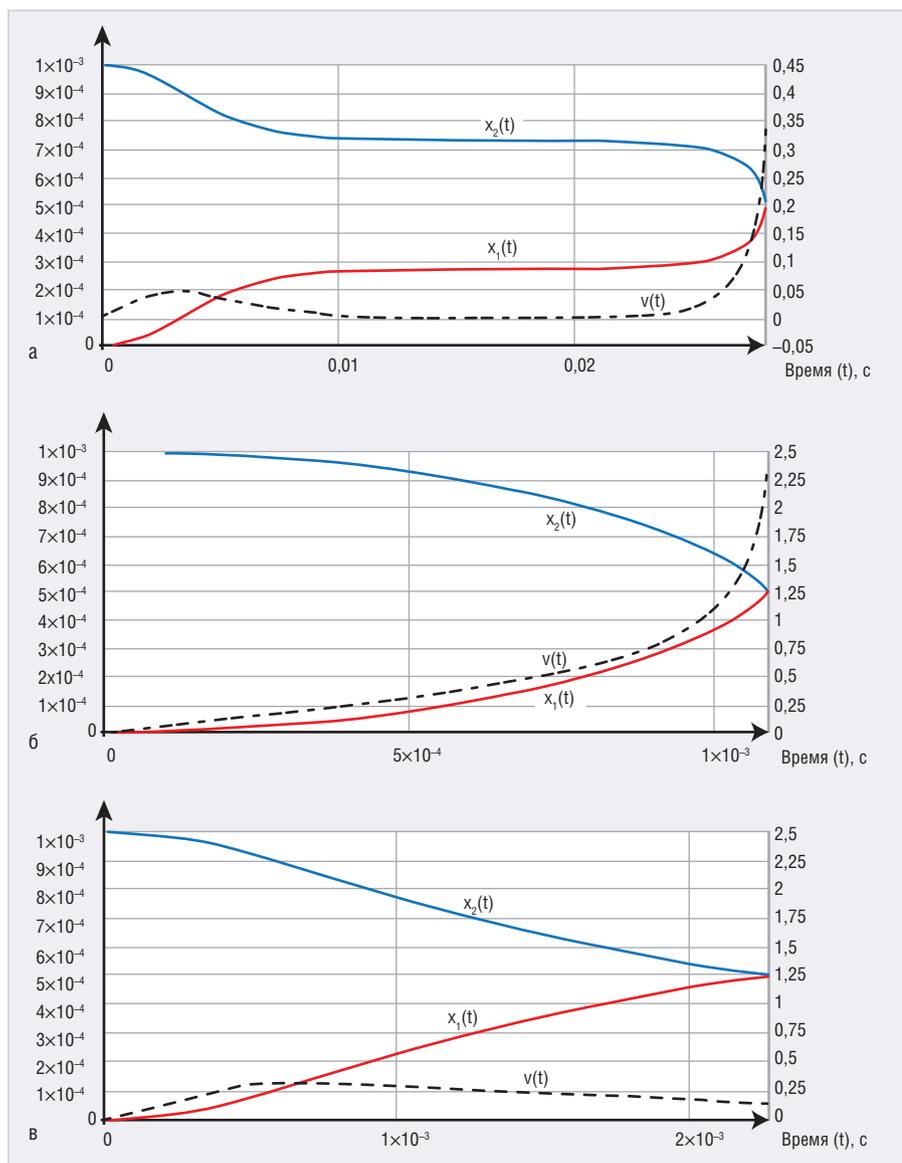


Рис. 2. Зависимости  $x_1(t)$ ,  $x_2(t)$ ,  $v(t)$ , полученные путём моделирования: а) при  $I \approx I_{min}$ , б) при  $I \gg I_{min}$ , в) при  $I = 4$  А и обнулении тока через 50 мс

личение количества витков приводит к возрастанию индуктивности пропорционально  $N^2$ , и, следовательно, снижается скорость нарастания тока в катушке при внезапном её подключении к источнику электропитания. Ввиду этого установим, что  $N = 40$ , что в типовом случае соответствует значению тока срабатывания 0,2...2 А (м.д.с. от 5 до 80 А) при его протекании в катушке с размещённым внутри герконом.

Из физики смыкания контактов в герконе следует, что система «геркон – катушка» характеризуется минимальным током  $I_{min}$ , при котором геркон ещё срабатывает. Для выбранных параметров модели значение  $I_{min}$  составляет около 803,035 мА. Замыкание контактов геркона при  $I \approx I_{min}$  будет происходить силой магнитной тяги, минимально достаточной для его осуществления.

На рисунке 2 показаны графики, характеризующие процесс сближения контактов при  $I \approx I_{min}$  и  $I \gg I_{min}$ , причём значения  $x_1(t)$  и  $x_2(t)$  отсчитываются по левой оси ординат, а значения  $v(t)$  – по правой шкале. В первом случае зависимости  $x_1(t)$  и  $x_2(t)$  характеризуются наличием интервала времени, в котором контакты почти неподвижны, из-за чего время первого касания контактов увеличивается примерно до 28 мс. Если значение  $I_{min}$  определено с очень высокой точностью и выполняется строгое равенство  $I = I_{min}$ , то, согласно модели, контакты могут оставаться в промежуточном положении длительное время, и значение  $t_{mk}$  не удастся определить однозначно. Для реальных герконов в аналогичной ситуации завершение коммутации будет определяться случайными факторами, например внешним механическим воздействием или флуктуаци-

ей тока в обмотке катушки. На момент соприкосновения каждый из контактов имеет скорость  $v_{mk}$  около 0,38 м/с, что с учётом процессов дополнительной механической деформации с высокой вероятностью исключает возникновение отскоков. Если  $I = I_{min}$ , то теоретически соприкосновение контактов происходит при нулевой скорости, но время первого касания не определено.

На рисунке 26 показаны аналогичные графики для  $I = 4$  А. В этом случае  $t_{mk} = 1,09$  мс, т.е. первое касание контактов происходит более чем на порядок быстрее. Но при этом  $v(t_{mk}) = 2,45$  м/с. Учитывая удвоение скорости при встречном соударении, при таком режиме работы контактной пары геркона будут наблюдаться многочисленные отскоки и повторные соударения. Несмотря на существенное снижение времени первого соприкосновения контактов, вопрос о времени завершения срабатывания остаётся открытым, поскольку длительность дребезга контактов может существенно превышать значение  $t_{mk}$  для фиксированного тока в обмотке катушки. Однако представленная модель не позволяет оценивать время окончательного перехода контактной пары геркона в проводящее состояние из-за ограниченной области адекватности.

Далее рассмотрим зависимости  $t_{mk}(I)$ ,  $v_{mk}(I)$ ,  $\mathcal{E}_{mk}(I)$ , полученные по результатам моделирования геркона с теми же параметрами. Первая из них представлена на рисунке 3. При увеличении тока  $I$ , начиная со значения  $I_{min}$ , время первого соударения контактов резко уменьшается, но в дальнейшем эта тенденция заметно ослабевает. При изменении тока от 2 до 4 А значение  $t_{mk}$  снижается с 2,25 до 1,09 мс. При  $I = 0,9$  А значение этого параметра составляет около 6,8 мс. На рисунке 4 показан график функции  $v_{mk}(I)$ , являющий собой почти линейную зависимость, причём значение скорости увеличивается с 0,4 до 2,45 м/с при изменении тока от 0,827 до 4 А. Далее, на рисунке 5, показан график функции  $\mathcal{E}_{mk}(I)$ , имеющий минимум в интервале от 0,87 до 1,1 А со значением около  $5,5 \text{ А}^2 \cdot \text{мс}$ .

На основе графиков, приведённых на рисунках 3 – 5, можно сделать следующие выводы.

1. При  $I \approx I_{min}$  переход контактной пары геркона в стабильно замкнутое состояние характеризуется большой длительностью и высокими затратами энергии на достижение первого касания контактов.
2. Поскольку минимизация значения  $v_{mk}$  всё же не является гарантией ра-

боты контактной пары без отскока, но значительно увеличивает её вероятность, то по результатам моделирования можно рекомендовать режим срабатывания геркона, обеспечиваемый при  $I = (1,1 \dots 1,2)I_{min}$ .

Результаты, полученные в ходе моделирования, требуют постановки двух важных для практики вопросов. Первый: необходимо ли поддерживать ток в катушке в течение всего сближения контактов. Ответить на него позволяют графики, приведённые на рисунке 2в. Они построены для следующей зависимости тока от времени:

$$i(t) = \begin{cases} 4 \text{ А}, & 0 \leq t < 0,5 \text{ мс}; \\ 0, & t < 0 \text{ и } t \geq 0,5 \text{ мс}. \end{cases} \quad (4)$$

При гипотетическом мгновенном исчезновении тока в катушке при  $t = 0,5$  мс контакты всё равно сомкнутся (см. рис. 2в), т.к. они имеют запас по кинетической энергии, достаточный для преодоления собственной упругости. При этом  $t_{mk} = 2,27$  мс,  $v_{mk} = 0,12$  м/с,  $\mathcal{E}_{mk} = 0,0182 \text{ А}^2 \cdot \text{с}$ . Если считать, что после соприкосновения контактов ток в обмотке остаётся выше минимально необходимого для их удержания в соприкосновении, то процесс срабатывания геркона будет вполне успешным. Такое решение позволяет снизить скорость соударения контактов, но имеет и существенный недостаток. Если геркон подвергается механическому воздействию в форме вибрации или ударов, то после снижения тока возможно нарушение взаимного сближения контактов, в результате чего срабатывание геркона не наступит вообще. Поэтому такой подход к управлению герконом нельзя считать универсальным.

Второй вопрос состоит в целесообразности использования согласованного управления, т.е. таких форм тока  $i(t)$ , которые обеспечивают сравнительно небольшое значение  $t_{mk}$  при минимизации скорости первого соударения. Проведённые расчёты показали, что режим с  $v_{mk} \rightarrow 0$  вполне осуществим путём постепенного снижения тока в катушке, но его применение требует значительно усложнения схемы управления током и индивидуального режима управления для каждого образца геркона.

В отличие от рассмотренной модели, результаты экспериментов с герконами отражают наиболее значимые явления в их срабатывании и, конечно же, не утрачивают адекватности после первого касания контактов. В то же время усложнение модели (3) не несёт в себе практической ценности, поскольку оценка параметров соударения и отскока кон-

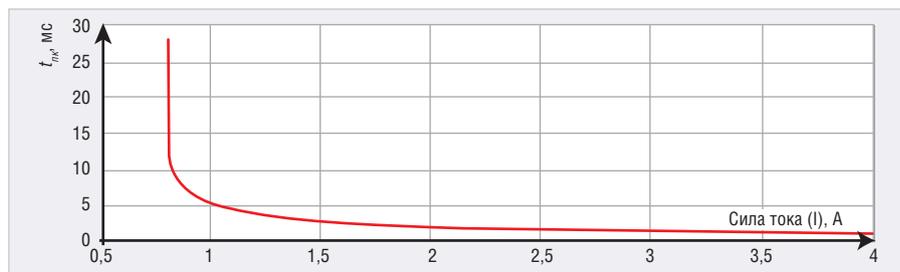


Рис. 3. График зависимости  $t_{mk}(I)$

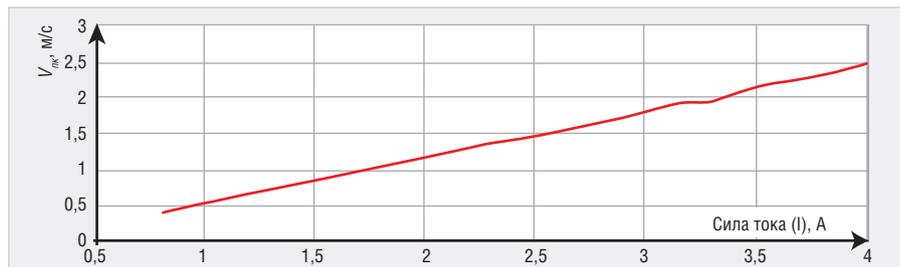


Рис. 4. График зависимости  $v_{mk}(I)$

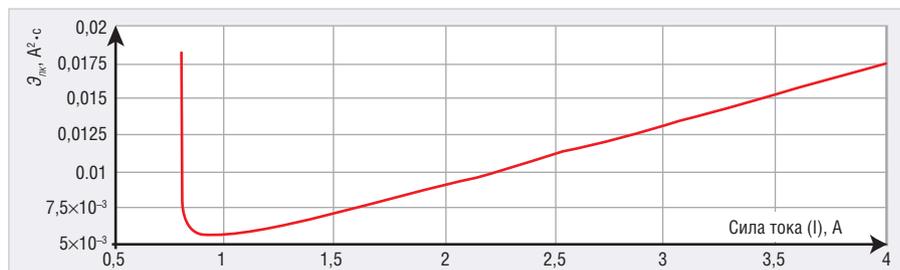


Рис. 5. График зависимости  $\mathcal{E}_{mk}(I)$

тактов потребует знания механических свойств материалов контактов и корпуса, а это крайне затруднит выбор исходных данных для использования модели. Ввиду этого рассмотренные показатели достижения первого касания контактов целесообразно определять экспериментально, а в дополнение к ним ввести время завершения коммутации  $t_{зк}$ , длительность механической релаксации  $t_p = t_{зк} - t_{mk}$ , количество отскоков  $K$ , которые также являются функциями тока в катушке и зависят от его формы.

Систему «геркон – катушка» с фиксированной конструкцией следует охарактеризовать измеренными значениями токов срабатывания  $I_c > I_{min}$  и отпускания  $I_o$ , при которых ещё не допускаются нарушения при срабатывании и отпускании. Значение  $I_c$  будет зависеть от скорости изменения тока, что связано с уровнем накопленной механической энергии встречного движения контактов. Тогда рекомендуемый режим срабатывания будет обеспечен при токе  $I_3 = (1,1 \dots 1,2)I_c$ .

Эта первичная рекомендация, как будет показано во второй части статьи, подлежит уточнению по результатам измерений.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Козлов Б.А., Ушаков И.А. Справочник по расчёту надёжности аппаратуры радиоэлектроники и автоматики. М.: Советское радио, 1975. 472 с.
2. Левшина Е.С., Новицкий П.В. Электрические измерения физических величин. Измерительные преобразователи. М.: Энергоатомиздат, 1983. 320 с.
3. Хольм Р. Электрические контакты. М.: Издательство иностранной литературы, 1961. 464 с.
4. Трофимова Т.И. Курс физики, 11-е изд. М.: Издательский центр «Академия», 2006. 560 с.
5. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи. 9 изд. М.: Высшая школа, 1996. 638 с.
6. Цопов Г.И., Сергеев Г.А., Овсянников В.Н. Проектирование и расчёт электромагнитного устройства низкого напряжения. Учебно-методическое пособие. Самара: Самарский ГТУ, 2013. 53 с.
7. Контакт магнитоуправляемый герметизированный МКА-14103. Информационный лист. Ред. от 29.04.2015. Интернет-ресурс [www.chipdip.ru](http://www.chipdip.ru) (дата обращения 30.10.19).
8. Техническое описание к герконам марки КЭМ. Интернет-ресурс [www.chipdip.ru](http://www.chipdip.ru) (дата обращения 20.11.19).



# Облачное программирование проектов Интернета вещей

Олег Вальпа (sandh@narod.ru)

В статье приведено описание интернет-ресурса, предоставляющего простое и быстрое создание готовых проектов Интернета вещей по технологии облачного программирования.

## ВВЕДЕНИЕ

Динамика современной жизни требует новых методов и технологий во многих областях науки и техники. Особенно это коснулось разработки программ для электронных устройств. Поскольку наш век переживает бурное развитие Интернета вещей, значительно возросла потребность в скорости разработки программ для микропроцессорных устройств. И совсем недавно это требование получило отклик в виде современной технологии разработки различных программ в предельно сжатые сроки. Данный метод можно назвать облачным программированием.

Суть метода заключается в создании Интернет-ресурса в виде сайта, на котором предоставляется возможность выбирать с помощью компьютерной мышки необходимые для проекта микропроцессорные устройства и подключаемые к ним датчики, модули отображения, прочие элементы и программные модули. После чего можно автоматически получить для такого проекта готовую программу.

Один из таких ресурсов называется WiFi-IoT [1]. Ниже приведено описание данного ресурса и пример быстрого создания простого проекта Интернета вещей.

## ОПИСАНИЕ РЕСУРСА

Ресурс WiFi-IoT основан на предварительно созданной базе программных

модулей и универсальной программе. С помощью конфигуратора устанавливается тип микроконтроллера и подключаемых к нему устройств. После чего производится сборка и трансляция встроенной программы ресурса с подключением готовых библиотек для выбранных элементов и модулей. В результате генерируется окончательный код для загрузки программы в заданный тип микроконтроллера. Список предлагаемых устройств, естественно, имеет определённые ограничения по номенклатуре, но он постоянно расширяется и развивается.

Создание проектов на ресурсе возможно без регистрации. Для входа на сайт ресурса можно использовать логическое имя demo с паролем demo. Но если выполнить простую бесплатную регистрацию пользователя, то появится возможность сохранения истории созданных проектов и добавления компонентов. Естественно, что в создаваемом проекте используются типовые схемы подключения различных устройств к микроконтроллеру. Но для ряда элементов ресурса можно дополнительно настроить некоторые параметры. Такие элементы имеют программную кнопку в виде шестерёнки.

На сегодняшний день на ресурсе WiFi-IoT могут использоваться следующие микроконтроллерные устройства: STM32, RTL8710, ESP8266 и ESP32. Остальные подключаемые к проекту

компоненты разделены на группы: сенсоры, сервисы, железо, системные, дисплеи и бета, как показано на рисунке 1.

Как видно на рисунке, перечень включённых в эти группы элементов и программных модулей довольно внушительный по своему количественному составу и разнообразию. Например, в группе сенсоров присутствуют широко распространённые датчики измерения температуры DS18B20 и универсальные датчики измерения температуры и влажности DHT 11/21/22. В других группах имеются такие элементы, как часы, сканеры, GPS-устройства, жидкокристаллические индикаторы, Интернет-сервисы и т.п.

Все элементы ресурса имеют определённый цвет, который означает свободное или платное использование в проекте. Цвета элементов обозначают следующее: зелёные – полностью бесплатные, синие – содержат платные возможности, красные – работают только в платной версии. Плата за использование проекта необходима для аккумуляции средств на его поддержание и дальнейшее развитие. В будущем количество бесплатных элементов должно увеличиваться. Но даже нынешняя реализация ресурса предоставляет достаточное количество бесплатных элементов для создания насыщенных проектов Интернета вещей.

С помощью представленного здесь ресурса облачного программирования можно создать множество привлекательных и полезных проектов. Например, при подключении к проекту датчиков температуры, влажности и давления можно получить домашнюю метеостанцию для мониторинга температуры и

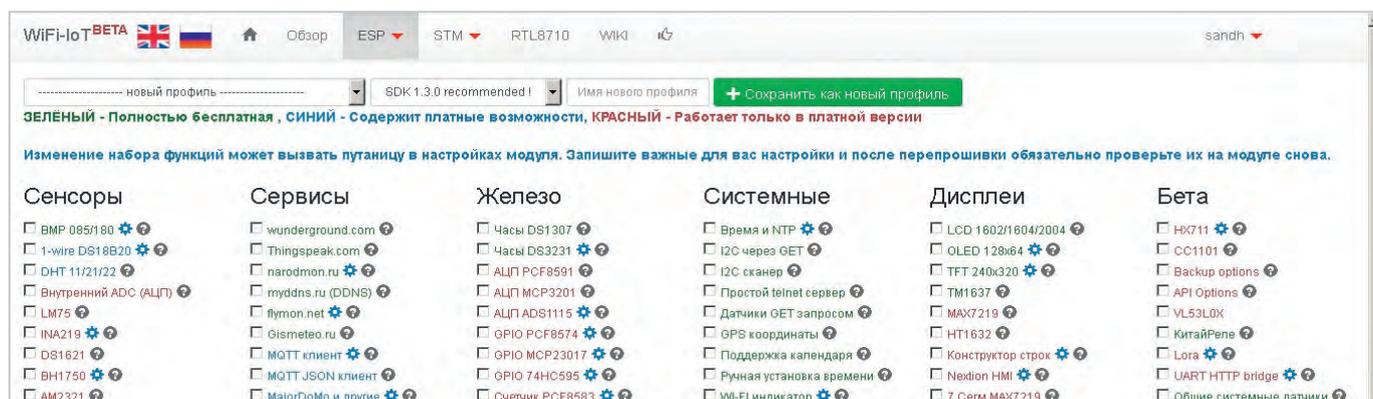


Рис. 1. Группы элементов ресурса



Рис. 2. Окно программы ESP8266 Flasher

влажности на улице и дома с возможностью отправки показаний на серверы статистики, где можно посмотреть графики изменения показаний. При подключении к проекту дисплея возможно отображение на нём времени, прогноз погоды, данных с датчиков других ресурсов вашего города или от модулей других городов мира.

Для создания такого проекта потребуется лишь отметить на экране необходимые датчики, программные модули «Время и NTP» и «Поддержка календаря», а также серверы статистики по своему выбору из предоставленных ресурсов: [flumon.net](http://flumon.net), [narodmon.ru](http://narodmon.ru) и [Thingspeak.com](http://Thingspeak.com). Необходимый для проекта дисплей можно выбрать из доступных типов: LCD 1602/1604/2004, OLED 128×64 или TFT 240×320.

Ресурс также позволяет реализовать и другие интересные проекты:

- учёт показаний счётчиков воды и электроэнергии с просмотром показаний на дисплее и в Интернете;
- устройство с управлением через инфракрасный или радиопульт;
- дистанционное управление открытием и закрытием штор;
- говорящие часы с озвучиванием данных с различных датчиков;
- Интернет-радио без дополнительного оборудования на модуле ESP32;
- MP3-плеер на модуле ESP32;
- устройство автоматического поддержания заданной температуры и влажности;
- устройство управления бытовой техникой с помощью инфракрасного передатчика;
- управляемые по сети WiFi-электроприборы;
- устройство для отправки уведомлений с помощью SMS, Telegram или E-mail по событиям;
- устройство с управлением из системы умного дома или облачных сервисов;
- светодиодная бегущая строка рекламно-информационных экранов, управляемая через сеть WiFi;
- устройство для отправки SMS при помощи GSM-модуля из систем умного дома;

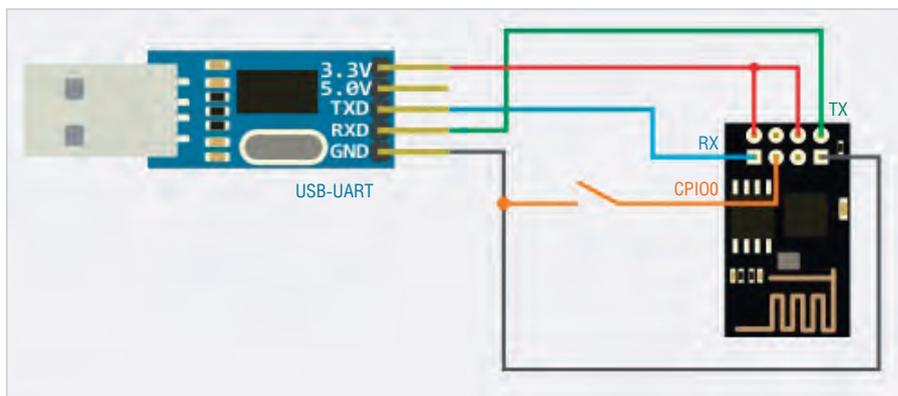


Рис. 3. Подключение модуля ESP8266 к компьютеру

• устройство контроля состояния Интернета или сервера с возможностью оповещения уведомлением по SMS.

Большой интерес представляет собой проект устройства для отправки уведомлений посредством SMS, Telegram или E-mail по событиям. Такое устройство может отправить уведомление на электронную почту или послать сообщение через SMS-сервисы при определённых событиях: по планировщику, изменению параметра, термостату и т.п. Например, можно отправить уведомление, если какой-то параметр датчика вышел за границы заданного значения. Текст сообщения указывается в настройках модуля и может содержать данные с датчиков.

Полезными будут проекты систем охраны и оповещения. Такие проекты можно создавать с использованием различных типов датчиков: объёмных детекторов движения HC-SR501, микроволновых радаров, ультразвуковых сонаров HC-SR04, концевых датчиков, акустических датчиков, датчиков вибрации, разбивания стекла и т.д. Они могут поддерживать отправку SMS-уведомления при определённом событии, постановке и снятии с охраны и т.п. С использованием модулей реле возможно подключение прожекторов освещения, сирен и других исполнительных устройств.

Актуальным является проект системы контроля доступа по картам RFID, Wiegand26 или iButton с ведением протоколов на программных модулях: «время», «дата», «ID-карты». Проект позволит работать системе в качестве независимого автономного устройства как со своим списком ключей, так и с управлением внешними программными системами.

### ПРИМЕР ПРОЕКТА

Рассмотрим создание простого проекта на конкретном примере. Создаваемое устройство будет построено на базе широко распространённого моду-

ля ESP8266, имеющего в своём составе микроконтроллер с большим объёмом памяти программ и приёмопередатчик WiFi. Оно позволит читать данные с датчика давления и температуры, отправляя их по запросам в сеть «Интернет».

Вначале необходимо открыть вкладку ESP8266 на сайте WiFi-IoT, где расположен сам конструктор прошивок. Далее следует отметить галочкой датчик давления и температуры BMP085, модуль [narodmon.ru](http://narodmon.ru) и «Время и NTP». Все эти элементы являются бесплатными. Теперь остаётся лишь нажать программную зелёную кнопку «Скомпилировать» и через несколько секунд откроется новое окно с сообщением о готовности загрузочного файла для модуля ESP8266. Данный загрузочный файл необходимо скачать по ссылке одним файлом в произвольное место на жёстком диске.

Для загрузки этого файла в модуль потребуется программа прошивателя ESP8266 Flasher [2]. Скачав и разархивировав эту программу, её следует запустить. Данная программа не требует инсталляции и просто запускается из каталога. Окно программы показано на рисунке 2. Для программирования модуля ESP8266 необходимо подключить его к компьютеру через адаптер USB-UART, как показано на рисунке 3.

При программировании модуля его вывод CPIO0 должен быть подключён к нулевому потенциалу GND. Для автономной работы модуля вывод CPIO0 следует отключить от нулевого потенциала GND.

В запущенной программе ESP8266 Flasher нужно выбрать виртуальный COM-порт, к которому подключён модуль ESP8266. Во вкладке Config следует указать путь к скачанному файлу прошивки. Вкладка Advanced позволит установить скорость COM-порта 115200 и выбрать размер памяти модуля ESP8266. Поскольку у разных видов модулей ESP8266 разные разме-

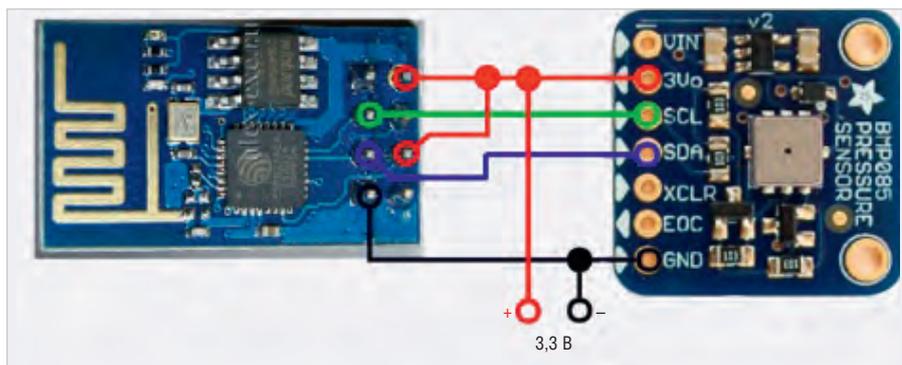


Рис. 4. Подключение датчика BMP085 к модулю ESP8266

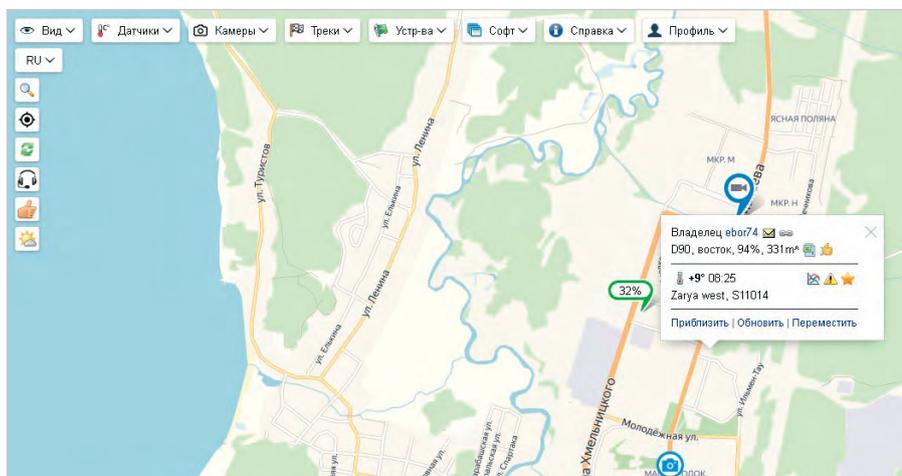


Рис. 5. Окно сервиса «Народный мониторинг»

ры памяти, потребуется уточнить этот параметр по маркировке микросхемы памяти на самом модуле. Далее на вкладке Operation нужно нажать кноп-

ку запуска процедуры программирования Flash. При правильном подключении и выборе параметров в окне программы должен появиться MAC-адрес

модуля и QR-код. Затем начнётся процесс программирования, сопровождаемый миганием индикатора на модуле.

После завершения программирования модуля необходимо отключить его от адаптера и подключить к нему датчик давления и температуры BMP085 по интерфейсу I<sup>2</sup>C, как показано на рисунке 4.

Далее остаётся лишь подать питание на модуль и настроить созданный блок метеостанции для отправки показаний в «Народный мониторинг» [3] или другую систему Интернет-сервисов. Подробности такой настройки приведены в самих сервисах. Окно сервиса «Народный мониторинг» с примером настроенной метеостанции представлено на рисунке 5.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Фактически, представленный здесь ресурс позволяет создавать новые проекты микропроцессорных устройств из готовых «кирпичиков». По мере развития ресурса и наполнения его новыми элементами и программными модулями со свободным доступом можно будет быстро создавать самые разнообразные проекты Интернета вещей. Перспектива данного метода очевидна.

### ЛИТЕРАТУРА

1. <https://wifi-iot.com>.
2. <https://github.com/nodemcu/nodemcu-flasher>.
3. <https://narodmon.ru>.



## НОВОСТИ МИРА

### Компания «Актив» расширила список совместимых с ОС Astra Linux продуктов

Группа компаний Astra Linux и компания «Актив» завершили очередную серию тестовых испытаний, подтвердивших совместимость USB-токенов и смарт-карт Рутокен с операционной системой специального назначения Astra Linux Special Edition релиз «Смоленск» версии 1.6.

В исследовании участвовали: Рутокен ЭЦП 2.0, Рутокен ЭЦП 2.0 2100, Рутокен ЭЦП 2.0 Flash/Touch, Рутокен 2151, Рутокен ЭЦП PKI, Рутокен 215, смарт-карты Рутокен ЭЦП SC и смарт-карты Рутокен ЭЦП 2.0 2100/2151.

По результатам проведённых тестов был подписан сертификат, подтверждающий корректность совместной работы решений.

Использование USB-токенов и смарт-карт Рутокен в Astra Linux позволяет реализовать строго двухфакторную аутентификацию при входе

в операционную систему, а также в приложения. Продукты Рутокен рекомендованы в качестве ключевых носителей в среде ОС Astra Linux.

Astra Linux Special Edition, ОС специального назначения на базе ядра Linux, созданная для комплексной защиты информации и построения защищённых автоматизированных систем, прошла сертификацию средств защиты информации ФСТЭК России, Минобороны России и ФСБ России.

«Актив» и ГК Astra Linux являются технологическими партнёрами с 2012 года. Сейчас решения Рутокен входят в программу Hardware Ready For Astra Linux. Партнёрская программа Ready for Astra Linux, призванная поддерживать российских производителей оборудования и ПО, направлена на расширение линейки актуальных для современного потребителя защищённых программно-аппаратных решений на базе ОС семейства Astra Linux.

«Компания «Актив» ведёт планомерную работу по интеграции своих продуктов с веду-

щими российскими решениями на рынке информационной безопасности. Использование продуктов Рутокен в среде операционной системы Astra Linux позволит клиентам обеспечить высокий уровень информационной безопасности своих процессов», – комментирует Владимир Иванов, директор по развитию компании «Актив».

«Двухфакторная аутентификация становится всё более востребованной нашими потребителями. Корректное функционирование таких средств в среде Astra Linux повышает удобство и безопасность работы с информацией ограниченного доступа. Мы продолжим наше многолетнее сотрудничество с компанией «Актив», тем самым предлагая нашим заказчикам всё больший выбор доверенных решений в сфере средств аутентификации и хранения электронной подписи», – комментирует Дмитрий Тараканов, директор программы Ready for Astra Linux.

Пресс-релиз ГК Astra Linux



# Электроника Транспорт 2020

14-я специализированная выставка электроники и информационных технологий для пассажирского транспорта и транспортной инфраструктуры

Проводится в рамках Российской недели общественного транспорта [www.publictransportweek.ru](http://www.publictransportweek.ru)



27-29 МАЯ, МОСКВА  
КВЦ «СОКОЛЬНИКИ»  
[WWW.E-TRANSPORT.RU](http://WWW.E-TRANSPORT.RU)

# Обзор Altium Concord Pro

Александр Фень (alexander.fen@altium.com)

Программный продукт Altium Concord Pro помогает разработчикам удобно управлять проектными данными САПР Altium Designer, в том числе прикладными библиотеками компонентов, и обеспечивает надёжное хранение этих данных. Механизмы взаимодействия с MCAD- и ERP/PLM-системами обеспечивают необходимую синхронизацию данных в информационной инфраструктуре предприятия. В данной статье рассмотрены ключевые возможности Altium Concord Pro.

## НАЗНАЧЕНИЕ ALTIUM CONCORD PRO

В процессе проектирования электроники, кроме инженерной работы над новым изделием, приходится отвлекаться на второстепенные, но не менее важные задачи, такие как контроль актуальности сведений о применяемых компонентах, качество и целостность проектных данных и т.п. Решение Altium Concord Pro [1] в качестве сервера управляемых данных гармонично дополняет Altium Designer в части надёжного управления проектными данными, позволяя повторно выпускать файлы для производства в отдельные ревизии (редакции) без перезаписи ранее выпущенных. Сервер также управляет жизненным циклом всех проектных данных, что позволяет сразу увидеть, на каком этапе находятся данные, и использовать их соответствующим образом.

Доступно два варианта размещения Altium Concord Pro:

1. *Размещаемый на Altium 365* – поставляется как Workspace (Рабочее пространство) через облачную платформу Altium 365. Workspace является специальным облачным сервером для всех проектных данных.
2. *Самоуправляемый* – поставляется как традиционный сервер, который устанавливается и настраивается в собственной сети предприятия. Этот вариант Concord Pro подходит для тех, кто не может взаимодействовать со своими данными через облако, например для предприятий с закрытым контуром сети.

Далее обзор возможностей будет проводиться на примере самоуправляемого варианта Concord Pro.

Altium Concord Pro – программный продукт, разработанный для систематизации и упрощения использования

данных о компонентах и управления ими при проектировании электронных модулей на печатных платах. Concord Pro является преемником серверного решения Altium Vault с более прогрессивной архитектурой, ориентированной на управление и хранение библиотек электронных компонентов, библиотек функциональных групп и шаблонов различных документов, формируемых Altium Designer. Дополнительно Concord Pro поддерживает создание и управление проектами непосредственно на сервере. Сервер предоставляет возможности совместного проектирования, используя систему комментирования, а также двунаправленное взаимодействие с механическими САПР, такими как SolidWorks®, Autodesk Inventor® и PTC Creo® (см. рис. 1).

## УПРАВЛЕНИЕ КОМПОНЕНТАМИ

Принцип унифицированного проектирования, реализованный в Altium Designer, использует модель компонента, которая охватывает все аспекты процесса проектирования печатного узла. Для прозрачного встраивания изделия в общий процесс разработки в компании Altium привычную модель компонента дополнили смежными аспектами процесса проектирования и бизнес-процессов, которые тесно пересекаются с этапами разработки изделия. Обновлённая объектная модель называется унифицированной моделью компонента (Unified Component Model).

Согласно этой парадигме, компонент, который использует проектировщик, отделён от компонентов производителя и/или поставщика, т.е. данная информация не определяется в компоненте. Вместо этого используются варианты выбора компонента (*Part Choices*) для отображения проектного компонента в один или множество компонентов производителя, приведённых в каталоге компонентов (*Part Catalog*), который, в свою очередь, может быть отображён в один или множество компонентов поставщика. Это позволяет проектировщику заранее определить, какие физические компоненты могут использоваться в проекте.

Компоненты и их варианты выбора хранятся в Altium Concord Pro. Управля-

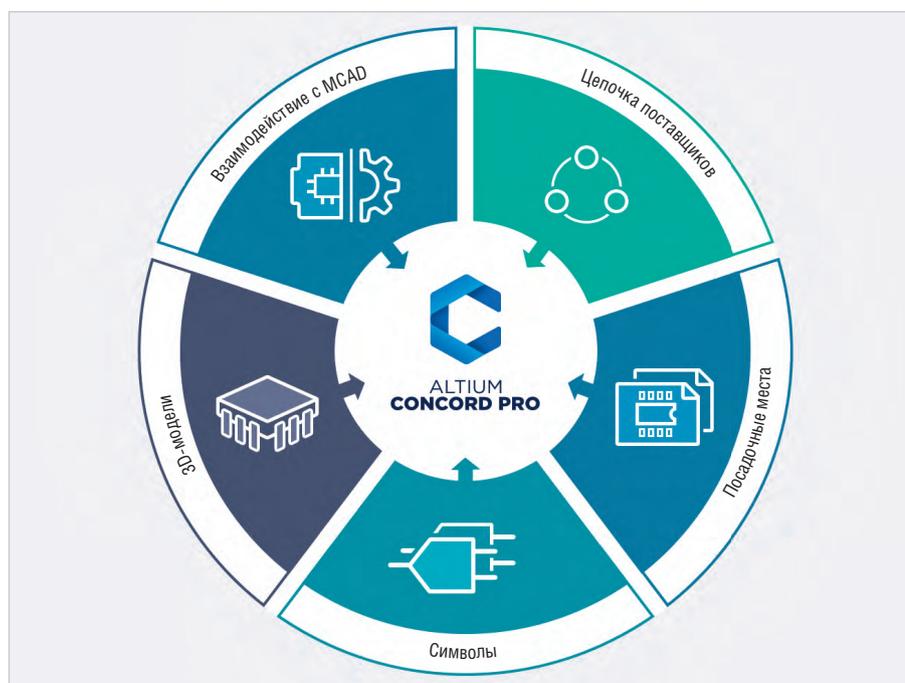


Рис. 1. Диаграмма взаимодействия предметных областей с системой Altium Concord Pro



ALTIUM  
CONCORD PRO



Electronics Lifecycle  
Management

- Управление компонентами
- Централизованное хранение данных
- Совместное проектирование ECAD – MCAD

Выгодные условия приобретения Altium Concord Pro на сайте:

[www.altiumconcord.pro](http://www.altiumconcord.pro)

ООО “ЭЛМ” официальный дистрибьютор Altium Limited

Тел. +7 (495) 005-51-45 Email: [info@elm-c.ru](mailto:info@elm-c.ru) [www.elm-c.ru](http://www.elm-c.ru)

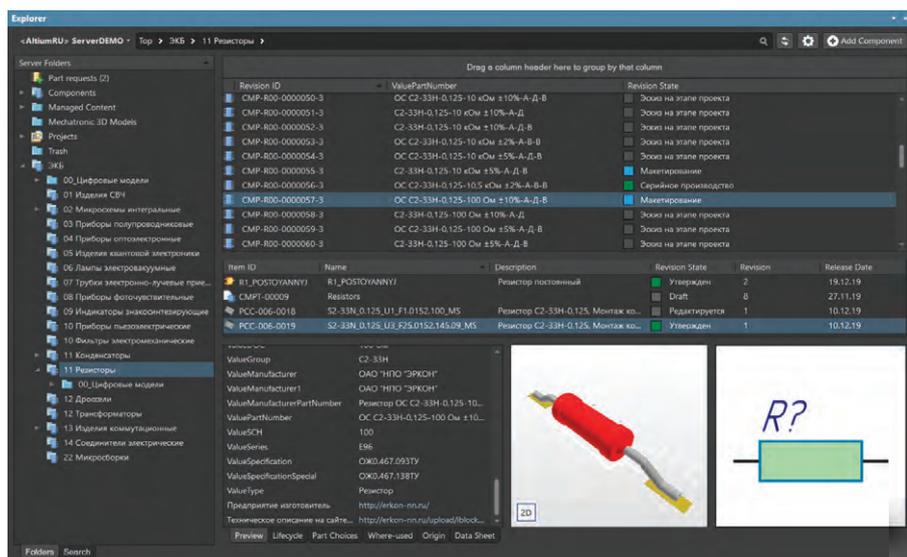


Рис. 2. Отображение структуры данных Altium Concord Pro в панели Explorer Altium Designer на примере библиотеки электронных компонентов

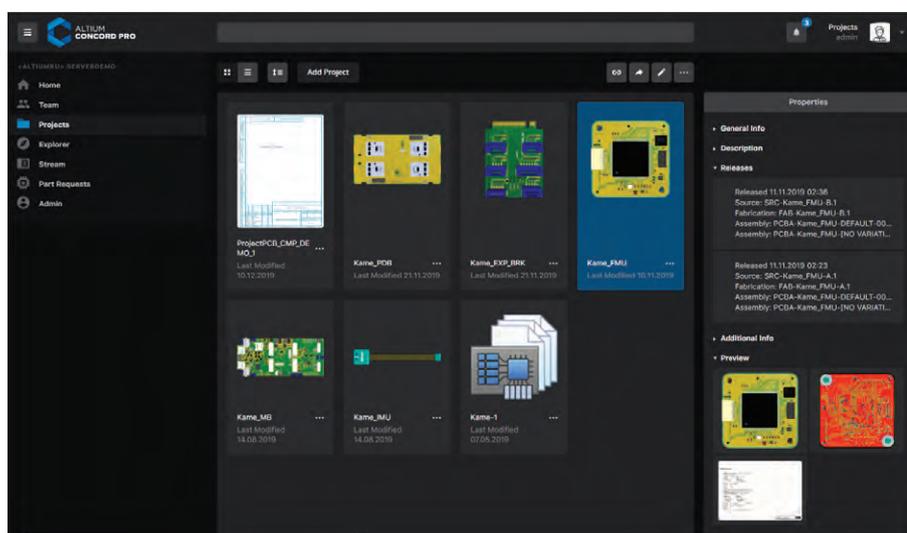


Рис. 3. Интерфейс Altium Concord Pro для управления проектами в окне браузера

емый компонент хранится в виде набора ревизий однозначно определяемого объекта компонента (Component Item). Каждая ревизия находится под управлением жизненных циклов, что позволяет создавать наборы утверждённых компонентов, которые могут быть повторно использованы в новых проектах, прототипах и производстве. Таким образом, в Altium Concord Pro реализован каталог компонентов, сформированный с помощью серверных библиотек (см. рис. 2). Рассмотрим ключевые особенности управляемых компонентов.

**Управление списком компонентов, разрешённых к применению.** На сервер управляемых данных выкладываются только проверенные и согласованные компоненты для проектирования. Посредством механизмов ревизий и жизненных циклов доступ-

на возможность управления утверждённым набором компонентов, которые могут применяться при проектировании.

**Выбор производителя компонента.** Для каждого управляемого компонента можно выбрать конкретного производителя в случае, если на рынке существуют аналоги нескольких производителей.

**Интерактивная информация о цепочке поставок компонентов** поступает в режиме реального времени из сводной базы данных Altium (Ostopart), которая взаимодействует с глобальными поставщиками. Тем самым разработчику предоставляется текущая стоимость и доступность выбранных компонентов от реальных поставщиков. При работе в локальной сети предприятия для получения информации о доступности и цене компонентов мож-

но подключаться к базе склада предприятия.

**Шаблоны компонентов** позволяют определять необходимый набор параметров и прикладных моделей для каждого типа компонента, обеспечивая унификацию представления компонентов и правил управления информацией о компоненте посредством определения схем именования, редакции и жизненного цикла.

**Контроль применимости компонентов.** Управляемые компоненты доступны для мониторинга применимости в течение всего времени использования. Если компонент устаревает, всегда можно узнать, в каких изделиях он использовался и, при необходимости, обновить его. Если в составной части компонента (символ, посадочное место и т.п.) имеется ошибка, система определит все производные компоненты, которые используют эти части, тем самым предоставляя возможность своевременно внести все исправления.

**Контроль состояния жизненного цикла компонента.** Если компонент находится в состоянии «конец срока службы», «устарел» или «не применять», система на этапе валидации проекта оповестит пользователя, что позволит предотвратить изготовление печатных плат с устаревшими элементами или непроверенными данными.

**Прямое редактирование компонента.** Если требуется отредактировать управляемый компонент, предусмотрена возможность открыть его для редактирования непосредственно с сервера. Встроенный редактор позволяет изменять все данные о компонентах.

### УПРАВЛЕНИЕ ПРОЕКТАМИ

Altium Concord Pro в сочетании с Altium Designer обеспечивает поддержку управляемых проектов (Managed Projects). Для управляемых проектов определяется этап жизненного цикла, что упрощает создание и текущий рабочий процесс для проектов в системе контроля версий. Централизованное хранение под управлением Concord Pro является основой для других служб совместной работы над проектом (см. рис. 3).

Ключевыми особенностями использования управляемых проектов являются: простое и надёжное хранение проектов, система контроля версий, совместная работа над проектом. Одновременная работа над проектом платы доступна без сложной настройки среды проектирования. При этом в системе

реализован специальный режим комментирования и механизмы уведомления о состоянии как отдельных документов, так и целого проекта.

Типовой рабочий процесс является максимально простым: необходимо создать новый управляемый проект, определить его имя, описание и репозиторий хранения. Далее следует определить доступ сотрудников к созданному проекту. Затем участники проекта выбирают созданный проект в Altium Designer, и он автоматически извлекается в локальный репозиторий для последующей работы. Процедуры создания проекта и определения прав доступа можно производить как в Altium Designer, так и в Altium Concord Pro.

С технической точки зрения управляемый проект является сочетанием метаинформации, которая хранится на сервере, и локальной службы системы контроля версий Altium Concord Pro. Altium Concord Pro использует систему контроля версий на основе технологий Git. Основные команды управления файлами Git выполняются в интерфейсе Altium Designer.

Управляемые проекты в сочетании с инструментом выпуска проектов Project Releaser [2] и управлением состояния проектных данных в процессе жизненного цикла обеспечивают максимальную прозрачность процесса проектирования, а также надёжность и качество проектных данных (см. рис. 4).

### СОВМЕСТНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ В ECAD-MCAD

Взаимодействие между областями электронного и механического проектирования всегда было сложной задачей. Средства ECAD и MCAD решают различные задачи проектирования, они развиваются разными путями и, соответственно, по-разному хранят свои данные и управляют ими. Современные проекты часто требуют решения задачи компоновки печатного узла в корпуса изделий сложной формы. Для успешного проектирования этих изделий проектировщикам необходима возможность оперативного обмена проектными данными между областями ECAD и MCAD.

Передача сложных и подробных изменений конструкции между различными системами проектирования – это больше, чем сохранение данных в другом формате. Группы проектирования



Рис. 4. Отображение релиза (публикации) управляемого проекта на сервере Altium Concord Pro в панели Explorer Altium Designer

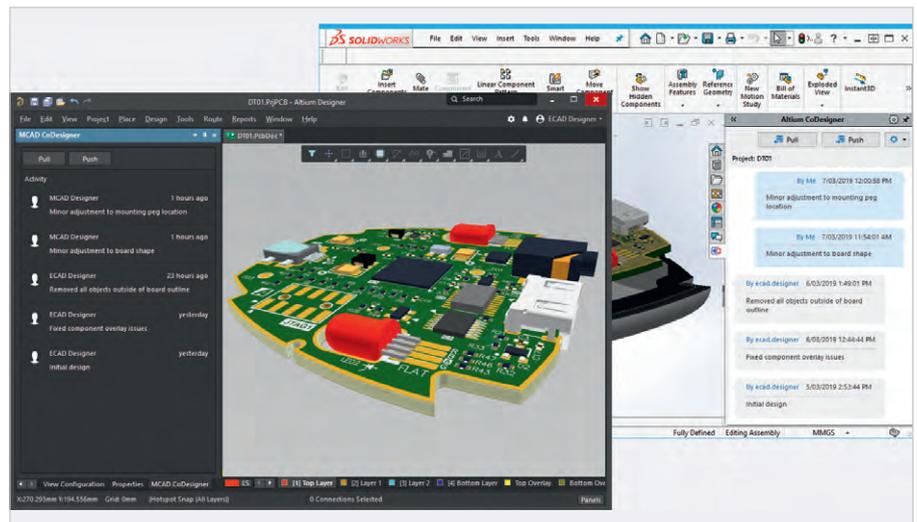


Рис. 5. Обмен проектными данными между областями ECAD и MCAD с учётом внесённых изменений

электронной и механической частей работают независимо друг от друга, им необходима возможность передачи изменений на любом этапе процесса проектирования. Вопрос заключается в том, как управлять потоком изменений между группами без влияния на их повседневную работу. Проектировщикам не нужно, чтобы одна группа приостанавливала свою работу, пока другая группа не внесёт последние изменения.

Данная задача успешно решается сервером Altium Concord Pro, который создаёт «мост» между областями ECAD и MCAD. Обе области проектирования прозрачно подключаются к серверу Concord Pro. В любой момент проектировщик может передать свои проектные изменения другой стороне. При открытии проектировщиком с принимающей стороны этого проекта в системе ECAD/MCAD он сразу будет уведомлён о том, что в проекте имеются изменения. Проектировщик может просмотреть каждое из них в отдельности и решить, принимать их или нет.

Когда проектировщик MCAD передаёт изменение формы платы, но затем понимает, что забыл переместить крепёжное отверстие, то это не создаёт никакой проблемы. Проект в ECAD всегда сравнивается с текущим состоянием в Altium Concord Pro. Поэтому, когда проектировщик ECAD вернётся к работе, в его список изменений будут включены изменение формы платы и перемещение крепёжного отверстия. Затем он принимает изменения, и проект в ECAD синхронизируется с проектом в MCAD.

Altium Designer и MCAD-система взаимодействуют между собой посредством рабочих панелей MCAD CoDesigner и Altium CoDesigner соответственно (см. рис. 5). В панелях находятся кнопки управления обменом данными, отображаются оповещения об изменении модели на сервере и детальный список изменённых данных.

На данный момент поддерживаются следующие платформы MCAD:

- Dassault Systemes SOLIDWORKS®;

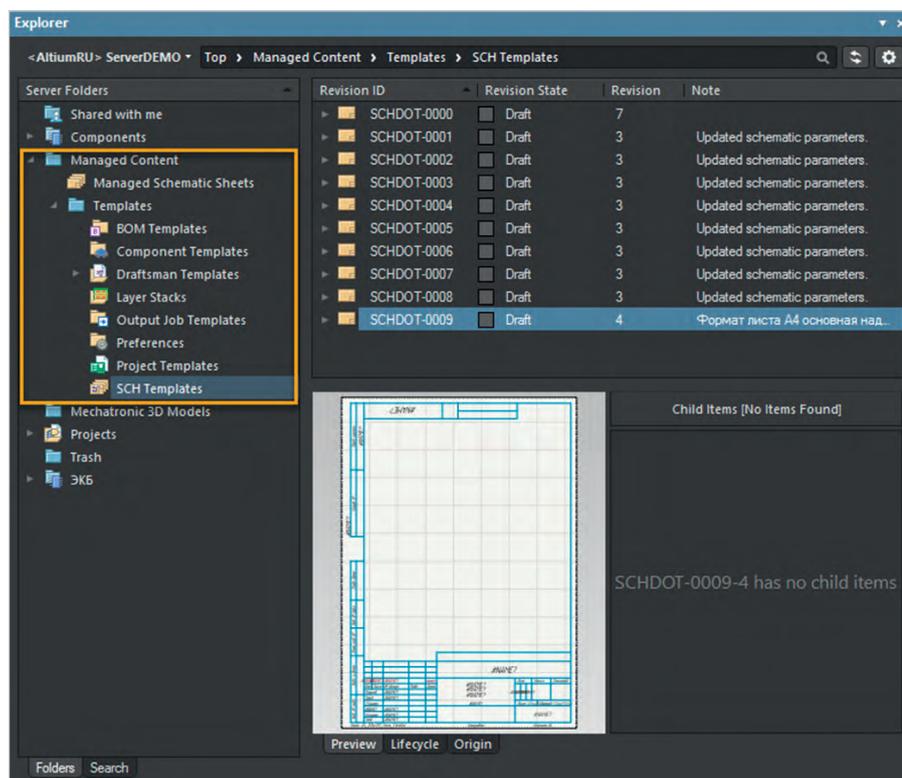


Рис. 6. Централизованное хранение шаблонов документов Altium Designer

- Autodesk Inventor Professional®;
- PTC Creo Parametric®.

**СИНХРОНИЗАЦИЯ ДАННЫХ  
О КОМПОНЕНТАХ  
С КОРПОРАТИВНЫМИ СИСТЕМАМИ**

Altium Concord Pro обеспечивает одно- и двунаправленную синхронизацию данных о компонентах (в том числе вариантов выбора компонентов) с корпоративными системами. Файл конфигурации позволяет задать направление синхронизации и указать, какие параметры хранятся в каждой системе. Синхронизация данных о компонентах между Concord Pro и целевой корпоративной системой использует встроенный процесс, который может быть запущен вручную или настроен как периодически повторяемое событие.

Altium Concord Pro включает в себя инструмент импорта базы данных компонентов, который можно использовать для переноса данных компонентов в Concord Pro из файла, экспортированного из другой системы (PLM, ERP или какой-либо другой). Этот инструмент, реализованный в виде настраиваемого командного файла (\*.bat), импортирует данные о компонентах из целевого файла электронной таблицы (\*.csv) на сервер в соответствии с существующими шаблонами сервера или специальным файлом конфигурации. В настоя-

щее время реализована поддержка следующих корпоративных систем:

- PTC Windchill® PLM (11.0 M030);
- Arena® PLM;
- Oracle® Agile™ PLM.

Конфигурирование системы осуществляется через веб-интерфейс Concord Pro, где настройка соединения и отображение параметров заданы в XML-файле конфигурации. Интеллектуальный генератор конфигурации поможет создать пользовательское подключение к корпоративным системам.

Когда процесс синхронизации добавляет данные компонента в целевую систему, сформированный номер объекта передаётся обратно в Concord Pro в виде параметра PlmPartNumber. Этот номер выступает в роли ключевого параметра при синхронизации данных между Concord Pro и корпоративной системой. Кроме того, синхронизация может быть настроена таким образом, чтобы параметры/атрибуты объекта на стороне корпоративной системы обновляли свойства на сервере Concord Pro (доступна настройка по отдельным полям) без необходимости выпуска новых ревизий этого объекта компонента.

**ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ  
ВОЗМОЖНОСТИ**

*Контролируемый доступ.* Сервер управляемых данных обеспечивает безопасную обработку данных с высокой

степенью целостности, предоставляя доступ к данным как команде разработчиков, так и цепочке поставок. Доступ к данным может быть ограничен следующими ключевыми областями:

- управление пользователями;
- общий доступ к папкам;
- обмен на уровне объекта;
- разделение на уровне редакции.

Папки, элементы и редакции элементов на сервере управляемых данных могут совместно использоваться на нескольких различных уровнях, что фактически определяет уровни видимости объекта и безопасности доступа к нему.

*Централизация шаблонов документов и библиотеки функциональных узлов.* Сервер управляемых данных предоставляет гибкий и безопасный метод централизации хранения и управления всеми типами проектных данных, используемых в Altium Designer (см. рис. 6). Начиная от схематической модели и заканчивая компонентом и готовыми конструкциями печатных плат, сервер предлагает идеальный метод хранения и управления данными электронного проектирования.

Многие объекты проекта могут быть отредактированы и выпущены в первоначальную ревизию благодаря поддержке сервером прямого редактирования. Прямое редактирование освобождает от необходимости работы с исходными файлами. Можно просто отредактировать элемент, загруженный непосредственно с сервера, с помощью редактора. После того как редактирование завершено, элемент выпускается (или повторно выпускается) в следующую запланированную редакцию. У пользователя на жёстком диске нет файлов, нет вопросов о том, работает ли он с последними исходными данными, и нет необходимости поддерживать отдельное программное обеспечение для контроля версий. Сервер управляемых данных надёжно и безопасно решает все эти задачи.

*Графическое управление жизненным циклом.* Altium Concord Pro предоставляет возможность управления определениями жизненных циклов через веб-интерфейс, что дополняет соответствующую возможность в Altium Designer (см. рис. 7). Каждый жизненный цикл формируется графически, что позволяет увидеть и лучше понять все состояния и переходы между ними.

*Email-уведомления.* Altium Concord Pro может формировать и отправлять ключевым участникам проекта email-уведомления о различных событиях,

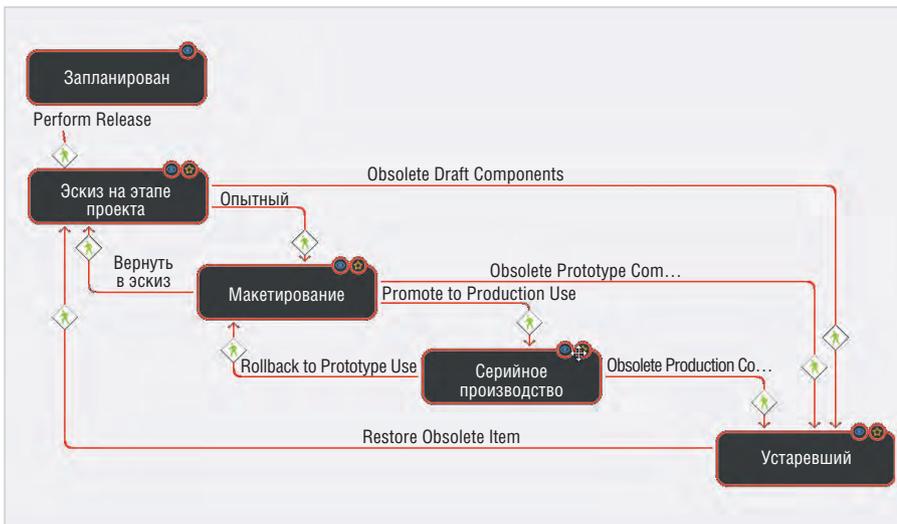


Рис. 7. Графическое управление жизненным циклом объектов контент-сервера

относящихся к объектам компонентов, управляемым проектам, запросам на утверждение и т.д. Эта функциональная возможность работает в дополнение к системе уведомлений о событиях, которые отображаются у пользователей на страницах Stream и Home веб-интерфейса Concord Pro.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Система Altium Concord Pro делает контроль применимости электронных компонентов в проектах максимально прозрачным и эффективным за счёт верификации и валидации состояния данных. Для синхронизации данных о приме-

няемых компонентах служат механизмы обмена данными с MCAD- и ERP/PLM-системами. Дополнительно к основной функции управления компонентами, приложение решает задачу управления проектами и шаблонами всех типов документов, с которыми работает Altium Designer. Развитые возможности совместного доступа к данным, а также прямое редактирование атрибутов элементов делают Altium Concord Pro мощным инструментом для коллективной работы над проектами. Подробно ознакомиться с функциональными возможностями продукта можно на сайте Altium [3].

### ЛИТЕРАТУРА

1. Документация Altium Concord Pro. [www.altium.com/ru/documentation/altium-designer/altium-concord-pro](http://www.altium.com/ru/documentation/altium-designer/altium-concord-pro).
2. Демидов П., Фень А. Altium Designer: автоматизированный выпуск проектных данных. Технологии в электронной промышленности. 2018. № 7.
3. [www.altium.com/documentation](http://www.altium.com/documentation). ©

## НОВОСТИ МИРА

### ABB и Ericsson прокладывают путь для цифровой трансформации промышленности

Потенциал сетей 5G, обеспечивающих передачу данных без задержки, мировые лидеры смогли оценить лично в рамках Всемирного экономического форума 2020. В Конгресс-центре Давоса (Швейцария) коллаборативный робот YuMi®, созданный ABB, написал сообщение в «песочнице», которое одновременно воспроизвёл второй робот YuMi® на расстоянии 1,5 км от этого места.

Синхронность этих действий была достигнута благодаря сети 5G компании Swisscom на базе телекоммуникационной технологии Ericsson. За роботами можно было наблюдать в реальном времени на видеозэкранах, установленных на обеих площадках. Фундаментальные технологии, необходимые для подключения промышленного оборудования к 5G-сетям, были созданы в результате многолетнего научно-технического сотрудничества ABB и Ericsson.

«ABB продолжит развивать цифровую трансформацию промышленности, инвестируя в разработку инновационных решений и продуктов. Благодаря партнёрству с Ericsson и Swisscom мы сумеем полностью раскрыть потенциал сетей связи 5-го поколения в про-

мышленном производстве», – сказал Питер Возер (Peter Voser), исполнительный директор и председатель Совета директоров ABB. Событие также прокомментировал Сами Атия (Sami Atiya), президент бизнес-подразделения «Робототехника и дискретная автоматизация» ABB: «Технологии беспроводной связи 5-го поколения упрощают подключение роботов к облачным платформам и автоматизированным системам управления производством. В результате можно быстрее передавать большие объёмы данных, получать ценную аналитику и оптимизировать на её основе процесс принятия решений. Такие улучшения способствуют повышению эффективности и надёжности всего технологического цикла. Замена традиционной проводной инфраструктуры мобильными 5G-сетями даст возможность значительно улучшить гибкость производства».

«Совместное использование технологий 5G предприятиями, правительствами и обществом имеет первостепенное значение для развития цифровой экономики. Создание и поддержка партнёрств в сфере технологий 5G станет ключом к реализации новых цифровых возможностей, способствующих развитию экономики как на глобальном, так и на национальном уровне, а также компаний любого размера», – заявил Борье Экхольм (Bořje Ekholm), президент и исполнительный директор Ericsson.

Урс Шэппи (Urs Schaeppi), исполнительный директор Swisscom, отметил: «В совместной демонстрации используется наша действующая в Давосе 5G-сеть. Мы показываем лишь малую часть огромных возможностей, которые открываются в промышленности и робототехнике с приходом сетей новейшего поколения. Время вступить в эру 5G».

Эта технология предоставит компаниям невероятную гибкость в управлении оборудованием на производственном предприятии. Благодаря сетям 5G станут возможны развёртывание и слаженная работа больших парков автономных машин и роботов.

Одно из главных преимуществ промышленной инфраструктуры на основе 5G заключается в том, что она позволяет отказаться от концепции «одно управляющее устройство – одна функция». Вместо этого управление множеством машин можно будет осуществлять из единого центра. В результате сократятся затраты на администрирование и техническое обслуживание операционных и информационных систем в мировом масштабе.

Передовые технологии 5G ускорят цифровизацию отраслей промышленности, благодаря чему производители во всём мире смогут повысить свою эффективность и качество выпускаемой продукции.

Пресс-релиз компании ABB

# Советский «Дон Кихот» и первопроходец в радиостроении

## К 125-летию со дня рождения академика А.Л. Минца

Владимир Бартнев (bartvg@rambler.ru)

**В этом году исполнилось 125 лет со дня рождения выдающегося советского учёного в области радиотехники и радиоэлектроники академика Александра Львовича Минца [1]. В статье рассказывается о непростом, но ярком и насыщенном трудовом пути этого великого специалиста, сделавшего так много для становления отечественного радиостроения.**

Высказывание Александра Львовича Минца: «Мне с детских лет был близок Дон Кихот...» стало названием замечательной книги об этом учёном [2]. И действительно, в жизни академику Минцу пришлось немало сил потратить на борьбу за свою честь и достоинство против враждебных обвинений и ложных доносов, побеждая всякий раз, как его прототип в образе благородного рыцаря, отстаивавшего высокие человеческие идеалы. Это был удивительно одарённый и талантливый человек, который столько сделал в области радиотехники, что об этом трудно рассказать в рамках журнальной статьи. Он соединил в себе лучшие качества теоретика и изобретателя и, самое главное, первопроходца, сумев на практике внедрить свои идеи в виде конкретных технических решений и основать множество новых научных направлений [3].

Александр Львович Минц родился 8 января 1895 года в Ростове-на-Дону. В 1913 году он окончил Ростовскую гимназию с золотой медалью. В 1915 году он поступил на физический факультет Московского университета. Однако на следующий год он переводится на второй курс Донского государственного университета, в котором успешно завершает обучение в 1918 году. И вот перед выпускником университета встаёт выбор дальнейшего пути. Здесь следует напомнить о том времени. Суровый 1918 год – первый год Советской власти. В России идёт гражданская война и иностранная интервенция стран Антанты, не признавших правительство большевиков. Положение Советской власти к концу лета 1918 года стано-



Александр Львович Минц (1895–1974)

вится критическим: под её контролем остаётся лишь 1/4 территории бывшей Российской империи. Советская Республика – в кольце фронтов. Ситуация осложняется ещё и тем, что закончилась Первая мировая война. Германия и её союзники потерпели поражение и капитулировали, что высвободило значительные военные силы стран Антанты. В этих условиях руководство этих стран решает разгромить Советскую Россию силами собственных армий. В ноябре-декабре 1918 года англо-французские военные корабли высаживают десанты в Новороссийске, Севастополе, Одессе, Николаеве и Херсоне, а английские войска занимают Баку. Общая численность войск интервентов в России к концу 1918 года превышает 300 тыс. человек. Родители А.Л. Минца покидают страну, а их сын остаётся в Ростове-на-Дону.

Я неслучайно описываю обстановку в России в 1918 году так подробно. Это сделано для того, чтобы понять и оценить поступок 23-летнего Александра Минца, который в той критической ситуации делает свой выбор, определивший во многом всю его дальнейшую судьбу. Он вступает добровольцем в Первую конную армию С.М. Будённого и сразу же назначается командиром радиодивизиона. С армией Будённого А.Л. Минц прошёл весь её боевой путь и в 1921 году, после окончания гражданской войны, был командирован в Москву. С этого времени вся его жизнь наполняется важными открытиями и изобретениями. Так, его первым радиотехническим проектом стало создание в 1922 году первой отечественной ламповой военной радиостанции – АЛМ (см. рис. 1). Принято расшифровывать её как «Армейская Ламповая Минца», впрочем, считается, что автор в названии станции зашифровал полные свои инициалы – радиостанция Александра Львовича Минца.

В это время Минц возглавляет радиолaborаторию Высшей военной школы связи в Москве. Но уже в 1923 году он назначается начальником Научно-испытательного института связи НИИС РККА. Однако, даже занимая столь высокую должность, Александр Львович уделяет внимание развитию радиоловительского движения в молодой Советской республике. В первом номере журнала «Радиоловитель» за 1924 год появляется его статья (см. рис. 2) под псевдонимом А. Модулятор [4].

Главной задачей, поставленной партией и правительством перед А.Л. Минцем, являлось развёртывание в стране мощного радиостроения. Поэтому следующим грандиозным проектом А.Л. Минца и его товарищей стала реконструкция центральной радиостанции РСФСР того времени – Московской радиостанции в Сокольниках им. А.С. Попова. Это была радиостанция НИИС РККА, которая с 12 октября 1924 года начала система-

тическое радиовещание по заранее объявленной в газетах программе. Передатчик этой радиовещательной станции всё время изменялся и совершенствовался, подвергаясь коренному переустройству и постепенно наращивая мощность. В октябре 1924 года мощность радиостанции была доведена до 1,2 кВт. В мае 1925 года, в ознаменование тридцатилетия со дня изобретения радио, Сокольнической радиостанции было присвоено имя Александра Степановича Попова. В 1926 году на радиостанции был установлен новый передатчик мощностью 20 кВт. Работы А.Л. Минца в НИИС РККА положили начало инженерному подходу к проектированию и сооружению радиовещательных станций.

В начале 1928 года небольшая группа возглавляемых им специалистов получила самостоятельный статус, была переведена в Ленинград, где в Государственном Тресте заводов слабого тока стала называться Бюро мощного радиостроения. Затем Бюро превращается в Комбинат мощного радиостроения имени Коминтерна, в состав которого входили несколько научных лабораторий, заводов, проектных и монтажных организаций. Главным результатом работы Комбината мощного радиостроения стало проектирование и создание самой мощной в Европе радиовещательной станции ВЦСПС. В журнале «Радиолобитель» №12 за 1929 год появилась заметка: «Торжественное открытие радиостанции ВЦСПС состоялось 28 ноября в профсоюзном зале Дворца Труда. Станция ВЦСПС является самой мощной в Европе. Построена она советскими инженерами целиком на советских заводах. Станция была построена в рекордный срок – 18 месяцев. Мощность станции – 100 киловатт».

Вот что вспоминает по этому поводу сам А.Л. Минц, который непосредственно участвовал в создании первых советских мощных радиостанций: «На долю нашего коллектива выпало большое счастье: нам поручили строительство самой крупной в мире радиовещательной станции ВЦСПС. Вначале предполагалось, что эту станцию будет строить германская фирма «Телефункен». Это было в самом конце 1927 года. Фирма «Телефункен» провела предварительные переговоры и дала согласие на строительство радиостанции, однако мощностью не свыше пятидесяти



Рис. 1. Первая советская военная ламповая радиостанция АЛМ, разработанная А.Л. Минцем

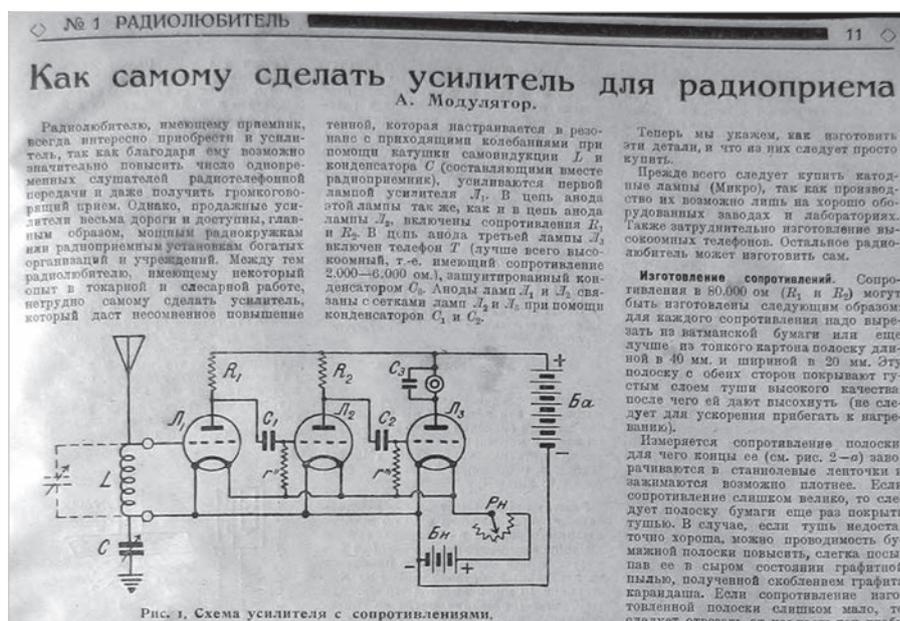


Рис. 2. Фрагмент титульного листа статьи А.Л. Минца в радиолобительском журнале

киловатт. За её строительство немцы хотели получить несколько миллионов золотых марок, и срок сооружения назначали не менее двух с половиной – трёх лет. Этому решительно воспротивился Серго Орджоникидзе, который утверждал, что в Советском Союзе найдутся свои люди, способные построить не худшую радиостанцию. Как раз в то время по решению Центрального Комитета партии всю группу, работавшую раньше на Сокольнической радиостанции, должны были перевести из Москвы в Ленинград с тем, чтобы создать первую в стране специализированную организацию по радиостроению – Бюро мощного радиостроения Треста заводов слабого тока. Предложение Орджоникидзе очень горячо поддержал С.М. Киров, который тоже сказал,

что не может быть, чтобы в Ленинграде не могли сделать того, что немцы сделают в Берлине. Это были справедливые слова. Благодаря поддержке Орджоникидзе и Кирова строительство радиостанции и было поручено нам. Кто же участвовал в этой работе? В первую очередь мне хотелось бы назвать своего заместителя Порфирия Порфирьевича Иванова, инженеров Виталия Дмитриевича Селивохина, Михаила Ивановича Шавыкина, Николая Ивановича Оганова, Михаила Ивановича Басалаева и Александра Владимировича Перфановича. Эта группа выехала в Ленинград и 2 февраля 1928 года приступила к делу. Работали мы не только много, но и совершенно по-иному, чем это было принято в Тресте заводов слабого тока. Мы считали, что при боль-



**Рис. 3. А.Л. Минц на самой мощной в мире радиостанции им. Коминтерна (1933 г.)**

шом количестве сотрудников потребуются много времени на различные обсуждения и согласования, а семь человек вполне смогут справиться с разработкой технического проекта и сделают это быстрее. Очень скоро мы это доказали на деле. За два с половиной месяца была проделана работа, на которую обычно уходило полтора – два года. Вскоре наше бюро преобразовали в Отраслевую радиолaborаторию передающих устройств, которая примерно до 1935 года осуществляла проектирование, конструирование, разработку и строительство всех мощных радиостанций Советского Союза. После завершения проекта радиостанции все разработчики вместо того, чтобы перепоручать работу по её монтажу и строительству специалистам-монтажникам, выехали на строительство в качестве прорабов. За день до отъезда в Москву у нас был прощальный ужин. Каждому из отъезжающих я подарил по небольшому зеркальцу, на обороте которого была надпись: «Если в трудную минуту ты спросишь, какой дурак спроектировал то, что мне приходится делать, переверни зеркальце и посмотри в него». Радиостанцию ВЦСПС мы построили мощностью не в 50 киловатт, как предлагала германская фирма, а в 100, и вместо двух с половиной – трёх лет закончили её через семнадцать с половиной месяцев. Построена она была по оригинальной схеме, разработанной нами же. Впервые в ней применялась так называемая кварцевая стабилизация частоты. Эта станция позволила получить настолько высокое качество звучания и воспроизведения, что вызвала восторг не только слу-

шателей Советского Союза, но и всей Европы, которые откликнулись на её передачи многочисленными письмами. Это было начало новой эпохи в радиостроительстве. Советский Союз быстро занял первое место в мире как по суммарной мощности всех радиостанций, так и по мощности крупнейшей из них» [2].

В 1931 году под руководством А.Л. Минца начались разработка и проектирование крупнейшей и первой в мире мощной 500-киловаттной радиовещательной станции имени Коминтерна, запущенной в эксплуатацию в 1933 году (см. рис. 3). При этом только через год, в 1934 году, американцы построили свою первую радиостанцию в 500 кВт в Цинциннати [3].

Ещё более сложная задача была поставлена перед А.Л. Минцем в начале Великой Отечественной войны. По личному распоряжению И.В. Сталина было принято решение о сооружении сверхмощной радиовещательной станции, работающей на средних волнах, в г. Куйбышеве (ныне Самара). Это был последний и самый крупный проект Минца в области радиостроения. В невероятно тяжёлых условиях проходило строительство этой радиостанции, которой было присвоено имя А.С. Попова. В рекордные сроки радиостанция мощностью 1200 кВт была введена в строй. Шла война, и данная радиостанция, обеспечивающая радиопокрытие огромной территории, в том числе и оккупированной врагом, регулярно передавала сводки Совинформбюро, которые были так нужны людям на фронте и в тылу.

К сожалению, судьба мощных радиостанций, построенных под руководством А.Л. Минца, довольно печальна. Радиостанция им. Коминтерна в дальнейшем вошла в состав радиоцентра № 9 (г. Электросталь). В 2003 году радиоцентр отметил 70-летие, через год его работа была прекращена, и в 2007 году радиоцентр был разрушен. Примерно такая же судьба постигла и сверхмощную радиостанцию им. А.С. Попова, известную как объект №15 [5]. Последний раз радиостанция вышла в эфир 9 мая 2005 года. В июле 2010 года произошло событие, которое поставило точку в её истории. В условиях отсутствия материальных средств на дальнейшее содержание радиостанции, её башни, за много лет ставшие исторической достопримечательно-

стью, были уничтожены с помощью направленных взрывов.

Послевоенный период жизни Александра Львовича Минца был связан со строительством крупных ускорителей и радиоэлектронных систем для них. С 1946 года, будучи в звании инженера-полковника, он возглавил Лабораторию № 11 ФИАН, созданную для решения научных и инженерных проблем в рамках советского «атомного проекта» в Дубне. Александр Львович был научным руководителем разработки радиоэлектроники для больших кольцевых и линейных ускорителей, среди которых: синхрофазотрон на 10 ГэВ в ОИЯИ (г. Дубна), протонный синхротрон на 7 ГэВ в ИТЭФ (Москва) и протонный синхротрон на 70 ГэВ в ИФВЭ (Протвино). В процессе создания различных установок для фундаментальных исследований в физике атомного ядра и физике высоких энергий Минцем было предложено много оригинальных решений, внесён существенный вклад в науку и технику ускорителей. Вторым направлением послевоенной деятельности учёного стало создание новых систем противоракетной обороны. Возглавляемый А.Л. Минцем институт занимался этой тематикой с 1953 года.

Жизнь выдающегося учёного, Героя Социалистического Труда, академика Александра Львовича Минца была очень непростой и характеризуется как грандиозными достижениями и заслугами, так и большими трудностями и серьёзными испытаниями. Наряду с всемирно признанными открытиями, строительством крупнейших радиостанций и ускорителей, в его жизни были и аресты, хотя всякий раз за ними следовала полная реабилитация Александра Львовича. Первый раз, в 1931 году, Александр Львович был арестован по ложному подозрению в контрреволюционной деятельности, но ОГПУ было вынуждено его освободить. А.Л. Минц был награждён орденом Трудового Красного Знамени, в 1934 году он стал профессором. Второй арест произошёл в 1938 году. И опять после надуманного обвинения в подрыве боеспособности Красной Армии. Только 10 июля 1941 года, когда началась Великая Отечественная война, Александр Львович был освобождён.

Заслуги учёного были отмечены многими высокими наградами, в том числе четырьмя орденами Лени-

на. Ему было присвоено звание Героя Социалистического Труда и присуждены Ленинская и Государственные премии. В 1950 году «за совокупность выдающихся работ в области радиостроения и других областях радиотехники» А.Л. Минцу была вручена золотая медаль имени А.С. Попова. Минц стал третьим её обладателем после В.П. Вологодина и Б.А. Введенского. В 1976 году были опубликованы его «Избранные труды. Радиотехника и мощное радиостроительство» [6]. С 1957 по 1970 год А. Л. Минц возглавляет Радиотехнический институт АН СССР, который теперь носит его имя [7]. АО «Радиотехнический институт имени академика А.Л. Минца» (РТИ) – это научно-исследовательский институт, ведущий

исследования в области радиолокации и разработку наземных радиолокационных систем для ракетно-космической обороны.

Скончался Александр Львович Минц 29 декабря 1974 года, не дожив несколько дней до своего 80-летия. Похоронен в Москве на Новодевичьем кладбище.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Барте́нев В.Г.* Россия – родина Радио. Исторические очерки. – М.: Горячая линия телеком, 2014.
2. *Тимошенко Д.А.* «Мне с детских лет был близок Дон Кихот». М.: АО «Радиотехнический институт имени А.Л. Минца», 2015.
3. *Барте́нев В.Г.* «7 мая – День радио. Главный радиостроитель в СССР

А.Л. Минц» Современная электроника. 2015. №4.

4. *Модулятор А.* Как самому сделать усилитель для радиоприёма. Радиолобитель. 1924. № 1. <http://archive.radio.ru/web/1924/01/>.
5. Объект № 15: сверхмощный радиовещательный центр в г. Куйбышеве. 1942 год. Выписка из приказа по Всесоюзному комитету по радиофикации и радиовещанию при СНК СССР о командировке в г. Куйбышев группы работников ВРК. Август 1941 г. <http://www.retrofonoteka.ru/zapstolica/rvs/index.htm>.
6. *Минц А.Л.* Избранные труды. Радиотехника и мощное радиостроительство. М.: Наука, 1976. Т. 1, 2.
7. Радиотехнический институт им. А.Л. Минца: [www.rti-mints.ru](http://www.rti-mints.ru). 

## НОВОСТИ МИРА

### УТВЕРЖДЕНА СТРАТЕГИЯ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ РФ НА ПЕРИОД ДО 2030 ГОДА

Распоряжением от 17 января 2020 года № 20-р утверждена Стратегия развития электронной промышленности Российской Федерации на период до 2030 года.

Документ подготовлен Минпромторгом в соответствии с поручением Президента России по результатам проверки исполнения законодательства и решений Президента, направленных на развитие электронной промышленности и электронной компонентной базы, от 21 июня 2019 года.

Подписанным распоряжением утверждены Стратегия развития электронной промышленности Российской Федерации на период до 2030 года (далее – Стратегия) и план её реализации.

Стратегия определяет основные направления государственной политики в сфере развития электронной промышленности. Цель Стратегии – создание конкурентоспособной отрасли на основе развития научно-технического и кадрового потенциала, оптимизации и технического перевооружения производственных мощностей, создания и освоения новых промышленных технологий, а также совершенствования нормативно-правовой базы для удовлетворения потребностей в современной электронной продукции.

Установлены целевые показатели развития отрасли к 2030 году. Предусматривается, что доля гражданской электронной продукции в общем объёме производства промышленной продукции (по выручке) будет составлять не менее 87,9%, доля электрон-

ной продукции российского производства в общем объёме внутреннего рынка электроники (по выручке) – 59,1%, объём экспорта электронной продукции – \$12020 млн.

Стратегией предусматривается комплексное решение задач по девяти ключевым направлениям: «Научно-техническое развитие», «Средства производства», «Отраслевые стандарты», «Кадры», «Управление», «Кооперация», «Отраслевая информационная среда», «Рынки и продукция» и «Экономическая эффективность».

Стратегию планируется реализовывать в три этапа:

- 1) 2020–2021 годы – увеличение доли российской электроники на внутреннем рынке в основном за счёт традиционных рынков и национальных проектов, а также подготовка активного продвижения на международные рынки;
- 2) 2022–2025 годы – продвижение российской электроники на существующие рынки и выход на новые международные рынки, включая комплексные предложения и партнёрства с иностранными партнёрами, а также масштабирование инвестиционных проектов;
- 3) 2026–2030 годы – устойчивый рост отрасли, обеспечение её лидирующих позиций на перспективных рынках и глобального технологического лидерства.

[government.ru](http://government.ru)

### САЛОН ИННОВАЦИЙ В ОБЛАСТИ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ, ТЕХНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ И МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

С 3 по 5 марта 2020 года в рамках VII Международного промышленного форума «Тер-

ритория NDT. Неразрушающий контроль. Испытания. Диагностика» Российским обществом по неразрушающему контролю и технической диагностике (РОНКТД) будет впервые организован «Салон Инноваций в области неразрушающего контроля (НК), технической диагностики (ТД) и мониторинга состояния (МС) промышленных объектов».

Салон проводится с целью выявления лучших разработок, проектов и изделий, направленных на совершенствование технологий НК, ТД и МС в различных отраслях промышленности.

Председателем жюри Салона является академик РАН Н.П. Алёшин. В состав жюри войдут представители следующих ведомств, компаний и учреждений: Минобрнауки, Минпромторг, Ростехнадзор, Росприроднадзор, Госкорпорация «Росатом», ПАО «Газпром», ПАО «Транснефть», АО «Объединённая судостроительная корпорация», ФГУП «ВИАМ» ГНЦ РФ, ОАО «РЖД».

Лучшие 20 разработок получают возможность быть представленными в рамках выставочной экспозиции форума «Территория NDT». Информация о наиболее перспективных изобретениях/инновационных проектах лауреатов будет направлена в соответствующие департаменты и ведомства. Победитель Салона получит возможность презентовать разработку на стенде РОНКТД, организованном в рамках World Conference on Non-Destructive Testing WCNDT 2020 (Сеул, Республика Корея).

[expo.ronktd.ru](http://expo.ronktd.ru)

# Системы менеджмента качества и расширение возможностей организаций на их основе

Дмитрий Гаманюк (г. Саратов)

В статье рассматриваются вопросы внедрения и сертификации системы менеджмента качества (СМК) на предприятиях, занимающихся, в частности, разработкой и производством радиоэлектронной продукции специального, военного и космического назначения. Особое внимание уделяется решению проблем, связанных с использованием аутсорсинга в рамках действующего законодательства.



Абсолютное большинство организаций радиоэлектронной, радиоприборной, агрегатной промышленности имеет внедрённую и действующую систему менеджмента качества. Почти все эти организации сертифицировали свою СМК на соответствие в том числе ГОСТ Р ИСО 9001-2015 «Системы менеджмента качества. Требования», ставшего обязательным на территории Российской Федерации в 2018 году. Сертификация осуществляется в добровольном порядке в различных системах добровольной сертификации, имеющих лицензию на соответствующий вид деятельности.

Несмотря на то что СМК – дело добровольное, при заключении договоров на поставку продукции потребитель, как правило, требует наличия действующей сертифицированной СМК и копию сертификата соответствия СМК. Рассмотрим, какие нормативно-правовые документы регулируют данный вопрос.

Федеральным законом от 04.05.2011 № 99-ФЗ «О лицензировании отдельных видов деятельности» [1] установлен перечень видов деятельности, на которые в РФ требуется получение лицензий. Значительное количество организаций радиоэлектронной, радиоприборной, агрегатной промышленности осуществляют деятельность в области разработки, производства вооружения, военной и специальной техники (ВВСТ), а также в космической отрасли. В данном законе сказано, что на осуществление деятельности в указанных областях требуется получение лицензии.

Согласно закону, лицензионные требования устанавливаются положениями о лицензировании конкретных видов деятельности, утверждаемыми Правительством Российской Федерации. Постановлением Правительства РФ от 22 февраля 2012 г. № 160 [2] утверждено Положение о лицензировании кос-

мической деятельности. В соответствии с данным Положением, одним из условий, необходимых для осуществления космической деятельности, является наличие и функционирование системы производственного контроля. В положении [2] не даётся определения «системы производственного контроля», а соискателям лицензии предлагается представить в лицензирующий орган копии документов, подтверждающих наличие необходимой для осуществления лицензируемой деятельности системы производственного контроля. В этом случае руководители организаций и служб контроля качества, как правило, представляют копии утверждённого штатного расписания с подразделениями технического контроля (ОТК) и сертификата соответствия СМК требованиям ГОСТ Р ИСО 9001-2015. Такое решение вполне оправдано, так как система производственного контроля является важнейшей частью СМК организации.

Постановлением Правительства РФ от 13 июня 2012 г. № 581 утверждено Положение о лицензировании деятельности, связанной с ВВСТ [3]. В соответствии с ним, условиями, необходимыми для осуществления данной деятельности, являются наличие структурных подразделений, обеспечивающих контроль качества выполнения работ, наличие у соискателя военного представительства Министерства обороны РФ (или наличие соответствующих договорных отношений), а также наличие СМК, созданной и функционирующей согласно требованиям стандартов ИСО 9000 и государственных военных стандартов.

По мнению автора, фраза о наличии у соискателя военного представительства Минобороны России (ВП МО РФ) не совсем корректна. У гражданской организации не может быть ВП МО РФ. ВП МО РФ является формированием Министер-

ства обороны РФ. ВП МО РФ может быть закреплено за какой-либо организацией для контроля качества и приёмки продукции, но никак не входит в её состав.

Таким образом, в документе [3] требования ещё более конкретные и однозначно предполагают наличие и функционирование СМК. Основным государственным военным стандартом по СМК в настоящее время является всё ещё действующий ГОСТ РВ 0015-002-2012 [4]. Акцент на фразе «всё ещё действующий» в данном случае связан с тем, что по структуре, по расширению (видоизменению) ряда требований этот стандарт не соответствует ГОСТ Р ИСО 9001-2015. В настоящее время проходит апробацию, готовится к введению в действие новая редакция ГОСТ РВ 0015-002. В поручении заместителя Председателя Правительства Российской Федерации Д.О. Рогозина от 15 января 2018 г. № РД-П7-98 был оговорен срок введения в действие новой редакции ГОСТ РВ 0015-002 – второй квартал 2019 года, но он пока не выполняется. Таким образом, наличие, функционирование, соответствие СМК требованиям практически является обязательным условием для осуществления в Российской Федерации деятельности, связанной с космосом и вооружением. Однако в рассмотренных нормативных документах нет требований обязательной сертификации СМК. Дело в том, что сертифицировать СМК и иметь сертификат соответствия СМК по ныне действующим нормативно-правовым актам необязательно, а требования предъявить его копию не имеют под собой оснований. Тем не менее такие требования звучат при заключении договоров или исходят непосредственно от ВП МО РФ.

В соответствии со статьей 5 Федерального закона от 27.12.2002 № 184-ФЗ «О техническом регулировании», Прави-

тельство РФ должно установить особенности оценки оборонной продукции. Это было реализовано в постановлении Правительства РФ от 11 октября 2012 г. № 1036 [5] путём утверждения «Положения об особенностях оценки соответствия оборонной продукции (работ, услуг), поставляемой по государственному оборонному заказу, процессов проектирования (включая изыскания), производства, строительства, монтажа, наладки, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации, утилизации и захоронения указанной продукции».

В соответствии с данным положением, сертификация СМК организаций, осуществляющих деятельность по разработке, производству, испытанию ВВСТ, а также организаций, осуществляющих разработку, производство, испытания, поставку в качестве головного исполнителя поставок изделий электронной компонентной базы, реализуется в рамках систем добровольной сертификации. В отдельных случаях, установленных нормативными правовыми актами Российской Федерации, она реализуется в рамках систем обязательной сертификации. Какими нормативными правовыми актами, и для каких случаев – в документе не указано.

Необязательность сертификации СМК узаконена в постановлении [3], где сказано, что сведения о наличии СМК и её соответствии установленным требованиям представляются в форме заявления руководителя организации на основе результатов внутреннего или внешнего аудита. Под аудитом подразумеваются внутренние и внешние проверки функционирования СМК, необходимые для соответствия требованиям ГОСТ Р ИСО 9001 и ГОСТ РВ 0015-002.

Поручением заместителя Председателя Правительства Российской Федерации Д.О. Рогозина от 15 января 2018 г. № РД-П7-98 было также установлено, что документом, свидетельствующим о наличии созданной и функционирующей СМК, является заявление руководителя организации, принятое на основе аудита. В связи с этим требования об обязательной сертификации СМК не всегда правомерны и должны быть обоснованы.

Однако с мая 2020 года изменяются требования постановления [5]. Теперь сертификации будут подлежать СМК организаций, осуществляющих разработку, производство, испытания ВВСТ, разработку, производство, испытания электронной компонентной базы, поставку комплектующих изделий, сырья и материалов, являющихся предметом поста-

вок в рамках сопровождаемых сделок по государственному оборонному заказу. Получается, что организаций, занимающихся космической деятельностью эти изменения не коснутся. Аккредитация органов по сертификации СМК будет осуществляться по правилам, утверждённым Правительством РФ постановлением от 30 апреля 2019 г. № 546. В любом случае, вряд ли что-то изменится принципиально, т.к. подавляющее большинство организаций сертифицировало и будет сертифицировать свою СМК.

Какую же конкретно деятельность может осуществлять организация, имеющая лицензию, и какую конкретно продукцию она может поставлять?

В постановлении [2] определён перечень выполняемых работ и оказываемых услуг при осуществлении космической деятельности. Однако там, естественно, не указана конкретная продукция.

Сертификат соответствия СМК требованиям ГОСТ Р ИСО 9001-2015 и ГОСТ РВ 0015-002-2012 как раз и устанавливает в том числе виды продукции в соответствии с Единым кодификатором предметов снабжения для федеральных государственных нужд [6] (ЕКПС), в отношении которых организация имеет право вести соответствующие виды деятельности. Область распространения и перечень продукции в сертификате должны быть установлены в соответствии с Правилами функционирования систем добровольной сертификации, зарегистрированными в Едином реестре зарегистрированных систем добровольной сертификации, порядок ведения которого определён приказом Минпромторга России от 10.10.2012 № 1440.

В постановлении [3] установлено, что сам соискатель лицензии на деятельность в области ВВСТ представляет в лицензирующий орган номенклатуру вооружения и военной техники, в отношении которых будут выполняться заявленные работы (услуги) в соответствии с ЕКПС. Исходя из этой номенклатуры и других документов, принимается решение о выдаче лицензии. Таким образом, организациям, имеющим лицензию только на космическую деятельность, желательно получить сертификат соответствия СМК, чтобы конкретизировать виды продукции по ЕКПС, разрешённые к поставке, и иметь возможность поставлять продукцию по кодам ЕКПС на основании действующего сертификата.

Как же эффективно использовать сертифицированную СМК для расширения возможностей организации?

В условиях рынка организации оптимизируют свою инфраструктуру и производственную среду таким образом, чтобы минимизировать материальные затраты. На многих, даже крупных и серьёзных, в прошлом советских предприятиях часто закрыты и не используются линии для выполнения некоторых специфических технологических операций: гальваники,ковки и т.п. Многие современные игроки этого рынка не имеют определённого испытательного оборудования, например камер влажности, камер песка и пыли, камер комплексных воздействий и т.д. Нередко бывают ситуации, когда отсутствие того или иного оборудования не позволяет организовать полную технологическую цепочку изготовления и контроля. Как же быть? СМК, соответствующая требованиям ГОСТ Р ИСО 9001-2015 и ГОСТ РВ 0015-002-2012, позволяет совершенно легально и без ущерба для качества выйти из такой ситуации за счёт передачи сторонней организации выполнения какого-либо процесса. Такое действие в мировой практике называется аутсорсингом (англ. outsourcing, outer source using – использование внешнего источника или ресурса).

Вот что на этот счёт сказано в действующей редакции ГОСТ РВ 0015-002-2012 [4]: «Если организация решает передать сторонней организации выполнение какого-либо процесса, влияющего на соответствие продукции требованиям, она должна обеспечить со своей стороны управление таким процессом. Вид и степень управления процессами, переданными сторонним организациям, должны быть определены в СМК. Организация устанавливает методы управления процессами, переданными сторонним организациям, не ограничиваясь рамками приёмки-сдачи работ...». То есть передача какого-либо процесса сторонней организации вполне допустима, но для этого требуется организовать управление и установить в СМК порядок его организации. Под процессом в данном случае подразумевается совокупность взаимосвязанных и/или взаимодействующих видов деятельности, использующих входы для получения намеченного результата. Таким образом, процессом может быть любая деятельность организации, направленная на достижение своей цели (миссии) и задокументированная в СМК.

Однако, как было сказано выше, в настоящее время ускоренными темпами готовится к введению в действие новая редакция ГОСТ РВ 0015-002-2012 [4].

Каких изменений можно ожидать в вопросах применения аутсорсинга? В проекте новой редакции ГОСТ РВ 0015-002 дополнительно к требованиям действующей редакции добавилось два нюанса, касающихся передачи процессов сторонним организациям:

1. внешние поставщики должны быть утверждены заказчиком;
2. у внешних поставщиков должна быть действующая СМК, соответствующая требованиям ГОСТ РВ 0015-002.

Других новых принципиальных требований в проекте нет.

Резюмируя вышесказанное, можно заключить следующее.

1. Проанализированные действующие и разрабатываемые редакции нормативно-правовых актов свидетельствуют о том, что организациям, занимающимся деятельностью в области космической техники и ВВСТ, необходимо иметь СМК, соответствующую требованиям ГОСТ Р ИСО 9001-2015 и ГОСТ РВ 0015-002-2012.
2. В настоящее время действующие редакции не содержат обязательных требований по сертификации СМК для организаций, осуществля-

ющих деятельность в области ВВСТ и космической техники. Однако, во-первых, наличие сертификата соответствия позволяет конкретизировать номенклатуру поставляемой продукции (для космической деятельности), во-вторых, для деятельности в области ВВСТ сертификация СМК станет обязательной с мая 2020 года, и в-третьих, со стороны заказчиков и ВП МО РФ наличие сертификата, безусловно, вызовет больше доверия к организации, чем его отсутствие.

3. Одним из подходов для повышения эффективности СМК является использование аутсорсинга – передачи части технологических, организационных, других процессов сторонним организациям для максимального использования потенциала организации, расширения перечня заказчиков, создания и поддержания положительной деловой репутации и в конечном итоге – увеличения прибыли.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Федеральный закон от 04.05.2011 № 99-ФЗ «О лицензировании отдельных видов деятельности».

2. Постановление Правительства РФ от 22.02.2012 № 160 «О лицензировании космической деятельности».
3. Постановление Правительства РФ от 13 июня 2012 г. № 581 «О лицензировании разработки, производства, испытания, установки, монтажа, технического обслуживания, ремонта, утилизации и реализации вооружения и военной техники».
4. ГОСТ РВ 0015-002-2012 «Система разработки и постановки на производство военной техники. Системы менеджмента качества. Общие требования».
5. Постановление Правительства РФ от 11 октября 2012 г. № 1036 «Об особенностях оценки соответствия оборонной продукции (работ, услуг), поставляемой по государственному оборонному заказу, процессов проектирования (включая изыскания), производства, строительства, монтажа, наладки, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации, утилизации и захоронения указанной продукции».
6. ЕК 001-2014. Единый кодификатор предметов снабжения для федеральных государственных нужд (введён в действие приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 25 ноября 2014 г. № 7-ек). ©

## НОВОСТИ МИРА

### ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ В РОССИИ: ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ В КЛЮЧЕВЫХ ОТРАСЛЯХ

Эксперты компании Schneider Electric, мирового лидера в разработке цифровых решений в области управления электроэнергией и автоматизации, рассказали об уровне цифровизации в основных сегментах экономики в исследовании, проведённом Schneider Electric совместно с ЦСП «Платформа».

В рамках исследования опрошенные специалисты Schneider Electric выделили основные факторы (как положительные, так и отрицательные), оказывающие влияние на развитие Интернета вещей в различных отраслях экономики. Эксперты также рассказали о ключевых решениях Schneider Electric, которые применяются в каждом конкретном сегменте.

Сегодня рынок промышленного Интернета вещей активно развивается, аналитики PwC прогнозируют, что в 2020 году к сети будет подключено уже 50 млрд устройств. Россия также следует общему тренду на цифровизацию. Новые технологии, такие как промышленный Интер-

нет вещей и Big Data, играют для различных сегментов экономики ключевую роль, и всё больше отечественных предприятий осознают необходимость их внедрения. Однако глобально рынок цифровых технологий в России только формируется, и эксперты отмечают не критичное отставание от мировых лидеров по внедрению решений на базе промышленного интернета на 5...10 лет.



Основные причины отставания кроются в жёстком регулировании, длительном времени принятия нормативов, недостатке отечественных IIoT-решений и консервативном подходе отечественных игроков к ведению бизнеса. Несмотря на общее от-

ставание, эксперты считают, что некоторые российские отрасли экономики не уступают странам-лидерам по развитию цифровых технологий. К таким отраслям относятся, например, финансово-банковская сфера, телекоммуникации, информационные технологии.

Внедрение новых технологий не происходит равномерно: какие-то отрасли более подвержены, а какие-то – например, электроэнергетика – непросты для цифровизации. Необходимость цифровой трансформации уже не вызывает серьёзных дискуссий. При этом драйверами выступают преимущественно крупные предприятия, которые меньше подвержены сдерживающим факторам, таким как нехватка финансов, неспособность привлечь квалифицированный персонал и обеспечить компетентный менеджмент. Тем не менее внедрение решений пусть и не очень быстро, но происходит. Уже сейчас можно сделать вывод о том, что будущее для всех сегментов бизнеса – за цифровизацией, Интернетом вещей и внедрением новых технологий.

*Пресс-служба Schneider Electric в  
России и СНГ*

18-я МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА ЭЛЕКТРОНИКИ

# ChipEXPO-2020

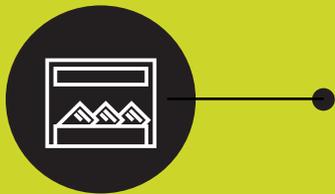
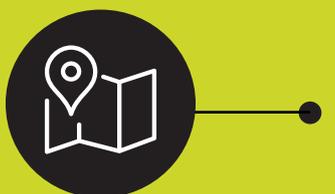
КОМПОНЕНТЫ | ОБОРУДОВАНИЕ | ТЕХНОЛОГИИ

ВЫСТАВКА ПРОЙДЕТ

15-17.09

В ТЕХНОПАРКЕ ИННОВАЦИОННОГО ЦЕНТРА

СКОЛКОВО



## ТЕМАТИЧЕСКИЕ ЭКСПОЗИЦИИ:

- Экспозиция Департамента радиоэлектронной промышленности Минпромторга России, включая:
  - экспозицию предприятий, являющихся изготовителями изделий, включенных в единый реестр российской радиоэлектронной продукции (Постановление Правительства РФ №878),
  - экспозицию разработок, созданных в рамках государственной программы «Развитие электронной и радиоэлектронной промышленности на 2013–2025 годы» (Постановление Правительства РФ №109),
  - экспозицию разработок, обеспечивающих выполнение приоритетных национальных проектов.
- Дивизионы кластера «Радиоэлектроника» ГК «Ростех»
- Квалифицированные поставщики ЭКБ
- Участники конкурса «Золотой Чип»
- Стартапы в электронике
- Консорциумы и дизайн-центры по электронике
- Корпорация развития Зеленограда

## ОФИЦИАЛЬНАЯ ПОДДЕРЖКА:



МИНПРОМТОРГ  
РОССИИ



РОСЭЛ



## ОРГАНИЗАТОРЫ:

ЗАО «ЧипЭКСПО» Москва, 121351, ул. Ярцевская, д.4. Тел.: +7 [495] 221-50-15  
E-mail: info@chipexpo.ru <http://www.chipexpo.ru>

Реклама

РОССИЙСКАЯ НЕДЕЛЯ  
ВЫСОКИХ ТЕХНОЛОГИЙ



Минкомсвязь  
России



Федеральное агентство связи  
(РОССВЯЗЬ)

МИНПРОМТОРГ  
РОССИИ



ТПП РФ



Expo Rating

# СВЯЗЬ

Информационные и коммуникационные  
технологии

21 – 24 апреля 2020

32-я международная  
выставка

Организатор:

 **ЭКСПОЦЕНТР**

При поддержке:

- Министерства цифрового развития, связи и массовых коммуникаций РФ
- Министерства промышленности и торговли РФ
- Федерального агентства связи (РОССВЯЗЬ)

Под патронатом ТПП РФ

Россия, Москва, ЦВК «ЭКСПОЦЕНТР»

[www.sviaz-expo.ru](http://www.sviaz-expo.ru)

12+

Реклама



# POWER ELECTRONICS



17-я Международная выставка  
компонентов и модулей  
силовой электроники

**27–29 октября 2020**  
Москва, Крокус Экспо

## Силовая Электроника

Единственная в России  
специализированная  
выставка компонентов  
и модулей силовой электроники  
для различных отраслей  
промышленности

Организатор — компания MVK  
Офис в Санкт-Петербурге

**MVK** Международная  
Выставочная  
Компания

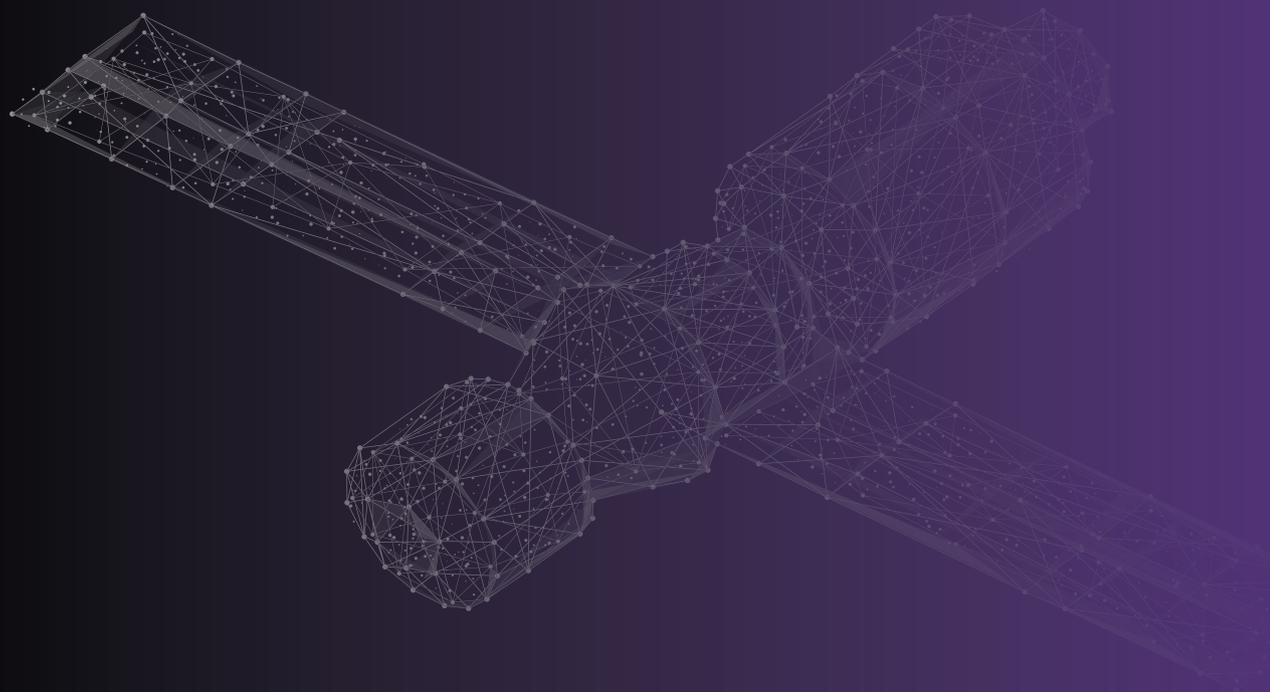
+7 (812) 380 6000  
power@mvk.ru

Запросите  
условия участия:

**powerelectronics.ru**

12+  
Реклама

# Поверьте и настройте Ваши СИ в ЦСМ Keysight



Ваши технические системы, критически важные для решения ответственных задач, должны обеспечивать безотказную работу в любых условиях. Именно поэтому Центр Сервиса и Метрологии Keysight получил аккредитацию на право поверки СИ и готов обеспечивать комплексное ТО измерительных приборов Keysight, Agilent, HP.

Оригинальные запчасти, автоматизированные ПО для проведения полного тестирования, калибровки и настройки СИ по методике завода-изготовителя, опытный персонал - все это позволяет выполнять полное обслуживание СИ в соответствии с требованиями завода-изготовителя максимально качественно и в сжатые сроки. Будьте уверены в точности Ваших измерений и надёжности Вашей продукции!

Аттестат Аккредитации ООО «Кейсайт Текнолоджиз» (ЦСМ Keysight) на право поверки СИ № RA.RU.310579 от 02.02.2015

80  
лет

опыта в электронных  
измерениях

50  
лет

сотрудничества и  
инноваций в России

