

# СОВРЕМЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

WWW.SOEL.RU

7

2019

## ЦИФРОВИЗАЦИЯ ПРОМЫШЛЕННОСТИ В РОССИИ

В номере:

**ЧЕЛОВЕКОЦЕНТРИЧНАЯ  
ПОДДЕРЖКА:  
ИИ в производстве**

**ЮТ-РАДИОПРОЦЕССОР  
с криптокодированием**

**РАДИОЧАСТОТНЫЕ  
СОЕДИНИТЕЛИ  
с частотой 145 ГГц**

**АНАЛИЗАТОР СПЕКТРА  
поля атмосфериков  
на ПАИС Anadigm**

**ОГРАНИЧИТЕЛИ  
ПУСКОВОГО ТОКА  
для бортовых систем  
электропитания**

**ИНТЕГРАЦИЯ  
DELTA DESIGN  
и ЛОЦМАН:PLM**

и многое другое...

ДАЁШЬ ЦИФРОВИЗАЦИЮ ПРОИЗВОДСТВА!



App Store



Google Play



УСПЕХ ПРОЕКТОВ БУДУЩЕГО В  
**ПЕРСПЕКТИВНЫХ**  
 инструментах настоящего


**AWR**

NI AWR Design Environment - это единая платформа для разработки беспроводных устройств и систем связи нового поколения. Удобный и функциональный интерфейс, глубокая интеграция мощных инструментов проектирования и высокий уровень автоматизации обеспечивают успешность Ваших разработок.

Подробнее на: [awr.com/ru](http://awr.com/ru)

# Источники питания и электронные нагрузки

От лидирующего европейского производителя из Германии

- ✓ Программируемые
- ✓ Автодиапазон
- ✓ Генератор функций
- ✓ Рекуперация энергии до 95%
- ✓ Русскоязычная сенсорная панель
- ✓ ПО на русском языке



Напряжение до

**2 000 вольт\***

Ток до

**1 000 ампер\***

Мощность до

**30 000 ватт\***

\* — максимальное значение для одного блока.  
Возможно создание систем до 2 МВт.



**Elektro Automatik**

Реклама



**НИФРИТ** | ОФИЦИАЛЬНЫЙ  
ДИСТРИБЬЮТОР

[www.elektroautomatik-rus.ru](http://www.elektroautomatik-rus.ru)  
+7 (499) 995-08-52  
+7 (499) 645-51-92  
124460 г. Москва, г. Зеленоград,  
2-ой Западный проезд д.1, стр.1



ОНЛАЙН КАТАЛОГ

**MARKET**

- 4** Russian Market News  
Ilya Lebedev
- 14** Even Numbers can be Misleading  
Ilya Lebedev

**MODERN TECHNOLOGIES**

- 20** Digitalization of Industry in Russia
- 24** Human-Centric Support: Artificial Intelligence in Manufacturing  
Fabienne Bosle, Christian Heyer
- 26** IoT-Radioprocessor Based on Radio Signal's Structure Crypto-Coding  
Alexey Galitsyn

**ELEMENTS AND COMPONENTS**

- 34** Murata' Modern Components. Non-Isolated DC-DC Power Supply  
Yuriy Petropavlovskiy
- 40** New Developments of MEMS by LLC "Micro-Instruments Laboratory"  
Alexander Bekmachev, Alexander Musatkin, Maxim Golovinskiy
- 42** Radio Frequency Coaxial Connectors with a Limit Frequency of 145 GHz. Is this the End of Connector Evolution?  
Kiva Jurinskiy, Viktor Krivoruchko

**DEVICES AND SYSTEMS**

- 48** Radar Modernization for Air Traffic Control of Aerial Vehicles Based on "Admiral Kuznetsov" Aircraft Cruiser  
Alexander Breigin, Isaac Moscovich, Nail Fayzulin
- 52** Four Tips for Using Modern Power Supplies as Part of Test Systems  
Dmitriy Titov
- 58** Getting Started with Power Rail Measurements  
Lee Morgan

**ENGINEERING SOLUTIONS**

- 62** Atmospheric Field Spectrum Analyzer on the Reconfigurable FPA Anadigm  
Alexey Galakhov, Valentin Kosolapenko, Alexey Larchenko, Sergey Pilgayev
- 68** 1-Wire Adapter Using Two RS-485 Ports and Galvanic Isolation  
Andrey Shabronov

**DESIGN AND SIMULATION**

- 70** Influence of the Thermal Model of the Printed Circuit Board on the Accuracy of the Temperature Simulation Results of Electronic Components  
Alexey Reshetnikov, Vladimir Michurin
- 74** Inrush Current Limiters for On-Board Power Supply Systems  
Anatoliy Mironov, Sergey Shendyapin
- 78** MIMO Dual-Band WiFi Antenna Using NI AWR Software, Optenni Lab, and Premix PREPERM Materials  
Jaakko Juntunen, Jan Jarvelainen, Derek Linden
- 82** Integration of Delta Design and LOTSMAN:PLM as Part of the End-to-End Instrument Design Cycle  
Alexey Gimein
- 88** New Functionality of EDA Delta Design version 2.7  
Sergey Popov

**EVENTS**

- 96** ExpoElectronica and ElectronTechExpo 2019: Steady Growth and Success of New Business Program Events
- 100** Precision Measurements – the Basis of Quality and Safety

Журнал «Современная электроника»  
Издаётся с 2004 года

Главный редактор А.А. Смирнов  
Заместитель главного редактора Д.А. Карлов  
Редакционная коллегия А.Е. Балакирев, В.К. Жданкин, С.А. Сорокин, Р.Х. Хакимов  
Литературный редактор/корректор О.И. Семёнова  
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 1/67/гех  
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, 2019

**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). С помощью этого приложения можно бесплатно читать с экрана номера наших журналов. К новым номерам журнала доступ в приложении платный.

**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) 391-6821, 700-0507 • http://www.ural-press.ru

# СОДЕРЖАНИЕ 7/2019

## РЕКЛАМОДАТЕЛИ

AdvantiX . . . . .	33
Crane Aerospace & Electronics . . . . .	12
Engineering solutions . . . . .	4, 73
EREMEX (Delta Design) . . . . .	4, 5, 83
Fastwel . . . . .	47
JTAG . . . . .	67
LUMINEQ (powered by BENEQ) . . . . .	16–17
NI AWR . . . . .	2-я стр. обл.
QNX, Wind River . . . . .	87
Raystar . . . . .	11
RFCore . . . . .	5
Swissbit . . . . .	32
TDK-Lambda . . . . .	10, 23
Tektronix . . . . .	61
Xlight . . . . .	95
XP Power . . . . .	9, 13
АВД Системы . . . . .	6
ДОЛОМАНТ . . . . .	93
Компонента . . . . .	11, 94
МАГРАТЕП . . . . .	8, 9
МОРИОН . . . . .	11, 12
НИФРИТ . . . . .	1, 10
ПЛАНАР . . . . .	3-я стр. обл., 8
ПРОЧИП . . . . .	46
Радиокомплект-ВП . . . . .	12, 31
Роде и Шварц . . . . .	4-я стр. обл., 8
РТСофт . . . . .	7
СИММЕТРОН . . . . .	39
ТЕСТПРИБОР . . . . .	18–19
Фаворит-ЭК . . . . .	41
ЭРКОН . . . . .	81

## РЫНОК

- 4** Новости российского рынка
- 14** Даже цифры могут вводить в заблуждение  
*Илья Лебедев*

## СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

- 20** Цифровизация промышленности в России
- 24** Человекоцентричная поддержка: искусственный интеллект в производстве  
*Фабьенн Босле, Кристиан Хэйер*
- 26** IoT-радиопроцессор с криптокодированием структуры радиосигнала  
*Алексей Галицын*

## ЭЛЕМЕНТЫ И КОМПОНЕНТЫ

- 34** Современные неизолированные DC/DC источники питания Murata  
*Юрий Петропавловский*
- 40** Новые разработки МЭМС ООО «Лаборатория Микроприборов»  
*Александр Бекмачев, Александр Мусаткин, Максим Головинский*
- 42** Радиочастотные коаксиальные соединители с предельной частотой 145 ГГц. Конец эволюции соединителей?  
*Кива Джуринский, Виктор Криворучко*



## ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

- 48** Модернизация РЛС для управления воздушным движением летательных аппаратов, базирующихся на ТАКР «Адмирал Кузнецов»  
*Александр Брейгин, Исаак Москович, Наиль Файзулин*
- 52** Четыре аспекта использования современных ИП в составе испытательных систем  
*Дмитрий Титов*
- 58** Точные измерения цепей питания  
*Ли Морган*

## ИНЖЕНЕРНЫЕ РЕШЕНИЯ

- 62** Анализатор спектра поля атмосфериков на реконфигурируемых ПАИС Anadigm  
*Алексей Галахов, Валентин Косолапенко, Алексей Ларченко, Сергей Пильгаев*
- 68** Адаптер 1-wire с использованием двух портов RS-485 и гальванической развязкой  
*Андрей Шабронов*

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ И МОДЕЛИРОВАНИЕ

- 70** Влияние тепловой модели печатной платы на точность моделирования температуры электронных компонентов  
*Алексей Решетников, Владимир Мичурин*
- 74** Ограничители пускового тока для бортовых систем электропитания  
*Анатолий Миронов, Сергей Шендяпин*
- 78** Проектирование двухдиапазонной WiFi-антенны при помощи ПО NI AWR и Orptenni Lab на основе материалов Premix PREPERM  
*Якко Юнтунен, Ян Ярвеляйнен, Дерек Линден*
- 82** Интеграция Delta Design и ЛОЦМАН:PLM как составная часть сквозного цикла проектирования изделий приборостроения  
*Алексей Гимеин*
- 88** Новый функционал в САПР Delta Design версии 2.7  
*Сергей Попов*



## СОБЫТИЯ

- 96** ExpoElectronica и ElectronTechExpo 2019: уверенный рост и успех новых мероприятий деловой программы
- 100** Точные измерения – основа качества и безопасности

# Новости российского рынка

## СОБЫТИЯ

### ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЙ КОНКУРС ДЛЯ ПРЕДПРИЯТИЙ – ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ КОМПАС-3D

Компания ЭРЕМЕКС приглашает принять участие в «Конкурсе асов 3D-моделирования 2019», который устраивает партнёр по консорциуму «РазВИТие» – компания АСКОН.



Это ежегодный конкурс для предприятий-пользователей КОМПАС-3D, где участники демонстрируют свои навыки 3D-моделирования и работы в приложениях к КОМПАС-3D. АСКОН объединяет всех фанатов КОМПАС, которые могут помериться проектами и раскрыть свой творческий потенциал.

Для предприятий конкурс – это не только возможность поделиться своими достижениями, но и шанс выиграть лицензионный КОМПАС и другие полезные подарки. В этом году 30-летие отмечают и компания АСКОН, и КОМПАС, а значит, атмосфера конкурса будет праздничной.

Основные номинации конкурса:

1. «Машиностроение». По три призовых места в каждой из трёх категорий: проекты-сборки до 999 деталей, от 1000 до 4999, от 5000 деталей.
2. «Лучший проект в области ПГС».
3. «Лучшая прикладная разработка» (рассматриваются программные приложения к КОМПАС-3D).
4. «Молодой профессионал» (проекты от авторов в возрасте до 28 лет включительно).
5. «Электронная модель изделия» (рассматриваются 3D-модели, содержащие элементы оформления по ГОСТ 2.052-2015).
6. «Приз зрительских симпатий» – победитель определяется по результатам голосования среди подписчиков сайта

kompas.ru и участников Форума пользователей ПО АСКОН.

Экспертная комиссия оставляет за собой право отметить отдельные работы специальными призами.

На сегодняшний день комплекс решений консорциума «РазВИТие» является, пожалуй, единственным российским тиражируемым PLM-решением, обладающим собственными средствами сквозного проектирования РЭА – Delta Design. Поэтому компания АСКОН добавила в конкурс асов номинацию, посвящённую разработке электроники.

Участвовать в конкурсе могут предприятия и организации, реализующие проекты в любой версии КОМПАС-3D следующих категорий: лицензионная версия, пробная ознакомительная или версия, находящаяся на этапе опытной эксплуатации.

Для студентов, школьников, учебных заведений и пользователей КОМПАС-Home, КОМПАС-LT и КОМПАС-3D Учебная версия проводится конкурс «Будущие асы цифрового машиностроения».

На конкурсе разыгрываются 30 рабочих мест КОМПАС-3D, электросамокат, квадрокоптер, Яндекс.Станция, наушники, фитнес-браслет, гироскутер, колонка и другие полезные hi-tech призы. Предусмотрены памятные сувениры от команды КОМПАС (рюкзак, кепка, походная бутылка, мультитул, значки) и призы от партнёров.

Участие в конкурсе уже подтвердили: «1С:Дистрибуция», NVIDIA, PICASO 3D, VR Concept, «Аквариус», Союз машиностроителей России.

Заявки на конкурс принимаются до 30 сентября 2019 года.

Объявление результатов и награждение победителей – ноябрь 2019 года.

Чтобы принять участие в конкурсе и подать заявку, надо:

1. Перейти на сайт <http://best.ascon.ru/>.
2. Войти в Личный кабинет участника или зарегистрироваться, если у вас нет учётной записи.
3. Заполнить онлайн-заявку и добавить проект.

Дополнительную информацию по конкурсу можно получить, обратившись по адресу [bestmodels@ascon.ru](mailto:bestmodels@ascon.ru).

### МАСТЕР-КЛАСС «ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЦЕЛОСТНОСТИ ПИТАНИЯ И СИГНАЛОВ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ»

Компания Engineering solutions, Ltd организует мастер-классы, посвящённые ведению разработки печатных плат с учётом обеспечения требований целостности питания и сигналов высокоскоростных интерфейсов (PCIe, DDR2/3/4, USB, SPF+ и пр.), основным тенденциям в области проектирования печатных плат и методикам обеспечения электромагнитной совместимости радиоэлектронной аппаратуры. Формат мероприятия предполагает обмен практическим опытом и обсуждение проектов участников, а также анализ референс-дизайнов из открытых источников от ведущих мировых производителей электроники.



Ближайшие мастер-классы запланированы на **9 октября** 2019 года в г. Воронеж и **23 октября** 2019 года в г. Пенза.

Участие по предварительной записи. Программа и подробное описание мероприятия размещено на официальном сайте компании в разделе «Обучение».

«Поскольку многие специалисты проявили большой интерес именно к моделированию целостности питания и сигналов в рамках конференции «Проектирование и моделирование печатных плат», организованной нами в начале 2019 года в городе Санкт-Петербург, то компания решила провести ряд региональных мастер-классов по данной тематике», – рассказывает генеральный директор ООО «Инженерные решения» Алексей Решетников.

Компания Engineering solutions – это дизайн-центр по контрактной разработке электроники, отличительной особенностью которого являются внедрённые и успешно применяемые средства моделирования на этапе проектирования радиоэлектронной аппаратуры. Инженеры компании регулярно делятся накопленным практическим опытом во время курсов повышения квалификации, организуемыми на базе МГТУ им. Н.Э. Баумана.

[www.ensol-ltd.ru](http://www.ensol-ltd.ru)

Тел.: 8 (800) 550-7769

## 4 года на волне САПР: «День Радио ЭРЕМЕКС» ПРОЙДЁТ В МОСКВЕ

16 октября, в первый день работы выставки «ChipEXPO – 2019», компания ЭРЕМЕКС приглашает на семинар «День Радио ЭРЕМЕКС», посвящённый проблемам проектирования электроники.

Мероприятие соберёт представителей приборостроительных предприятий России: инженеров-схемотехников, разработчиков электроники, руководителей и сотрудников конструкторских бюро по разработке радиоэлектронной аппаратуры.

Темы для обсуждения:

- современный уровень возможностей автоматизации инженерной деятельности предприятия;
- обзор представленных на рынке продуктов и их совместимость;
- реальные кейсы внедрения САПР Delta Design и дальнейшая перспектива развития.

Докладчиками конференции станут эксперты в области САПР, пользователи системы, представители компаний – технологических партнёров, руководители и ведущие разработчики компании ЭРЕМЕКС.

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОНИКИ

СЕМИНАР ЭРЕМЕКС В МОСКВЕ

ЭРЕМЕКС – создатель пакета Delta Design – в этом году выпустила версию 2.7 и уже анонсирует возможности следующей версии 3.0.

За четыре года работы накоплен достаточный объём информации, чтобы развеять опасения пользователей, связанные с внедрением и интеграцией Delta Design в существующую ИТ-инфраструктуру. Один факт того, что Delta Design используется в том числе при проектировании приборов для ответственных применений, красноречиво характеризует систему по

критериям надёжности, удобства пользования и совместимости с другими продуктами.

В демо-зоне можно будет получить подробные консультации от разработчиков.

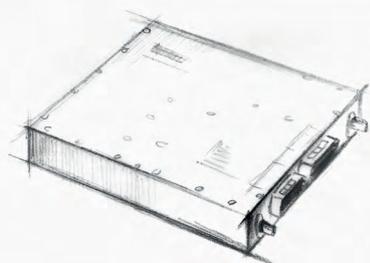
Среди активных участников будет разыграна умная колонка Яндекс.Станция, печатная плата для которой была спроектирована в САПР Delta Design TopoR.

Мероприятие пройдёт 16 октября в «Новотеле» на Пресненской набережной.

Зарегистрироваться можно на сайте ЭРЕМЕКС <https://radioday.eremex.ru/>.

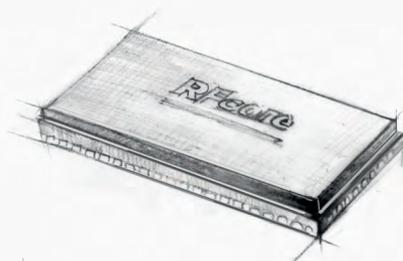


## НОВЫЕ МОЩНОСТИ — НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ



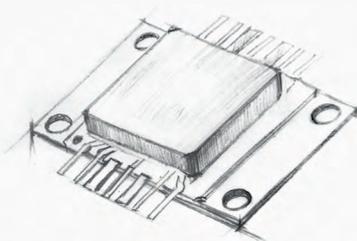
### СВЧ-усилители мощности

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



### Многофункциональные CMOS MMIC

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



### GaN и GaAs MMIC

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

**PROCHIP**  
POWERED BY PROSOFT

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР

АКТИВНЫЙ КОМПОНЕНТ ВАШЕГО БИЗНЕСА

(495) 232-2522 ■ RF@PROCHIP.RU ■ WWW.PROCHIP.RU

PHOTO

## СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

## FPGA IP-блоки ДЕТЕРМИНИРОВАННОЙ ПРОМЫШЛЕННОЙ СЕТИ TSN

Времязависимая сеть **TSN (Time Sensitive Networking)** – это расширение стандарта Ethernet для промышленных сетей с трафиком, критичным к временным задержкам. Технология TSN позволяет реализовать одну из основных составляющих концепции Индустрия 4.0: конвергенцию (слияние) сети управления оборудованием технологического процесса с корпоративной сетью промышленного предприятия. В сети Ethernet с поддержкой TSN данные, критичные ко времени доставки, передаются вместе с не критичными данными, и передачи не критичных данных не влияют на время передачи критичных данных. Это достигается применением для критичных данных технологии передачи по временному расписанию (time-triggered technology).



Компания TTTech (Австрия), производитель оборудования для сетей с передачей по временному расписанию, выпустила набор IP-блоков для FPGA, реализующих расширение TSN для Ethernet. Эта реализация TSN для FPGA предназначена для производителей промышленных устройств, которые хотели бы встроить поддержку TSN в свои устройства уже сегодня, но в условиях развивающегося стандарта иметь возможность быстрого обновления в случае внесения изменений в стандарт.

Набор **Edge IP Solution** включает поддержку следующих подстандартов TSN: IEEE 802.1Qbv Scheduled Traffic, IEEE 802.1AS Time Synchronization, IEEE 802.1Qbu Frame Preemption, IEEE 802.1Qcc Stream Reservation Protocol Enhancements. Планируется поддержка IEEE 802.1CB Redundancy и IEEE802.1Qci Filtering and Policing. Целевая FPGA – Intel Cyclone V SoC. Поддерживаемая операционная система – Linux Kernel 4.9 LTS. Также поставляется ПО Slate XNS для разработки сетевой топологии и построения расписания.

Набор Edge IP Solution может быть предоставлен на оценочное тестирование (evaluation). Для этих целей поставляется оценочная плата на базе системы на кристалле Intel Cyclone V, содержащей FPGA и два процессорных ядра ARM

Cortex-A9. На базе оценочной платы реализуется четырёхпортовое оконечное устройство с коммутацией (switched endpoint) для построения тестовой сети TSN.

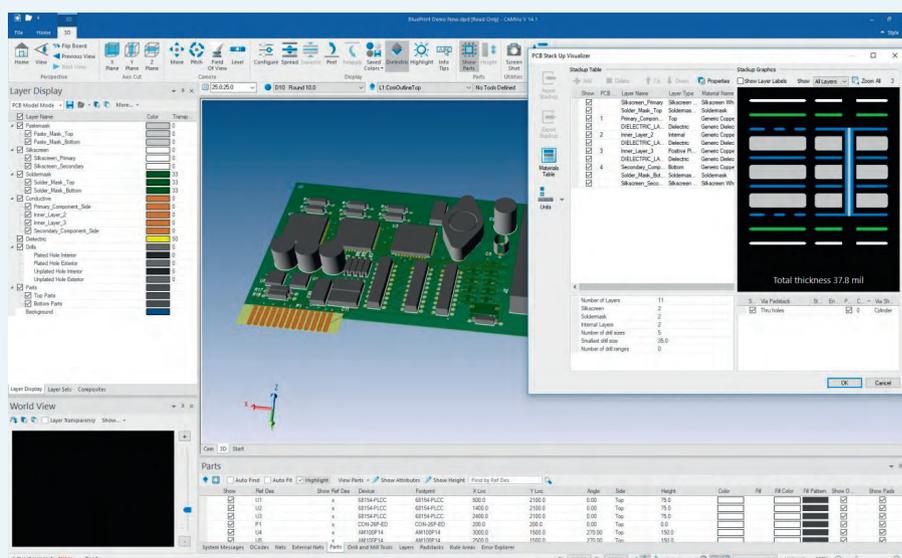
Компания TTTech активно участвует в испытательном стенде **TSN Testbed** Консорциума Промышленного Интернета IIC (Industrial Internet Consortium), который создан для проверки интероперабельности TSN-продуктов различных производителей. В создании стенда TSN Testbed участвуют более 30 компаний, в том числе Analog Devices, Belden/Hirschmann, Bosch Rexroth, B&R Industrial Automation, Cisco, Hilscher, KUKA, National Instruments, Renesas Electronics, Schneider Electric, SICK AG и Xilinx.

Дистрибьютор компании TTTech в России – компания «АВД Системы», поставщик средств разработки программного обеспечения критически важных для безопасности сертифицируемых встраиваемых компьютерных систем.

[www.avdsys.ru/tttech](http://www.avdsys.ru/tttech)

## Новый релиз CAM350 v14.1

Программа CAM350 зарекомендовала себя как одна из лучших CAM-систем для проверки производственных файлов печатных плат (ПП) в формате Gerber и Excellon NC drill. Разрабатывая платы в различных САПР ПП, инженеры используют CAM350 как инструмент окончательной верификации перед запуском в производство.



В июне 2019 года вышел релиз CAM350 v14.1, добавляющий кое-что новое к функционалу программы.

Выпущенная осенью 2018 года 64-битная версия CAM350 v14.0 имела существенные нововведения по сравнению с предыдущими версиями – новый редактор стека печатной платы, 3D-редактор гербер-фай-

лов, экспорт в 3D-PDF, потоковый редактор DFM-проверок. Версия 14.1 добавляет новые языки меню и диалоговых окон, более реалистичное отображение отверстий в 3D, бесплатный вьювер САМ-файлов CAMvui и содержит исправления обнаруженных недочётов.

Новая версия CAM350 14.1 поддерживает мониторы 4K, например, 4096x2160.

В редакторе отображаются номера выводов и имена цепей. При наведении курсора на объект возникают подсказки с информацией. В 3D-редакторе можно поворачивать плату, приближать, удалять, расширять расстояние между слоями, убирать отдельные слои. Можно экспортировать 3D-PDF. Открыв полученный PDF-файл в Adobe Reader, можно просматривать 3D-модель печатной платы, видеть дерево модели, выбирать и подсвечивать объекты. Меню редактора стало удобнее, и при выборе пункта меню, если подождать несколько секунд, возникает подсказка о назначении команды.

Многие команды и окна имеют теперь режим предварительного просмотра, например, функция подрезки маркировки, задания композитных слоёв, сравнения гербер-файлов. Функция автоимпорта теперь расширена для выполнения импорта из различных форматов файлов, что освобождает пользователя от рутинной работы по выбору файлов для импорта, указания формата и т.д.

Редакторы САМ-файла, NC-drill, Bed of Nails и Flying Probe теперь объединены в единый CAM Editor. Редактор структуры слоёв позволяет сортировать гербер-файлы, задавать толщины слоёв, размещать сквозные, глухие, скрытые, механические отверстия и просматривать структуру платы в 2D или 3D.

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

## ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

**JTAG-отладка с TRACE32 для Lynx MOSA.ic™**

АО «РТСофт» и компания Lauterbach объявляют о реализации полной поддержки JTAG-отладки для Lynx MOSA.ic™ – среды разработки для построения модульных и комплексных программных систем от Lynx Software Technologies.

Работая в тесном контакте с Lynx Software Technologies, компания Lauterbach расширила функционал отладчика TRACE32, добавив в него комплексную поддержку отладки систем Lynx MOSA.ic, функционирующих на многоядерных ARM-процессорах. Обновлённый TRACE32 выводит работу с системами на основе Lynx MOSA.ic на качественно новый уровень, предоставляя разработчикам возможность доступа ко всем составляющим системы в любое время из единой среды отладки.

Lynx MOSA.ic избавляет разработчиков от множества проблем в своих системах, разбивая приложения на модули, которые работают либо непосредственно на «голом железе», либо на простых ядрах в режиме реального времени. Интеграция с TRACE32 создаёт для разработчиков Lynx MOSA.ic мощную среду отладки приложений и возможность эффективно отлаживать коды запуска, в том числе загрузчики ОС.

Суммарно такая интеграция обеспечивает не только быструю разработку ответственных и сертифицируемых приложений, но и ощутимо снижает риски и затраты на разработку и отладку на многоядер-

ных платформах, позволяя создавать высококачественные системы в кратчайшие сроки.

Lynx MOSA.ic – это открытая платформа, которая может выступать в качестве хост-платформы для целого ряда сторонних операционных систем, в том числе LynxOS-178 и Linux, и обеспечивать их независимую работу на разных уровнях безопасности. TRACE32 распознаёт все разделы и соответствующие им конфигурации памяти, предоставляя разработчику доступ ко всей системе – от уровня виртуализации до гостевых ОС и соответствующих разделов, а также к кодам приложений, выполняемых в этих гостевых ОС. Функция работает независимо от того, активны ли гостевые ОС в ядре или нет. В TRACE32 расширена схема используемой адресации, которая делает возможным однозначную идентификацию любого адреса в любом разделе, что позволяет привязывать символы отладки к этим расширенным адресам. Теперь разработчики могут получить доступ к любым элементам системы путём простого обращения к символам отладки.

TRACE32 обеспечивает передачу данных о ядре для большинства стандартных операционных систем, работающих совместно со средой разработки Lynx MOSA.ic, предоставляя пользователям возможность доступа к различным объектам ОС (например, задачам) из всех гостевых ОС одновременно. Богатая среда отладки TRACE32, дополненная функцией полного доступа,

идеально подходит для тестирования систем с повышенным уровнем безопасности и защиты на фактической целевой платформе, в которой первостепенное значение имеет изоляция гостевых ОС, а сама система требует сертификации. Эта функция уже доступна и входит в стандартный комплект поставки программного обеспечения TRACE32.

**О компании Lynx Software Technologies**

Компания Lynx Software Technologies – разработчик операционных систем реального времени (OSPB) и средств виртуализации для применения в авиации, телекоме, системах автоматизации, медицине и других сферах. В компании всегда придерживались стратегии с опорой на надёжность и защищённость своих продуктов при использовании в них открытых стандартов. Начиная с OSPB LynxOS, вышедшей в свет в 1988 году, ставшей одной из первых OSPB в формате POSIX и предложившей функционал UNIX-систем разработчикам встраиваемых систем задолго до прихода на этот рынок Linux-систем, и заканчивая новыми продуктами, такими как MOSA.ic, ориентированными на полноценное и безопасное использование современных процессорных платформ с аппаратной виртуализацией.

Дополнительная информация о компании Lynx Software Technologies доступна на сайте [www.lynx.com](http://www.lynx.com)

Дополнительную информацию об отладочных средствах Lauterbach можно посмотреть на сайте <http://lauterbach.rtsoft.ru/>

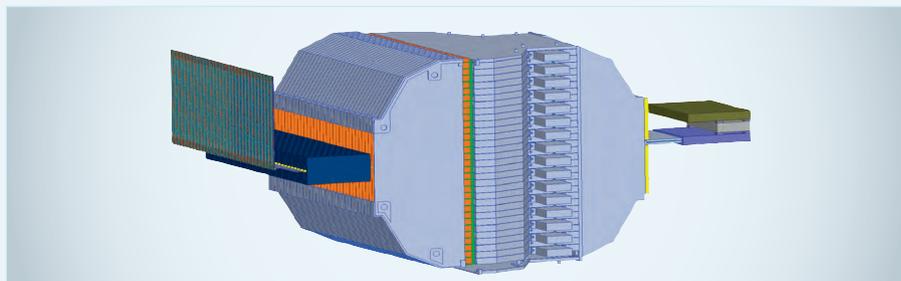


## Многолучевая система обеспечения посадки

ЗАО «НПП «МАГРАТЕП» приступает к изготовлению опытного образца бортовой системы обеспечения посадки воздушных судов в условиях плохой видимости.

Отличительной особенностью аппаратуры является многолучевая антенная система, осуществляющая приём сигналов широкоугольной подсветки, отражённых от земной поверхности, одновременно по 32 дискретным направлениям без электронного сканирования.

Запатентованное техническое решение позволяет выполнить требования по массогабаритным характеристикам, полосе рабочих частот и электромагнитной совместимости. Предложенные оригинальные переходы исключают традиционные СВЧ-соединители



и обеспечивают повышение надёжности и снижение стоимости системы.

На мировом рынке нет аналогов предлагаемой системы как по возможностям формирования 32 лучей, так и по технической реализации.

Принцип построения системы позволяет использовать каскады делителей-сумматоров для приёма СШП-сигналов. Это даёт высокую разрешающую спо-

собность по дальности и улучшает качество формируемого радиоизображения поверхности.

Возможность реконфигурации системы под разные типы воздушных судов путём замены только антенной системы поможет избежать дорогостоящих решений для малой гражданской авиации.

[www.magratep.com](http://www.magratep.com)  
Тел.: (495) 225-6034

## R&S®ZNL6-B1 – ВСТРОЕННЫЙ АНАЛИЗАТОР СПЕКТРА ДЛЯ МОДЕЛИ R&S®ZNL6

Компания Rohde & Schwarz представляет **R&S®ZNL6-B1** – аппаратную опцию для анализаторов цепей до 6 ГГц, добавляющую возможность проводить измерения в спектральной области.

При работе в режиме анализатора спектра прибору доступны основные функции и возможности, присущие линейке анализаторов спектра начального уровня, такие как:

- общие спектральные измерения (наблюдение спектра, маркерные измерения);



- измерения гармонических искажений, TOI;
- соотношение сигнал/шум;
- фазовые шумы (маркерный метод);
- коэффициент АМ-модуляции (маркерный метод);
- измерения во временной области (нулевая полоса обзора);



- мощность в канале, в соседнем канале;
- занимаемая полоса частот;
- демодуляция АМ/ЧМ/ФМ-сигналов;
- измерение коэффициента шума.

<https://www.rohde-schwarz.com/ru>  
Тел.: +7 (495) 981-3560

## Компактный векторный анализатор S50180 – 18 ГГц от компании «ПЛАНАР»

ООО «ПЛАНАР», лидирующий российский разработчик и производитель высококачественного электронного оборудования, представляет новый двухпортовый двунаправленный векторный анализатор цепей S50180 с диапазоном рабочих частот от 100 кГц до 18 ГГц.

Представленный измеритель является продолжением компактной серии приборов и предназначен для проверки, настройки и разработки устройств в условиях промышленного производства и лабораторий, в том числе в составе автоматизированных измерительных стендов. Портативный (весом до 3,8 кг) анализатор может эксплуатироваться и в полевых условиях, работая от аккумуляторной батареи или бортовой сети автомобиля.

Анализатор S50180 работает под управлением внешнего компьютера или планше-



та в ОС Windows или Linux, подключённого к измерительному оборудованию через интерфейс USB.

Основные характеристики:

- диапазон рабочих частот от 100 кГц до 18 ГГц;
- число портов 2, тип N (50 Ом);
- измеряемые параметры – S11, S21, S12, S22;
- динамический диапазон измерений 140 дБ;
- время измерения на одной частоте 30 мкс;

- количество точек измерения за одно сканирование от 2 до 200 001;
- до 16 логических независимых измерительных каналов;
- минимальный шаг установки частоты 1 Гц;
- погрешность установки частоты:  $\pm 5 \times 10^{-6}$ ;
- полоса измерительного фильтра от 1 Гц до 300 кГц с шагом 1/1,5/2/3/5/7;
- напряжение питания постоянного тока от 9 до 15 В.

[www.planarchel.ru](http://www.planarchel.ru)  
Тел.: +7 (351) 729-9777

## AC/DC с мощностями 500–650 Вт для медицинского оборудования

Компания XP Power анонсировала два новых ряда источников питания AC/DC, которые обеспечивают изоляцию типа BF для медицинского оборудования (обеспечивается защита от поражения электрическим током при намеренном контакте с телом пациента), где отличные показатели электромагнитной совместимости являются важным требованием.

Приборы серий PBR500 и PBR650 обеспечивают уровни мощности 500 и 650 Вт, соответственно. Обе серии способны работать в широком диапазоне напряжений сети от 80 до 264 В при изменении частоты сети от 47 до 63 Гц и обеспечивают восемь выходных напряжений (12, 15, 18, 24, 28, 36, 48 и 57 В), предоставляя разработчикам систем гибкость для охвата многих применений одной и той же серией.

Обе серии характеризуются КПД 90%, уменьшающим генерируемое тепло при работе и тем самым продлевая ресурс.

Модули серии PBR500 доступны в двух конструктивных исполнениях. Исполнения



с П-образным шасси обеспечивают выходные мощности 350...400 Вт при конвекционном отводе тепла. Использование принудительного охлаждения воздушным потоком позволяет обеспечить мощности 450...500 Вт. Исполнение с защитной крышкой, включающей встроенный охлаждающий вентилятор с регулируемой скоростью вращения для снижения акустического шума, обеспечивает законченное решение с выходными мощностями 450...500 Вт. Модули питания серии PBR650 с установленным охлаждающим вентилятором обеспечивают мощности 600...650 Вт с низким уровнем акустического шума.

Новые источники питания имеют весьма небольшой ток утечки на землю и тепло пациента и обеспечивают два средства защиты пациента (2xMOPP). Диэлектрическая прочность изоляции между входными и выходными цепями испытана при напряжении 4000 В. Помехоземсия и кондуктивные помехи соответствуют уровню Class B. Обе серии соответствуют требованиям стандартов электробезопасности IEC/ES/EN 60601-1 издание 3.1 и 60601-2 издание 4.

Источники питания снабжены выходным каналом 5 В для обеспечения дежурного режима, имеют защиту от перегрузки и перенапряжения. Предусмотрены выключение при перегреве и выходы для подключения внешней обратной связи, а также сигнал состояния входного напряжения «АС ОК» и командный вход дистанционного управления включением/выключением.

В исполнениях источников питания с П-образным шасси серии PBR500 имеется выходной канал 12 В / 0,3 А для обеспечения питанием системных охлаждающих вентиляторов.

<http://prosoft.ru>

Тел.: (495) 234-06-36

## МАГнетрон РАзработка ТЕхнология Применение МАГРАТЕП

Мощные магнетроны, источники питания, СВЧ-компоненты и СВЧ-установки для промышленного применения



ЗАО «НПП «МАГРАТЕП»

141190, Россия, Московская обл., г. Фрязино, ул. Вокзальная, д. 2а.

Тел.: +7(495)225-60-34, [www.magratep.com](http://www.magratep.com)

Реклама



## Высоковольтные ИП HEINZINGER СЕРИИ EVO – НОВОЕ ПОКОЛЕНИЕ ИСТОЧНИКОВ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Компания Heinzinger electronic GmbH представляет новую серию высоковольтных источников питания до 12 кВ при мощности 3000 Вт.

Новые высоковольтные источники питания серии EVO обеспечивают быстрое управление с высокой точностью. Они очень удобны в работе. Компактная конструкция занимает высоту всего 2U, что необычно мало для мощности 2 кВт и 3 кВт.

Микроконтроллер в сочетании с ПЛИС (программируемая логическая интегральная схема) обеспечивает исключительно точное управление. За счёт этого возможно полное цифровое управление источниками питания EVO. ПЛИС используются в высоковольтных ИП, поскольку они обеспечивают быструю обработку сигналов и гибкую адаптацию к различным режимам нагрузки.

ИП серии EVO являются оптимальным выбором под самые разные требования. Стабильные высокие рабочие характеристики без потери скорости или точности управле-



ния – отличительная особенность высоковольтных ИП EVO.

Полярность высоковольтного выхода может быть электрически изменена в зависимости от требуемого положительного или отрицательного высокого напряжения.

Источники питания EVO разработаны для использования в различных областях, например: для различных видов высоковольтных испытаний, при производстве и проверке полупроводников, при изготовлении фотоэлектрических элементов и компонентов, для калибровки на выходе с конвейера или в фундаментальных исследованиях и разработках.

Особенности ИП серии EVO:

- классы напряжения (ИП постоянного тока): 0...1,5 кВ, 0...5,0 кВ, 0...10,0 кВ;
- мощность 3 кВт или 2 кВт;

- токи от 0,2 до 2,0 А;
- полностью цифровое регулирование;
- исполнение – для 19"-стойки или настольный вариант, со встроенным адаптером;
- компактность – 11,5 кг, 2U;
- широкий диапазон входного переменного тока, однофазный;
- интерфейсы – Ethernet и RS-232;
- набор команд SCPI;
- предиктивное управление вентилятором;
- выходная полярность реверсивная, электрическое управление.

Предусмотрены дополнительные опции: управление линейным напряжением и обнаружение искрения дугового разряда.

Простое управление сочетается со скоростью и высокой точностью.

<http://www.niphrit.ru/>

Тел.: +7 (499) 995-0852, +7 (499) 645-5192

## Программируемые ИП GENESYS+ на 1700 Вт от TDK-LAMBDA

Корпорация TDK-Lambda объявляет о дополнении программируемых источников постоянного тока серии GENESYS+™ моделями номинальной мощностью 1700 Вт. Эти блоки рассчитаны на питание от однофазной сети переменного тока в диапазоне напряжений от 85 до 265 В AC, в отличие от доступных ранее более мощных моделей с трёхфазным входом 208/400/480 В AC.

Применение новых источников пониженной мощности включает как использование в качестве компонентов лабораторного оборудования, так и тестирование бортовых автомобильных и аэрокосмических компонентов, производство полупроводников, симуляцию солнечных батарей и их массивов, электролизное нанесение покрытий и водоподготовку.

Десять новых моделей с номинальными напряжениями 10, 20, 30, 40, 60, 100, 150, 300 и 600 В и токами в диапазоне от 0...2,8 А до 0...170 А рассчитаны на работу в режимах стабилизации напряжения, стабилизации тока и стабилизации мощности.

Все продукты серии GENESYS+™ 1,7 кВт выпускаются в едином корпусе стандарта 19" (483 мм) высотой 1U при весе менее 5 кг. Допускается соединение до 4 блоков в па-



раллель по схеме ведущий–ведомый с автоматической конфигурацией системы, которая обеспечивает динамические и шумовые характеристики, сравнимые с одиночным блоком.

Управление всеми блоками семейства GENESYS+™ может осуществляться как с передней панели, так и удалённо – посредством цифровых интерфейсов LAN (LXI 1.5), USB 2.0 и RS-232/485 или изолированных аналоговых (0...5 В или 0...10 В), входящих в базовое исполнение. В качестве опции может быть установлен GPIB (IEEE 488.2) или интерфейсная платформа Anybus CompactCom, реализующая связь по DeviceNet™, EtherCat, Modbus, PROFIBUS и другим интерфейсам по мере их выхода.

В состав пакета программного обеспечения входят драйверы, программа построения профилей и виртуальная графическая панель управления. Функции безопасности стандартные для семейства источни-

ков Genesys+™ и включают безопасный / автоматический перезапуск, память последних настроек и встроенные функции защиты. В числе стандартных функций доступны управление скоростью нарастания тока и напряжения, симуляция внутреннего сопротивления и регулирование яркости дисплея.

На все модели распространяется пятилетняя гарантия. Блоки сертифицированы в соответствии с IEC/EN/UL 60950-1, имеют маркировку CE для Низковольтного Оборудования, в соответствии с директивами RoHS2 и требованиями ЭМС, и соответствуют промышленному стандарту IEC/EN 61326-1 по кондуктивной и излученной помехе и электромагнитной устойчивости. Серия сертифицирована на соответствие TP TC 004/2011 и 020/2011 (EAC).

Подробнее ознакомиться с семейством GENESYS+™ можно на сайте ПРОСОФТ.

<http://prosoft.ru>

Тел.: +7 (495) 234-0636

## ЭЛЕМЕНТЫ И КОМПОНЕНТЫ

### Новая модель графического PMOLED размером 3,83" высокого разрешения от VoluMin

АО «Компонента», официальный дистрибутор VoluMin, сообщает о выходе новой модели графического дисплея PMOLED размером 3,83" высокого разрешения.

Дисплей OLED **BL320132A** диагональю 3,83" и разрешением 320×132 со

встроенным контроллером SSD1320Z\*2 и SPI-интерфейсом подходит для применений в измерительных устройствах, POS-терминалах, портативных приборах, автомобильных приложениях, медицинском оборудовании и т.д.

Габариты представленного OLED 145,52×41,672 мм, активная область 89,90×37,072 мм.

Есть возможность обновить имеющиеся STN-дисплеи на OLED, поскольку у них бо-



лее хорошая яркость и меньшее потребление энергии.

[www.komponenta.ru](http://www.komponenta.ru)  
Тел.: +7 (495) 150-2-150

### Малоформатные графические дисплеи OLED REX012864L-ZIF

Компания Raystar Optronics, Inc представила новые модели графических OLED-дисплеев **REX012864L-ZIF** с разрешением 128×64, изготовленных по технологии COG (Chip On Glass). Дисплейные модули снабжены соединителем с нулевым усилием сочленения (Zero Insertion Force).

В дисплеях ряда REX012864L-ZIF, как и в ранее представленных моделях с разрешением 128×64 точки, применяется микросхема драйвера SH1106G. Микросхема контроллера поддерживает управление через 8-разрядный параллельный порт, совместимый с микропроцессорами 6800 и 8080, 3- и 4-проводной последовательный интерфейс SPI и I<sup>2</sup>C.

Высокий контраст 2000:1 OLED-дисплеев позволяет получать очень качественное изображение на экране, которое воспринимается



как яркое и отчётливое при невысокой яркости 60...80 кд/м<sup>2</sup>.

Дисплеи предназначены для работы в диапазоне температур от -40 до +80°C. Диапазон температур хранения -40...+85°C.

Малоформатные графические дисплеи OLED с размером экрана 1,28" предназначены для применения в переносных измерительных приборах, счётчиках, медицинских устройствах.

Предлагаются две модели:

- REX012864LWAP3N00000 с белым цветом свечения экрана;
- REX012864LYAP3N00000 с жёлтым цветом свечения экрана.

Основные технические характеристики дисплеев OLED REX012864L:

- габаритные размеры 34,5×23×1,56 мм;
- рабочая площадь экрана 29,42×14,2 мм;
- точечная матрица 128×64;
- размер пикселя 0,205×0,197 мм;
- шаг пикселя 0,23×0,222 мм;
- коэффициент мультиплексирования строк 1/64;
- диапазон рабочих температур -40...+80°C;
- тип матрицы – пассивная.

<http://prosoft.ru>  
Тел.: (495) 234-06-36

### Малогабаритный рубидиевый стандарт частоты РСЧ-М102

АО «МОРИОН» (Санкт-Петербург), ведущее предприятие России и один из мировых лидеров в области разработки и серийного производства приборов кварцевой стабилизации и селекции частоты, представляет новую инновационную разработку – малогабаритный высокостабильный рубидиевый стандарт частоты **РСЧ-М102**. Это качественный переход на новый уровень надёжности и ещё один шаг к дальнейшей миниатюризации атомных высокостабильных стандартов частоты.

Новая разработка АО «МОРИОН» РСЧ-М102 реализована на классической, проверенной длительным успешным опытом эксплуатации рубидиевой ячейке в сочетании с новой электроникой, выполненной всего на одной ПЛИС. В настоящий момент опытные образцы уже имеют ме-

трологические характеристики, аналогичные FE-5650A.

Из отличительных особенностей необходимо отметить:

- малые габариты устройства – 50,8×50,8×25 мм, что позволяет использовать его в качестве замены большинства рубидиевых генераторов, доступных на рынке;
- большой диапазон доступных частот – 5,0...20,0 МГц, включая стандартную частоту 10,0 МГц;
- цифровое управление по интерфейсу UART;
- напряжение питания 12 В;
- кратковременную нестабильность частоты (девиация Аллана) – менее  $5 \times 10^{-11}/с$  с дальнейшим потенциалом к её улучшению;
- долговременную нестабильность частоты – до  $\pm 5 \times 10^{-10}/год$ .



Также в РСЧ-М102 присутствуют вход и выход 1 PPS, что позволяет легко осуществлять внешнюю синхронизацию, например, по сигналам GPS/ГЛОНАСС. Планируемое начало поставок – конец 2019 года.

Более подробную информацию можно получить у специалистов компании на выставке ChipEXPO-2019 (номер стенда P21) или на сайте АО «МОРИОН».

[www.morion.com.ru](http://www.morion.com.ru)  
Тел.: +7 (812) 350-7572

## 6-ВАТТНЫЕ DC/DC ОТ CRANE ELECTRONICS С ШИРОКИМ ДИАПАЗОНОМ ВХОДНОГО НАПРЯЖЕНИЯ ДЛЯ АВИАЦИИ И КОСМОСА

Компания Crane Aerospace & Electronics (поставляет изделия под торговой маркой Interpoint®) объявила о начале выпуска DC/DC-преобразователей серии **MSA+** повышенной мощности для замены популярной серии MSA.

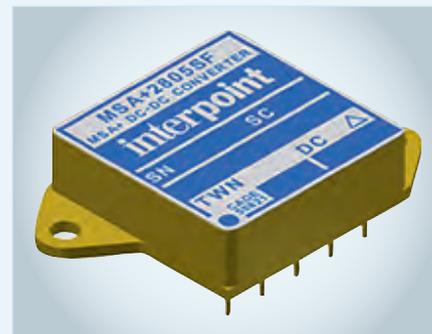
Новая серия MSA+ является ответом на запросы заказчиков на преобразователи напряжения с площадью основания 732 мм<sup>2</sup>, с повышенной мощностью, расширенным диапазоном входного напряжения и пониженным уровнем пульсаций в выходном напряжении.

DC/DC-преобразователи напряжения серии MSA+ характеризуются значени-

ем удельной мощности 926 Вт/дм<sup>3</sup>, диапазоном входного напряжения от 15 до 50 В, а также трансформаторной развязкой в контуре обратной связи. Вариант исполнения со смещёнными крепёжными фланцами позволяет обеспечить более плотное размещение модулей на печатной плате.

Новые устройства также характеризуются присущей всем изделиям компании высокой надёжностью при работе в жёстких условиях внешней среды, имеют компактный корпус и способны обеспечивать полную мощность в диапазоне температур от –55 до +125°С. Размер стального корпуса, покрытого никелем, составляет 27,05×27,05×8,89 мм (исполнение без крепёжных фланцев).

DC/DC-преобразователи компании Crane Aerospace & Electronics широко применяют-



ся в бортовой аппаратуре спутников, военных и гражданских самолётах, включая Mars Rovers, Ariane 5, Joint Strike Fighter F-35 и вертолётах Apache.

Для поставки в Россию не требуется оформления экспортной лицензии.

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

Тел.: +7 (495) 232-2522

## МИНИАТЮРНЫЙ МАЛОШУМЯЩИЙ ПРЕЦИЗИОННЫЙ ТЕРМОСТАТИРОВАННЫЙ ГК389-ТС С НИЗКОЙ G-ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬЮ

АО «МОРИОН» (Санкт-Петербург), ведущее предприятие России и один из мировых лидеров в области разработки и серийного производства кварцевых приборов стабилизации и селекции частоты, представляет новый миниатюрный малошумящий прецизионный термостатированный кварцевый генератор **ГК389-ТС**.

Основным преимуществом данного кварцевого термостатированного генератора является улучшенный уровень фазовых шумов, который достигает менее –168 дБ/Гц на отстройке 1 кГц и менее –173 дБ/Гц на отстройке 10 кГц.



ГК389-ТС характеризуется низкой G-чувствительностью – менее  $3 \times 10^{-10}/g$ .

Генератор выполнен в миниатюрном корпусе 25,8×25,8 мм с высотой 12,7 мм.

ГК389-ТС выпускается на стандартную частоту 10 МГц и обеспечивает стабильность частоты до  $\pm 5 \times 10^{-9}$  в интервале рабочих температур –40...+85°С и долговременную нестабильность частоты на уровне до  $\pm 3 \times 10^{-8}/год$ .

Генератор выпускается в вариантах с напряжением питания 5 и 12 В и синусоидальным выходным сигналом.

ГК389-ТС применяется в устройствах, подверженных вибрации, например, в транспортных системах, радиолокационной и измерительной аппаратуре, телекоммуникационном оборудовании.

Более подробную информацию можно получить у специалистов компании на выставке ChipEXPO-2019 (номер стенда P21) или на сайте АО «МОРИОН».

[www.morion.com.ru](http://www.morion.com.ru)

Тел.: +7 (812) 350-7572

## ЗАЩИТА ОТ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОГО РАЗРЯДА: NUP2105L И ESD3BxxWS ВЫДЕРЖИВАЮТ ДО 30 кВТ

«Меньший размер, меньший вес, большая мощность: шаг вперёд в конкурентной борьбе для наших клиентов» – это основной девиз компании Diotec Semiconductor AG, основанной в 1973 году в Хайтерсхайме (Германия).

С самого начала компания специализируется на производстве диодов и выпрямителей и предлагает новые продукты.

Защитный диод **NUP2105L** соответствует отраслевому стандарту в корпусе

SOT-23. Производитель предлагает два двунаправленных диода с напряжением отключения 24 В. Они выдерживают до 30 кВт в соответствии с JESD-A114D (HBM) и имеют очень низкую ёмкость сопротивления – всего 30 пФ. Это делает их идеально подходящими для защиты портов ввода/вывода и шины CAN.

**ESD3BxxWS** – это целая серия двунаправленных защитных диодов ESD в небольшом корпусе SOD-323. Их напряжение отключения составляет от 5,0 до 24 В при 350 Вт пиковой импульсной мощности. Устойчивость к электростатическим разрядам составляет 30 кВт в соответствии с IEC 61000-4-2 (воздушный разряд). Применяются эти диоды для лю-



бой защиты интерфейса и линии передачи данных.

За дополнительной информацией обращайтесь в ООО «Радиокomплект – ВП».

[www.rd-com.ru](http://www.rd-com.ru)

Тел.: +7 (812) 331-7832

## Импульсные стабилизаторы напряжения типа POL для работы от сети 48 В

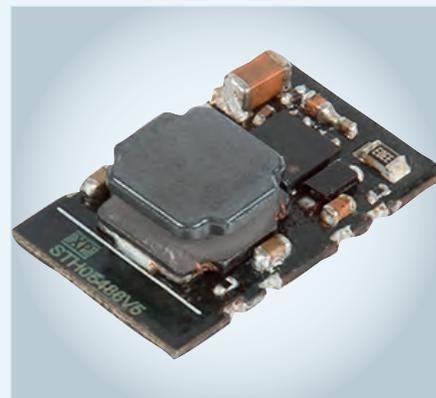
Компания XP Power начала выпуск импульсных стабилизаторов напряжения серии **STH05** с широким диапазоном входного напряжения. Анонсируемые приборы идеально приспособлены для работы от сети постоянного напряжения 48 В и предназначены для установки рядом с нагрузкой. При КПД 92% очень небольшое количество мощности теряется в виде тепла, поэтому нет необходимости в применении дополнительного радиатора, обеспечивая существенную экономию площади и предоставляя гибкость при проектировании печатной платы.

Новые DC/DC-преобразователи без гальванической развязки между входными и выходными цепями обеспечивают простое преобразование напряжения с понижением и хорошую стабилизацию напряжения при изменении входного напряжения или нагрузки, низкий уровень пульсации напряжения с низким значением потребляемого тока 3 мА в режиме холостого хода. Дистанционное включение/выключение обеспечивается через специальный командный вход

с входным током всего лишь 1 мА. Выходной канал снабжён защитой от длительного короткого замыкания с автоматическим возвратом в нормальный режим после устранения КЗ.

Для работы от сетей с номинальными напряжениями 12, 24 и 48 В диапазон входного напряжения простирается от 9 до 72 В, на выходе обеспечиваются напряжения 3,3; 5 и 6,5 В с током нагрузки 0,5 А. Для работы от сетей с номинальными напряжениями 24 и 48 В диапазон входного напряжения простирается от 14 до 72 В для выходных напряжений 7,2 и 9 В для нагрузки 0,5 А, а диапазон входного напряжения от 17 до 72 В предназначен для формирования напряжения 12 В с током нагрузки 0,5 А. При номинальном входном напряжении 48 В диапазон напряжения составляет от 21 до 72 В для формирования выхода 15 В / 0,4 А. Все модели снабжены функцией регулировки выходного напряжения в диапазоне  $\pm 10\%$  от номинального значения внешним резистором.

Корпус типа SMD-10 имеет габаритные размеры 19,5×11,8×5 мм. Диапазон рабочих температур от  $-40$  до  $+105^\circ\text{C}$  с обеспечением полной мощности до минимальной



температуры  $+65^\circ\text{C}$ . Вычисленное по стандарту MIL-HDBK-217 F значение MTBF при температуре корпуса  $+25^\circ\text{C}$  составляет более 4,8 млн часов.

Новая серия STH05 является недорогим решением для стабилизации напряжения при установке рядом с потребителем в распределённых сетях постоянного напряжения, не требующих изоляции, но где необходима стабилизация напряжения, например во встроенных компьютерных системах или портативном оборудовании с питанием от аккумуляторов.

<http://prosoft.ru>

Тел.: (495) 234-06-36

## СВЕРХТОНКИЕ ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ НА DIN-РЕЙКУ



**XP** XP Power

- Выходные мощности 30, 50 и 70 Вт
- Размер передней панели на 44% меньше, чем у аналогов
- Выходные напряжения от 5 до 48 В
- КПД до 89% (для серии DPC70)
- Полная выходная мощность обеспечивается в диапазоне входного напряжения 100–264 В
- Потребляемая мощность в режиме холостого хода  $< 0,3$  Вт (серии DPC30 и DPC50)
- Светодиодный индикатор включения выходного напряжения
- Полный комплект защит
- Широкий диапазон регулировки выходного напряжения
- Диапазон рабочих температур от  $-25$  до  $+70^\circ\text{C}$

**ProSoft**<sup>®</sup>  
WWW.PROSOFT.RU

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР

МОСКВА  
(495) 234-0636  
info@prosoft.ru

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ  
(812) 448-0444  
info@spb.prosoft.ru

ЕКАТЕРИНБУРГ  
(343) 356-5111  
info@prosoftsystems.ru  
(912) 620-8050  
ekaterinburg@regionprof.ru



Реклама

# Даже цифры могут вводить в заблуждение

Илья Лебедев (lin78@yandex.ru)

В статье описывается реальная зависимость российской электронной промышленности гражданского применения от импорта, а также рассматривается взаимосвязь понятий «импорт», «санкции», «бренд» и «производство».

10 июля 2019 года на сайте «РБК» вышла статья «Главными поставщиками микроэлектроники в Россию оказались три страны Азии» [1], в которой авторы, опираясь на цифры, доказали, что из Европы импортируется ничтожная часть от общего объёма ввозимых в нашу страну электронных компонентов – всего 4,8% (см. рис.).

В статье упоминается о том, что в российской внешнеторговой статистике импорт учитывается по стране происхождения товара, даже если он поставлен с территории других стран. При этом в реальности можно поступить чуть сложнее: сделать выборку по стране ввоза – стране происхождения. Авторы [1] исходят из предположения, что всё, что произведено в Китае, явля-

ется китайской продукцией: например, если «Самсунг» производит телевизоры в Китае и ввозит их через Корею, то это китайский импорт, а никак не корейский. В результате в их расчёты вкрадываются критические ошибки, которые могут достигать сотен процентов.

При рассмотрении данной ситуации я возьму за основу свой опыт в анализе ВЭД и работу на рынке электронных компонентов в целом.

Читатели должны понимать, что, если завод находится на территории Китая, это не всегда означает, что он является собственно китайским и что правительство Китая может в обход санкций поставлять с этого завода продукцию, которая на самом деле является собственностью того, кто заказал её про-

изводство. Исходя из этого, если американский или европейский производитель, подпадающий под ограничения, перестанет отгружать в Россию товар, то поставки из Китая также будут невозможны. Очевидность данного факта приводит меня к предположению, что статью [1] писали разные люди, причём автор первой половины использовал данные, которые были предназначены для другой статьи. В противном случае напрашивается вывод, что автор исходил из принципа «главное не как голосуют, а как подсчитывают». При этом общие оптимистичные цифры статьи не делают национальное производство более независимым.

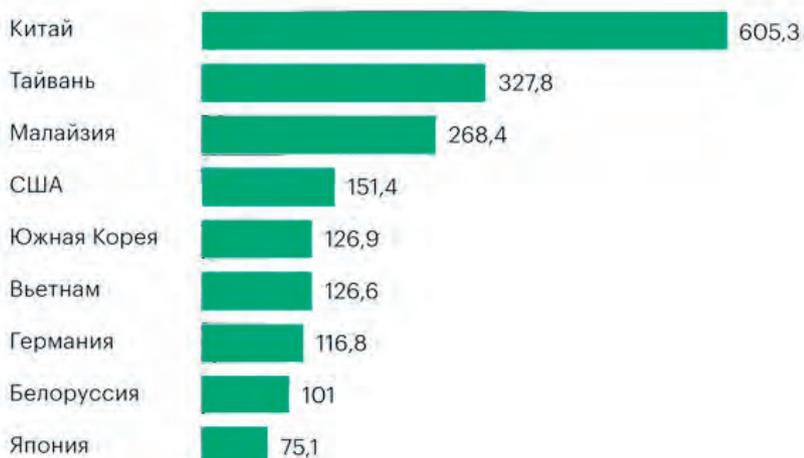
Относительно недавно компания Texas Instruments (американский производитель полупроводниковых приборов, микросхем, электроники и изделий на их основе) отказалась от сотрудничества в сфере дистрибуции со своим китайским партнёром, в частности, из-за подозрения в нарушении правил поставок – а это \$250 млн. Дистрибьюторы из Китая не имеют права поставлять продукцию за пределы страны. Недавние события в торговой войне между Китаем и США показали, что первый всеми силами стремится не допустить обострения ситуации, а уж китайские дистрибьюторы европейских брендов, имеющих производства в этой стране, тем более не будут рисковать десятками процентов своего бизнеса ради мизерных объёмов бизнеса в России. Чтобы в этом убедиться, достаточно вспомнить, что доля России на мировом рынке микроэлектроники составляет не более 1,5%. Пока всех радует то простое обстоятельство, что, несмотря на слова о санкциях, упоминаемых в статье, сами санкции пока не задели электронные компоненты, за исключением продукции военного назначения. Но поскольку авторы берут весь импорт, то данное ограничение также не имеет значение в последующем анализе.

В статье [1] рассматривались следующие виды ТН ВЭД:

- 8532 – конденсаторы;
- 8533 – резисторы;
- 8541 – транзисторы, диоды и аналогичные полупроводниковые приборы;
- 8542 – интегральные микросхемы;
- 850450 – катушки индуктивности;

## Откуда Россия завозит электронные компоненты\*

2018 год. Сумма импорта, \$ млн



**Всего: \$2,4 млрд**

\* Конденсаторы, резисторы, транзисторы, контакторы, диоды и аналогичные полупроводниковые приборы, интегральные микросхемы, катушки индуктивности, соединители, реле

Источники: Федеральная таможенная служба (ФТС), расчеты РБК © РБК, 2019

Основные страны-поставщики электронных компонентов в Россию

**Таблица 1. Анализ ввоза товара ТН ВЭД 8532\*, 8533\* с разбивкой по странам происхождения**

Страна происхождения	Стоимость отгруженных товаров, \$	%
Китай (CN)	20 806 488	33,37
Тайвань (Китай) (TW)	5 508 427	8,83
Япония (JP)	4 842 797	7,77
Южная Корея (KR)	4 267 746	6,84
Германия (DE)	3 272 287	5,25
США (US)	2 643 701	4,24
Франция (FR)	2 019 253	3,24
Чехия (CZ)	1 775 194	2,85
Гонконг (HK)	1 541 651	2,47
Мексика (MX)	1 426 771	2,29

- 8536 90 100 – соединители, 8536 4x – реле, 8536 (различные субпозиции) – контакторы.

Следует учитывать, что авторы взяли все цифры в сумме, я же позволю себе немного сузить область рассмотрения. В принципе, данный анализ возможно повторить для любого кода номенклатуры. Для этого нужно просто иметь доступ к системам обработки ВЭД [2], немного знать ситуацию на рынке и обладать нестандартным мышлением. Итак, возьмём для анализа конденсаторы и резисторы. Это достаточно распространённая номенклатурная группа: данные изделия занимают минимум 30% строк в любой спецификации заказчика.

Вводные данные берутся с ограничениями из-за большого объёма информации, но на ситуацию это не повлияет:

- направление перемещения: импорт;
- период: с 01.07.2018 по 31.10.2018;
- код ТН ВЭД: 8532\*, 8533\*;
- статистическая стоимость: \$62 356 782.

Рассмотрим первый отчёт (см. табл. 1) (здесь и далее берутся только первые 10 результатов) – пока всё совпадает с мнением авторов. Более подробный анализ представлен в таблице 2, из которой видно, что, к примеру, 12% продукции, которая обозначена как китайская, отправляется из Германии. Далее конкретизируем данные по брендам (см. табл. 3).

Тот факт, что YAGEO представлен в трёх вариантах, не должен вводить в заблуждение: их может быть до 30, поскольку данные о наименованиях брендов предоставляются в свободной форме без жёстких ограничений. Как видно из таблицы 3, тайваньский бренд YAGEO осуществляет отгрузки в Россию из Германии и из Китая, также как и TDK EUROPE. В целом же из Германии отгружается преимущественно продукция европейских брендов,

**Таблица 2. Анализ ввоза товара ТН ВЭД 8532\*, 8533\* с разбивкой по стране происхождения (Китай) и странам отправления**

Страна происхождения / страна отправления	Стоимость отгруженных товаров, \$	%
Китай (CN):	20 806 488	33,37
Китай (CN)	8 806 414	42,33
Гонконг (HK)	3 894 094	18,72
Германия (DE)	2 510 296	12,06
Нидерланды (NL)	974 258	4,68
Литва (LT)	768 194	3,69
Польша (PL)	582 441	0,28
США (US)	537 686	2,58
Израиль (IL)	435 218	2,09
Финляндия (FI)	367 095	1,76
Страна не указана	360 958	1,73

несмотря на то, что только 15% её произведено в самой Германии (см. табл. 4) – что поделаться, мы живём в век глобализации.

Наличие заводов в Китае ещё не говорит о том, что компании-владельцы бренда, чья продукция там производится, будут поставлять её именно из Китая. Подавляющее большинство производителей, входящих в топ-100, имеют несколько заводов, причём часто не только в разных странах, но и на разных континентах. Например, у крупного производителя разёмов TE CONNECTIVITY, имеющего более 10 заводов, есть склад в Европе, с которого удобно отгружать продукцию в Россию. В то же время при условии введения реальных санкций эта компания, а следом и все её дистрибьюторы перестанут отгружать продукцию не только из Европы, но и с других своих складов по всему миру.

Другой яркий пример – уже упоминавшаяся компания YAGEO, которая базируется на Тайване, но её глобальные дистрибьюторы отгружают продукцию со своих складов в Европе. В случае введения санкций Тайвань, как союзник США, первым прекратит поставки.

Малайзия в этом списке стоит особняком. Если Тайвань, Китай или Корея имеют собственных национальных производителей, то Малайзия является исключительно поставщиком рабочей силы и площадок для производства (см. табл. 5). В статье [1] указано, что Малайзия наращивает обороты, однако, скорее всего, это означает, что иностранные компании переносят туда свои мощности в связи с ростом стоимости производства в Китае.

Резюмирую моё мнение.

1. Авторы [1] ошиблись в формулировке: не «Главными поставщиками

**Таблица 3. Анализ ввоза товара ТН ВЭД 8532\*, 8533\* с разбивкой по странам отправления/ производителям**

Страна отправления / производитель	Стоимость отгруженных товаров, \$
Германия (DE):	13 177 844
YAGEO CORPORATION	1 016 384
AVX CORPORATION	844 737
MURATA MANUFACTURING CO. LTD.	709 704
VISHAY INTERTECHNOLOGY INC.	450 258
EPCOS ELECTRONIC COMPONENTS S.A.U.	437 037
SAMSUNG ELECTRONICS CO.LTD	381 069
ELECTRONICON KONDENSATOREN GMBH	354 779
VISHAY	238 297
MURATA MANUFACTURING COMPANY LTD	218 124
KEMET ELECTRONICS	202 482
Китай (CN):	9 137 467
TDK EUROPE GMBH	1 123 860
TIANJIN SAMSUNG ELECTRO-MECHANICS CO. LTD	860 651
SHANGHAI SIEYUAN POWER CAPACITOR CO.LTD	765 000
ABB XIAN POWER CAPACITOR CO	479 320
UNITED SOURCES INDUSTRIAL ENTERPRICES	419 000
OSWELL GROUP LIMITED	251 506
YAGEO	225 107
YAGEO CORPORATION	206 265
YAGEO ELECTRONICS(CHINA) CO.LTD.	168 557
SUZHOU SHINY ELECTRONICS CO. LTD. КИТАЙ	166 971

**Таблица 4. Анализ ввоза товара ТН ВЭД 8532\*, 8533\* с разбивкой по стране отправления (Германия) и странам происхождения**

Страна отправления / страна происхождения	Стоимость отгруженных товаров, \$
Германия (DE):	13 177 844
Китай (CN)	2 510 296
Германия (DE)	2 054 845
Япония (JP)	1 146 765
Южная Корея (KR)	929 731
Тайвань (Китай) (TW)	857 651
Чехия (CZ)	762 443
Франция (FR)	531 717
Испания (ES)	489 232
Сингапур (SG)	416 473
Мексика (MX)	355 561

**Таблица 5. Анализ ввоза товара ТН ВЭД 8532\*, 8533\* с разбивкой по стране происхождения (Малайзия) и странам отправления**

Страна происхождения / страна отправления	Стоимость отгруженных товаров, \$
Малайзия (MY):	877 273
США (US)	214 637
Германия (DE)	195 802
Нидерланды (NL)	136 581
Бельгия (BE)	113 741
Финляндия (FI)	49 188
Гонконг (HK)	39 099
Польша (PL)	34 822

микроэлектроники в Россию оказались три страны из Азии», а «Главными производителями микроэлектроники в мире оказались три страны из Азии» – если первую часть статьи воспринимать в контексте производства, то всё становится на свои места.

2. Данные анализа касаются только резисторов и конденсаторов – простейших компонентов, для изготовления которых не требуется высокотехнологичное производство. Китайские заводы, без сомнения, являются лидерами в области поставок, имея долю в 33%, но доля продукции китайского производства составляет лишь 14% от общего объёма поставок в Россию – а ведь это простые компоненты, потребность в которых в военной сфере наша страна и без того закрывает собственным производством.
3. Странно, почему при анализе пассивные компоненты объединены с ТН ВЭД 8542. В ситуации с разъёмами, резисторами, конденсаторами, конечно, не всё гладко, но в целом не так критично. С микроконтроллерами же ситуация обстоит совсем иначе: в этом сегменте китайские производители имеют неболь-

шие доли на российском рынке и никак не смогут компенсировать последствия санкций. Здесь даже собственное импортозамещение не поможет: достаточно вспомнить новейшую российскую разработку Vaikal-T1. На habr.com есть интересная статья [3], которая описывает попытки использования данного процессора одной из отечественных компаний.

4. У меня не было цели привести цифры с точностью до 0,1%, но, надеюсь, я сумел доказать, что место производства товара не равно месту отгрузки или праву владения этим товаром. Европейские бренды только в сегменте резисторов и конденсаторов и только по отгрузке из Германии имеют существенно большую долю, чем показанные в статье [1] 4,8%, при том что многое производится вне пределов Германии. Кроме того, есть ещё и другие страны. При этом чем сложнее изделие, тем меньше шансов на конкуренцию у собственно китайских производителей и выше доля европейской продукции.
5. Нельзя смешивать понятия завода, производства и бренда в контексте импорта и санкций. Бренд может на 100% про-

изводиться в Китае, но на те же 100% отгружаться потребителям из Германии. Производство может принадлежать китайским собственникам, а бренд производимой продукции – нет. Санкции могут не распространяться на производство, но распространяться на бренд. Отсюда можно сделать вывод, что тренд на увеличение закупок в Китае и Юго-Восточной Азии, несомненно, существует, но он не связан с падением продаж традиционных европейских поставщиков, по крайней мере, тех, кто поставляет электронные компоненты гражданского применения. На самом деле поставщики просто пытаются дифференцировать каналы поставок, развивают отношения с китайскими производителями несложной продукции, но при этом совершенно не стремятся порвать связи с европейскими производителями, особенно интегральных схем, которых попросту некому заменить.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. <https://rbc.ru/economics/10/07/2019/5d2478bc9a7947fb4f267654>
2. <http://stat.customs.ru>
3. <https://habr.com/ru/post/412077/> 



Реклама

**PROSOFT®**

WWW.PROSOFT.RU

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР

## НОВОСТИ МИРА

## ПОРТАТИВНЫЙ СВЧ-АНАЛИЗАТОР НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ ОТ KEYSIGHT TECHNOLOGIES

Keysight Technologies анонсировала следующее поколение многоцелевых портативных анализаторов FieldFox серии В.

Новые анализаторы FieldFox серии В производства компании Keysight способны выполнять непрерывные измерения в широком диапазоне частот в режиме реального времени, что делает возможным проведение испытаний сетей 5G в полевых условиях. Кроме того, новые возможности позволяют выявлять ближайшие угрозы, создающие помехи для сетей спутниковой связи, а также устанавливать их местонахождение.

Прочные портативные анализаторы FieldFox серии В с высокой степенью защиты от воздействия окружающей среды, рассчитанные на работу в самых неблагоприятных условиях, обладают следующими преимуществами:

- диапазон частот от 9 кГц до 26,5 ГГц;
- полоса демодуляции и анализа спектра в реальном времени 100 МГц обеспечи-

вает проведение высокоточных испытаний базовых станций при развёртывании и обслуживании сетей 5G;

- устройства соответствуют требованиям спецификации PRF 28800F к взрывоустойчивости и влагонепроницаемости;
- повышенная чувствительность позволяет измерять слабые шумовые сигналы и обнаруживать слабые помехи;
- сбор, воспроизведение и анализ необработанных данных синфазной и квадратурной составляющих при испытаниях средств радиоэлектронного противодействия;
- пользовательский интерфейс, ориентированный на выполнение конкретных задач, обеспечивает экономию места в полевом снаряжении и времени во всех режимах работы;
- выполнение профилактического обслуживания и углублённого поиска неисправностей с высоким уровнем точности, а также различные режимы работы, удовлетворяющие требованиям конкретных измерительных задач;



- удобный перенос результатов полевых измерений в лабораторию для дальнейшего анализа при помощи программного обеспечения 89600 VSA.

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

## ЖЁСТКИХ УСЛОВИЙ

до +85°C



### Основные свойства электролюминесцентных дисплеев

- Кристальная чёткость изображения. Отсутствует размытость изображения движущегося объекта при температуре -60°C
- Широкий угол обзора – свыше 160°
- Время отклика менее 1 мс
- Средний срок безотказной работы более 116 000 часов
- Срок эксплуатации не менее 11 лет при потере яркости 25–30%
- Устойчивость к ударным и вибрационным воздействиям
- Низкий уровень электромагнитного излучения
- Компактный корпус и оформление

### Области применения

- Специальная техника
- Транспортные средства
- Промышленное оборудование
- Медицинские приборы
- Аппаратура морской техники

**LUMINEQ**  
POWERED BY **BENEQ**

МОСКВА  
(495) 234-0636  
info@prosoft.ru

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ  
(812) 448-0444  
info@spb.prosoft.ru

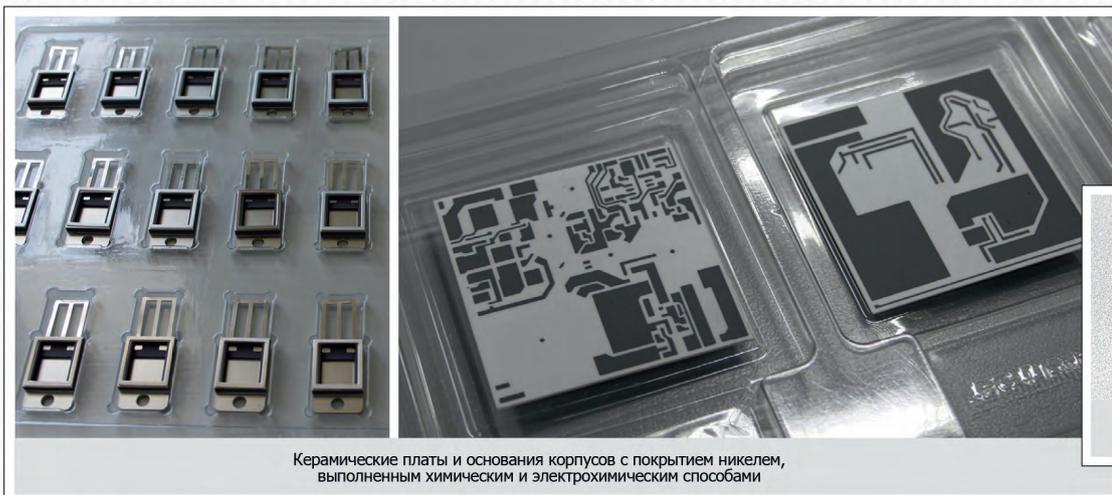
ЕКАТЕРИНБУРГ  
(343) 356-5111 (912) 620-8050  
info@prosoftsystems.ru ekaterinburg@regionprof.ru



Реклама

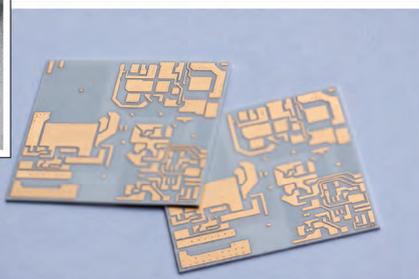
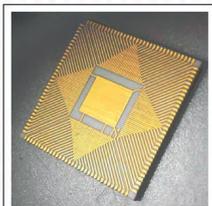
## Высококачественные покрытия Ni, Au производства АО «ТЕСТПРИБОР»

Различные металлические покрытия, выполненные электрохимическим, химическим и другими способами находят активное применение при производстве широкого спектра изделий микроэлектроники.



Керамические платы и основания корпусов с покрытием никелем, выполненным химическим и электрохимическим способами

Изделия с покрытием черный никель



Изделия с покрытием химическим и иммерсионным золотом



Основания металлокерамических и металlostеклянных корпусов с гальваническим золотым покрытием



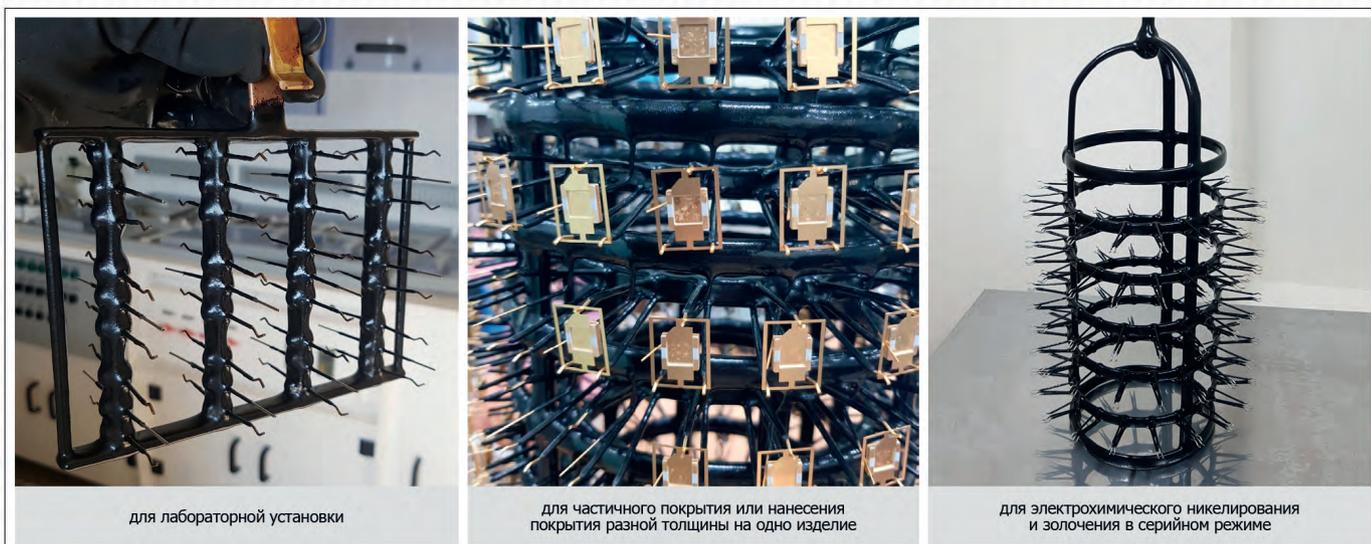
Производство компании «ТЕСТПРИБОР» в рамках освоения различного рода экспериментальной и серийной продукции владеет следующими технологиями нанесения покрытий:

- электрохимическое никелирование из растворов различных составов: толщина слоя покрытия до 30 мкм;
- электрохимическое никелирование сплавом никель-фосфор: толщина слоя покрытия до 30 мкм;
- химическое никелирование сплавами никель-фосфор, никель-бор: гарантированная толщина покрытия до 10 мкм
- электрохимическое золочение: толщина покрытия до 10 мкм
- химическое и иммерсионное золочение – толщина покрытия, нанесенного химическим способом, от 0,5 до 2,5 мкм, толщина слоя иммерсионного покрытия до 0,15 мкм
- «черный никель»

**Важным фактором успеха при выполнении покрытия электрохимическим методом является грамотно спроектированная оснастка, позволяющая:**

- наносить покрытие на большое количество изделий с разницей в толщине от изделия к изделию не превышающей 1-2% внутри партии и не более 5% по поверхности одного изделия в зависимости от его формы и особенностей топологии;
- наносить покрытие разной толщины на изолированные друг от друга части изделия, что особенно важно в случае нанесения золотого покрытия и позволяет снизить себестоимость детали за счет снижения расхода золота на покрытие тех участков, которые удаляются в процессе монтажа корпуса в прибор при сборке конечного устройства, либо выполнить частичное покрытие только технологически важных участков;
- минимизировать размер паразитных точек контакта, либо устранять их методом локального покрытия;
- использовать химически стойкие материалы (нержавеющая сталь, полиэтилен, поливинилхлорид) для снижения рисков загрязнения растворов продуктами травления подвески.

### **ПРИМЕРЫ ОРИГИНАЛЬНОЙ ОСНАСТКИ ДЛЯ ГАЛЬВАНИЧЕСКОГО ПОКРЫТИЯ, СПРОЕКТИРОВАННОЙ И ИЗГОТОВЛЕННОЙ АО «ТЕСТПРИБОР»:**



### **Высокое качество гальванических покрытий, выполненных на производстве АО «ТЕСТПРИБОР», обеспечено:**

- специально спроектированным оборудованием и оснасткой, позволяющим получать повторяемость по толщине и характеристикам покрытий внутри партии и достигать равномерности покрытия на одном изделии настолько, насколько позволяют его геометрические характеристики.
- качеством используемых растворов и постоянством технологических параметров, под четким контролем производственной лаборатории и инженерного персонала.
- грамотно подобранными составами, позволяющими наносить как классические покрытия, так и редко используемые при обычной практике – например, золотое покрытие, выполненное химическим способом до толщины более 2 мкм, что способствует осуществлению широкого спектра задач поставленных заказчиками компании.
- контролем качества изделий, производимым в несколько этапов по многим параметрам на 100% продукции, что снижает вероятность попадания бракованных изделий к заказчику.

# Цифровизация промышленности в России

Сегодня модно говорить о цифровизации производства и цифровой экономике – цифровая трансформация, цифровые двойники, аддитивные технологии. Но что в реальности скрывается за ультрамодными терминами, готовы ли отечественные предприятия к цифровым технологиям, нужна ли российским производствам немецкая концепция Индустрии 4.0 или японская парадигма Общества 5.0. В рамках конференции «Цифровизация промышленности и развитие IoT», прошедшей в рамках выставки SEMIEXPO RUSSIA 2019, мы попытались вместе с нашими партнёрами разобраться в новой терминологии и найти ответы на многочисленные вопросы.



Поскольку понятие цифровизации, относящееся к экономике и производству в целом, появилось в обращении относительно недавно, к обсуждению цифровых вопросов были приглашены специалисты, непосредственно участвующие в формировании соответствующего информационного пространства: **Михаил Годенко**, руководитель направления дирекции по проектам ПАО «Микрон», **Михаил Фельдман**, руководитель аппарата генерального директора ЦНИИ «Электроника» и **Александр Соловьёв**, к.т.н., генеральный директор и основатель портала IndustryHunter.

28 августа 2017 года было подписано постановление правительства о системе управления реализацией программы «Цифровая экономика Российской Федерации». В феврале 2019 года «Цифровая экономика» версии 2017 года была признана утратившей силу, а также был официально опубликован новый паспорт национальной программы «Цифровая экономика». Постановление правительства РФ от 02.03.2019 №234 «О системе управ-

ления реализацией национальной программы «Цифровая экономика РФ» опубликовано на официальном портале правовой информации. Согласно документу функции федерального органа исполнительной власти, ответственного за реализацию национальной программы, осуществляет Минкомсвязь. Функции проектного офиса по реализации программы осуществляет АНО «Аналитический центр при Правительстве РФ». Также АЦ поручено организовать работу по созданию, развитию и эксплуатации информационной системы электронного взаимодействия участников реализации программы.

Ориентируясь на вектор, обозначенный правительством, мы все сейчас находимся на пути к цифровой экономике.

**Цифровизация экономики** является продолжением процессов по информатизации и автоматизации, стремлению к снижению издержек и оптимизации управления. Ключевым условием для перехода на цифровые технологии является возможность формализации и

моделирования различных процессов, объектов физического мира и субъектов социальной жизни.

Стремление к снижению издержек движет цифровизацию. При этом цифровые технологии дают наибольшие преимущества, когда возрастает динамика событий, а сроки принятия и реализации решений сжимаются. Цифровые методы позволяют быстро и без значительного ущерба для качества масштабировать и перестраивать деятельность.

Результат цифровизации – **цифровая трансформация**, которая является инструментом промышленной конкуренции.

Все изменения, происходящие в формате цифровой трансформации, получают развитие по мере того, как **базовые цифровые технологии** распространяются и становятся стандартами де-факто. Они связывают физический и социальный мир с миром цифровых моделей. Использование общих базовых технологий обеспечивает совместимость процессов, лёгкость и малозатратность взаимодействий различных субъектов и объектов управления в цифровом мире. Это создаёт предпосылки для совместного использования различных ресурсов и перехода к распределённым системам управления, разработки, производства.

В соответствии с принятой программой можно выделить следующие основные базовые технологии цифровизации:

- операционные системы;
- процессорные архитектуры;
- информационные протоколы;
- конструкционные интерфейсы;
- стандартизованные технологии производства;



- стандартизованные технологии проектирования.

Наиболее значимые концепции цифровых преобразований:

1. ЦОДы – совместное использование аппаратных средств обработки и хранения данных.
2. Облачные сервисы – совместное использование программного обеспечения и информационных ресурсов.
3. Интернет вещей – совместный сбор больших данных и использование общей облачной библиотеки программных средств обработки и управления.

На основе этих трёх концепций и базовых технологий в каждой области деятельности появляются прикладные решения. Те из них, что получают наибольшее распространение, становятся стандартами де-факто в своей области и называются **цифровыми платформами**.

Наиболее известные примеры – это платформы электронной коммерции (marketplace), совместного использования транспортных средств (carsharing), контрактного производства (foundry) и городского управления (умные города).

Технологии Индустрии 4.0, такие как цифровые двойники технологического оборудования или процессов, промышленный Интернет вещей (IIoT), системное моделирование, машинное обучение для предиктивного обслуживания и прогнозирования качества продукции, ещё только начинают проникать в российскую экономику.

Инновации, тем более революционные, меняющие привычный уклад жизни, поначалу вызывают массу вопросов: от самых базовых – что представляют собой эти технологии и как их можно применять в конкретной отрасли, до конкретных – каков экономический эффект от их внедрения, помогут ли они повысить привлекательность, конкурентоспособность, гибкость предприятия.

Надёжное предсказание неисправностей и отклонений в работе благодаря моделированию физических процессов и машинному обучению уже сегодня демонстрирует экономический эффект. Использование цифровых двойников в контексте цифровой трансформации становится ключевым нововведением в области техобслуживания и ремонта. Использование цифровых двойников налаживает коммуникацию между отделами, используя технологию обратной связи, для кото-

рой характерно постоянное совершенствование конструкции изделия, оправдывающего высокие ожидания клиентов.

Цифровая экосистема непрерывного улучшения производства, которая даёт сигналы определённым сотрудникам в нужный момент, может повысить эффективность кооперации и работы в целом. Для обеспечения работы такой системы требуются данные информационных и операционных технологий с опорой на промышленный Интернет вещей с расширенной аналитикой.

Михаил Годенко, руководитель направления дирекции по проектам ПАО «Микрон» представил доклад на тему: «Российская микроэлектроника в основе безопасности критической инфраструктуры». Согласно его презентации, объём рынка Интернета вещей в России составляет порядка 67 млрд руб. (на начало 2017 года).

Ключевые направления развития IoT в России:

- 71% – Smart City и критическая инфраструктура (B2G): освещение и светофоры, логистические потоки и продовольственное снабжение, мониторинг и учёт (Big Data);
- 19% – транспорт: автомобильная электроника, датчики в шинах и в салоне, комплексные решения мониторинга и контроля, противоугонные решения;
- 5% – развитие бизнеса (B2B): промышленность, контроль расхода энергии, управление предприятиями;
- 3% – умные здания: решения в сфере ЖКХ;
- 1% – умный дом и пользовательская электроника;
- 1% – прочее: retail и ЭКО-среда.

Отдельно докладчик остановился на рынке IoT (Smart City и критическая инфраструктура): детекторы дыма, мусорные баки, счётчики электроэнергии, автоматизация зданий и автомониторинг (шины, манера езды), газовые счётчики и освещение города. Практически для всех обозначенных применений российский производитель микроэлектроники готов предоставить готовые решения. Эти приборы и системы будут соответствовать всем необходимым требованиям по безопасности. Обеспечение безопасности критической инфраструктуры – одна из наиболее важных задач развития микроэлектронной отрасли в Российской Федерации. Только наличие собственного производства микроэлектроники может гарантировать отсутствие недекларируемых возможностей, иницирующих передачу данных другой стороне, вывод техники из строя или выполнения несанкционированных пользователем команд.

Представитель отечественного производителя микроэлектронных устройств твёрдо убеждён в необходимости цифровой трансформации, но с учётом соблюдения всех правовых норм и обеспечения безопасности инфраструктуры.

Тему цифровой трансформации продолжил Михаил Фельдман. В своём докладе «Цифровая трансформация радиоэлектроники. Исследование радиоэлектронной отрасли» он сделал акцент на статистику. В проведённом исследовании участвовали приблизительно сто предприятий отрасли. Аналитические результаты представляют немалый интерес для профессионального сообщества.



Михаил Годенко



Алексей Смирнов

По результатам исследования, на данный момент в организациях российской радиоэлектронной промышленности наиболее автоматизированы процессы, не являющиеся специфическими для отрасли и широко применяющиеся в различных компаниях вне зависимости от их профиля. Речь идёт о бухгалтерском учёте, уровень автоматизации которого практически достиг 99%, а также складских процессах (59%) и документообороте (54%). Доля автоматизации бизнес-процессов, отражающих отраслевые особенности, существенно ниже, например, сфера управления производством автоматизирована лишь на треть.

В ближайших планах организаций – увеличение уровня автоматизации по таким направлениям, как управленческий учёт, управление производством и взаимоотношениями с поставщиками (SRM) и клиентами (CRM).

Наибольшим потенциалом развития среди технологий Индустрии 4.0 для организаций радиоэлектронной промышленности выделяются технологии 3D-печати: 48% респондентов отмечают применимость данной технологии, при этом у 18% она уже внедрена, 20% планируют внедрение. 3D-печать используется при создании макетов, прототипов и опытных образцов, производстве деталей (например, антенных элементов), изготовлении оснастки для станков с ЧПУ. В ближайших планах – использование 3D-печати при изготовлении СВЧ-электроники и производстве магнитотвёрдых материалов. Кроме того, 3D-печать используется при создании производственных креплений, вспомогательного оборудования для производства электронной компонентной базы, при моделировании.

На данный момент на отечественных предприятиях радиоэлектронной промышленности не внедрены технологии виртуальной и дополненной реальности, распределённого реестра и блокчейн, автономные роботы. При этом 7% опрошенных отметили, что в краткосрочной перспективе планируют использовать технологии виртуальной и дополненной реальности в системах документооборота, для обеспечения процессов обучения персонала, пользователей, партнёров и заказчиков, виртуальной пусконаладки, технического обслуживания и ремонта оборудования. Технологии

виртуальной и дополненной реальности могут сочетаться с геопространственными технологиями и в конечном итоге быть использованы для реализации концепции интеллектуального производства (Smart Factory).

Технологии распределённого реестра и блокчейн в краткосрочной перспективе предполагают использовать 3% опрошенных организаций в системах обработки информации и при развитии смарт-контрактов. По мнению участников опроса, в перспективе технологии распределённого реестра и блокчейн могут быть использованы при внедрении CALS-технологий, связанных с информационной поддержкой на всех этапах жизненного цикла изделия, при создании баз данных производимой и применяемой ЭКБ отечественного и иностранного производства, для налаживания работы с внешними организациями, например, при осуществлении договорной деятельности с партнёрами или обмене платёжными документами с банками.

Автономные роботы могут быть использованы в организациях радиоэлектронной промышленности для автоматизации производственных процессов, рабочих линий, сварочных работ, при этом респонденты отмечают, что внедрение подобных технологий крайне дорогостояще и потому экономически невыгодно. В краткосрочной перспективе лишь 1% организаций планирует внедрить у себя автоматизированную транспортную систему.

Организации радиоэлектронной промышленности в своей деятельности уже применяют, как минимум на уровне пилотных проектов, технологии больших данных (Big Data), Интернета вещей, печатной электроники, суперкомпьютерных, квантовых и параллельных вычислений, искусственного интеллекта и готовы развивать указанные направления как в краткосрочной, так и в долгосрочной перспективе.

В цифровой трансформации отрасли 69% организаций российской радиоэлектронной промышленности видят возможность освоения производства новых продуктов, 60% – возможность повышения эффективности за счёт снижения издержек, изменения бизнес-моделей и других факторов, 57% – возможность выхода на новые рынки, 36% – возможность роста спроса на производимый продукт, 22% – возможность

реализации модели «продукт как услуга» и предоставление сервисов по необходимости. В качестве потенциальных опасностей респонденты отмечают увеличение конкуренции (49%) и падение спроса на производимый продукт (47%), что можно объяснить особенностями развития российской радиоэлектронной промышленности, привыкшей ориентироваться на выполнение государственного оборонного заказа, а не на рыночные тенденции.

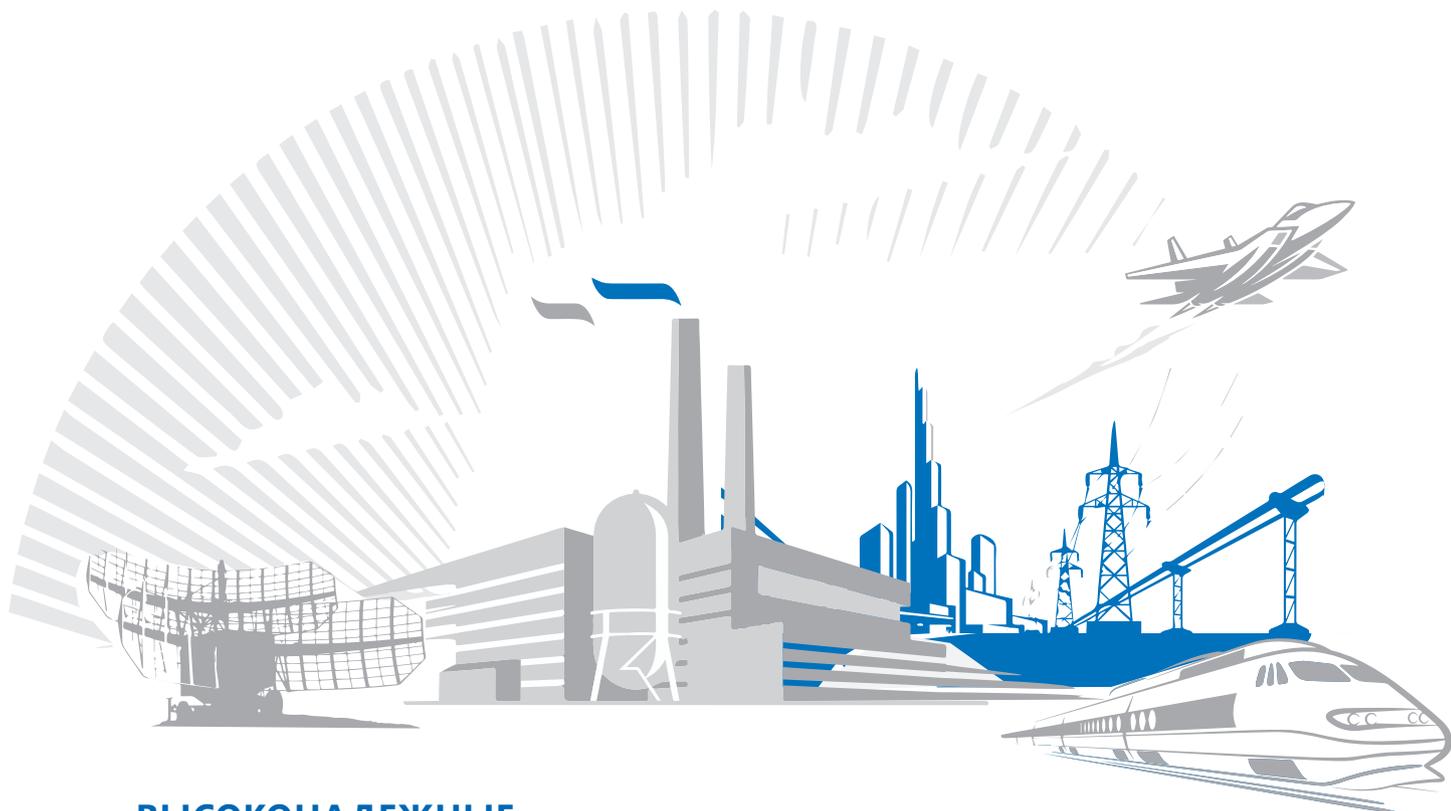
В то же время, согласно данным проведённого опроса, организации российской радиоэлектронной промышленности демонстрируют готовность участвовать в цифровой трансформации, в том числе работая над созданием собственных цифровых продуктов, услуг и технологий по самому широкому кругу направлений.

Подводя итог, опрос выявил три ключевых фактора, от которых зависят результаты цифровой трансформации, – финансирование, стандартизация и нормативно-методологическая база, кадры. Необходимость создания соответствующей системы правового регулирования и подготовки высококвалифицированных кадров чётко обозначены на государственном уровне – в настоящее время в структуре национальной программы «Цифровая экономика» в качестве отдельных федеральных проектов выделены направления «Нормативное регулирование цифровой среды» и «Кадры для цифровой экономики».

Выявилось ещё одно важное ограничение, препятствующее процессам цифровой трансформации в нашей отрасли: отечественные предприятия пока, в значительной мере, не могут на равных конкурировать с крупными иностранными игроками даже на внутреннем рынке. Российская радиоэлектронная промышленность всё ещё находится на переходном этапе к рыночной экономике. Когда большинство организаций отрасли займёт рыночные ниши, то сможет проактивно в них действовать. Тем не менее нельзя не отметить положительную тенденцию в сфере конкурентоспособности, что даёт надежду, что при развитии системы мер поддержки отечественной продукции на внутреннем рынке российская электроника со временем сможет массово выйти и на мировой уровень.



*Материал подготовил  
Алексей Смирнов*



## ВЫСОКОНАДЕЖНЫЕ МОДУЛЬНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ДЛЯ ЖЕСТКИХ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ



### Серия HWS, HWS-A

- AC/DC-источники питания мощностью от 15 до 1560 Вт
- Ограниченная пожизненная гарантия
- Диапазон рабочих температур  $-40...+70^{\circ}\text{C}$ , конформное покрытие платы (модификация HD)
- Широкий диапазон выходных напряжений: от 3,3 до 60 В
- Работа в режиме пиковой мощности 300% в течение 5 с (модификация P)



### Серия PFE, PFH

- AC/DC-преобразователи на плату от 300 до 1008 Вт
- Вход: 85–265 В AC, регулируемый выход: 12, 24, 48, 51 В DC
- Защиты от перенапряжений, перегрузки, перегрева
- Диапазон рабочих температур подложки  $-40...+100^{\circ}\text{C}$
- Цифровое управление, обратная связь, поддержка PMBus™



### Серия CN-A

- DC/DC-преобразователи на плату от 30 до 200 Вт
- Повышенная устойчивость к вибрациям, рекомендован для железнодорожного транспорта
- Диапазон рабочих температур  $-40...+100^{\circ}\text{C}$  на подложке без снижения мощности
- Вход: 60–160 В DC или 14,4–36 В DC, выход: 5–24 В DC
- 5 лет гарантии



### Серия HQA/GQA

- DC/DC-преобразователи на плату мощностью 85 и 120 Вт
- Ударные перегрузки до 50g
- Диапазон рабочих температур  $-55 (-40)...+115^{\circ}\text{C}$
- Широкий диапазон входных напряжений: 9–40 В и 18–40 В DC
- Выходные напряжения: 5, 12, 15, 24, 28, 48 В DC
- КПД до 91,5%



# Человекоцентричная поддержка: искусственный интеллект в производстве

Фабыенн Босле (SmartFactory<sup>KL</sup>), Кристиан Хэйер (DFKI)

На Ганноверской промышленной выставке-ярмарке Hannover Messe компания SmartFactory<sup>KL</sup> представила сценарии использования искусственного интеллекта в производстве. Приложения дополненной реальности визуализируют результаты оценки данных.

Для людей, работающих на производствах будущего, появится ещё один важный элемент производственного процесса, наряду с искусственным интеллектом (ИИ): технология сможет быстро и точно обрабатывать большие объёмы данных и предоставлять обработанные контекстно-зависимые результаты операторам. Технология дополненной реальности (ДР) проявила себя как эффективный инструмент для визуализации информации в простой для понимания форме. Консорциум партнёров SmartFactory<sup>KL</sup> продемонстрировал, как реализуется данная технология в рамках промышленного предприятия Индустрии 4.0, 1–5 апреля 2019 года на Hannover Messe, где был представлен

совместный с Немецким научно-исследовательским центром искусственного интеллекта (DFKI) выставочный стенд. Для демонстрации способов улучшения качества, контроля состояния и обнаружения отклонений с помощью ИИ использовалось несколько сценариев.

Оценка накопленных данных является важной задачей, выполняемой ИИ в промышленной среде. Такие машинные данные, как давление, температура или поток, предоставляют информацию о состоянии системы и позволяют осуществлять контроль параметров. Объём генерируемых данных намного превосходит тот, который может быть оценён и интерпретирован человеком при отсутствии технической под-

держки. Однако для операторов оборудования в этом есть и положительный эффект, заключающийся в появлении возможности предсказать потенциальные неисправности системы, как только собранные данные будут обработаны с помощью соответствующего математического анализа. Неминуемый собой может быть заранее устранён путём прогнозируемого технического обслуживания, что, в свою очередь, сводит к минимуму время простоя и ремонта.

## СЦЕНАРИЙ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ: АЛГОРИТМЫ ОБНАРУЖЕНИЯ ОТКЛОНЕНИЙ ПОМОГАЮТ РАБОТЕ ОПЕРАТОРА

Для демонстрации контроля состояния и обнаружения отклонений в рамках промышленного предприятия Индустрии 4.0 консорциумом партнёров SmartFactory<sup>KL</sup> был разработан новый сценарий использования, основанный на том, что первым сигналом износа технологического блока по причине трения является, например, скрежещущий звук. В демонстрационных целях неисправность была введена в блок во время эксплуатации таким образом, чтобы звуки скрежета были отчётливо слышны. Присутствие шума внутри блока можно контролировать и акустически записывать, для того чтобы запустить оценку с помощью алгоритма ИИ, который определяет шум и помогает в обнаружении отклонений.

### Общество по исследованию технологий SmartFactory<sup>KL</sup> e.V.

SmartFactory<sup>KL</sup> было создано в качестве некоммерческой организации в 2005 году, объединив промышленных и исследовательских партнёров в общество для совместной реализации проектов Индустрии 4.0 для производств будущего. Это уникальный, брендонезависимый исследовательский центр, расположенный в Немецком научно-исследовательском центре искусственного интеллекта (DFKI) в Кайзерслаутерне. Перспективные инновационные информационно-коммуникационные технологии (ИКТ) оцениваются и в дальнейшем разрабатываются в реальных условиях промышленного производства.

<https://smartfactory.de/en/>



Рис. 1. Реализация технологии человекоцентричного ИИ в промышленном секторе

Далее ERP-система (система управления ресурсами предприятия) может создать заказ на техническое обслуживание с указанием типа и местоположения неисправности. Специалист по обслуживанию получает информацию на планшет, смартфон или даже на дисплей смарт-очков. В итоге необходимость в рутинном поиске неисправностей для сотрудников сводится к нулю, и ремонт системы может быть проведён ещё до производства отходов или появления более серьёзных неисправностей.

Дополненная реальность сопровождает оператора во всех процедурах обслуживания на месте, например, с помощью смарт-очков: в этом случае сотрудник видит информацию и инструкции, спроецированные в очки, при этом его руки остаются свободными для выполнения и завершения этапов работы. Результатом является улучшенное и более интуитивно понятное решение проблемы. ДР ускоряет реализацию потенциала дистанционного обслуживания, например позволяя инженеру, работающему в офисе, оказать помощь технику, находящемуся на объекте.

«Прогнозное техническое обслуживание является хорошим примером того, как ИИ помогает заводским рабочим. Сотрудник должен интерпретировать информацию, доступную благодаря ИИ, и предпринять правильные действия», – говорит профессор Мартин Русковски, руководитель отдела исследований инновационных систем производства в DFKI и эксперт по использованию ИИ в производстве.

### ИИ-приложения представляют интерес для малого и среднего бизнеса

Другой сценарий применения технологии SmartFactory<sup>KL</sup> показывает, как оператор может использовать визуализированные данные на приборной

#### Немецкий научно-исследовательский центр ИИ (DFKI)

Немецкий научно-исследовательский центр искусственного интеллекта имеет филиалы в Кайзерслаутерне, Саарбрюккене, Бремене (с отделением в Оснабрюке) и проектный офис в Берлине и является ведущим немецким научно-исследовательским институтом в области инновационных программных технологий. Проекты DFKI охватывают широкий спектр разработок: от проблемно-ориентированных фундаментальных исследований до рыночного и клиентоориентированного проектирования опций продукта.  
<https://www.dfki.de/en/web/>

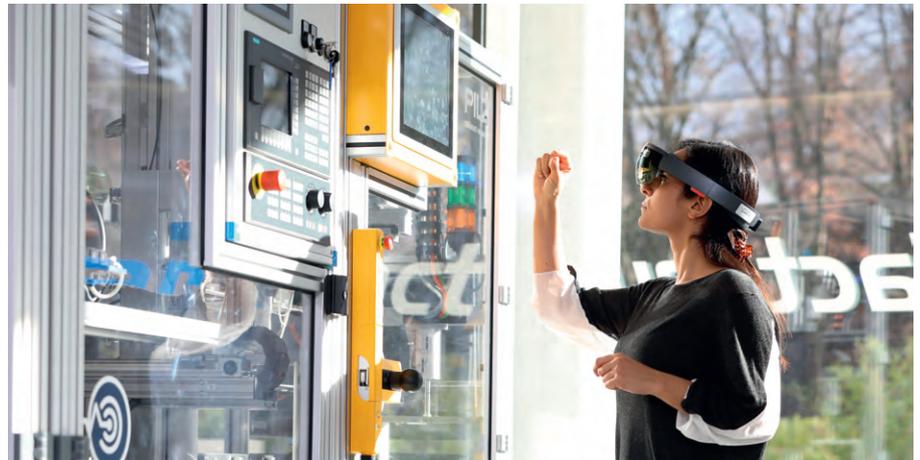


Рис. 2. Использование технологии ДР в смарт-очках

панели блока.

«Для нас это важный сценарий. Визуализация данных представляет собой простой шаг во внедрении ИИ-приложений, к которому средний и малый бизнес ещё не проявили интерес. Наша цель – предложить малым и средним предприятиям практические идеи. Одного лишь сбора данных недостаточно. Для того чтобы создать добавленную стоимость, мы должны сначала получить и визуализировать полезную информацию, а затем сгенерировать экран дисплея, если, например, лимит был превышен», – поясняет профессор Детлеф Зильке, председатель SmartFactory<sup>KL</sup>.

Ещё один впечатляющий вариант – приложение для преобразования речи

в текст, которое может перевести голосовую команду оператора в текстовую, а затем искать необходимую информацию в базе данных. В этом случае оператор может выводить необходимые страницы инструкции по сборке или эксплуатации из технической документации на смарт-очки. Консорциум партнёров SmartFactory<sup>KL</sup> также представил этот сценарий использования на Ганноверской промышленной выставке-ярмарке.

Партнёрами при демонстрации возможностей Индустрии 4.0 на SmartFactory<sup>KL</sup> являются: B&R Automation, Bosch Rexroth, EPLAN Software & Service, Festo, HARTING, Huawei, IBM, KIST Europe, METTLER TOLEDO, MiniTec, PHOENIX CONTACT, Pilz, proALPHA, TÜV SÜD и Weidmüller.



### НОВОСТИ МИРА

#### «Микрон» выпустил RFID-метку для маркировки товаров со специфической упаковкой

«Микрон» освоил серийный выпуск новых радиочастотных идентификационных (RFID) меток M3946/1R6, или Flag-Tag для маркировки товаров и упаковки. Специальная форма метки в виде флажка позволяет идентифицировать предмет на расстоянии до 5 м. Метка Flag-Tag может применяться для стеклянных, металлических, фольгиро-

ванных и зеркальных поверхностей, в том числе для бутылок и других товаров из любого типа материала, с целью автоматизации инвентаризации и складского и логистического учёта.

Клеевым слоем обладает только область для нанесения на объект маркировки, а антенна метки при этом находится в воздухе и не приклеивается к поверхности. Таким образом, метку можно легко наносить на поверхность из любого материала, и она будет гарантированно считываться. Новое

изделие успешно прошло лабораторные и полевые испытания и готово к серийному выпуску.

RFID-метка M3946 ультравысокочастотного диапазона (УВЧ) разработана RFID-лабораторией «Микрона» по спецзаказу. Метка размером 39×46 мм имеет в своей конструкции специальный хлястик для наклеивания на крышки бутылок и прочие предметы со специфической по форме или материалу упаковки.

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

# IoT-радиопроцессор с криптокодированием структуры радиосигнала

Алексей Галицын (Москва)

Описанная в статье технология обеспечивает реализацию новой парадигмы в архитектуре и обеспечении безопасности беспроводного Интернета вещей (IoT), ориентированных на конвергенцию Интернета вещей и концепции «туманных вычислений». Предлагаемый подход обеспечивает простоту и прозрачность построения безопасного локального мира умных вещей и его подключения к Интернету, эргономичность архитектуры систем, простоту обеспечения и высокий уровень безопасности, уникальную помехозащищённость при многократном снижении себестоимости радиосистем Интернета вещей (IoT), Индустриального Интернета вещей (IIoT) и Всеобъемлющего Интернета (IoE) в будущем.

## ВВЕДЕНИЕ

Мировая полупроводниковая индустрия вышла на уровень «систем на кристалле» (System on Chip – SoC). На этом уровне развития полупроводниковая фабрика, производя кристалл, фактически будет производить функционально законченное изделие (электронную часть Вещи). Существует очень большая вероятность того, что в ближайшие несколько лет ведущие производители классических универсальных микросхем большой степени интеграции переориентируются на производство готовых изделий – систем на кристалле для «своих» умных вещей массового гражданского и военного рынков. Поэтому сегодня не приходится надеяться на Западный мир, который в области полупроводников уже вышел на уровень «систем на кристалле» и осознал, что производить (в ущерб себе) и поставлять в Россию даже микросхемы прошлого века – значит терять огромные рынки вооружений.

Всё это может привести к большим проблемам (не исключая санкционные) для подавляющего большинства приборостроительных предприятий России, использующих импортную элементную базу [1]. Об этом неустанно, в течение 20 лет, заботится наше правительство: закупает полупроводниковые фабрики, выделяет денежные средства госкорпорациям на приобретение оборудования для дизайн-центров по проектированию кристаллов (SoC) для военной и космической техники. При этом умалчивается тот факт, что не только развивать полупроводниковую индустрию, но даже просто покупать и

содержать полупроводниковые фабрики на средства госбюджета не может себе позволить ни одна страна мира, кроме России (даже США). Как результат – отечественные фабрики практически не загружены (нет конкурентоспособной продукции), а затраты на их текущее содержание огромны и дотируются из бюджета. И это в то время, когда без собственной элементной базы, без дизайн-центров по проектированию систем на кристалле, не только «Цифровая экономика» или оборонная промышленность, но и сам технический прогресс в стране может стать невозможным уже завтра.

Более того, к проектированию собственных систем на кристалле большинство российских приборостроительных предприятий попросту не готово. Количество дизайн-центров, способных создавать конкурентоспособные системы на кристалле, крайне ограничено – их единицы.

## Полупроводниковая индустрия и IoT

К счастью, Интернет «перевернул» нашу жизнь, и человечеству, наконец, стало ясно, что следующим этапом развития техники будет подключение к Интернету сотен миллиардов умных киберустройств: дорогих и дешёвых, больших и маленьких, безобидных и взрывоопасных – любых. Наступила новая эпоха – эпоха Интернета вещей [2].

По данным всемирного исследования PwC Digital IQ® за 2017 год, Интернет вещей (IoT) занимает первое место среди восьми прорывных технологий, спо-

собных изменить бизнес-модели компаний или целых индустрий, опережая в этом рейтинге искусственный интеллект, дополненную реальность, технологию, связанную с созданием дронов и управление ими, блокчейн и целый ряд других «сверхновых» технологий [3].

Рынок Интернета вещей – это (в отличие от других) действительно безграничный рынок электроники ближайшего и даже отдалённого будущего. Вместе с тем развитие Интернета вещей в России и за рубежом сдерживается наличием ряда объективных проблем.

Проблема № 1 – макроэкономическая. Заключается она в желании лидеров окупить затраты на разработку устаревшей техники за счёт технологически отсталых стран. Интернет вещей будущего будет беспроводным и мировой подход в области IoT – это создание IoT «эволюционно», на элементной базе и RF-стандартах, исторически созданных для совершенно других целей. Такой подход будет продвигаться монополиями до тех пор, пока затраты на эту элементную базу не окупятся за счёт технологически отсталых стран (в их числе Россия) или пока ситуация с IoT не зайдёт в тупик. Российский путь в области IoT – это «следование за лидером» – продвижение на российский рынок решений, реализованных на импортной элементной базе, что способствует захвату рынка иностранными компаниями и уничтожению отечественной полупроводниковой индустрии.

Проблема № 2 – эргономическая. Заключается она в несоответствии архитектуры систем новым вызовам и задачам. С развёртыванием LTE и 5G Интернет будет подведён к каждому метру урбанизированного пространства и необходимость в «дальнобойных» локальных RF-технологиях Интернета вещей, широко разрекламированных сегодня, практически отпадёт. Существующие методы создания беспроводного Интернета вещей «ближнего действия» основаны на технологиях локальных беспроводных сетей прошлого века, использующих для адресации устройств, распределения каналов и борьбы с коллизиями центра-

лизованные контроллеры-координаторы и сетевые операционные системы – что крайне не эргономично, тем более сегодня, когда новым интерфейсом взаимодействия человека с виртуальным, а теперь и с реальным миром, становится смартфон. Однако и для соединения смартфона с окружающими его вещами предлагается использовать или «трансконтинентальные» облачные соединения, или устаревшую технику беспроводных сетей прошлого века.

Проблема № 3 заключается в обеспечении безопасности [4, 5]. IoT (IoE) будущего будет беспроводным, т.е. легко доступным (для проникновения в сеть не потребуется даже электрического подключения к ней), и его главная проблема – кибербезопасность. Но существующие механизмы безопасности Интернета при его расширении до уровня IoT – т.е. через эфир «за браузер» – напрямую не применимы, что требует огромных затрат и радикальных изменений в идеологии и механизмах безопасности существующей сети Интернет. Кроме того, появление 30 млрд IoT-устройств к 2020 г. гарантирует появление в любом конкретном локальном, не лицензируемом RF-пространстве множества функционально разных IoT-систем. И уже в ближайшем будущем никакие системы борьбы с коллизиями не смогут обеспечить их ЭМС-совместимость как друг с другом, так и с уже существующими в нём радиосредствами.

Проблема № 4 – проблема импортозамещения и безопасности объектов критической инфраструктуры. Не секрет, что Интернет вещей может оказаться глобальным информационным оружием, целенаправленно размещаемым на территории потенциального противника. При расширении сети Интернет до уровня вещей этому информационному оружию становится подвержен не только «моральный дух», финансовые потоки, но даже сами объекты гражданской и критической инфраструктуры. Игнорировать подобные риски преступно. На сегодняшний день только импортозамещение может уберечь от вредоносных «закладок» в компьютерные технологии и обеспечить национальную безопасность.

## НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ

Новым интерфейсом для взаимодействия человека с виртуальным миром и «миром» окружающих его реальных вещей становится смартфон. Но,

для осуществления этого взаимодействия и для построения самого «мира вещей» («умного дома», «умной квартиры», «умного цеха») нужны совершенно другие (сверхнадёжные) радиочастотные технологии и новые архитектуры. В новых условиях вещи должны получить возможность перерегистрации в разных системах, а распределённые прикладные процессы должны гарантированно автономно работать каждый в своей локальной радиосреде, имея возможность доступа и к облачным сервисам. Наконец, смартфону нужен такой коммуникационный сопроцессор для непосредственного прямого взаимодействия с «миром вещей», который гарантирует безопасность этого взаимодействия (независимо от уровня квалификации разработчика прикладных систем) и который станет технической основой для создания самого этого безопасного «мира вещей».

К сожалению, в отечественных программах развития страны и, в частности, в Национальной программе «Цифровая экономика Российской Федерации» Интернет вещей понимается весьма примитивно. Речь в этих программах идёт лишь об узкополосных радиоканалах большого радиуса действия для «счётчиков электроэнергии и электролампочек» с IP-адресами, как будто все «умные вещи» во всех квартирах и все станки во всех цехах Индустрии 4.0 обязаны общаться между собой исключительно посредством «дальнобойных» узкополосных радиоканалов через общие центральные базовые станции или через станции сотовых операторов. Локальные беспроводные сенсорные сети, созданные в прошлом веке для совершенно других целей, когда-то имели право на существование, но в настоящее время также являются анахронизмом, противоречащим современной концепции «туманных вычислений» (fog-computing), которая поддержана мировыми технологическими лидерами: компаниями Cisco, Microsoft, Dell, ARM, Intel и даже... Администрацией Президента РФ [6].

Смешно сказать, но главную проблему Интернета вещей – проблему безопасности – создатели Национальной программы «Цифровая экономика» предлагают решить весьма экзотическим образом. Для этого «к сетям IoT должны быть подключены системы средств оперативно-розыскных мероприятий (СОРМ) и внесены изменения в закон „О связи“» [7].

Таким образом, даже после «успешного» завершения Национальной программы «Цифровая экономика» в области IoT у России так и останутся всё те же, указанные выше, проблемы.

Рынок Интернета вещей – это быстрорастущий рынок, который к 2020 году составит \$7–10 трлн, а это четверть бюджета США или современного Китая.

Такой объём рынка при разумном подходе мог бы «поднять» (по примеру Южной Кореи и Тайваня) не только полупроводниковую индустрию России, но и всю страну вместе с её нефтегазовым бюджетом.

На этой «финансовой волне» автор предлагает решить Проблему № 1 – возрождение электронной индустрии страны, Проблему № 2 – исключение из архитектуры Интернета вещей беспроводных сетей прошлого века, привязанных к инфраструктуре (повсеместность обеспечат LTE и 5G) и Проблему № 3 – безопасность Интернета вещей (посредством создания защищённой и недоступной для кибератак локальной радиосреды) и создания самого «Мира Вещей» на основе российской C-UWB RF-технологии с криптографической защитой структуры радиосигнала.

Данная технология использует радиочастотный спектр на вторичной основе, обеспечивает бесконфликтность в отношении существующих RF-стандартов, высочайшую помехозащищённость и криптографическую уникальность каждого соединения. Таким образом появляется возможность простого (доступного для массового разработчика), универсального, а главное – безопасного подключения вещей к Интернету, без разрушения идеологии и механизмов безопасности существующей сети Интернет, т.е. её инфраструктуры. При этом автоматически будет решена и проблема импортозамещения (проблема № 4).

## ПРЕДЛАГАЕМОЕ РЕШЕНИЕ

Предлагаемая инновация заключается в создании универсального, информационно-безопасного элемента – IoT-радиопроцессора (IP-блок, SoC, Chip-set, +Soft) с криптокодированием структуры радиосигнала. Данный радиопроцессор послужит инструментом создания локального (R=100–200 м) радиопространства глобальной информационной среды будущего и базовым элементом построения локального «Мира умных вещей». Это позволит

разместить «Мир вещей» в локальном радиочастотном пространстве на вторичной основе, без конфликтов с существующими радиочастотными стандартами и технологиями, обеспечив при этом непосредственную радиочастотную адресацию устройств друг другом, принципиальную недоступность для кибератак, высочайшую помехозащищённость и минимальную себестоимость подключения вещей к Интернету [8, 9].

На рисунке показано место IoT-радиопроецессора в архитектуре систем.

В проекте реализуется новая парадигма в обеспечении безопасности беспроводного Интернета вещей, основанная на перенесении криптозащиты с информации на структуру радиосигнала. Другими словами, криптозащита переносится со сложнейших протоколов безопасности на аппаратуру, что существенно упрощает проектирование систем и автоматически гарантирует безопасность соединений массовому разработчику [9, 10]. Тем самым обеспечивается принципиальная недоступность соединений для кибератак и исключение из состава транспортной инфраструктуры IoT-систем целого транспортного уровня – уровня беспроводной локальной сети и соответствующего оборудования (сетевых ОС, контроллеров-координаторов, маршрутизаторов и т.п.), что позволяет значительно снизить себестоимость систем.

Для осуществления криптокодирования структуры радиосигнала может быть применена разработанная российская C-UWB RF-технология, базиру-

ющаяся на псевдослучайных кодовых криптопоследовательностях и использующая RF-спектр на вторичной основе. Предлагаемая технология основана на корреляционной обработке сложного широкополосного радиосигнала и принципе кодового разделения каналов [9, 10].

При этом для обеспечения безопасности в существующей сети Интернет не придётся ничего ломать. Путём стандартной техники Интернета (VPN-соединения, SSL-протоколы) будет обеспечено безопасное взаимодействие прикладных процессов новой точки доступа (смартфон, планшет, компьютер) с Интернетом (web-серверами, сайтами и «облаками»), а посредством нового информационно-прозрачного, но криптографически защищённого по структуре радиосигнала беспроводного соединения, будет обеспечено безопасное взаимодействие этих прикладных процессов собственно с вещами (т.е. обеспечение следующего уровня расширения сети). Соответственно и прикладные процессы в рамках концепции «fog-computing» должны будут строиться с учётом новой архитектуры нижнего уровня сети и этих новых возможностей по обеспечению безопасности.

Такой подход позволит сохранить все существующие механизмы безопасности классической сети Интернет (всю её инфраструктуру – что называется «до браузера»), т.е. сохранить все механизмы, обеспечивающие безопасное взаимодействие прикладных процессов, происходящих в компьютерах и смарт-

фонах (fog-узлах) с сайтами, серверами и «облаками», одновременно обеспечив простоту, прозрачность, а главное – высочайший уровень безопасности информационного взаимодействия этих процессов с вещами, а вещам – безопасное взаимодействие напрямую между собой.

Эта новая концепция в обеспечении безопасности, в которой средства безопасности предоставляются массовому разработчику прикладных систем Интернета вещей не в виде непонятных ему стеков протоколов, а в виде готового беспроводного чипа (IP-блока для систем на кристалле), гарантирующего и автоматически обеспечивающего безопасность любого и каждого беспроводного соединения на периферии сети.

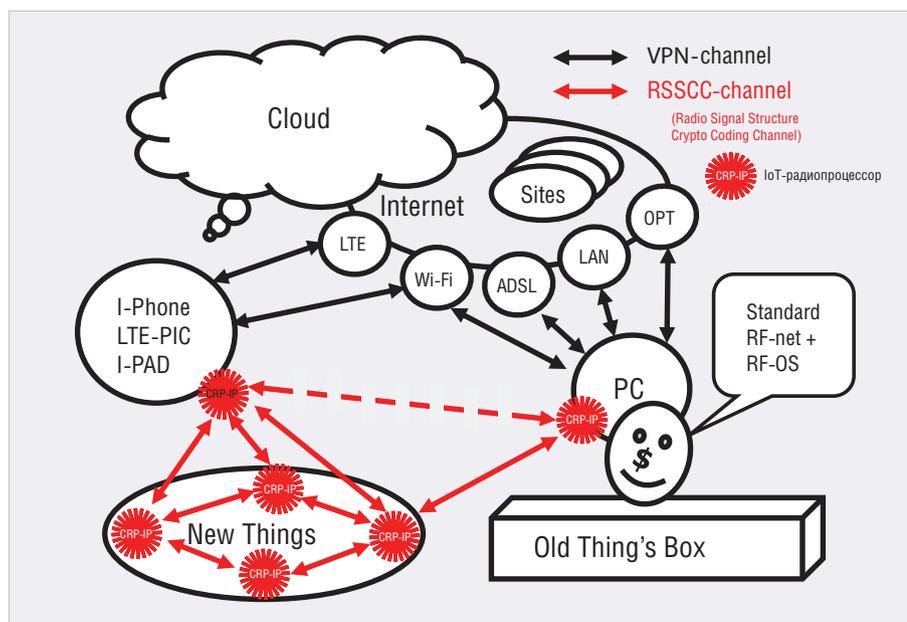
В свою очередь, корреляционная обработка радиосигнала позволяет с помощью принципа кодового разделения каналов перенести и процесс адресации устройств с логического (адресация на основе информации, полученной после демодуляции радиосигнала) на физический уровень обработки самого радиосигнала (до его демодуляции). Тем самым обеспечивается прямая, т.е. непосредственная адресация устройств друг другом без участия средств, выполнявших эти функции в традиционных радиосистемах (контроллеры-координаторы, сетевые операционные системы и т.п.).

Используя радиочастотный спектр на вторичной основе, C-UWB RF-технология на физическом уровне обработки радиосигнала (благодаря корреляционной обработке радиочастотного сигнала и кодовому разделению каналов) автоматически решает и проблему коллизий. Это позволяет обеспечить взаимодействие смарт-коммуникаторов с вещами, а вещей – напрямую между собой без участия привязанных к инфраструктуре посредников – контроллеров-координаторов и сетевых ОС, тем более без участия серверов, расположенных за рубежом, что удобно, надёжно, эргономично и безопасно.

Кроме того, для нашей российской C-UWB RF-технологии удалось предложить простые и эффективные методы подавления помех и повысить помехозащищённость радиосистем ещё на два порядка по сравнению с самой «стойкой» технологией ZigBee [11].

**Область применения**

Предлагаемый проект ориентирован на самый массовый (в будущем) сегмент



Место IoT-радиопроецессора в архитектуре систем

мирового рынка Интернета вещей – на создание «мира» непосредственно взаимодействующих между собой умных вещей, окружающих человека ( $R=100-200$  м), на подключение этого «мира» к сети Интернет и обеспечение взаимодействия с ним человека через новый интерфейс – смартфон (в будущем – смарт-коммуникатор).

Предлагаемый чип изначально предназначен для создания горизонтальных «туманных» архитектур (fog-computing), имеющих доступ к «облакам», где распределённые прикладные процессы будут гарантированно автономно работать каждый в своей локальной радиосреде («на своей земле», «на своём заводе», «в своей квартире»). Доступ к облачным сервисам будет осуществляться через новые стационарные (наподобие подключённых к Интернету компьютеров) или мобильные (наподобие смартфонов) точки доступа, в которые, также как и в вещи, будет имплантирован чип или IP-блок (в системы на кристалле) предлагаемого IoT-радиопроцессора. На основе этого чипа (IP-блока) будет возможно построение как собственно этого безопасного «мира умных вещей», подключённого к глобальной сети Интернет, так и непосредственное, информационно-прозрачное (доступное для массового разработчика), но в то же время безопасное взаимодействие человека с этим новым «миром вещей». Это взаимодействие будет осуществляться посредством нового интерфейса – смартфона, причём без «посредников» в виде традиционных, располагаемых на местности контроллеров-координаторов беспроводной локальной радиосети и сетевых операционных систем.

Таким образом, IoT-радиопроцессор – это чип микроконтроллера со встроенной памятью и безопасным беспроводным интерфейсом передачи данных для соединения с такими же чипами в локальном радиопространстве, имеющих интерфейсы для связи с глобальной транспортной инфраструктурой сети Интернет. Непосредственно к чипу могут подключаться всевозможные датчики температуры, света, напряжения, излучения, положения в пространстве и т.п. Повсеместность покрытия территорий этой «локальной» технологией будет обеспечена сетями LTE и 5G. Для этого в смартфоны будет имплантироваться предлагаемый чип (IP-блок) IoT-радиопроцессора. Данное решение ста-

нет своеобразной базовой технологией для «туманных вычислений». С помощью таких микрочипов, допускающих возможность соединения вещей между собой и подключения к Интернету, можно создать реально безопасную, распределённую сеть устройств и развернуть (масштабировать) её на всю планету.

## Выводы

1. Используемые в проекте подходы к построению Интернета вещей в корне меняют архитектуру, эргономику и себестоимость радиосистем. В свою очередь простота и прозрачность построения безопасного локального «мира вещей» и подключения вещей к Интернету, доступность этого процесса для массового разработчика, эргономичность архитектуры систем, простота обеспечения безопасности, уникальная помехозащищённость при многократном снижении себестоимости радиосистем – всё это делает представленный подход и технологию безальтернативными для создания беспроводного Интернета вещей и Индустриального Интернета будущего.

2. Предлагаемый IoT-радиопроцессор может сыграть такую же ключевую роль в создании мировой индустрии Интернета вещей, какую супергетеродин сыграл в создании радио-, а микропроцессор – компьютерной индустрии. России это позволит не только сохранить полупроводниковую индустрию страны, но и кардинально решить проблему импортозамещения и безопасности в этом сегменте электроники. При этом приборостроительным предприятиям и полупроводниковым фабрикам страны (за счёт представленных интеллектуальных преимуществ, а не технологических преимуществ отечественный завод) будет открыт новый безграничный, причём мировой рынок Всеобъемлющего Интернета (IoT+IIoT+IoE).

3. Проект может существенно повлиять на соотношение сил и распределение прибылей от полупроводниковой индустрии между Европой, Китаем, США и Россией, поскольку объём IoT-рынка по прогнозам практически всех аналитических изданий уже к 2020 году сравняется с четвертью бюджета США. Даже небольшая доля этого рынка могла бы позволить России не только сохранить полупроводниковую индустрию страны, но и кардинально

решить проблему импортозамещения и безопасности в этом самом крупном и самом массовом сегменте рынка электроники как ближайшего, так и весьма отдалённого будущего.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

К сожалению, ни профессионалы в Правительстве, закупившие за \$1 млрд полупроводниковую фабрику «Ангстрем-Т» и не знающие, что с ней дальше делать [12, 13, 14], предлагающие создать с нуля 100 дизайн-центров в «Ростехе» (стоимостью от \$5,0 млн каждый) и привлечь 40 тыс. «студентов» для сложнейшего и дорогостоящего процесса проектирования SoC-кристаллов [15], ни их ставленники – «экономисты-финансисты» в профильных министерствах, собравшие устаревшие «предложения» со всех предприятий ВПК (3–5 тыс. СБИС малых серий, которые даже теоретически в обозримые сроки невозможно разработать), выставившие счёт государству на 400 млрд рублей и страждущие в предвкушении распределения этих средств посредством «векторной детализации желаемого состояния подотрасли в метрически и топологически изоморфной форме базового структурного опытно-производственного норматива существующей структуры подотрасли, представляющего собой вектор, компоненты которого охватывают весь цикл воспроизводственного кругооборота... что позволит завершить программу импортозамещения унифицированной номенклатуры электронно-компонентной базы страны к 2021 году» [16], – все эти люди, десятилетиями распределяющие финансовые ресурсы государства, весьма далеки от понимания того, что на таких, с позволения сказать, «предложениях» полупроводниковую индустрию не построишь и что массовые прорывные технологии не «рождаются» от студентов, а «вынашиваются» десятилетиями в головах выдающихся, профессионально подготовленных людей.

Именно поэтому полупроводниковые фабрики страны простаивают, а российским трендом в области IoT стало «следование за лидером» – продвижение на российский рынок решений, реализованных на импортной элементной базе, что способствует захвату иностранными компаниями самого последнего (из возможных

для российских фабрик) сегмента рынка полупроводников (IoT-сегмента) и уничтожению отечественной полупроводниковой индустрии как таковой.

### ЛИТЕРАТУРА

1. *Алексенко А.Г., Галицын А.А., Иванников А.Д.* Проектирование радиоэлектронной аппаратуры на микропроцессорах. – М.: Радио и связь, 1984. – 270 с.
2. *Зараменских Е.П.* Интернет вещей. Исследования и область применения. Монография / Е.П. Зараменских. – М.: ИНФРА-М, 2016. – 752 с.
3. <https://constanta.co/news/20180305-vsemirnoe-issledovanie-digital-iq-za-2017-god-pwsc/>
4. *Леонов А.В.* Интернет вещей: проблемы безопасности. Омский научный вестник. 2015. № 2 (140). С. 215–218.

5. *Кризон Г.* Безопасность «Интернета Вещей»: существующие проблемы и их решение. Инноватор. 2017. № 1. С. 8–12.
6. <https://www.kommersant.ru/doc/3026455>
7. <https://www.kommersant.ru/doc/3924324>
8. *Галицын А.А.* Интегральный радиопроцессор – перспективная техническая основа Интернета вещей. Датчики и системы. 2015. № 1.
9. *Галицын А.А.* Технология C-UWB – основа для информационно-телекоммуникационных систем нового поколения. Электроника: наука, технология, бизнес. 2008. № 5.
10. Патент на изобретение № 2557451 RU. Способ динамической адресации корреспондентов мобильной радиосети и устройство для его реализации. Авт. Галицына О.И. – приоритет от 08.06.2012.

11. US Patent № 7.250.541 B2. Method for suppressing narrowband noise in a wideband communication system./ Inv.: M.Bobkov, A.Galitsyn, V.Kalugin. Priority date 22.08.2002.
12. <https://www.vedomosti.ru/business/articles/2019/01/09/791045-angstrom-t-pereshel-pod-kontrol-vebrf>
13. <http://government.ru/news/35766/>
14. <http://government.ru/news/35609/>
15. <http://government.ru/news/36007/>
16. *Шнак В.В.* Микроэлектроника как двигатель четвертой технологической революции. Тезисы доклада на конференции «Научная парадигма цивилизации в XXI веке: капитализм, социализм и четвертая технологическая революция». Челябинский государственный университет, Челябинск, 17–19 октября 2018 г. С. 76–77.



### НОВОСТИ МИРА

#### QUALCOMM – ЛИДЕР РЫНКА ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ РЕШЕНИЙ В ОБЛАСТИ 5G

Qualcomm, ведущая в мире компания по производству полупроводниковых приборов, в ближайшие 2–5 лет сможет добиться значительных успехов в области телекоммуникаций 5G, считают в аналитической компании GlobalData.

5G – это мобильная сеть следующего поколения, которая по сравнению с современными сетями 4G обещает гораздо более высокую скорость соединения, меньшую задержку и повышенную надёжность. Предполагается, что эти преимущества будут иметь решающее значение для новых технологий, таких как автономные транспортные средства и дополненная реальность, которые, в свою очередь, окажут большое влияние на другие отрасли.

Международный союз электросвязи (ITU) разделяет сферы использования 5G на 3 основные категории:

1. Мобильная широкополосная связь с видео высокой чёткости и дополненной/виртуальной реальностью (AR/VR).
2. Массовая связь между электронными устройствами, обеспечивающая растущие потребности развивающегося Интернета вещей (IoT).
3. Сверхнадёжная связь с малой задержкой, которая чаще всего упоминается применительно к автономным транспортным средствам, но также важна для IoT в таких отраслях, как здравоохранение и производство.

В последних исследованиях GlobalData проанализированы основные технологические, макроэкономические и нормативные факторы, затрагивающие полупроводниковые компании, и показано, что



Qualcomm занимает лидирующую позицию в области 5G.

Сети 5G всегда позиционировались как революционная технология, обещающая фундаментальные перемены на производственном и бытовом уровне. Это привело к тому, что планка ожидания была завышена до такого уровня, что любой достигнутый результат станет разочарованием. В последние годы операторы связи изо всех сил пытались превратить растущий спрос на услуги мобильной передачи данных в рост доходов, но 5G откроет ряд новых источников дохода, особенно на вертикальных рынках, таких как энергетика и коммунальные услуги, производство и здравоохранение.

Уход Intel из бизнеса смартфонов 5G позволил Qualcomm, сыгравшей большую роль в становлении стандарта 5G, ещё больше укрепить свои позиции на данном рынке. Недавно Qualcomm урегулировали юридический спор с Apple, которая теперь будет покупать у них модемные микросхемы и, как ожидается, выпустит смартфон 5G в

2020 году. Именно после достижения договорённостей между Apple и Qualcomm Intel заявила о выходе из бизнеса 5G-смартфонов. Тем не менее в Intel считают, что беспроводные системы пятого поколения всё ещё дадут им возможность продавать большое количество микросхем для использования в сети.

По оценкам GlobalData, число потребителей 5G в 2019 году составит менее 5 млн, но уже к 2023 году это число увеличится почти до 850 млн при феноменальном совокупном годовом росте (CAGR) в 271%. Ожидается, что доля мобильных абонентов 5G вырастет с 0,05% в 2019 году до более чем 8% к 2023 году.

По расчётам GlobalData, трафик данных 5G в 2019 году составит 0,09% от общего объёма по сравнению с 77% в 4G и 22% в 3G. Однако ожидается, что доля 5G будет быстро расти до тех пор, пока к 2023 году она не превысит долю 3G-трафика. Сети 4G по-прежнему останутся наиболее используемой технологией, обеспечивающей 3/4 всего трафика данных в 2023 году.

[www.globaldata.com](http://www.globaldata.com)



РАДИОКОМПЛЕКТ-ВП

# ПОСТАВЩИК ЭЛЕКТРОННЫХ КОМПОНЕНТОВ

российских и зарубежных производителей



- Комплексная поставка электронных компонентов импортного производства, стран СНГ и России
- Печатные платы, твердотельные накопители
- Инверторы, конвертеры, источники питания, зарядные устройства для всех типов аккумуляторов
- Постоянно в наличии весь ряд SMD-компонентов и электрических соединителей
- Работаем в соответствии с основными федеральными законами №223-ФЗ от 18.07.2011, №44-ФЗ от 05.04.2013, №275-ФЗ от 29.12.2012
- СМК соответствует требованиям ГОСТ ISO 9001-2011, ГОСТ РВ 0015-002-2012, ЭС РД 009-2014, ЭС РД 010-2015

НОВОСТИ МИРА

**GLOBALDATA НАЗВАЛА  
13 ЛИДЕРОВ  
ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ  
ТЕХНОЛОГИЙ В ОБЛАСТИ  
ПРОМЫШЛЕННОГО ИНТЕРНЕТА**

По мнению аналитиков из GlobalData, IBM, Qualcomm, STMicroelectronics и Texas Instruments являются одними из ведущих мировых полупроводниковых компаний, которые в ближайшие 2–5 лет смогут наиболее успешно работать на рынке промышленного интернета.

Согласно выводам GlobalData, промышленный интернет является одним из десяти основных направлений, которые будут влиять на сектор полупроводников, наряду с центрами обработки данных, искусственным интеллектом (ИИ), высокопроизводительными вычислениями, внешней торговлей, автономными транспортными средствами, играми, 5G, рынком слияний и поглощений (M&A) и геополитикой.

Последние исследования GlobalData, в которых анализируются основные технологические, макроэкономические и нормативные вопросы, касающиеся полупроводниковых компаний, показывают, что Xilinx,

Micron, ASML Holding, Analog Devices, Rohm, Aixtron, Renesas, Infineon и Silicon Labs также входят в группу компаний-лидеров в области промышленного интернета.

Компании, которые инвестируют в правильные направления, тем самым пишут свою «историю успеха», в отличие от тех, кто эти направления игнорирует. В 1999 году General Electric (GE) была крупнейшей компанией в мире по рыночной стоимости, однако с 2015 года, несмотря на то что она всё ещё является промышленным лидером, GE отстает в области промышленного интернета.

В последнем докладе GlobalData Thematic Research говорится о том, что промышленный интернет является частью быстро развивающейся экосистемы интеллектуальных машин, работающих и взаимодействующих друг с другом по собственной логике. По прогнозам GlobalData, рынок промышленного Интернета к 2023 году составит \$145 млрд.

Лидерство на данном рынке захватили специалисты в области программного обеспечения, анализа данных и ИИ, развивающие сотрудничество с такими отраслями,

как производство, энергетика, фармацевтика, коммунальное хозяйство и сельское хозяйство. В этих отраслях в настоящее время активно внедряются технологии датчиков и ИИ, которые приводят к значительным изменениям в работе предприятий. Чтобы промышленный интернет работал эффективно, потоковые данные из множества источников должны собираться и анализироваться в режиме реального времени для последующей передачи в промышленные приложения.

Активное повсеместное внедрение датчиков обусловлено резким снижением их стоимости, что, в свою очередь, помогает стимулировать ценовую конкуренцию, поскольку на рынке появляется всё больше производителей. В 2004 году средняя цена датчика составляла \$1,3; а уже к 2020 году ожидается её снижение до 38 центов. Рынок датчиков очень динамичен и характеризуется очень высокой конкуренцией, при этом сами датчики становятся более интеллектуальными – в результате следует ожидать появления более удобных интерфейсов, которые облегчат взаимодействие с датчиками и сбор данных с них.

[www.globaldata.com](http://www.globaldata.com)

**swissbit®**  
INDUSTRIAL MEMORY SOLUTIONS



**Серия S-40: карты памяти SD и MicroSD для эффективных промышленных применений**

- 4–32 Гбайт (MLC NAND Flash)
- SD 3.0 (2.0), SDHC, Class 6
- Передача данных до 24 Мбайт/с
- Автономная система управления данными
- Защита от пропадаания напряжения
- Долгое время хранения данных при экстремальных температурах
- Резервирование встроенного программного обеспечения
- Сложный механизм распределения нагрузки и управления сбойными блоками
- Обновление параметров и встроенного программного обеспечения
- Контроль изменений в комплектации
- Инструменты для диагностики

**Надежные, прочные,  
экономичные**

**PROSOFT®**

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР

(495) 234-0636  
INFO@PROSOFT.RU

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



Реклама

НОВОСТИ МИРА

**ИТОГИ ИССЛЕДОВАНИЯ РЫНКА РЕШЕНИЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ**

В мире происходит активный переход от цифровизации активов к внедрению технологий «цифрового работника» как обязательного фактора сохранения лидерства на конкурентном рынке. Системы класса HSE 4.0 становятся глобальным трендом цифровой трансформации систем управления производственной безопасностью, охраной труда и окружающей средой (Health, Safety and Environment).

В «Исследования мирового и российского рынка современных решений для автоматической идентификации персонала на промышленных объектах с целью повышения производственной безопасности (HSE 4.0)» от J'son & Partners Consulting впервые собрана и структурирована информация о существующих и перспективных инновационных технологиях, направленных на идентификацию персонала, его действий и состояний, а также аспектов его взаимодействия с опасным оборудованием/машинами/инструментами и окружающей средой с целью повышения уровня производственной безопас-

ности. Акцент был сделан на технологии, позволяющие решать эти задачи в автоматическом real-time-режиме без участия оператора. При этом основной фокус внимания аналитиков J'son & Partners Consulting был сделан на изучении технологий, применимых и актуальных именно для процессинговых отраслей (горнодобывающая/нефтегазовая промышленность).

Все решения разделены на 8 классов, включая интеллектуальные системы обеспечения безопасности в периметре работы оборудования, интегрированные платформы автоматизации производственной безопасности, специализированные платформы позиционирования персонала и идентификации его состояний и действий в режиме реального времени, а также машинное зрение и ситуационную видеоаналитику для целей производственной безопасности.

Отдельная глава исследования посвящена обзору конкретных кейсов применения рассмотренных классов решений в мире. Это даёт комплексное представление о том, как лидеры рынка Oil & Gas и Mining внедряют и используют инновации для обеспечения высокого уровня производственной безопас-



сти, каких стратегий они придерживаются в вопросах цифровизации HSE, какого уровня технологического развития уже удалось достичь в этом направлении и какие у компаний планы по дальнейшему освоению инноваций.

В отчёте также содержится информация, позволяющая оценить уровень развития в России технологий идентификации персонала для целей производственной безопасности, в том числе представлено описание российских компаний, работающих в этой нише, предлагаемых ими решений (функционал, архитектура, уровень технологичности и т.д.), опыта интеграции, накопленного к настоящему моменту, и планов по дальнейшему развитию.

Пресс-служба J'son & Partners Consulting



**РОССИЙСКИЙ АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ И ДИСПЕТЧЕРИЗАЦИИ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

От разработчиков отечественных средств автоматизации — AdvantiX, FASTWEL и ИнСАТ

**Преимущества**

- Специально разработанные изделия
- Интеграция с MasterSCADA
- Готовые конфигурации IS-MSCADA-A5/AL – для систем до 1000 тегов IS-MSCADA-C5/AL – для систем без ограничений



ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР

(495) 234-0636  
INFO@PROSOFT.RU

WWW.PROSOFT.RU

Рисунки

# Современные неизолированные DC/DC источники питания Murata

Юрий Петропавловский (petropavlovski@inbox.ru)

В статье рассмотрены особенности и приведены параметры современных неизолированных источников питания промышленного назначения компании Murata Power Solutions, предназначенных для систем распределённого питания.

После приобретения в 2007 году подразделения силовой электроники C&D Technologies, Inc. компания Murata Manufacturing вошла в число ведущих мировых производителей DC/DC источников питания. Однако ещё до этого приобретения подразделение C&D Technologies Power Electronics

Division (PED) уже являлось одним из мировых лидеров в производстве AC/DC и DC/DC источников питания, выпрямителей и зарядных устройств для различных отраслей промышленности. Основатели корпорации C&D Technologies Фрэнк Карлайл и Леон Даути ещё в начале 1900-х годов нача-

ли работы по замене газового освещения на электрическое.

В 2006 году PED (г. Мэнсфилд, штат Массачусетс, США) располагала восьмью разрабатывающими лабораториями и шестью производственными участками в США, Великобритании и Китае, а число сотрудников превышало 1200 человек. Технологическими партнёрами PED были такие известные производители источников питания, как Vicor, Potentia, Cincon, Power-One. Интересна и история приобретения PED, в числе которых International Power System (1994), Power Convertibles Corporation (1996), Continuum Power, Inc. (1997), Celab Limited (2004), Datal, Inc (2004), в результате этих приобретений, по данным Micro-Tech Consultants, PED стала вторым в мире поставщиком DC/DC-преобразователей.

DC/DC-преобразователи C&D Technologies (см. рис. 1) отличались высокой надёжностью и большим сроком службы, что позволяло использовать их в таких ответственных сферах, как медицинская и военная промышленность. В каталогах C&D Technologies предлагались десятки серий и тысячи типов DC/DC-преобразователей, многие из которых после 2007 года перешли в каталоги Murata Power Solutions, а ряд приборов присутствуют в каталогах Murata до настоящего времени, например, DC/DC-преобразователи серий NKE, NTE, NME и многие другие.

В Европе корпорация Murata представлена несколькими компаниями, в том числе Murata Power Solutions Ltd (MPS) с головным офисом в Милтон-Кейнс (Великобритания). Продукцию MPS представляют глобальные и региональные дистрибуторы электронных компонентов. В России интересы Murata представляет группа компаний «Симметрон».

В каталогах Murata 2019 года представлена широкая номенклатура DC/DC в двух категориях – неизолированные DC/DC-преобразователи для встраиваемых приложений и системы POL (Point of Load), и изолированные DC/DC-преобразователи различного назначения [1]. Ряд продуктов компании выполнен в соответствии с требова-



Рис. 1. DC/DC-преобразователи компании C&D Technologies



Рис. 2. Неизолированные DC/DC-преобразователи Murata Power Solutions

ниями стандартов DOSA (Distributed-power Open Standards Alliance) [2]. Кроме Murata Power Solutions, в DOSA входят такие компании, как General Electric Critical Power, Delta Electronics, Emerson Network Power, Ericsson Power Modules, NetPower Technologies, Power-One, TDK-Lambda и другие компании. Альянс выпустил более двух десятков стандартов и спецификаций, в том числе спецификации для неизолированных преобразователей напряжения.

Системы распределённого питания POE состоят из нескольких относительно маломощных DC/DC-преобразователей, расположенных рядом с их основными потребителями, в качестве которых обычно выступают цифровые сигнальные процессоры (DSP), программируемые логические интегральные схемы (ПЛИС) различных типов (CPLD, FPGA и др.), специализированные заказные большие интегральные схемы (ASIC), микропроцессоры и микроконтроллеры. Перечисленные типы потребителей отличаются импульсным характером потребления, а современные приборы ещё и низким напряжением питания (от 0,7 В) при больших значениях тока потребления. Для обеспечения надёжной работы устройств с такими потребителями источники питания для них должны обладать высокой эффективностью, стабильностью выходного напряжения при значительных колебаниях тока потребления и малыми пульсациями.

Компания Murata предлагает широкую номенклатуру неизолированных DC/DC-преобразователей (более 140 типов приборов) с фиксированным и регулируемым выходным напряжением. Большинство предлагаемых приборов обеспечивают эффективность более 90%. Классификационные параметры ряда неизолированных DC/DC-преобразователей приведены в таблице, приборы расположены в порядке убывания эффективности (КПД). Рассмотрим особенности некоторых преобразователей с максимальной эффективностью 95–98% более подробно. Внешний вид рассматриваемых приборов показан на рисунке 2.

MYSGK02506BRSR – понижающий DC/DC-преобразователь напряжения в исполнении MonoBlock POL с выходным током до 6 А. Прибор обеспечивает преобразование напряжения 12,5...42 В в высокостабильное

### Классификационные параметры неизолированных DC/DC-преобразователей Murata

Наименование	Форм-фактор	$P_{\text{вых}}, \text{Вт}$	$U_{\text{вх}}, \text{В}$	$U_{\text{вых}}, \text{В}$	$I_{\text{вых}}, \text{А}$	КПД, %
MYSGK02506BRSR	SMD	150	13,5...42,0	5...25	6	98
MYMGK00504ERSR	SMD	20	8...14	0,7...5,0	4	96
OKY-T/5-W5P-C	SMD	16,5	2,4...5,5	0,75...3,6	5	96
OKR-T/6-W12-C	SIP	30	4,5...14,0	0,59...6,0	6	95
MYMGK00506ERSR	SMD	30	8...14	0,7...5,0	6	95,4
OKI-78SR-12/1.0-W36HE-C	SIP	12	15...36	12	1	95
OKL-T/3-W5P-C	LGA	9,9	2,4...6,0	0,6...3,3	3	95
78SRH-5.2/2-C	SIP	10,5	8...32	5,25	2	95
OKR-T/30-W12-C	SIP	180	5,5...13,8	0,59...6,0	30	95
OKL2-T/12-W12P2-C	LGA	60	4,5...14,0	0,69...5,5	12	95
MYGTM024EBZF	SIP	60	30...40	24	2,5	95
OKX-T/5-W5N-C	SIP	16,5	2,4...5,5	0,75...5,5	5	95
OKI-T/36W-W40N-C	SMT	36	19...40	5,02...15,5	3	95
785RH-5/2-C	SIP	10	8...32	5	2	95
78125RH-C	SIP	4,8	15...36	12	0,4	95
OKY-T/10-W5P-C	SMT	33	2,4...5,5	0,75...3,6	10	95
OKY-T/16-W5P-C	SMT	52,8	2,4...5,5	0,75...3,63	16	95
OKY2-T/10-W5N-C	SMT	33	2,4...5,5	0,75...3,63	10	95
OKY2-T/16-W5N-C	SMT	52,8	2,4...5,5	0,75...3,63	16	95
OKY-T/10-D12N-C	SMT	50	8,3...14,0	0,57...5,5	10	94,5
OKY-T/10-D12P-C	SMT	50	8,3...14,0	0,75...5,5	10	94,5
MYMGA5R04RELA5RA	SMT	20	8...16	3,3...5,0	4	94
OKR-T/20-W12-C	SIP	100	6,0...13,8	0,591...5,0	20	94
OKL-T/12-W5P-C	LGA	39,6	2,4...5,5	0,6...3,6	12	94
OKL2-T/20-W12P2-C	LGA	100	4,5...14,0	0,69...5,5	20	94
MYDUS3R32GFZPA	SIP	8,25	3,0...5,5	0,8...3,3	2,5	94
OKY-T/16-D12N-C	SMT	80	8,3...14,0	0,75...5,5	16	94
OKY-T/3-W5P-C	SMT	9,9	2,4...5,5	0,75...3,63	3	94
OKL2-T6-W5P-C	LGA	19,8	2,4...6,0	0,6...3,3	6	93,5
OKL-T20-W5P-C	LGA	66	2,4...5,5	0,6...3,63	29	93,1
MYMGK1R804FRSR	SMD	7,2	4,5...5,5	0,5...1,8	4	93
OKX-T/5-D12N-C	SIP	25	8,3...12,0	0,75...5,5	5	93
OKX-T/3-D12N-C	SIP	15	8,3...13,8	0,75...5,5	3	93
OKL2-T/6-W12P-C	LGA	30	4,5...14,0	0,591...5,5	6	93
OKX-T/10-D12N-C	SIP	50	8,3...14,0	0,75...5,5	10	93
OKR-T/3-W12-C	SIP	15	4,5...14,0	0,59...6,0	3	93
OKX-T/16-D12N-C	SIP	80	8,3...14,0	0,75...5,5	16	92,5
MYMGK1R812FRSR	SMD	21,6	4,5...5,5	1,8	12	92
OKR-T/10-W12-C	SIP	50	4,5...14,0	0,59...6,0	10	92
MYMGC3R32EFP2R	SMD	15,15	4,3...5,5	1,2	2,5	91
OKI-785R-5/1.5-W36HE-C	SIP	7,5	7...36	5	1,5	90,5
MYSDM3R306FENL	SMD	20,7	10,8...16,5	3,3	3	90
MPDRX3035	SMD	94,4	6,2...13,2	1,6...3,63	26	90
MYSGK1R830FRSR	SMD	54	4,5...14,0	0,7...1,8	30	89,6
OKR-T/50-W12-C	SIP	125	6,5...13,8	0,6...2,5	50	88,5
7805SRH-C	SIP	2,5	7,5...36,0	5	0,5	87
MPDRX312S	SMD	28,8	3,0...5,5	0,5...1,8	16	86
78035R-C	SIP	1,65	7,5...36,0	3,3	0,5	83
MPDRX308S	SMD	10,7	6,2...13,2	0,8...1,65	6,5	82
MYMGC0R88RFLF2RV	SMD	6,8	3,3...5,5	0,85	8	80

постоянное напряжение, устанавливаемое в диапазоне 5...25 В. Данный преобразователь обеспечивает высшую эффективность (98%) среди всех приборов категории неизолированных преобразователей. Этот миниатюрный прибор размерами 14,7×16,2×7,5 мм предназначен для встраиваемых приложений, регулировка выходного напряжения осуществ-

ляется одним резистором. Преобразователь оснащён встроенными схемами защиты от коротких замыканий и пониженного напряжения.

Основные параметры прибора:

- входное напряжение должно превышать выходное напряжение в 1,17 раза ( $U_{\text{вх}} > 1,17U_{\text{вых}}$ );
- эффективность при  $U_{\text{вх}} = 36 \text{ В}$ ,  $U_{\text{вых}} = 24 \text{ В}$ ,  $I_{\text{вых}} = 6 \text{ А}$  – 98%;

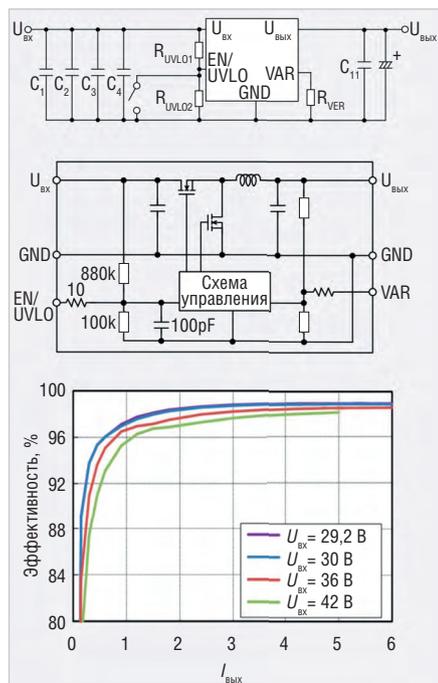


Рис. 3. Схемы включения и характеристики прибора MYSGK02506BRSR

- фиксированная частота переключения 380 кГц;
- время включения 24 мс;
- уровень пульсаций выходного напряжения не более 50 мВ (от пика до пика);
- диапазон рабочих температур окружающей среды -40...+85°С.

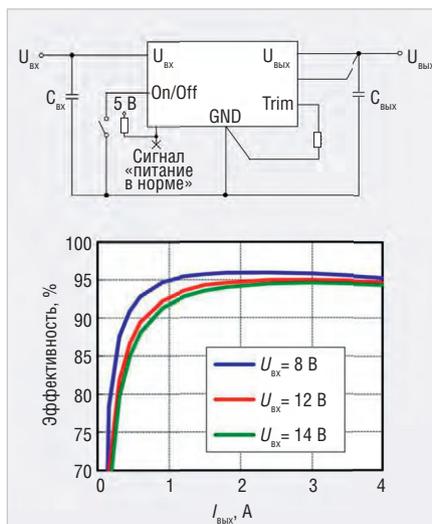


Рис. 4. Схема включения и характеристики приборов MYMGK1R804RSRS и MYMGK00504ERSR

На рисунке 3 приведены типовая схема включения, структура прибора MYSGK02506BRSR и зависимости эффективности преобразователя от выходного тока при  $U_{\text{вых}}=25$  В. Значение выходного напряжения преобразователя устанавливается резистором RVER. При отсутствии этого резистора выходное напряжение находится в пределах 4,82...5,18 В, при соединении вывода VAR с корпусом (GND) выходное напряжение составляет 24,12...25,88 В.

MYMGK00504ERSR, MYMGK1R804FRSR – понижающие неизолированные преобразователи DC/DC в исполнении MonoBlack POL в миниатюрных корпусах размерами 9×7,5×5 мм с выходным током до 4 А. Приборы могут быть использованы для питания ПЛИС, микропроцессоров и микроконтроллеров, DSP и других потребителей с высоким токопотреблением при низких напряжениях питания.

Основные параметры приборов:

- входное напряжение 4,5...5,5 В (MYMGK1R804FRSR), 8...14 В (MYMGK00504ERSR);
- выходное напряжение 0,7...1,8 В (MYMGK1R804FRSR), 0,7...5 В (MYMGK00504ERSR);
- эффективность до 96%;
- фиксированная частота переключения 250 кГц;
- время включения/выключения 2,4 мс.

Типовое включение преобразователей и зависимости эффективности от выходного тока при  $U_{\text{вых}}=3,3$  В приведены на рисунке 4. Установка выходного напряжения приборов осуществляется внешним резистором, подключаемым между выводами Trim и GND. Значения  $R_{\text{trim}}$  для некоторых стандартных значений выходного напряжения: 1,2 В –  $R_{\text{trim}}=10$  кОм; 1,5 В – 6,7 кОм; 1,8 В – 5 кОм; 2,5 В – 3,16 кОм (MYMGK00504ERSR).

Серия OKY-T/3, T/5-W5 включает в себя 4 типа неизолированных DC/DC-преобразователей для систем распределённого питания, выполненных в виде модулей на печатных платах размерами 11,9×20,8×7 мм. Приборы разработаны в соответствии с требованиями стандартов DOSA. Преобразователи обеспечивают выходной ток до 3 А (OKY-T/3-W5N-C, OKY-T/3-W5P-C) и 5 А (OKY-T/5-W5N-C, OKY-T/5-W5P-C) и различную полярностью выходного напряжения (xxxW5N-C, xxxW5P-C).

Основные параметры модулей:

- входное напряжение 2,4...5,5 В (номинальное 5 В), входной ток от 45 мА (без нагрузки) до 2,1 А и 3,5 А;
- выходное напряжение 0,75...3,63 В (устанавливается резистором на выводе Trim);
- отклонения выходного напряжения при изменениях входного напряжения ±0,2%, при изменениях нагрузки ±1,5% (T/3) и ±1% (T/5), уровень пульсаций и шумов не более 20 мВ;

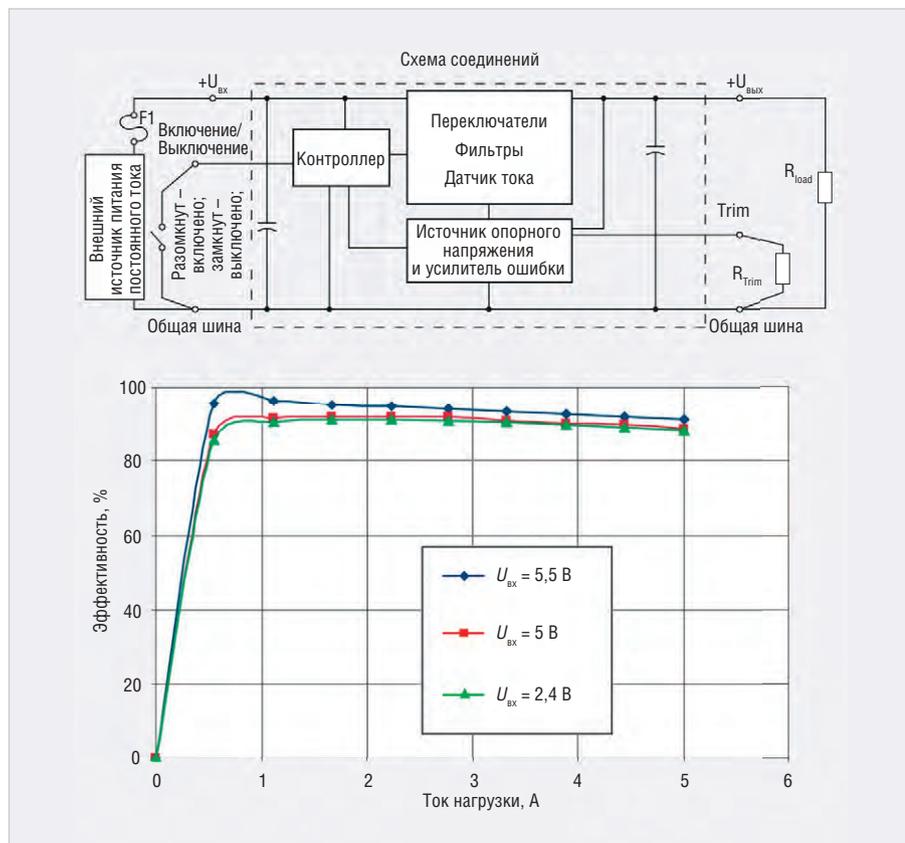


Рис. 5. Включение и характеристики прибора OKY-T/5-W5

- эффективность в зависимости от параметров входного и выходного напряжения 92–96%.

Типовое включение и зависимости эффективности модулей ОКУ-Т/5-W5 от выходного тока при  $U_{\text{вых}} = 1,8$  В приведены на рисунке 5. Значения сопротивлений  $R_{\text{trim}}$  для стандартных выходных напряжений: 1,2 В – 41,973 кОм; 1,5 В – 23,077 кОм, 1,8 В – 15,004 кОм; 2,5 В – 6,947 кОм.

POE-преобразователь ОКР-Т/6-W12-С с выходным током до 6 А выполнен в виде вертикально ориентированного модуля размерами 16,5×10,4×7,62 мм для установки в отверстия печатных плат.

Основные параметры модуля:

- входное напряжение 4,5...14,0 В, входной ток от 80 мА (без нагрузки) до 2,69 А (при  $I_{\text{вых}} = 6$  А);
- выходное напряжение устанавливается внешним резистором  $R_{\text{trim}}$  (см. рис. 5) в пределах 0,59...6,0 В;
- отклонения выходного напряжения при изменениях нагрузки и входного напряжения не более  $\pm 0,5\%$ ;
- уровень пульсаций и шума не более 30 мВ;
- эффективность в зависимости от режима работы 91–95%.

В серию ОКИ-78SR-E входят 3 типа неизолированных DC/DC-преобразователей, выполненных в виде капсул размерами 11,9×10×17,6 мм с фиксированными выходными напряжениями 3,3 В (ОКИ-78SR-3.3/1.5-W36E-C), 5 В (ОКИ-78SR-5/1.5-W36-C) и 12 В (ОКИ-78SR-12/1.0-W36E).

Серия 78SR – неизолированные DC/DC-преобразователи с выходным током 2 А с фиксированными выходными напряжениями: 3,3 В – 78SR-3.3/2-С (вертикальная ориентация 3 выводов), 78SRH-3.3/2-С (горизонтальная ориентация); 5 В – 78SR-5/2-С (вертикальная ориентация), 78SRH-5/2-С (горизонтальная ориентация); 5,2 В – 78SR-5.2/2-С (вертикальная ориентация), 78SRH-5.2/2-С (горизонтальная ориентация). Диапазон входных напряжений всех приборов серии составляет 8...32 В, размеры корпусов – 20,3×21,6×5,7 мм. Преобразователи при невысокой стоимости отличаются большой эффективностью (до 95%) и не требуют внешних фильтрующих конденсаторов. Рассматриваемые приборы специально рассчитаны для замены линейных стабилизаторов серии LM78xxx в 3-выводных корпусах ТО-220. При такой замене не нужны радиаторы

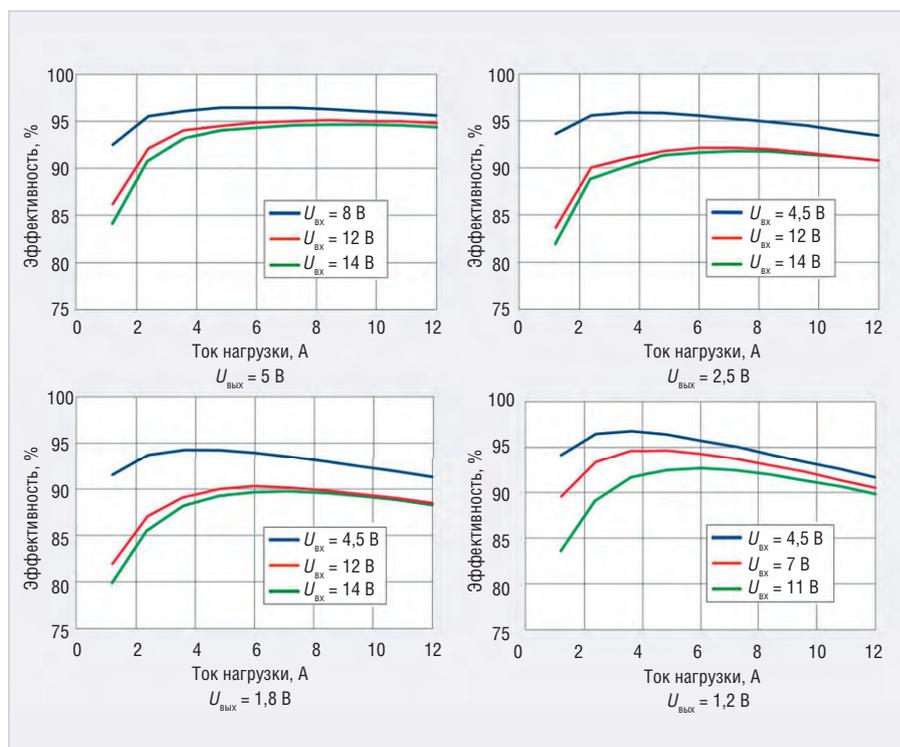


Рис. 6. Характеристики приборов серии ОКЛ2-Т/12-W12

охлаждения, без которых микросхемы LM78xxx не могут работать при больших токах.

ОКР-Т/30-W12-С – мощный неизолированный DC/DC-преобразователь с выходным током до 30 А и регулируемым выходным напряжением 0,59...6,0 В для систем распределённого питания. Преобразователь имеет габариты 30,5×18,1×15,5 мм и обеспечивает работу в диапазоне входных напряжений 5,5...13,8 В.

Основные параметры и особенности прибора:

- частота переключения внутреннего генератора 700 кГц;
- высокая эффективность преобразования до 95%;
- встроенные схемы защиты от перегрузки по току, пониженного напряжения и от перегрева;
- отклонения выходного напряжения при изменениях нагрузки и входного напряжения не более  $\pm 0,15\%$ ;
- уровень пульсаций не более 25 мВ (от пика до пика);
- диапазон температур окружающей среды 0...+70°C.

Установка значения выходного напряжения прибора осуществляется внешним резистором  $R_{\text{trim}}$  (см. рис. 5), сопротивление которого для стандартных напряжений: 1,2 В – 1940 Ом; 1,5 В – 1300 Ом; 1,8 В – 978 Ом; 2,5 В – 619 Ом; 3,3 В – 436 Ом.

В состав серии ОКЛ2-Т/12-W12 входят 2 типа DC/DC-преобразователей для систем распределённого питания с выходным током 12 А и различной полярностью выходного напряжения (ОКЛ2-Т/12-W12P2-С и ОКЛ2-Т/12-W12N2-С). Преобразователи выполнены в форм-факторе LGA с габаритами 20,32×11,44×8,55 мм. Приборы оснащены схемой защиты от коротких замыканий, пониженного напряжения, перегрева и от превышения тока нагрузки.

Основные параметры преобразователей:

- диапазон входных напряжений 4,5...14,0 В, входной ток от 30 мА (без нагрузки) до 5,2 А при полной нагрузке ( $I_{\text{вых}} = 12$  А);
- регулируемое выходное напряжение 0,69...5,5 В;
- частота переключения внутреннего генератора 400 кГц;
- изменения выходного напряжения при колебаниях нагрузки и входного напряжения не более  $\pm 0,4\%$ ;
- уровень пульсаций и шума не более 40...60 мВ (в зависимости от величины выходного напряжения).

Эффективность преобразователей зависит от величин входного и выходного напряжения, тока нагрузки. Зависимости эффективности приборов от тока нагрузки при различных входных и выходных напряжениях приведены на рисунке 6.

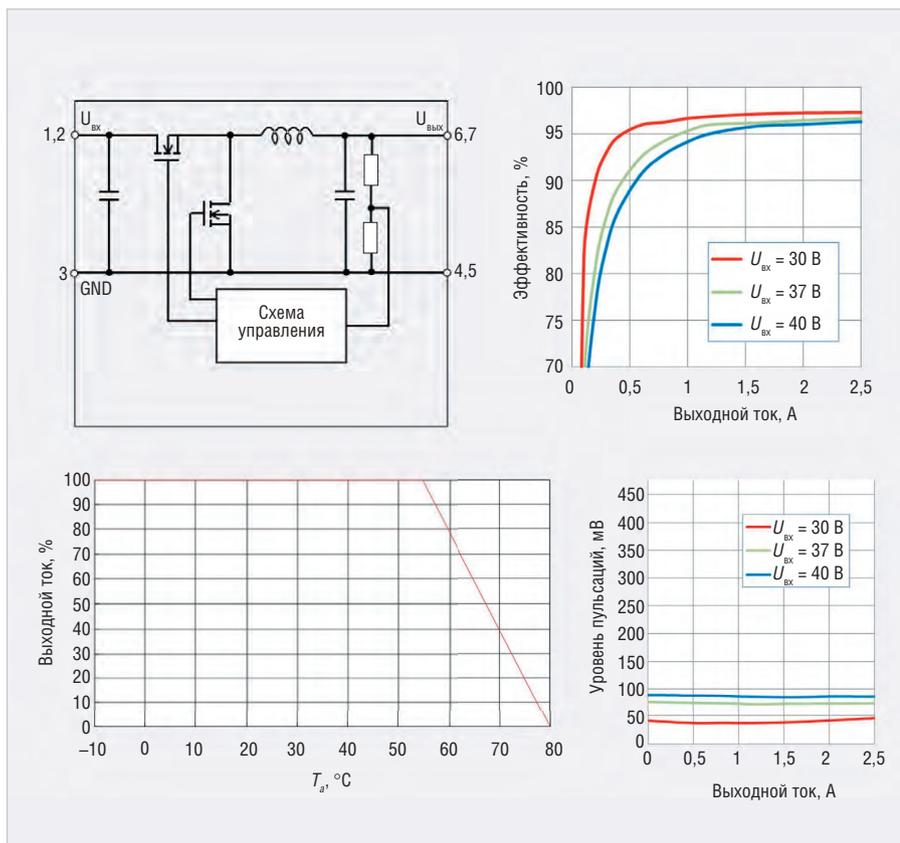


Рис. 7. Схема включения и характеристики прибора MYMTM0242EBZF

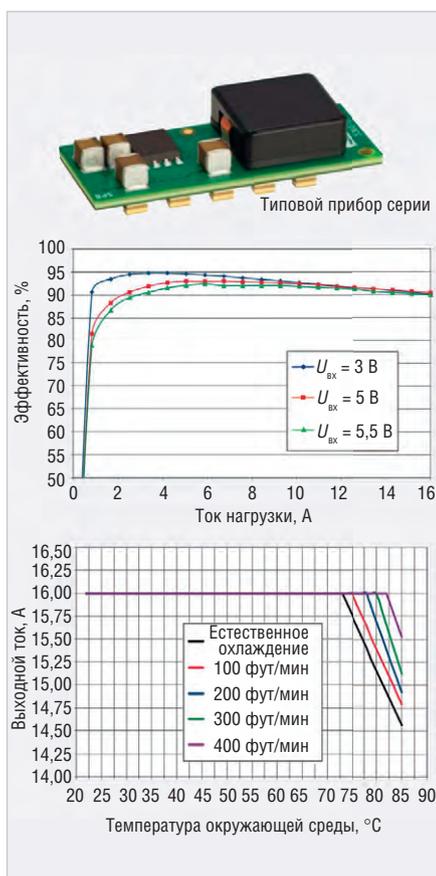


Рис. 8. Внешний вид и характеристики приборов OKY/OKY2-T/16-W5P-C

MYGTM0242EBZF – неизолированный понижающий DC/DC-преобразователь

с фиксированным выходным напряжением 24 В и током до 2,5 А. Структура прибора приведена на рисунке 7. На данном рисунке также приведены зависимости эффективности преобразования от тока нагрузки, допустимого тока нагрузки от температуры окружающей среды и уровня пульсаций выходного напряжения от тока нагрузки преобразователя.

- Основные параметры прибора:
- диапазон входных напряжений 30...40 В;
  - выходное напряжение 23,8...24,72 В, максимальный постоянный выходной ток 2,5 А, импульсный ток нагрузки 4 А при  $t_{имп} = 600$  мс;
  - уровень пульсаций в полосе 20 МГц при  $U_{вх} = 37$  В и токе нагрузки 2,5 А составляет 80 мВ (от пика до пика).

OKX-T/5-W5-C – неизолированный POL понижающий DC/DC-преобразователь с выходным током до 5 А и регулируемым выходным напряжением 0,7525...3,366 В, разработанный в соответствии с требованиями стандартов DOSA. Прибор выполнен в форм-факторе SIP с размерами 10,16×22,86×7,16 мм. Входное напряжение 2,4...5,5 В, входной ток от 20 мА (без нагрузки) до 3,474 А, эффективность 92–95%.

В серию OKI-T/36W-W40 входят 2 прибора с одинаковыми параметрами,

но с различной полярностью выходного напряжения (OKI-T/36W-W40P-C и OKI-T/36W-W40N-C). Приборы разработаны в соответствии с требованиями стандартов DOSA. Преобразователи обеспечивают выходное напряжение, регулируемое в пределах 5,02...15,5 В при входном напряжении 19...40 В, выходной ток до 3 А. Эффективность преобразования составляет 93–95%, уровень пульсаций не превышает 50 мВ, нестабильность выходного напряжения не более  $\pm 0,3\%$  во всём диапазоне токов нагрузки и входных напряжений. Габариты приборов в форм-факторе SMT 11,9×20,8×8,5 мм.

Серии OKY-T/10 и T/16-W5 – неизолированные POL DC/DC-преобразователи для встраиваемых приложений, разработанные в соответствии с требованиями стандартов DOSA. В состав рассматриваемой серии преобразователей входят 8 типов модулей с выходным током 10 А (OKY/OKY2-T/10-W5P/N-C) и 16 А (OKY/OKY2-T/16-W5P/N-C) и различной полярностью выходного напряжения. Все модули обеспечивают регулируемое выходное напряжение в пределах 0,7525...3,63 В, диапазон входных напряжений 2,4...5,5 В.

- Основные параметры приборов:
- входной ток от 80 мА (без нагрузки) до 7,58 А (T/10) и 11,12 А (T/16);
  - эффективность 92–95%;
  - нестабильность выходного напряжения не более  $\pm 0,2\%$  при изменениях входного напряжения и  $\pm 1\%$  при изменениях тока нагрузки;
  - уровень пульсаций и шума не более 20 мВ (T/10) и 50 мВ (T/16).

Внешний вид преобразователей, а также зависимости эффективности от тока нагрузки и выходного тока приборов OKY/OKY2-T/16-W5P-C от температуры при  $U_{вх} = 1,8$  В приведены на рисунке 8.

Кроме DC/DC-преобразователей, приведённых в таблице, Murata Power Solutions выпускает целый ряд неизолированных приборов для систем распределённого питания промышленного назначения с выходной мощностью от 1,65 до 180 Вт с регулируемым и фиксированным выходным напряжением.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. <https://power.murata.com/products/DC/DC-converters/single-output-non-isolated.html>
2. <http://www.dosapower.com>

Расширение линейки PoL DC/DC:  
трехконтактные неизолированные  
преобразователи постоянного тока

**muRata**  
INNOVATOR IN ELECTRONICS

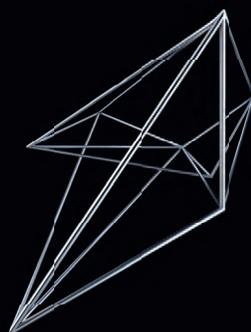
## OKI-78SR-E

# Экономичная и высокоэффективная альтернатива линейному стабилизатору

Эффективны в промышленных средах  
с ограниченным воздушным потоком  
без применения радиаторов



Техподдержка: [MurataPS@symmetron.ru](mailto:MurataPS@symmetron.ru)



## Symmetron

МОСКВА  
Ленинградское шоссе, д. 69, к. 1  
Тел.: +7 495 961-20-20  
[moscow@symmetron.ru](mailto:moscow@symmetron.ru)

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ  
ул. Таллинская, д. 7  
Тел.: +7 812 449-40-00  
[spb@symmetron.ru](mailto:spb@symmetron.ru)

НОВОСИБИРСК  
ул. Блюхера, д. 716  
Тел.: +7 383 361-34-24  
[sibir@symmetron.ru](mailto:sibir@symmetron.ru)

МИНСК  
ул. В. Хоружей, д. 1а, оф. 403  
Тел.: +375 17 336-06-06  
[minsk@symmetron.ru](mailto:minsk@symmetron.ru)

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

Реклама



# Новые разработки МЭМС ООО «Лаборатория Микроприборов»

**Александр Бекмачев** (bae@favorit-ec.ru), **Александр Мусаткин**,  
**Максим Головинский** (info@mp-lab.ru)

Зеленоградская компания «Лаборатория Микроприборов» за годы работы в сфере микроэлектромеханических инерциальных систем накопила опыт, достаточный для того, чтобы конкурировать с иностранными производителями. Обладая собственными технологиями изготовления МЭМС-устройств, инженеры компании создают новые и совершенствуют старые конструкции чувствительных элементов, отвечая на запросы российского рынка.

ООО «Лаборатория Микроприборов» (ООО «ЛМП») занимается разработкой, производством, внедрением и реализацией научно-технической продукции в области инерциальной микромеханики. Основная сфера деятельности предприятия – создание инерциальных датчиков и систем, однако развиваются и сопутствующие компетенции в области программного обеспечения и методологии проведения калибровки и испытаний инерциальных измерительных систем. Продукция компании ориентирована на рынок гражданских и специальных применений инерциальных технологий. Особенностью продукции является то, что она занимает нишу на стыке дешёвых систем широкого потребления и высокоточных очень дорогих систем на основе волоконно-оптических, лазерных и других гироскопов, формируя конкурентно привлекательный продукт с хорошим соотношением цена–качество.

Среди продукции компании выделяются МЭМС-датчик угловой скорости (ДУС) серии 201МСУ1У (см. рис. 1) и МЭМС-акселерометр серии 202МСУ1Л (см. рис. 2). Главная особенность этих датчиков – применение чувствительных элементов собственного производства. Это позволяет гибко модернизировать

ДУС и акселерометр для максимально полного удовлетворения потребностей заказчиков. Кроме того, такой подход позволяет в значительной мере снизить негативный эффект зависимости от импортных инерциальных датчиков.

В МЭМС ДУС серии 201МСУ1У в качестве чувствительного элемента применяется кольцевой резонатор новой конструкции собственного производства. Это позволяет улучшить точность и стабильность параметров, повысить стойкость к внешним воздействиям. Датчик угловой скорости предназначен для непрерывного измерения проекции угловой скорости на измерительную ось. Выходной сигнал датчика – аналоговый, напряжение от 0 до 5 В. Датчик выполнен в виде компактного устройства в металлическом корпусе с габаритными размерами 51×37×23 мм (без провода).

Диапазон измерения МЭМС ДУС составляет  $\pm 400^\circ/\text{с}$ . По запросу потребителя диапазон измерения может быть изменён в широких пределах.

Основные характеристики МЭМС ДУС:

- диапазон измерения  $\pm 400^\circ/\text{с}$ ;
- нестабильность смещения нуля  $< 5^\circ/\text{ч}$ ;
- плотность шума выходного сигнала  $0,002(^\circ/\text{с})/\sqrt{\text{Гц}}$ ;

- случайное угловое блуждание  $< 0,1^\circ/\sqrt{\text{ч}}$ ;
- частотный диапазон  $> 50 \text{ Гц}$ ;
- нелинейность преобразования  $< 0,15\%$ ;
- напряжение питания  $+4,75\dots+5,25 \text{ В}$ ;
- диапазон рабочих температур  $-40\dots+85^\circ\text{C}$  (по запросу возможно расширение диапазона рабочих температур до  $-50\dots+125^\circ\text{C}$ ).

Применение новой конструкции кольцевого резонатора позволило уменьшить нестабильность нуля МЭМС ДУС до  $5^\circ/\text{ч}$ .

Использование отрицательной обратной связи в схеме управления кольцевым резонатором МЭМС ДУС привело к увеличению стабильности нулевого сигнала и масштабного коэффициента в диапазоне рабочих температур. Дальнейшее снижение температурной погрешности нулевого сигнала достигается в версии МЭМС ДУС с цифровым выходом – за счёт применения продвинутых алгоритмов компенсации.

Отличительной особенностью МЭМС ДУС серии 201МСУ1У является высокая прочность и устойчивость к механическим воздействиям. Испытания опытных образцов показали, что датчик является стойким к механическим ударам одиночного действия величиной до 7000g.

В МЭМС-акселерометре серии 202МСУ1Л применяется ёмкостный чувствительный элемент маятникового типа собственного производства. Преобразование ёмкости сенсора в цифровой код осуществляется с использованием высокоточного 24-разрядного  $\Sigma\Delta$ -конвертора. МЭМС-акселерометр поставляется в герметичном металлокерамическом корпусе с габаритами 19,5×14,5×5 мм. Выходной сигнал датчика – цифровой. Обмен данными осуществляется по интерфейсу I<sup>2</sup>C.

Основные характеристики МЭМС-акселерометра:

- диапазон измерения  $\pm 1 \text{ г}$  (по запросу диапазон измерения может быть расширен до  $\pm 200 \text{ г}$ );
- нелинейность преобразования  $< 0,2\%$ ;
- максимальная частота обновления данных 90 Гц;
- шум выходного сигнала при частоте опроса 91 Гц  $< 0,2 \text{ мг}$ ;



Рис. 1. МЭМС ДУС серии 201МСУ1У

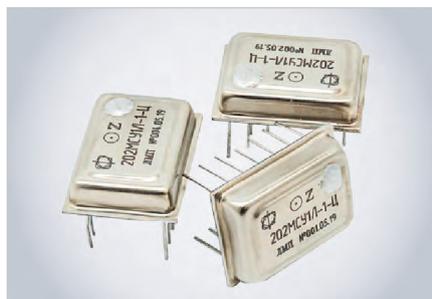


Рис. 2. МЭМС-акселерометр серии 202МСУ1Л

- напряжение питания +2,7...+3,6 В или +4,75...+5,25 В;
- диапазон рабочих температур -50...+125°C.

Использование чувствительного элемента оригинальной конструкции позволило соблюсти необходимый баланс между высокой чувствительностью и повышенной стойкостью к воздействию внешних факторов. В результате смещение нуля МЭМС-акселерометра 202МСУ1Л, как и у гораздо более дорогих акселерометров компенсационного типа, не изменяется при вибрации основания. Высокая стабильность позволяет применять данный датчик в составе инклинометра, предназначенного для использования в сложных условиях эксплуатации. Этому способствует и высокая повторяемость нулевого сигнала после воздействия механических ударов.

В настоящее время ООО «ЛМП» совместно с заказчиками проводит испытания МЭМС-акселерометра 202МСУ1Л-1Ц (см. рис. 3), где в качестве датчика используется 202МСУ1Л, а для обработки сигнала применён 32-разрядный микроконтроллер с ядром Cortex-M0. Таким образом уда-

лось снизить температурную погрешность датчика до уровня менее 20mg в диапазоне рабочих температур -50...+85°C.

Отличительными особенностями МЭМС-акселерометра серии 202МСУ1Л являются малые габариты, высокая чувствительность, цифровой выход и стойкость к механическим воздействиям.

Разработанные в компании «Лаборатория Микроприборов» МЭМС-акселерометры и ДУС предназначены для построения систем ориентации и навигации, стабилизации платформ, создания охранных комплексов, для систем управления робототехническими комплексами и беспилотными летательными аппаратами, а также для решения других задач.

Одним из примеров успешного взаимодействия производителя с конечными потребителями является внедрение технических решений ООО «ЛМП» в систему управления беспилотным автомобилем совместно с командой кафедры «Организация и безопасность движения» университета МАДИ. Датчики, разработанные и изготовленные зеленоградской ком-



Рис. 3. МЭМС-акселерометр серии 202МСУ1Л-1Ц

панией, применяются в системах стабилизации спутниковых антенн ООО «Технологии Радиосвязи». Ещё одним образцом успешного внедрения отечественной сенсорной продукции служит комплексная дорожная лаборатория «Трасса», разработанная ООО «Спецдортехника».

Расширенный температурный диапазон и повышенная стойкость к внешним воздействиям позволяют применять датчики компании ООО «ЛМП» в приборах, предназначенных для эксплуатации в сложных условиях. ©

# МЫ РАСТИМ БУДУЩЕЕ...





# ЭЛЕКТРОННЫЕ КОМПОНЕНТЫ

Реклама

Россия, 105318, Москва, Семеновская площадь, д.7, e-mail: info@favorit-ec.ru, тел/факс: +7(495) 627 76 24, www.favorit-ec.ru

# Радиочастотные коаксиальные соединители с предельной частотой 145 ГГц

## Конец эволюции соединителей?

Кива Джурицкий (kbd.istok@mail.ru),  
Виктор Криворучко (krivor@inbox.ru)

Коаксиальные радиочастотные соединители находят всё большее применение в различных устройствах мм-диапазона длин волн. До недавнего времени считалось, что радиочастотные соединители достигли своей предельной частоты 110 ГГц, однако в последние несколько лет появились сообщения о создании соединителей с предельной частотой 145 ГГц и о возможности появления ещё более высокочастотных соединителей. Рассмотрению проблем создания соединителей с предельной частотой более 110 ГГц и достигнутых в этом направлении результатов посвящена данная статья.

### История создания радиочастотных соединителей мм-диапазона

Продвижение в область всё более высоких частот является одним из основных направлений развития современной СВЧ-техники. Большой интерес к миллиметровому диапазону длин волн (мм-диапазону) обусловлен прежде всего необходимостью повышения скорости передачи данных и пропускной способности сетей связи. Для создания таких устройств необходимо применять всё более высокочастотные соединители. В последние годы расширилось применение соединителей W-диапазона частот (75–110 ГГц, длина волны 4,0–2,73 мм) в автомобильных радарах, беспроводной связи и радиоизмерительной технике. Для дальнейшего развития этих систем требуются ещё более широкополосные устройства, выходящие за пре-

делы W-диапазона в D-диапазон частот (110–170 ГГц, длина волны 2,7–1,8 мм). Чтобы удовлетворить эту потребность, компания Anritsu разработала первый соединитель D-диапазона частот – соединитель 0,8 мм.

Билл Олдфилд (Bill Oldfield), ведущий специалист компании Anritsu (ранее Wiltron, США), автор более 30 патентов, которого называют «пионером индустрии», рассказал, как в 1961 году для создания радиоизмерительной аппаратуры всё более высоких частот разрабатывали соответствующие соединители [1]. В то время рабочая частота радиочастотных соединителей и кабелей не превышала 18 ГГц и, например, в компании Hewlett-Packard считали, что создать коаксиальный разъём на 40 ГГц вряд ли когда-нибудь удастся. Заметим, что именно эта компания через 15 лет выпустила первый соеди-

нитель мм-диапазона (соединитель 3,5 мм с предельной частотой 33 ГГц) и в дальнейшем внесла огромный вклад в создание ещё более высокочастотных соединителей. Важнейшие разработки в этой области принадлежат также американским компаниям M/A-COM (ныне TE Connectivity), Amphenol, Agilent (Keysight Technologies) и некоторым другим [2–7].

Все соединители мм-диапазона имеют воздушную коаксиальную линию тем меньших размеров, чем выше частота. Внутренний проводник коаксиальной линии закреплён в диэлектрической шайбе из материала с малыми потерями [3–5].

В таблице 1 приведены теоретическая предельная частота и максимально допустимая рабочая частота соединителей мм-диапазона, а также диаметры проводников коаксиальной линии и диэлектрической шайбы [2–7].

Теоретическая предельная частота коаксиальной линии соединителей рассчитана по формуле [4]:

$$f_{\text{пред}} \cong \frac{190,85}{\sqrt{\varepsilon} \times (D+d)},$$

где  $D$  и  $d$  – диаметры наружного и внутреннего проводников коаксиальной линии, мм;  $\varepsilon$  – диэлектрическая постоянная изолятора линии (для воздуха  $\varepsilon=1$ ).

Для воздушной коаксиальной линии с волновым сопротивлением 50 Ом отношение диаметров наружного и внутреннего проводников равно 2,3 [4].

Внешний вид соединителей мм-диапазона показан на рисунке 1, а их основные параметры приведены в таблице 2.

На рисунке 2 показана частотная зависимость средней пропускаемой мощности соединителей мм-диапазона. Для сравнения приведены частотные зависимости некоторых широко применяемых соединителей сантиметрового диапазона [8].

Средняя пропускаемая мощность коаксиального соединителя обратно пропорциональна  $\sqrt{f}$ , где  $f$  – частота [4]. Графические зависимости средней мощности соединителей от частоты, построенные в двойных логарифми-

Таблица 1. Коаксиальные соединители мм-диапазона

Соединитель	Компания	Год создания	Теоретическая предельная частота, ГГц	Максимальная допустимая частота, ГГц	Диаметры, мм		
					Наружный проводник	Внутренний проводник	Диэлектрическая шайба
3,5 мм	Hewlett-Packard	1976	38,8	33	3,50	1,52	3,6
2,92 мм (К-соединитель)	Wiltron	1983	46	40	2,92	1,27	3,05
2,4 мм	Amphenol, Hewlett-Packard, M/A-COM	1986	56	50	2,40	1,042	2,1
1,85 мм (V-соединитель)	Amphenol, Hewlett-Packard, M/A-COM	1989	73	70	1,85	0,803	1,5
1,0 мм (W-соединитель)	Hewlett-Packard	1989	133	110	1,0	0,434	1,15
0,8 мм	Anritsu	Начало 2000-х годов	166	146	0,8	0,347	0,559
0,6 мм	Anritsu	–	222	Не определена	0,6	0,26	0,406
0,4 мм	Anritsu	–	332	Не определена	0,4	0,174	0,28



Рис. 1. Соединители мм-диапазона

ческих координатах, являются прямыми линиями (см. рис. 2). Средняя мощность определяется конструкцией соединителя, размерами его коаксиальной линии, свойствами применяемых материалов и зависит от частоты, температуры и давления окружающей среды.

Для соединителей 1,0 и 0,8 мм компания Anritsu приводит величину допустимой пропускаемой мощности 6 Вт.

**ПРОБЛЕМЫ, ВОЗНИКАЮЩИЕ ПРИ СОЗДАНИИ СОЕДИНИТЕЛЕЙ ММ-ДИАПАЗОНА**

С ростом предельной частоты соединители мм-диапазона имеют всё меньшие диаметры проводников коаксиальной линии, поэтому главной проблемой при создании этих соединителей является разработка конструкции внутреннего проводника и диэлектрической шайбы, а также способа закрепления в ней внутреннего проводника и самой шайбы – в корпусе соединителя.

Эти вопросы были подробно рассмотрены Б. Олдфилдом [3]. Прежде всего, с ростом частоты всё сложнее обеспечить надёжный контакт миниатюрных центральных проводников соединителей: вилки и розетки. Если бы вилка и розетка были униполярными, то есть имели бы одинаковые центральные контакты, например подпружиненные кнопки, это позволило бы значительно упростить ситуацию (за рубежом такие соединители называют «беспольными»). Однако с ростом частоты размеры внутренних проводников настолько уменьшаются (см. табл. 1), что создание униполярных контактов, обеспечивающих упругое соединение, становится трудновыполнимой задачей. Возможно, что соединитель SMA (предельная частота 18 ГГц) является последним униполяр-

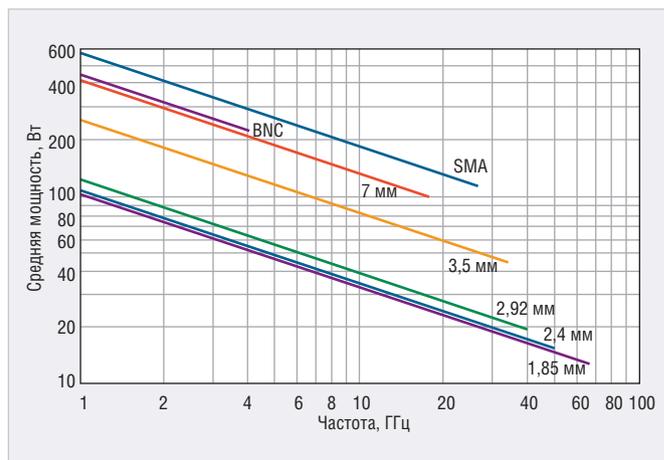


Рис. 2. Частотная зависимость средней пропускаемой мощности соединителей

Таблица 2. Основные параметры соединителей мм-диапазона

Параметры соединителей	3,5 мм	2,4 мм	1,85 мм	1,0 мм	0,8 мм
Диапазон рабочих частот, ГГц	DC–34, оптимально DC–26	DC–50	DC–65	DC–110	DC–145
Максимальный КСВН (в диапазоне частот, ГГц)	1,15	1,30	1,30	1,40	1,55 (DC–110), 1,67(110–145)
Максимальная величина потерь, дБ (в диапазоне частот f, ГГц)	0,15	0,05	1,43 (DC–65)	0,70	0,70
Допустимая пропускаемая мощность, Вт	см. рис. 2			6	6
Напряжение пробоя, В	1500	750	1000	500	500
Экранное затухание, дБ (на частотах f, ГГц)	-90 (26,5)	-(120-f)	-(120-f)	-100	-
Сопротивление изоляции, МОм	5000	>3000	>3000	>3000	>1200
Сопротивление контактов, МОм:					
- центрального	2,0	3,0	3,0	6	6
- наружного	1,0	2,0	2,5	-	-
Допустимое количество соединений/рассоединений	>500	500	500	500	-
Момент закручивания гайки при соединении вилки и розетки, Н-м	0,8–1,1	0,9–1,1	1,36 max	0,9–1,1	0,9–1,1
Диапазон рабочих температур, °С	-65...+165	-65...+165	-55...+125	-60...+165	-54...+125

Примечание: DC (direct current) – постоянный ток.

ным соединителем [3]. При этом даже если бы и удалось изготовить униполярный соединитель мм-диапазона, его стоимость была бы несравнимо выше, чем в случае стандартного соединения штырь – гнездо с ламелями.

В то же время и стандартное соединение штырь – гнездо имеет немало проблем. Начиная с гнездового контакта с двумя ламелями соединителя SMA, встала проблема его повреждения при неосторожном сочленении со штыревым контактом, в связи с чем количество соединений/рассоединений было ограничено числом 500. Более упругим считается гнездовой контакт с четырьмя ламелями, который реализован в соединителе 3,5 мм. Поскольку средний диаметр штыревого контакта вилки равен 0,92 мм, а наружный диаметр гнездового контакта – 1,52 мм, толщина стенки гнездового контакта приблизительно равна 0,3 мм. Гнездовой контакт с такой

толстой стенкой является недостаточно упругим и может приводить к износу контактирующих поверхностей при сочленении со штыревым контактом.

В соединителе 2,9 мм (K-соединитель) удалось решить некоторые проблемы контактирования. При среднем диаметре штыревого контакта 0,92 мм и наружном диаметре гнездового контакта 1,27 мм толщина ламелей гнездового контакта стала приблизительно равной 0,18 мм. Гнездовой контакт стал достаточно гибким, давление на штыревой контакт уменьшилось, а сам штырь был укорочен, чтобы избежать повреждения гнезда при вставлении под углом. В результате лучшие K-соединители обеспечивали до 4000 соединений/рассоединений.

С появлением соединителей 2,4; 1,85 и 1,0 мм миниатюрные гнездовой и штыревой контакты стали ещё более хрупкими и уязвимыми, и когда ком-

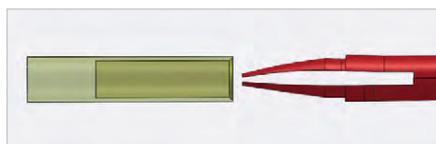


Рис. 3. Центральные проводники соединителя 0,8 мм



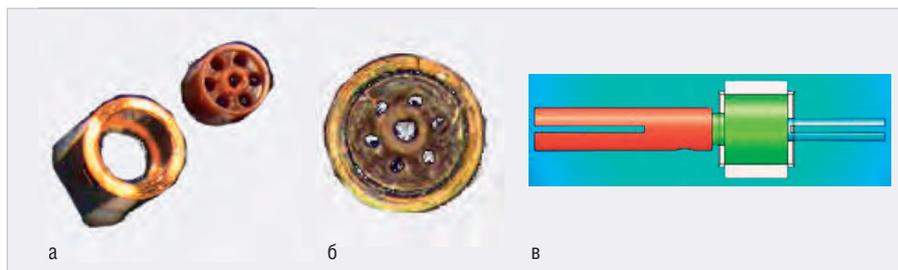
Рис. 4. Сравнительные размеры диэлектрических шайб соединителей мм-диапазона

пания Anritsu начала разработку соединителя 0,8 мм, проблема контактов вышла на одно из первых мест. Прежде всего, оказалось невозможным сделать в гнездовом контакте прорези шириной 25 мкм, чтобы получить 4 ламели, т.к. не существовало фрез толщиной менее 50 мкм.

Билл Олдфилд нашёл блестящее решение этой проблемы [3]. Он предложил сделать гнездо с наружным диаметром 0,35 мм без прорезей и с очень тонкой стенкой, а штырь увеличенного диаметра сделать разрезным (с ламелями) с шириной прорезей 0,05 мм (см. рис. 3). Такой контакт получил название the lobster claw, «коготь омара».

Вторая проблема заключалась в выборе материала и технологии изготовления опорной диэлектрической шайбы соединителя. Шайбы соединителей мм-диапазона обычно изготавливают из термопластичного полиэфиримидного полимера Ultem 1000 [5]. Этот материал имеет высокую механическую прочность, близкую к прочности металлов, высокие термостойкость, химическую и радиационную стойкость. Относительная диэлектрическая проницаемость Ultem 1000 равна 3,15...3,20, тангенс угла диэлектрических потерь –  $(13...20) \times 10^{-4}$ .

С повышением частоты размеры шайбы значительно уменьшаются. Диаметр шайбы соединителя 0,8 мм с предельной частотой 145 ГГц в 5 раз мень-



Примечание: внутренний проводник на рисунке 5в ещё не имеет дизайн «коготь омара».

Рис. 5. Конструктивные решения соединителя 0,8 мм: а) сборка диэлектрической шайбы с втулкой; б) корпус соединителя с впаиванной сборкой; в) схематическое изображение внутреннего проводника, втулки и шайбы

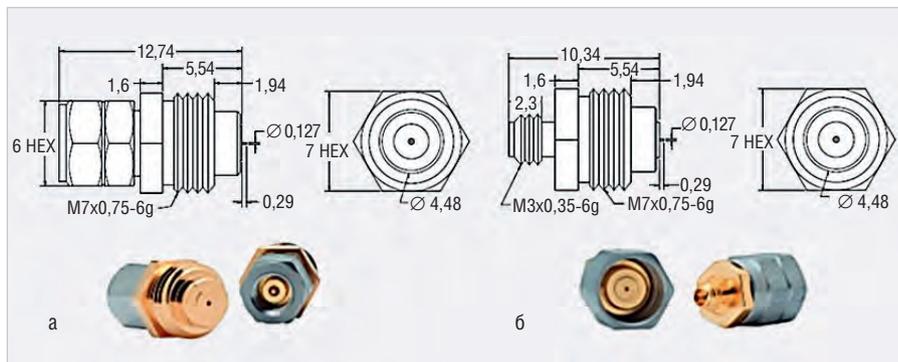


Рис. 6. Соединители 0,8 мм: а) вилка 0.8-105M; б) розетка 0.8-105F

ше диаметра шайбы К-соединителя с предельной частотой 40 ГГц (см. рис. 4).

Кроме того, в шайбе необходимо было просверлить отверстия диаметром всего 0,05 мм (свёрла такого диаметра, к счастью, существуют). Изготовить с высокой точностью шайбу диаметром 0,56 мм с проточками по краям и с 6 отверстиями диаметром 0,05 мм чрезвычайно сложно. Не менее сложно закрепить в шайбе внутренний проводник и полученную сборку – в корпусе соединителя. В связи с этим было принято следующее решение (см. рис. 5).

Шайбу поместили в металлическую втулку, наружный диаметр которой был приблизительно равен диаметру корпуса в области установки втулки. По краям втулка имела очень тонкие стенки. Благодаря этому шайбу можно было надёжно закрепить во втулке, развальцевав её края. Затем втулку с закреплённой шайбой впаивали в корпус соединителя низкотемпературным припоем.

### СЕРИЯ СОЕДИНИТЕЛЕЙ 0,8 мм КОМПАНИИ ANRITSU

Серия соединителей 0,8 мм с предельной частотой 145 ГГц состоит из негерметичных резьбовых коаксиально-микрополосковых переходов (Sparkplug Connectors): вилки 0.8-105M и розетки 0.8-105F, а также внутрисерийных и межсерийных адаптеров и нагрузок [9].

Конструкция соединителей 0,8 мм показана на рисунке 6, а их основные параметры приведены в таблице 2.

Центральный проводник диаметром всего 0,127 мм и длиной 0,29 мм соединяют с микрополосковой линией пайкой. Допустимая температура нагрева в течение короткого времени +200°C.

На базе соединителя 0,8 мм компания Anritsu разработала 3 внутрисерийных адаптера: вилка – вилка, розетка – розетка, вилка – розетка. Во всём диапазоне рабочих частот DC–145 ГГц максимальный КСВН этих адаптеров равен 1,43, а величина потерь не более 0,35 дБ [2].

При проектировании соединителя 0,8 мм обсуждался вопрос о том, должен ли он быть совместимым с соединителем 1 мм. Чтобы избежать повреждения соединителей, было принято решение об их несовместимости. Для этого на корпусе розетки соединителя 0,8 мм была применена более мелкая резьба М3×0,35 мм, а на корпусе вилки соединителя 1 мм – более крупная резьба М4×0,7 мм, поэтому сочленение обоих соединителей возможно только с помощью адаптеров. Были разработаны 4 межсерийных адаптера 0,8 – 1,0 мм (W1) с предельной частотой 110 ГГц. Адаптеры имеют следующий максимальный КСВН: 1,15 в диапазоне частот DC–40 ГГц; 1,22 в диапазоне частот DC–80 ГГц; 1,29 в диапазоне частот DC–110 ГГц.

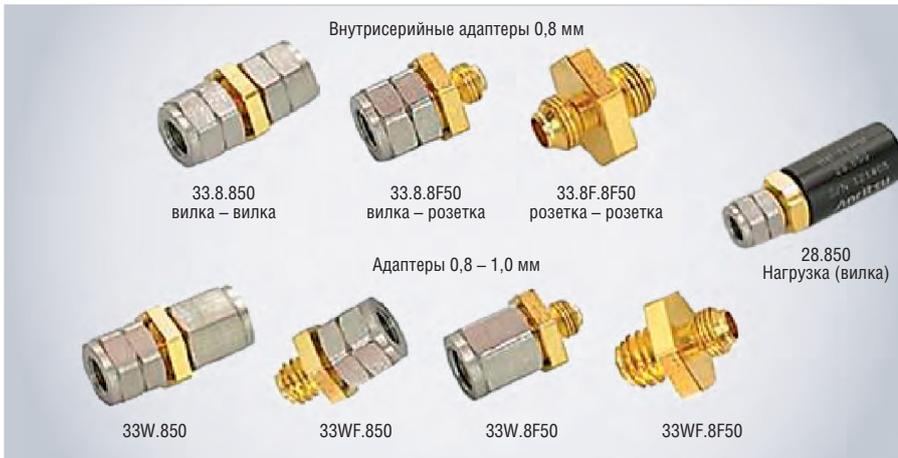


Рис. 7. Внутрисерийные, межсерийные адаптеры и нагрузка на базе соединителя 0,8 мм

Наряду с адаптерами были созданы прецизионные нагрузки метрологического класса: розетка 28.8F50 (габаритные размеры 21×80 мм) и вилка 28.850 (23×80 мм). КСВН нагрузок не более 1,05 в диапазоне частот DC–40 ГГц; 1,065 в диапазоне частот DC–80 ГГц и 1,22 в диапазоне частот DC–145 ГГц.

Внешний вид адаптеров и нагрузки показан на рисунке 7.

Для работы с соединителями 0,8 мм компания Anritsu разработала полужёсткий армированный кабель длиной 10 и 16 см (см. рис. 8). Максимальный КСВН кабеля в диапазоне частот DC–145 ГГц – 1,93. КСВН в диапазоне частот DC–18 ГГц не более 1,33; а в диапазоне DC–70 ГГц – менее 1,38.

Соединители 0,8 мм и аксессуары коаксиального тракта в этом диапазоне частот впервые в мире были применены в разработанном компанией Anritsu широкополосном векторном анализаторе цепей VectorStar™ ME7838D (см. рис. 9) [10]. Этот анализатор позволяет измерять характеристики устройств на печатных платах в диапазоне частот от 75 МГц до 145 ГГц.

### Стоимость соединителей 0,8 мм

Стоимость радиочастотных соединителей зависит от сложности конструкции, класса (общего применения, инструментальные или метрологические) и предельной частоты. Метрологические соединители являются наиболее дорогими – их стоимость часто на порядок выше, чем у соединителей общего применения.

Соединители мм-диапазона стоят гораздо дороже соединителей см-диапазона по причине более сложной конструкции и технологии изготовления. На рисунке 10 приведена средняя стоимость соединителей мм-диапазона по данным компании Southwest Microwave, США [11]. Для сравнения на рисунке представлена также стоимость

наиболее широко применяемого в технике СВЧ-соединителя SMA с улучшенными параметрами (предельная частота 27 ГГц). Поскольку в каждой серии мм-соединителей насчитываются десятки модификаций разного назначения и стоимости, для оценки общей картины взяты средние ценовые величины.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Эволюция радиочастотных соединителей поразительна. Сначала был освоен сантиметровой диапазон длин волн. С середины 70-х годов прошлого столетия началось продвижение радиочастотных соединителей в миллиметровый диапазон. Достижение каждой предельной частоты казалось последним, однако раз за разом создавались всё более высокочастотные соединители. Достижение частоты 145 ГГц – это ещё не конец эволюции соединителей. Компания Anritsu продолжает работы по созданию соединителя 0,6 мм с теоретической предельной частотой 220 ГГц. Кроме того, теоретически возможен соединитель 0,4 мм с предельной частотой 332 ГГц. Сейчас производство таких соединителей кажется невозможным, но не будем ограничивать наше воображение.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Love J. Looking back across 50 years of microwave engineering. 08.02.11: <https://www.eetimes.com>.
2. Tumbaga C. 0.8 mm Connectors Enable D-Band Coaxial Measurements. Microwave Journal. 2019. № 3.
3. Oldfield B. The Importance of Coax Connector Design Above 110 GHz. Anritsu Co., 2007: [https://dl.cdn-anritsu.com/ja-jp/test-measurement/reffiles/About-Anritsu/R\\_D/Technical/E-22/22\\_07.pdf](https://dl.cdn-anritsu.com/ja-jp/test-measurement/reffiles/About-Anritsu/R_D/Technical/E-22/22_07.pdf).
4. Джурицкий К.Б. Современные радиочастотные соединители и помехоподавляю-



Рис. 8. Полужёсткий армированный кабель серии 3670



Рис. 9. Векторный анализатор цепей VectorStar™ ME7838D

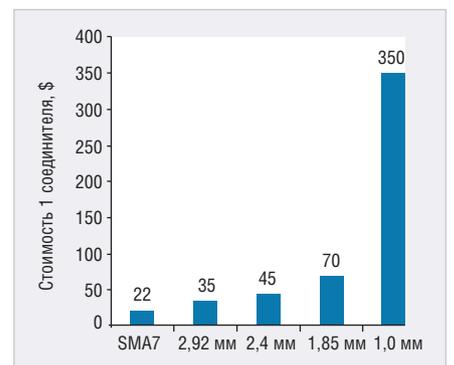


Рис. 10. Средняя стоимость соединителей мм-диапазона

щие фильтры. – СПб.: Файнстрит, 2014. – 426 с.

5. Джурицкий К.Б. Радиочастотные соединители, адаптеры и кабельные сборки. – М.: Ваш Формат, 2018. – 400 с.
6. Джурицкий К.Б., Павлов С.В., Морозов О.Ю. Отечественные радиочастотные соединители мм-диапазона длин волн. Электроника НТБ. 2017. № 3. С.154–168.
7. Shaff D. Connector and Cable Assembly Supplier. International Microwave Symposium Wrap-Up, July 14, 2015.
8. Power Handling; Connectors: <https://www.centricrf.com>
9. Coaxial Connector System with Single-Mode Performance to 145 GHz. 0.8 mm Connectors TDS May 2015. Anritsu Company.
10. ME7838D BB/mm-Wave VNA TDS PN: 11410-00778, Rev.H.
11. <https://www.hasco-inc.com/southwest-microwave-connectors/>



НОВОСТИ МИРА

**В ПРЕСС-ЦЕНТРЕ ТАСС  
ОБСУДИЛИ СТРАТЕГИЮ  
РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОННОЙ  
ПРОМЫШЛЕННОСТИ РОССИИ  
ДО 2030 ГОДА**

Минпромторг России разработал проект «Стратегия развития электронной промышленности РФ на период до 2030 года». В соответствии с прорывным сценарием объёмы производства в отрасли должны вырасти более чем в 2,5 раза, серьёзно планируется увеличить и показатели экспорта. За тот же период гражданский сектор электроники должен вырасти примерно в 5 раз с 940 млрд до 4,6 трлн рублей.

Приоритетными направлениями для отрасли станут кадры, научно-техническое развитие, средства производства, управление, кооперация, отраслевые стандарты, отраслевая информационная среда, капитализация, рынки и продукты, финансовое обеспечение и инвестиционная привлекательность.

Презентация проекта состоялась 21 августа 2019 г. в пресс-центре ТАСС.

Текущее состояние и тенденции развития электронной промышленности России, обе-

спечение технологического суверенитета, в том числе в части критической инфраструктуры, изменения законодательства, направленные на стимулирование производства радиоэлектронной продукции на территории России, обсудили директор Департамента радиоэлектронной промышленности Минпромторга РФ Василий Шпак, директор по развитию производств GS Group Фёдор Боярков, генеральный директор ПАО «Микрон» Гульнара Хасьянова, представитель Ассоциации разработчиков и производителей электроники (АРПЭ) Сергей Долгопольский, президент компании «Элемент» Илья Иванцов, директор Мытищинского научно-исследовательского института радиоизмерительных приборов (МНИИРИП) Павел Куцько, исполнительный директор Консорциума дизайн-центров и предприятий радиоэлектронной промышленности Вера Смирнова и генеральный директор «ЦНИИ «Электроника» Алёна Фомина.

Василий Викторович Шпак в своём докладе обозначил главную цель стратегии – завоевание отечественного рынка, добиться преобладания российских радиоэлектронных устройств на внутреннем рынке



России. Он акцентировал внимание журналистов на том, что представленный проект – это документ высшего уровня, далее будут представлены механизмы и сценарии, которые должны привести к поставленным целям. Одна из основных задач при этом заключается в формировании институтов, которые стимулируют развитие сотрудничества и достижение стратегических целей. Это центры технологических компетенций, «отраслевые чемпионы», сеть дизайн-центров, центры коллективного проектирования, производственные консорциумы и стратегические альянсы. Минпромторг России будет мотивировать их включаться в создаваемые кооперационные цепочки.

# PROCHIP

POWERED BY PROSOFT

## Активный компонент вашего бизнеса

- + Различные решения по подбору элементной базы
- + Осуществление поставок комплектующих для серийного производства и новых разработок
- + Поддержка склада
- + Оказание технической и информационной поддержки



+7 (495) 232-2522  
INFO@PROCHIP.RU  
WWW.PROCHIP.RU



Реклама



Сергей Львович Долгопольский, представляющий на пресс-конференции интересы АРПЭ, поддержал директора ДРЭП и добавил, что внутренний рынок практически не защищён от более дешёвого и зачастую не всегда качественного иностранного товара. При этом оба спикера согласны с тем, что Россия не должна отделяться от других стран и строить железный занавес.

Импортозамещение – один из главных вызовов развития электронной промышленности в России, уверен представитель высокотехнологичного бизнеса, директор по развитию производства холдинга GS Group Фёдор Валентинович Боярков. Он отметил, что в России «можно и нужно работать», и в качестве аргумента привёл в пример историю развития на территории РФ предприятий инновационного кластера «Технополис GS». Вместе с тем он обозначил приоритетное направление, которое, по его мнению, гораздо шире, чем просто поддержка российской электроники, а именно – кадровый вопрос.

Представитель «Микрона», Гульнара Шамильевна Хасьянова, отметила, что цифры, которые дал Минпромторг, амбициозные, требуются масштабные системные усилия и

государственные меры по защите рынка и восстановлению производственных циклов.

Драйвером рынка, по её словам, выступает насущная потребность в цифровизации инфраструктурных объектов и необходимость обеспечения безопасности этой цифровой инфраструктуры.

### Роскомнадзор разъяснил, какие сервисы IoT не требуют лицензирования

В марте 2019 года директор Ассоциации Интернета вещей Андрей Колесников направил обращение в Роскомнадзор с просьбой разъяснить необходимость получения компаниями, предоставляющими решения в области Интернета вещей с использованием сетей подвижной радиотелефонной связи, каких-либо лицензий на осуществление деятельности в области оказания услуг связи. Речь шла, в первую очередь, об удалённом контроле состояния различных объектов, экологическом мониторинге, сборе полевых данных для сельского хозяйства, удалённом сборе данных с приборов учёта ЖКХ, объектов энергетики и подобных сервисах IoT.

Обращение было вызвано тем, что такие решения в области IoT до сих пор не были включены в список сервисов, для предоставления которых не требуется лицензия.

Роскомнадзор рассмотрел обращение и сообщил, что услуги по предоставлению решений в области Интернета вещей являются информационными услугами, а не услугами связи.

«Услуги связи в данном случае оказывают операторы связи, обеспечивающие приём, обработку, хранение, передачу, доставку указанной информации – операторы подвижной радиотелефонной связи. Учитывая изложенное, получение лицензий на осуществление деятельности в области оказания услуг связи на указанные в обращении услуги не требуется», – говорится в письме Роскомнадзора.

Это важно для всего российского рынка Интернета вещей разъяснение, по мнению Андрея Колесникова, станет дополнительным стимулом для развития отечественных решений IoT в области удалённого контроля и мониторинга и благоприятно скажется на всём процессе цифровизации российской экономики.

Новости Интернета вещей

# Fastwel



Российская электроника  
для ответственных  
применений

Скорость и надежность  
современных технологий

CompactPCI 2.0, 2.16, 2.30, Serial



CPC512



CPC514



CPC516



CPC518



**PROSOFT**<sup>®</sup>  
WWW.PROSOFT.RU

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР

МОСКВА  
(495) 234-0636  
info@prosoft.ru

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ  
(812) 448-0444  
info@spb.prosoft.ru

ЕКАТЕРИНБУРГ  
(343) 356-5111  
info@prosoftsystems.ru  
(912) 620-8050  
ekaterinburg@regionprof.ru



# Модернизация РЛС для управления воздушным движением летательных аппаратов, базирующихся на ТАКР «Адмирал Кузнецов»

Александр Брейгин, Исаак Москович,  
Наиль Файзулин (office@niiit-rk.ru)

В статье приведены особенности и характеристики модернизированного диспетчерского радиолокатора диапазона L. Цель модернизации заключается в улучшении характеристик и снижении массогабаритных параметров радиолокатора за счёт использования достижений последних лет в области аппаратных и программных средств формирования и обработки сигналов.

## ВВЕДЕНИЕ

ТАКР (тяжёлый авианесущий крейсер) «Адмирал Кузнецов» оборудован комплексом управления воздушным движением, навигации и посадки «Резистор-К42», разработанным и изготовленным НПО измерительной техники в 1988 году. В составе комплекса имеется первичный диспетчерский радиолокатор (ДРЛ) диапазона L. В настоящее время радиолокатор физически и морально устарел, в связи с чем АО «НИИИТ-РК» произвело его модернизацию. Развитие современной элементной базы позволяет внедрить активную фазированную решётку, цифровое формирование и обработку сигналов с одновременным уменьшением массогабаритных параметров систем.

## ФОРМИРОВАНИЕ И ОБРАБОТКА СИГНАЛОВ

Дальность действия при ограниченной пиковой мощности обеспечивается сложным сигналом большой длительности. Применение быстродействующих ПЛИС позволяет формировать и производить согласованную фильтрацию (сжатие) сложных сигналов со ступенчатой фазовой функцией [1]. Такой сигнал позволяет получить низкий уровень боковых лепестков (УБЛ) при согласованной обработке во временной области без применения весового взвешивания. Фазовая функция используемого сигнала приведена на рисунке 1 и представляет собой параболу, «возмущённую» фазовыми скачками.

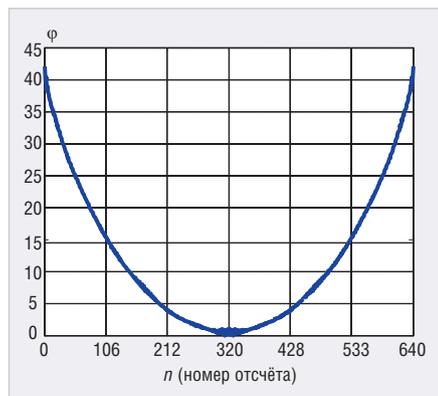


Рис. 1. Фазовая функция

На рисунке 2 для этого сигнала с  $B=64$  показаны корреляционные функции, (КФ) соответствующие  $f_q=0$  кГц и 4,8 кГц. Даже при  $V_{rmax}=555$  м/с ( $f_q=4,8$  кГц) УБЛ КФ не превышает  $-40$  дБ. На всех рисунках ширина КФ по уровню  $-3$  дБ составляет не более 1 мкс.

Внутриимпульсная обработка простых (моно – для ближней зоны) и сложных (случайные фазовые маски (СФМ) для дальней зоны) сигналов осуществляется согласованными фильтрами, которые представляют собой корреляторы на основе КИХ-фильтров. Алгоритм работы фильтра имеет вид:

$$Y_k = \sum_{i=0}^{N-1} X_i W_{k-i}, \quad (1)$$

где  $W_q$   $^{q=60}_{q=1}$  – коэффициенты фильтра моно,  $W_q$   $^{q=320}_{q=1}$  – коэффициенты фильтра СФМ.

Междупериодная обработка сигналов производится с помощью адаптивного обесцараживающего фильтра в соответствии с алгоритмом, сочетающим когерентный компенсатор помехи с некогерентным накоплением выходных сигналов компенсатора [2], предпороговая статистика при этом равна

$$\begin{aligned} \xi &= \sum_i \xi_i \\ \xi_i &= \hat{p}_i^* \times \hat{p}_i \\ p_i &= \{p_j\}_{j=1}^M = \hat{H}_i \times U_i \\ \hat{H}_i^* \times \hat{H}_i &= \hat{\Phi}_i^{-1} = \hat{\Psi}_i \end{aligned} \quad (2)$$

$\hat{\Phi}_i$  – оценка корреляционной матрицы помехи и шум на  $i$ -й частоте,  $U_i$  – аддитивная смесь сигнала, помехи и шума на  $i$ -й частоте,  $\hat{H}_i$  – корень  $\hat{\Psi}_i$  матрицы на  $i$ -й частоте, \* – символ эрмитового сопряжения.

Обработка в соответствии с алгоритмом (2) обеспечивает высокую эффективность адаптивного обнаружителя при малом объёме обучающей выборки при оценке корреляционной матрицы  $\hat{\Phi}_i$  [3]. Для принятия решения об обнаружении сигнала используется процедура порогово-логической обработки. Последовательность результатов некогерентного накопления на одном угловом направлении сравнивается с пороговым уровнем, выбранным в соответствии с критерием минимума среднего риска. Нормированный порог  $I$  получен в результате решения уравнения:

$$F - \frac{\Gamma[n, \lambda(\mu \times 1)]}{\Gamma(n)} = 0 \quad (3)$$

где  $F$  – заданный уровень вероятности ложной тревоги,  $n$  – число накапливаемых импульсов,  $\mu$  – оцениваемое отношение сигнал/шум+помеха,  $\Gamma$  – гамма функция,  $\lambda = (1 + \mu^{-1}) \times \ln[1 + (\mu + 1)]$ .

Обнаружение в соответствии с уравнением (3) позволяет получить выигрыш в характеристиках обнаружения относительно обнаружения по критерию Неймана-Пирсона на 2–4 дБ [4].

Обнаружение пачки, полученной при сканировании по азимуту, производится в окне с размером  $M \times N$ , где  $M$  – число азимутальных дискретов,  $N$  – число ячеек дальности. Решение об обнаружении пачки принимается по результатам критерийной обработки и производится измерение дальности и азимута цели в соответствии с алгоритмами [5]

$$\hat{r} = \delta r \left\{ i_0 + S^{-1} \times \sum_{i=1}^N [i \times \hat{Z}_{ri}] \right\}, \hat{\beta} = \delta \beta \times \left\{ j_0 + S^{-1} \times \sum_{j=2}^N [j \hat{Z}_{\beta j}] \right\},$$

$$S = \sum_{i=i_0-1}^{i_0+1} \sum_{j=j_0-2}^{j_0+2} Z_{ij}, \hat{Z}_{ri} = \sum_{j=j_0-2}^{j_0+2} Z_{ij}, \hat{Z}_{\beta j} = \sum_{i=i_0-1}^{i_0+1} Z_{ij} \quad (4)$$

где  $S$  – коэффициент, равный сумме отсчётов в окне,  $Z$  – промежуточные суммы отсчётов по дальности и азимуту,  $i_0, j_0$  – номер дискрета дальности и

азимута, в котором принято решение об обнаружении максимального отсчёта,  $\delta r, \delta \beta$  – дискретность дальности, азимута.

Оценивание азимута и дальности по выражениям (4) позволяет минимизировать ошибки с учётом инструментальных погрешностей за счёт дискретности огибающей сигнала по дальности и азимуту, а также при наличии внутрипачечных флуктуаций отражённого сигнала, имеющих место при радиолокационном наблюдении вертолётов.

В РЛС используется селекция радиолокационных отметок целей на фоне помех за несколько обзоров. Такая селекция основывается на различии пространственно-временных (траекторных) признаков целей и помех (МССДЦ). Метод МССДЦ с измерением-распознаванием подразумевает сопровождение всех объектов, обнаруженных в зоне обзора РЛС, и фильтрацию их параметров. По результатам изменения параметров движения сопровождаемого объекта оцениваются траекторные признаки распознавания (скорость и модель входного воздействия) и принимается решение о его классе (цель или помеха). Радиолокационные отметки, принадлежащие скоростным траекториям, выдаются потребителям РЛС всегда, а от метки, принадлежащие малоскоростным траекториям, потребителю могут не выдаваться.

В алгоритме межобзорного сопровождения и селекции движущихся целей с измерением-распознаванием в качестве составной части используется многогипотезный измеритель с межобзорной памятью гипотез (МИМПГ). Многогипотезные измерители с межобзорной памятью гипотез вводятся как более усложнённый вариант квазиоптимальной адаптивной байесовской фильтрации. В англоязычной литературе такие разновидности дискретных следящих измерителей называются IMM (Interactife Muiltiple Model) [6]. От предыдущего шага измерения на текущий для  $i$ -го класса траектории передаётся фиксированное число гипотез  $N$  о моделях входного воздействия с учётом вероятностей их взаимного перехода. Существенное снижение канальности измерителя обеспечивается также сочетанием фильтров, отличающихся видами моделей входного воздействия. Траекторное описание целей и помех включает в себя:

- распределение траекторий по высотам и скоростям движения (высотно-скоростные характеристики);

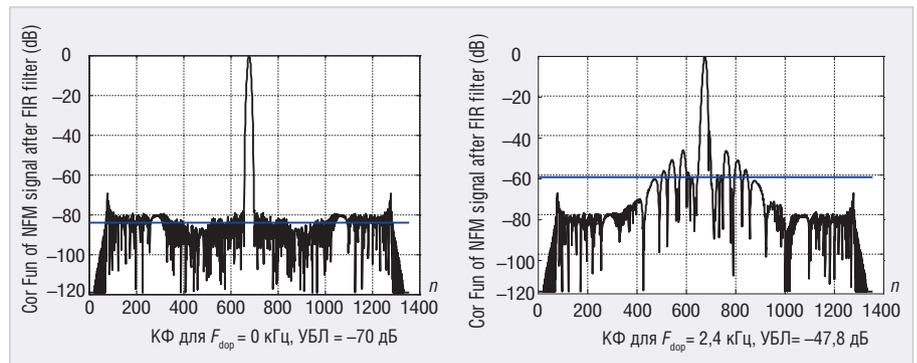


Рис. 2. Корреляционные функции

- вид и параметры задающего воздействия;
- характеристики возмущающего воздействия.

По высотно-скоростным характеристикам цели и помехи распределены следующим образом (для районов с континентальным климатом):

- цели могут летать на высотах от 0,05 до 25 км, помеха – от 0 до 12 км;
- диапазон скоростей цели лежит в пределах от 50...70 (на посадке) до 850 (и более) м/с, помеха от 0 до 35 м/с.

По параметрам моделей возмущающих воздействий цели отличаются от помехи наличием незначительного «шума» по измеряемым координатам. Им можно пренебречь для измерителей обзорных РЛС средней и большой дальности ввиду того, что разрешаемый объём РЛС намного превышает геометрические размеры целей, в то время как у помехи СКО «шумов» по измеряемым координатам значительны.

Задающие воздействия целей описываются моделями первого или второго порядков с некоррелированными приращениями или моделями первого порядка с коррелированными приращениями. Задающие воздействия помехи описываются моделями нулевого ИЛИ первого порядка с некоррелированными приращениями, или нулевого порядка с коррелированными приращениями.

Виды и порядки моделей задающего воздействия целей (кроме вертолётов) и ДМО оказываются различными, за исключением модели первого порядка с некоррелированными приращениями. Однако значения параметров возмущающего воздействия для перекрывающихся моделей оказываются различными: дисперсия случайного маневра целей лежит в диапазоне 0,001...0,5 м<sup>2</sup>/с<sup>4</sup>, а помеха – в диапазоне 0,01...0,1 м<sup>2</sup>/с<sup>4</sup>.

Диапазоны значений СКО «шумов» помехи по дальности и азимуту остат-

ков компенсации от облаков гидрометеоров лежат в пределах  $\sigma_{р,ДМО} = 50...60$  м и  $\sigma_{\beta,ДМО} = 0,2...0,72^\circ$ .

### ХАРАКТЕРИСТИКИ РАДИОЛОКАТОРА

Диспетчерский радиолокатор диапазона L обеспечивает выполнение следующих функций:

- обнаружение летательных аппаратов в неблагоприятных погодных условиях;
- выделение движущихся целей, оценка их координат (азимут и дальность) с использованием адаптивных фильтров;
- сопровождение целей и отображение радиолокационной информации.
- Техническими особенностями радиолокатора являются:
- кольцевая активная фазированная решетка с электронным сканированием луча;
- двухчастотный режим работы;
- использование двухимпульсного зондирования, импульсом малой длительности с моночастотным заполнением для малых дальностей и широким импульсом с нелинейной частотной модуляцией для больших дальностей;
- цифровое сжатие сигнала и адаптивная селекция движущихся целей;
- сопровождение целей с применением алгоритмов Калмановской фильтрации.

Структурная схема радиолокатора приведена на рисунке 3. Прибор ПРД-ПРМ формирует последовательность зондирующих импульсов, представляющих собой пачку из 16 импульсов на каждом угловом направлении антенны (через 0,45°). Пачка состоит из двух подпачек, включающих 8 зондирований на частоте  $f_1$  и 8 зондирований на частоте  $f_2$ . Каждое зондирование состоит из двух импульсов, длительностью  $\tau_1 = 1$  мкс,  $\tau_2 = 64$  мкс. Импульс

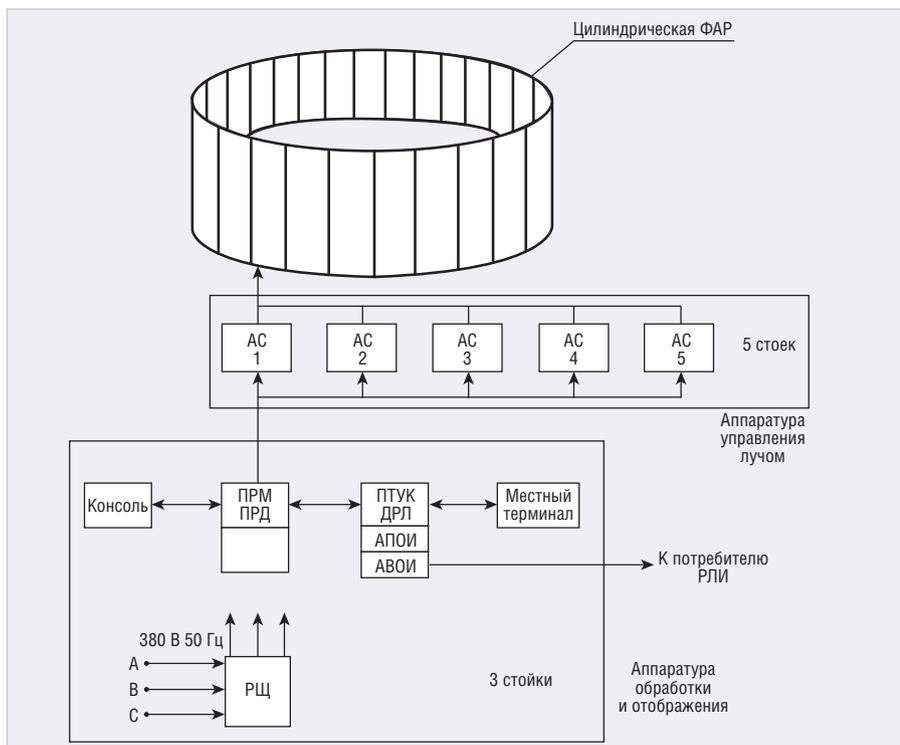


Рис. 3. Структурная схема ДРЛ

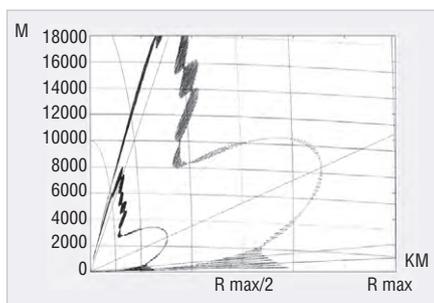


Рис. 4. Диаграмма зоны действия ДРЛ (размер цели 2 м<sup>2</sup>, P=0,85)

$\tau_1$  имеет моночастотное заполнение, импульс  $\tau_2$  нелинейно-частотно модулирован. Импульсы подпачек вобулируют со средним периодом повторения 760 мкс.

Приборы АС формируют требуемое амплитудно-фазовое распределение возбуждения излучаемой ФАР. Сканирование лучом в горизонтальной плоскости производится с шагом 0,45°. Входящие в состав приборов АС приёмно-передающие модули усиливают питающие сигналы до уровня мощности 250–300 Вт. Одновременно включены 40 излучателей, т.е. суммарная мощность излучаемого сигнала составляет 10–12 кВт. Отражённые от цели сигналы с выхода излучателей усиливаются малошумящими усилителями с коэффициентом шума  $F < 1,3$  дБ, входящими в состав приёмно-передающего модуля, и далее поступают на прибор ПРД-ПРМ.

Сигналы промежуточной частоты в приборе ПТУК-ДРЛ подвергаются аналого-цифровому преобразованию и поступают на фильтр сжатия. Используемый закон нелинейной частотной модуляции и обработка в фильтре сжатия с 320 весовыми коэффициентами позволяет получить уровень боковых лепестков не более –52 дБ при  $f_D=0$  и не более –40 дБ при  $f_D=5$  кГц, при коэффициенте сжатия равном 64.

После сжатия производится адаптивная селекция движущихся целей, выполненная на основе решётчатого фильтра. Селекция движущихся целей обеспечивает следующие характеристики: коэффициент подавления  $\geq 50$  дБ; коэффициент подпомеховой видимости  $\geq 40$  дБ для нефлуктуирующей цели и  $\geq 26$  дБ для флуктуирующей цели. При используемом законе вобуляции неравномерность скоростной характеристики не превышает 5 дБ при скоростях до 2000 км/ч.

Межобзорная обработка производится с использованием многогипотезного дискретного следящего измерителя на основе сочетания фильтров Калмана, отличающихся видами моделей входного воздействия – ИММ-фильтра. Межобзорная обработка обеспечивает следующие характеристики: максимальное время принятия решения о траектории не превышает 4 обзора, максимальная скорость цели до 2000 км/ч, максимальное число целей до 50, количество ложных трасс

не более 5. Управление режимами работы, контроль технического состояния, техническое обслуживание радиолокатора производится с помощью местного терминала и консоли. Зона действия радиолокатора приведена на рисунке 4.

### ЭЛЕМЕНТАРНАЯ БАЗА И КОНСТРУКТИВНОЕ ИСПОЛНЕНИЕ

В системе применены следующие компоненты.

1. Фазированная антенная решётка – цилиндрическая ФАР, включающая в свой состав 160 излучателей с габаритными размерами: высота  $h=2,2$  м,  $d=0,150$  м, радиус цилиндра 4 м.
2. Приёмно-передающие модули (10 шт.):
  - усилители мощности на транзисторах BLL6H05 14-25, BLL6H1 214-500;
  - малошумящие усилители на микросхемах SPF-51227;
  - конструктивное исполнение в виде блока с габаритными размерами 124×315×218 мм.
3. Возбудители и приёмники – серийно выпускаемые модули 974ГВ02 К/М и 974ПП05М.
4. Аппаратура первичной обработки на основе модуля ЦОС АДДР201СР5 производства «Инструментальных систем» с использованием ПЛИС Xilinx XC4VSX35-10 и процессоров Analog Devices ADSP-TS201SA.
5. Аппаратура вторичной обработки – промышленная ЭВМ IPC-006 Advantix.
6. Местный терминал УМВК-18, консоль ПКМ-9268АВ производства ICP.
7. Приборы АС, ПРД-ПРМ, ПТУК-ДРЛ, РЦ в стойках с габаритными размерами 1846×518×560 мм.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Седлецкий Р.М. и др. Исследования сложных зондирующих сигналов с цифровым формированием для ДМРЛ. Цифровая обработка сигналов № 2. 2009.
2. Леховицкий Д.И. и др. СДЦ в импульсных РЛС. ПРЭ. Том 10. № 4. Харьков. 2011.
3. Леховицкий Д.И. и др. О потерях когерентного сигнала в адаптивном обнаружителе с некогерентным накоплением. ПРЭ. Том 10. № 4. Харьков. 2011.
4. Седышев С.Ю., Дечко А.А. Потенциальные характеристики обнаружителя, оптимального по критерию среднего риска. ПРЭ. Выпуск №3. 2006.
5. Радиоэлектронные системы, под ред. Ширмана Я.Д., М, 2007.
6. Фарина А., Студер Ф. Цифровая обработка радиолокационной информации. Сопровождение целей М., «Радио и Связь», 1993г.



ПАТРОНАЖ ТПП РФ

17-19

СЕНТЯБРЯ 2019

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ

КВЦ «ЭКСПОФОРУМ»



powered by  
**productronica**

**Radelexpo**

# ХІХ 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

ОРГАНИЗАТОР МЕЖДУНАРОДНОГО ПАВИЛЬОНА:



ООО «Мессе Мюнхен Рус»

Messe München

ОРГАНИЗАТОР ВЫСТАВКИ:



**FarEXPO** **FE**<sup>®</sup>

PROFESSIONAL, BUSINESS & SOCIETY ORGANIZATION

**radelexpo.ru**

(812) 777-04-07

Реклама



# Четыре аспекта использования современных ИП в составе испытательных систем

Дмитрий Титов (dmitry.titov@keysight.ru)

В статье представлены рекомендации, позволяющие максимально эффективно применять системные источники питания, не беспокоясь о безопасности испытываемых устройств. Приведённые советы позволят специалистам успешно интегрировать источники питания в испытательную систему.

Инженеры, отвечающие за разработку и эксплуатацию испытательных систем, постоянно сталкиваются с новыми требованиями. Кроме того, им приходится постоянно расширять и дополнять планы проведения испытаний. Решить такие задачи бывает непросто. Познакомьтесь с несколькими рекомендациями, позволяющими максимально эффективно применять системные источники питания (ИП), не беспокоясь о безопасности испытываемых устройств. Четыре приведённых ниже совета позволят специалистам успешно интегрировать ИП в испытательную систему.

## 1. Монтаж системного ИП в стойку

В процессе планирования конфигурации стойки для испытаний

могут возникнуть затруднения, связанные с выбором расположения необходимых приборов. При установке системного источника питания в стойку автор рекомендует опираться на перечисленные ниже рекомендации.

- **Распределение массы.** Правильно распределяйте массы приборов, чтобы стойка оставалась устойчивой.
- **Комплекты для монтажа в стойку.** Источники питания зачастую поставляются с уникальными комплектами для монтажа в стойку, позволяющими оптимально использовать пространство.
- **Обеспечение правильного питания стойки.** Обеспечьте необходимую мощность переменного тока на входе, чтобы не допустить чрезмерных просадок по току.

- **Контроль тепловыделения.** Используйте соответствующую систему контроля температуры и теплоотвода, чтобы не допустить чрезмерно высоких температур.
- **Прокладка проводов.** Прокладывайте провода так, чтобы свести к минимуму наведённые и излучаемые шумы.

### Распределение веса

Обычно источник питания – один из самых массивных приборов в стойке для испытаний. Устанавливайте ИП в нижней части стойки, чтобы уменьшить высоту центра тяжести стойки и, соответственно, уменьшить риск её опрокидывания.

### Комплекты для монтажа в стойку

Системные ИП разрабатывают таким образом, чтобы они занимали как можно меньше места в стойке. Это означает, что производителям приходится уменьшать высоту ИП, так как их ширина ограничена шириной стандартной 19" стойки. Системные ИП имеют большую длину, и из-за своих размеров и массы они зачастую поставляются со специальными комплектами для монтажа в стойку.

Например, в ИП серии N6700 используется уникальное крепление для монтажа в стойку (см. рис. 1), для которого не требуются направляющие. Благодаря отказу от направляющих источники питания серии N6700 занимают всего 1U высоты стойки. При разработке базового блока высокой мощности N6702C глубина прибора была увеличена на 2 дюйма (4,8 см), но при этом высота 1U осталась неизменной. На самом деле разработка ИП с высокой плотностью мощности (Вт на 1U стойки) и специализированных комплектов для монтажа в стойку требует значительных усилий.

### Обеспечение правильного питания стойки

При расчёте характеристик сетевого шнура переменного тока учитывайте максимальное значение номинального тока, потребляемого каждым прибором в стойке. Это позволит рассчитать адекватные параметры линии электропитания.

Большинство приборов потребляют относительно стабильное значение тока.

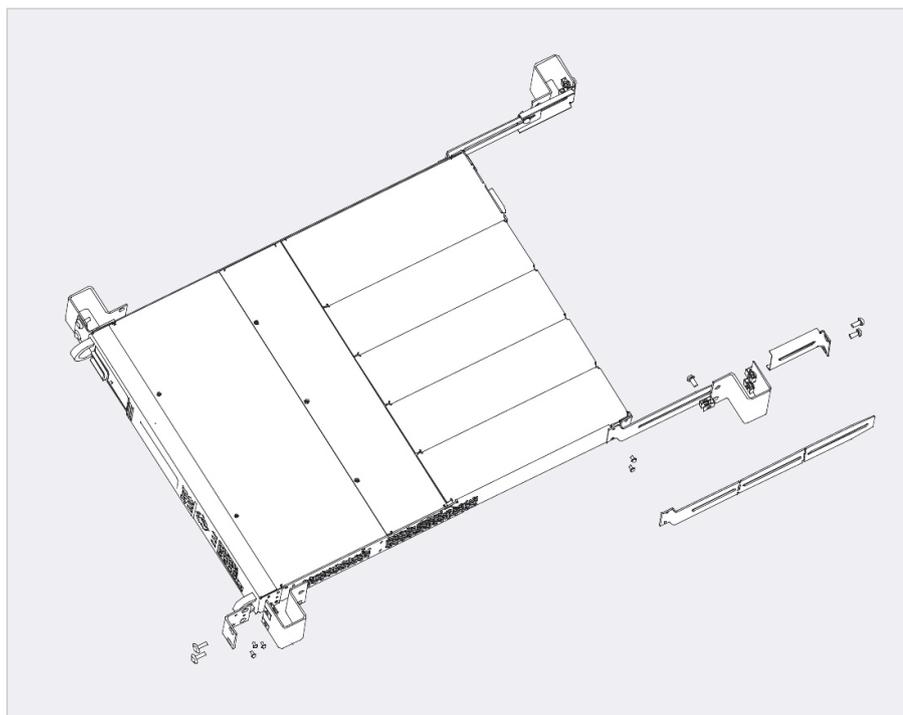


Рис. 1. Комплект монтажа системного ИП серии N6700 в стойку (устанавливается на боковых стенках ИП)



Рис. 2. Пример отображения рабочего состояния на передней панели: CV (режим стабилизации напряжения), CC (режим стабилизации тока), OV (перенапряжение) и OC (чрезмерный ток)

Значение переменного тока на входе ИП зависит от нагрузки на его выходе. Если максимальная ожидаемая нагрузка на выходе ИП неизвестна, при расчёте максимального номинального входного тока ИП ориентируйтесь на худший вариант.

### Контроль тепловыделения

Обычно в ИП имеются внутренние охлаждающие вентиляторы. При установке ИП в стойку следует предусмотреть необходимое пространство перед входными и выходными отверстиями для воздуха. Обратите внимание на направление потока воздуха и убедитесь, что горячий воздух, выходящий из источника питания, отводится в сторону от чувствительных к нагреву приборов, например, цифровых мультиметров.

### Прокладка проводов

Сигнальные и измерительные кабели восприимчивы к шумам. Так как силовые кабели могут излучать электрический шум, их следует прокладывать отдельно от сигнальных кабелей. Экранированные кабели с витой парой позволяют чрезвычайно эффективно снизить помехи от низкочастотных шумов.

## 2. ЗАЩИТА ИСПЫТУЕМОГО УСТРОЙСТВА

Инженеры обычно выбирают системные ИП, мощность которых превышает необходимую. Именно поэтому очень важно помнить о необходимости защиты испытуемого устройства. Ниже перечислен ряд мер, позволяющих предотвратить возникновение неполадок.

- **Защита от перенапряжения.** Чтобы не допустить повреждения испытуемого устройства, ограничьте подаваемое на него напряжение.

- **Защита от чрезмерных токов.** Эта система защищает не только испытываемое устройство, но и всю испытательную систему от чрезмерных значений тока.
- **Блокирование передней панели.** Эта функция используется для защиты от непреднамеренного изменения настроек на передней панели.
- **Защита при повреждениях межблочных соединений или неисправностях.** Эта функция отключает все каналы (даже в разных базовых блоках) при возникновении неисправностей.
- **Сторожевой таймер.** Обеспечивает защиту устройства, отключая выход источника питания, если внешняя управляющая программа «зависает» или контроллер перестаёт отвечать.
- **Дополнительная защита.** Некоторые ИП оснащены дополнительными системами защиты, например защитой от перегрева.

### Защита от перенапряжения

Самая очевидная угроза для испытуемого устройства – слишком высокие значения напряжения или тока на входе. Простой способ защитить испытываемое устройство – задать предельное значение напряжения, немного превышающее максимальное напряжение на выходе ИП.

Большинство системных ИП используются в режиме с постоянным напряжением. Это означает, что специалист, проводящий испытания, задаёт напряжение на выходе и предполагает, что на выходе ИП всегда будет заданное значение напряжения.

В качественных системных ИП используются отдельные схемы для отслеживания состояния выхода и обнаружения перенапряжения. При обнаружении перенапряжения ИП выключает выход

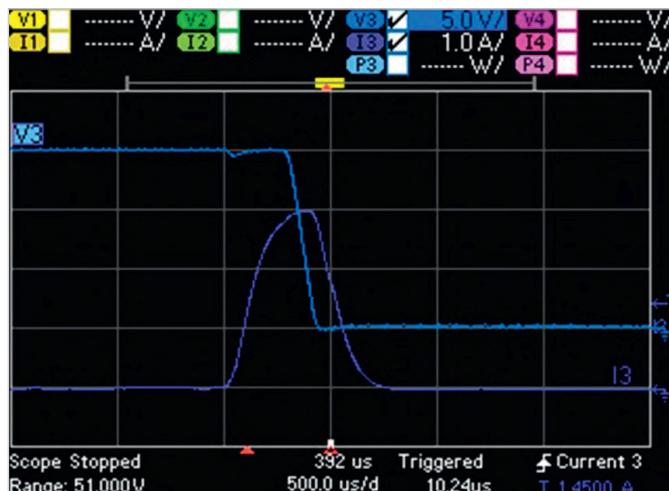


Рис. 3. Пример перегрузки по току (фиолетовая осциллограмма), при которой происходит отключение канала

и отображает сообщение о неисправности, связанной с перенапряжением.

На рисунке 2 показан пример отображения рабочего состояния на передней панели ИП.

### Защита от чрезмерного тока

Для работы функции защиты от чрезмерного тока используется параметр CC (значение предела для режима стабилизации тока). Система не позволяет току на выходе превысить значение этого параметра, но не выключает выход, если ток увеличится до этого максимального значения.

Если при выключенной функции защиты от чрезмерного тока его значение на выходе достигнет предела, заданного параметром CC, источник питания продолжит работать и на его выходе будет обеспечиваться ток, равный по значению параметру CC. Это может привести к повреждению некоторых испытуемых устройств, поскольку через них будут постоянно проходить токи нежелательного уровня.

Если при включённой функции защиты от чрезмерного тока его значение на выходе достигнет предела, заданного параметром CC, источник питания отключает выход и ток больше не подаётся на испытуемое устройство.

В системных ИП высшего класса предусмотрена задержка срабатывания функции защиты от чрезмерного тока, которая допускает наличие чрезмерного тока на выходе в течение заданного времени. Такая задержка предотвращает ложные срабатывания при бросках тока в процессе изменения напряжения.

На рисунке 3 приведён пример перегрузки по току, при которой происходит отключение канала (осциллограм-

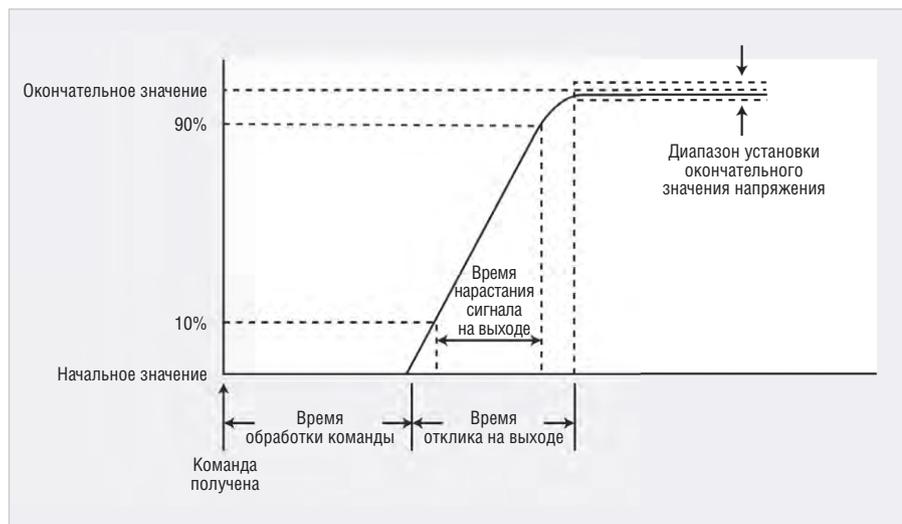


Рис. 4. Время отклика на выходе ИП

ма напряжения на выходе показана синим цветом).

**Функция блокирования передней панели**

При управлении источником питания с помощью удалённого интерфейса передачи данных, например локальной сети, органы управления на передней панели прибора должны быть отключены для защиты от случайного изменения параметров тока на выходе ИП.

Отключить переднюю панель можно двумя способами. Можно воспользоваться командой SCPI для блокирования и разблокирования передней панели. Кроме того, в некоторых ИП можно включить блокировку в меню на передней панели. В этом случае для разблокирования передней панели потребуется ввести пароль.

**Удалённое отключение по сигналу запрета**

Функция удалённого отключения по сигналу запрета позволяет отключать выход ИП по внешнему сигналу, например при размыкании или замыкании контактов переключателя.

Три самых распространённых случая применения этой функции:

1. Использование выключателя аварийного отключения.
2. Использование предохранительного выключателя на крышке защитного бокса.
3. Использование подключения к другим источникам питания.

Выключатель аварийного отключения предназначен для оператора и используется в чрезвычайных ситуациях, например если испытуемое устройство (ИУ) задымилось.

Если в испытуемом устройстве имеются движущиеся компоненты или высокие напряжения, на него должна быть установлена крышка или оно должно быть помещено в защитный бокс. Если в процессе испытания случайно открыть крышку, система должна выключить ИП. Использование кабелей с сигналом запрета, соединяющих несколько базовых блоков источников питания, позволяет выключать все ИП при возникновении неисправности.

**Сторожевой таймер**

Сторожевой таймер – это уникальная функция, которая используется в некоторых ИП высшего класса. Она позволяет отслеживать активность на всех интерфейсах удалённого управления (LAN, GPIB или USB). Если источнику питания не удаётся обнаружить такую активность в течение заданного периода времени, его выход отключается. Эта функция позволяет ИП защитить устройство даже при «зависании» контроллера или программы.

**Дополнительная защита**

Имеются ещё две функции защиты источника питания: защита от перегрева и защита от обратной полярности на выходе.

Если источником питания обнаруживается, что его внутренняя температура превышает предварительно заданное значение, то его выход отключается. Температура в источнике питания может возрасти из-за аномально высокой температуры окружающей среды или блокирования вентиляционных отверстий.

Одним из средств защиты ИП от обратной полярности является внутренний диод, подключённый к выходным клеммам ИП. В источниках питания для регулировки напряжения на выходных клеммах используются полярные электролитические конденсаторы. Диод защищает выходной конденсатор от напряжения обратной полярности, которое может поступать с внешнего источника.

**3. ОБЕСПЕЧЕНИЕ СТАБИЛЬНОЙ ВЫХОДНОЙ МОЩНОСТИ**

Для большинства задач требуется поддерживать стабильный постоянный ток на выходе при самых различных нагрузках. Конструкция высокоскоростных системных ИП позволяет исключительно быстро изменять напряжение на выходах и реагировать на изменения параметров нагрузки.

При испытании беспроводного устройства с импульсным потреблением тока высокоскоростной ИП может работать нестабильно. Можно пойти на компромисс, увеличив время реагирования ИП, либо использовать дополнительные конденсаторы, чтобы обеспечить соответствующий импеданс ИП для нагрузки.

Понимание процессов, происходящих в нагрузке, и меры по их компенсации позволяют обеспечить необходимую реакцию ИП на запрограммированные изменения напряжения на выходе. Далее указаны три значения параметров времени отклика, которые можно уменьшить, чтобы сократить время испытаний, или увеличить, чтобы повысить стабильность. Кроме того, приведены отдельные рекомендации для ёмкостных и индуктивных нагрузок.

- **Время отклика на выходе.** Время, которое требуется на стабилизацию параметров выхода после переключения значения выходного напряжения.
- **Время отклика при снижении напряжения.** При контролируемом снижении напряжения на выходе ИП он должен рассеивать мощность, пока напряжение на выходе не станет равно заданному.
- **Время отклика при переходных процессах.** Время, которое требуется ИП для стабилизации после изменения параметров нагрузки.
- **Ёмкостные нагрузки.** Для ёмкостных устройств зачастую требуется

увеличивать время, за которое происходит изменение напряжения на выходе ИП.

- **Индуктивные или импульсные нагрузки.** Беспроводные устройства обычно потребляют ток короткими импульсами. Это приводит к падениям напряжения на выходе ИП.

**Время отклика на выходе**

Время отклика на выходе ИП (см. рис. 4) – это время, которое требуется для переключения на новое значение напряжения. Время обработки команд измеряется отдельно.

Время отклика на выходе имеет разные названия: скорость программного изменения, время установления, время отклика выхода, характеристика отклика на выходе и время отклика при программном изменении. Оно обычно описывается значениями времени нарастания и спада напряжения, временем установления или иногда временной константой.

Значения времени нарастания (и спада) – это время, которое требуется, чтобы напряжение на выходе возросло с 10 до 90% окончательного значения. Время установления (называемое временем отклика на выходе) – это время с момента, когда напряжение на выходе начинает изменяться, до момента, когда напряжение устанавливается в заданном диапазоне настройки рядом с окончательным значением.

**Время отклика при программном уменьшении напряжения**

Время отклика при программном уменьшении напряжения аналогично времени отклика при программном увеличении напряжения за исключением того, что в этом случае выходное напряжение ИП программно снижается. Тем не менее следует рассмотреть время отклика при программном уменьшении напряжения отдельно, так как малое время отклика при программном увеличении напряжения необязательно гарантирует сравнимо малое время отклика при программном уменьшении напряжения. В базовых моделях ИП обычно нет цепей активного рассеивания мощности, которые позволяют быстро понижать напряжение на выходе. В этом случае время отклика при программном уменьшении напряжения часто зависит от того, какую нагрузку испытывает устройство оказывает на выход ИП.

**Время отклика при переходных процессах**

Время отклика при переходных процессах (или время восстановления при переходных процессах в нагрузке) – это время, которое требуется на восстановление напряжения на выходе ИП после изменения нагрузки. При увеличении тока нагрузки напряжение на выходе сначала немного снижается, а затем быстро восстанавливается до исходного значения (или близкого к нему) (см. рис. 5).

Скорость восстановления напряжения при изменении тока нагрузки определяется параметрами контура обратной связи ИП. Высокоскоростные конструкции обеспечивают более короткое время восстановления. Однако источники питания, построенные по таким схемам, менее стабильны в работе. Аналогично низкоскоростные конструкции имеют большее время восстановления, но они более стабильны в работе.

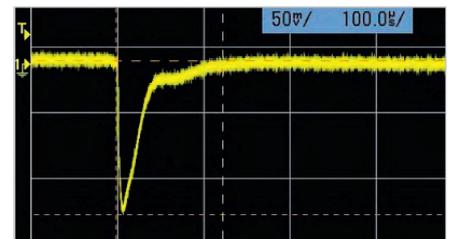
**Ёмкостные нагрузки**

При работе с ёмкостными нагрузками изменения напряжения на выходе обычно приводят к возникновению больших токов. В таких случаях высокоскоростной ИП может стать нестабильным, так как он пытается компенсировать внезапные изменения тока.

Ключевой способ, позволяющий обеспечить стабильную работу системы, – это согласование выходного импеданса ИП с нагрузкой. Последовательное сопротивление проводов и эквивалентное последовательное соединение нагрузки уменьшают ток. Кроме того, в некоторых ИП имеются системы управления скоростью нарастания напряжения на выходе. Они позволяют уменьшить скорость изменения напряжения на выходе и уменьшить полосу пропускания источника питания. Например, если установленная скорость нарастания напряжения равна 5 В/с, то для изменения выходного напряжения на 0,5 В потребуется 0,1 с.

**Индуктивные и импульсные нагрузки**

Чтобы увеличить время работы от аккумулятора, мобильные беспроводные устройства зачастую потребляют ток короткими импульсами, что приводит к внезапным изменениям параметров на выходе ИП. Можно стабилизировать выход ИП, добавив дополнительные конденсаторы в нагрузку и сведя к минимуму индук-



**Рис. 5. Падение напряжения на выходе из-за внезапного изменения тока, потребляемого нагрузкой, и его восстановление**

тивности проводов. Самый простой способ уменьшить индуктивность проводов – сделать их короче, но это не всегда возможно. Можно уменьшить индуктивность проводов, применяя витые пары.

**4. ОБЗОР РАЗЛИЧНЫХ ВЫХОДНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ИП**

Системные ИП с функцией автоматического выбора диапазона широко распространены, поскольку они обеспечивают дополнительную гибкость по управлению напряжением и током. Довольно часто в испытываемые устройства вносят изменения и добавляют новые функции. Наличие достаточно гибких возможностей по управлению сочетаниями напряжения и тока значительно повышает вероятность того, что ИП будет соответствовать предъявляемым требованиям в будущем.

Определить ИП с двумя диапазонами или с автоматическим выбором диапазона довольно просто, так как в их характеристиках обычно используется слово «до». Кроме того, такие ИП можно определить по их максимальной номинальной мощности, так как они не позволяют достичь максимального напряжения при максимальном токе (для таких источников произведение максимального напряжения и максимального тока, то есть расчётная максимальная выходная мощность, намного превышает реальные возможности ИП). Разобраться с данной темой помогут следующие графики.

- **Выходная характеристика** – это графическое представление всех допустимых сочетаний напряжения и тока.
- **Прямоугольная выходная характеристика** – это самая распространённая выходная характеристика. Пользователю доступны все сочетания напряжения и тока вплоть до максимальных их значений.

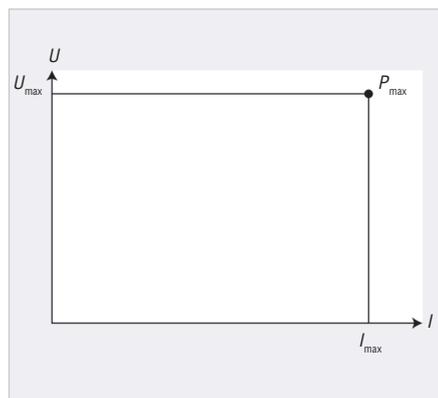


Рис. 6. Прямоугольная выходная характеристика ИП

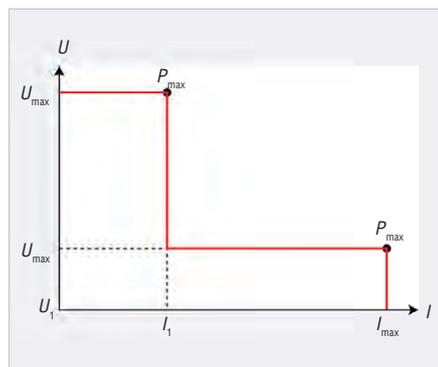


Рис. 7. Выходная характеристика с двумя диапазонами

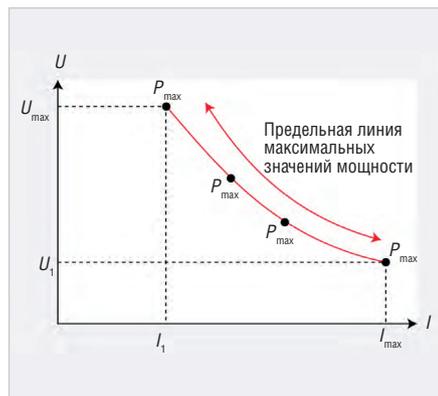


Рис. 8. Выходная характеристика ИП с автоматическим выбором диапазона

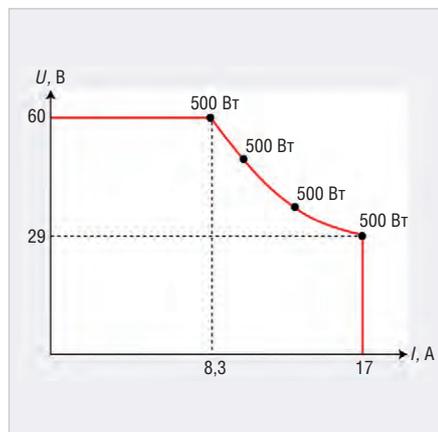


Рис. 9. Выходная характеристика ИП N6756A

- **Двухдиапазонный выход.** Источник питания с двумя диапазонами позволяет более гибко задавать сочетания напряжения и тока.
- **Функция автоматического выбора диапазона** предоставляет наиболее гибкие возможности выбора сочетаний напряжения и тока в рамках предельного значения мощности источника питания.

**Выходная характеристика**

Выходная характеристика ИП соответствует границам области, содержащей все допустимые сочетания напряжения и тока для определённого выхода. Любое сочетание напряжения и тока, находящееся внутри выходной характеристики, является допустимой рабочей точкой для этого ИП.

**Прямоугольная выходная характеристика**

Если посмотреть на график напряжения – тока, то прямоугольная выходная характеристика (см. рис. 6) имеет форму прямоугольника. Максимальную мощность ИП выдаёт в одной точке, соответствующей максимальным значениям напряжения и тока.

Например, источник питания мощностью 100 Вт (рассчитанный на напряжение 20 В и ток 5 А) имеет прямоугольную выходную характеристику. Можно задать любое напряжение в диапазоне 0...20 В и любой ток в диапазоне 0...5 А. Так как 20 В × 5 А = 100 Вт, имеется только одна точка максимальной выходной мощности  $P_{max}$ , соответствующая максимальным значениям напряжения и тока.

**Двухдиапазонный выход**

Если посмотреть на график напряжения – тока, то выходная характеристика двухдиапазонного выхода (см. рис. 7) выглядит как две наложенные друг на друга прямоугольные выходные характеристики. Соответственно, максимальная мощность на выходе возможна при двух сочетаниях напряжения и тока.

ИП с выходной характеристикой этого типа имеют расширенные возможности по заданию выходного сигнала по сравнению с ИП с прямоугольной выходной характеристикой. В таких ИП можно использовать большее количество сочетаний напряжения и тока без дополнительных расходов. При этом размеры и масса таких блоков питания меньше, чем

у блоков питания большей мощности. Поэтому, даже если можно задавать напряжения и токи вплоть до  $U_{max}$  и  $I_{max}$  соответственно, сочетанию  $(U_{max}; I_{max})$  не будет соответствовать ни одна рабочая точка, так как при таком сочетании мощность превысит значение  $P_{max}$ .

Можно создать ИП, у которого количество диапазонов будет больше двух (хотя такие варианты менее распространены). Для таких ИП также возможны различные сочетания напряжения и тока, при которых выходная мощность не превышает значение  $P_{max}$ .

На графике напряжения – тока выходная характеристика источника питания с автоматическим выбором диапазона (см. рис. 8) выглядит как бесконечное количество перекрывающихся прямоугольных выходных характеристик, при которых выходная мощность не превышает значение  $P_{max}$ . Кривая постоянной мощности соединяет точки  $P_{max}$  при  $(I_1; U_{max})$  и  $P_{max}$  при  $(I_{max}; U_1)$ .

В качестве иллюстрации ИП с автоматическим выбором диапазона рассмотрим выходную характеристику источника питания N6756A (см. рис. 9) с максимальным напряжением 60 В и максимальным током 17 А. В автомобильной промышленности напряжения, не превышающие 60 В, считаются низкими. В современных автомобилях используется напряжение 12 В, поскольку соответствующие компоненты недороги и широко распространены.

Использование более высоких напряжений позволяет уменьшить значения тока и, соответственно, размер и массу проводов. Часто производители проводят исследования, используя компоненты, рассчитанные на напряжения 24 или 48 В. Например автомобили конструкции mild hybrid работают при напряжении 48 В, однако в них имеются системы, рассчитанные на 12 В. При использовании напряжений выше 60 В требуются дополнительные функции безопасности. Такие напряжения применяются только в электрических транспортных средствах и гибридных трансмиссиях. Максимальный ток для заданного напряжения можно определить по выходной характеристике. Источник питания N6756A обеспечивает токи 10,4 А (при напряжении 48 В) и 17 А (при напряжениях 12 и 24 В).



# ChipEXPO-2019

КОМПОНЕНТЫ | ОБОРУДОВАНИЕ | ТЕХНОЛОГИИ

17-я  
МЕЖДУНАРОДНАЯ  
ВЫСТАВКА  
ЭЛЕКТРОНИКИ

РОССИЯ | МОСКВА  
ЭКСПОЦЕНТР

## ТЕМАТИЧЕСКИЕ ЭКСПОЗИЦИИ

- Экспозиция Департамента радиоэлектронной промышленности Минпромторга России «Участники Государственной программы «Развитие электронной и радиоэлектронной промышленности на 2013-2025 годы»
- Экспозиция участников конкурса на присуждение премии «Золотой Чип»
- Экспозиция «Испытания и контроль качества ЭКБ»
- Экспозиция «Новинки производителей электронных компонентов»
- Экспозиция «China electronics»
- Экспозиция предприятий Зеленограда (Корпорация развития Зеленограда)
- Экспозиция предприятий АО «Росэлектроника»

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

16.10-  
18.10

ЗА ДОСТИЖЕНИЯ

Реклама



# Точные измерения цепей питания

Ли Морган (Tektronix)

На сегодняшний день анализ цепей питания является одной из важнейших задач, с которыми сталкиваются разработчики систем электропитания. При этом специфические проблемы, возникающие при измерении параметров источников питания постоянного тока, могут быть решены при помощи соответствующих измерительных приборов. В данной статье автор подробно расскажет о цепях питания и даст необходимые рекомендации для решения конкретных задач.

Для работы многих компонентов требуется несколько источников питания. Особенно это касается высокоинтегрированных систем на кристалле, ПЛИС и процессоров, где могут взаимодействовать несколько различных технологий. Кроме того, имеется тенденция снижения уровней напряжения, что ведёт к сокращению допусков на шумы в шинах питания.

В то же время потенциальные возможности возникновения шумов рас-

ширяются в связи с появлением следующих факторов:

- функции повышения энергоэффективности, такие как стробирование питания, динамическое управление напряжением и частотой (DVFS);
- динамически меняющиеся нагрузки с быстрыми переходными процессами;
- повышенные перекрёстные помехи и взаимовлияние;
- импульсные стабилизаторы напряжения с крутыми фронтами.

Точное измерение шумов в цепях питания требует применения таких решений, о которых раньше могли и не задумываться, например, специальных пробников цепей питания.

## ОСНОВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ЦЕПЕЙ ПИТАНИЯ И НЕКОТОРЫЕ ИХ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Очень важно измерить параметры цепей постоянного тока и убедиться, что питающие напряжения лежат в пределах допуска для конкретной системы или устройства. При этом надо учитывать не только значение постоянного напряжения, но уровень шумов. Шум в цепях питания можно разделить на широкополосный, периодический и переходные процессы (см. рис. 1).

Чтобы минимизировать эти типы шумов, сначала нужно их выделить и точно измерить. Однако измерения в цепях питания связаны с некоторыми специфическими особенностями, в ходе их выполнения нужно учитывать следующие аспекты:

- требования к полосе измерения;
- шум измерительной системы и пробников;
- динамический диапазон измерительной системы;
- влияние пробника на измеряемую цепь.

## ПОЛОСА ИЗМЕРЕНИЯ

Исследуя конструкцию разных систем питания можно прийти к выводу, что для измерения их параметров достаточно использовать измерительную систему с полосой пропускания несколько десятков МГц. Большинство импульсных источников питания используют частоту преобразования в несколько десятков кГц, и в редких случаях до нескольких МГц. Крупные конструкции и устройства, использующие большие напряжения питания, менее чувствительны к шумам. Поэтому шумы с частотами выше 20 МГц обычно не учитываются.

Однако по упомянутым выше причинам современные конструкции чувствительны к высоким частотам и подвержены влиянию высокочастотных шумов (см. рис. 2).

Изменилась также и схемотехника источников питания. В то время как

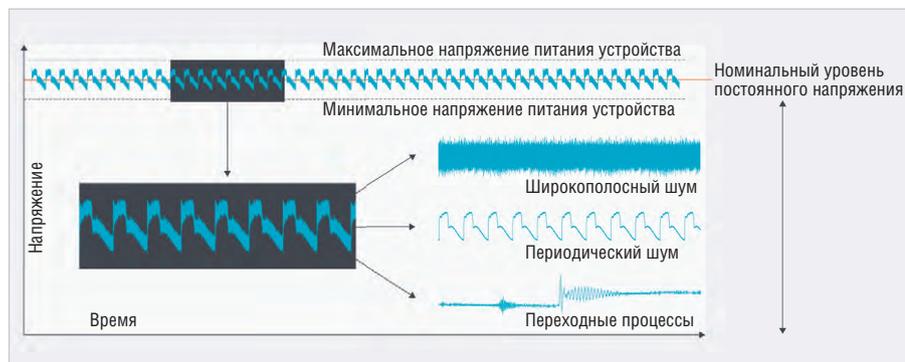


Рис. 1. Компоненты шума источника питания постоянного тока

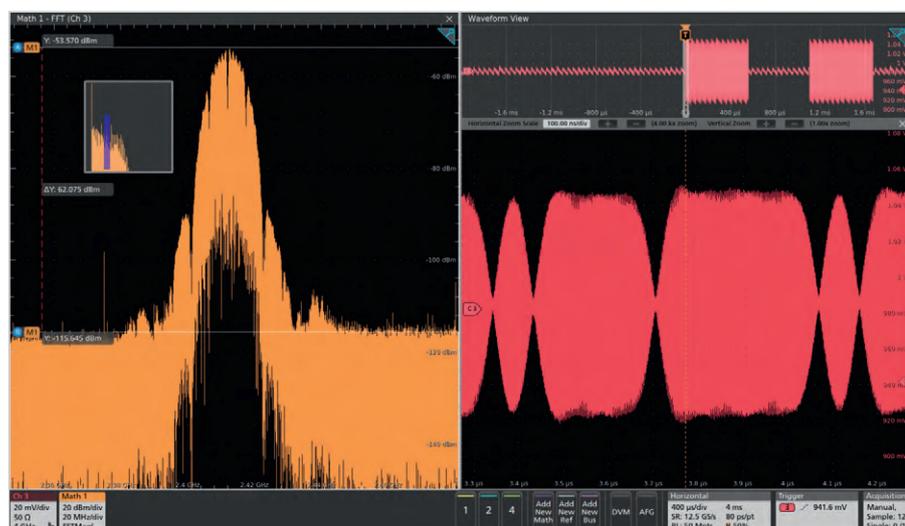


Рис. 2. Осциллограмма шумов: канал 3 (красная кривая) использовался для захвата сигнала шины питания, на которую наводилась высокочастотная помеха. Если энергия этой помехи слишком велика, она может повлиять на работу устройства или вызвать его повреждение

рабочие частоты преобразователей напряжения остались по-прежнему сравнительно низкими, фронты сигналов стали более крутыми из-за появления быстродействующих коммутаторов.

Высокое быстродействие ключей в источниках питания, перекрёстные помехи, одновременное переключение компонентов и другие источники помех могут порождать в цепях питания шумы и гармоники с очень высокими частотами. Компания Tektronix предлагает пробники с полосой пропускания 1 ГГц и 4 ГГц, предназначенные специально для измерения цепей питания.

### Шумы измерительной системы и окружающей среды

#### Шум базовой линии

Для точного измерения шумов цепей питания измерительная система и применяемые методы измерения должны обеспечивать минимальный вклад собственных шумов. Чем меньше шумов добавляет измерительная система, тем больше уверенности в том, что наблюдаемый сигнал действительно соответствует сигналу в исследуемом устройстве.

Уровень шума базовой линии измерительного прибора и пробника позволяет оценить общие шумовые параметры измерительной системы. Простые измерения двойного размаха или среднеквадратического значения входного сигнала позволяют быстро оценить уровень аддитивных шумов системы снятия сигнала (см. рис. 3).

#### Не ослабляйте сигнал цепей питания слишком сильно

Пробники с большим коэффициентом деления предлагают широкий динамический диапазон, но могут вносить шум в измерения, поскольку осциллограф будет вынужден усиливать сигнал, чтобы компенсировать ослабление в пробнике (см. рис. 4).

Это связано с тем, что пробник ослабляет сигнал, приближая его к уровню собственных шумов измерительной системы. Это можно показать, рассчитав отношение сигнала к шуму (С/Ш).

$$C / Ш = \frac{V_{ВХ}}{(Кoэффициент\ деления) \times V_{ШУМА}}$$

Например, если уровень входного сигнала равен 10 мВ, а уровень случай-

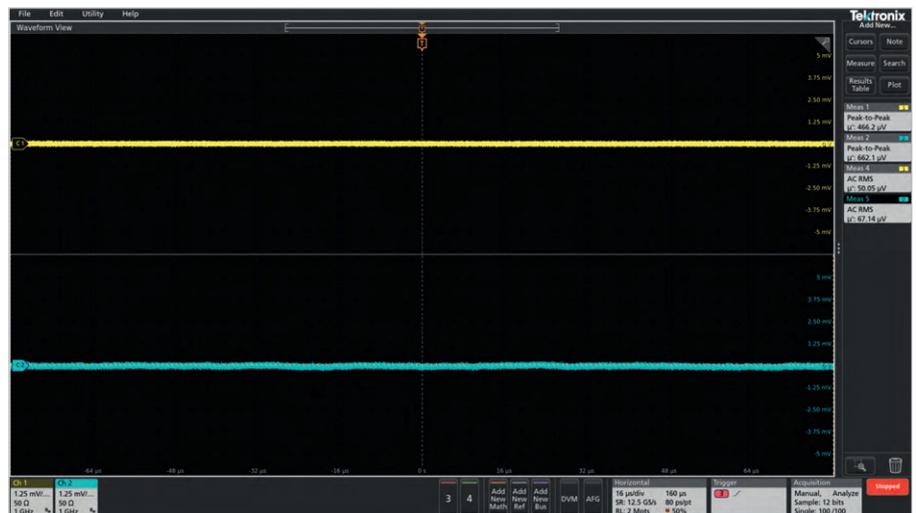


Рис. 3. Осциллограмма шумов: на канал 1 осциллографа (жёлтая кривая) не подаётся входной сигнал. К каналу 2 (голубая кривая) подключён пробник цепей питания TPR1000 с закороченным входом. В полосе 1 ГГц пробник добавляет к входу осциллографа всего 17 мкВ шума

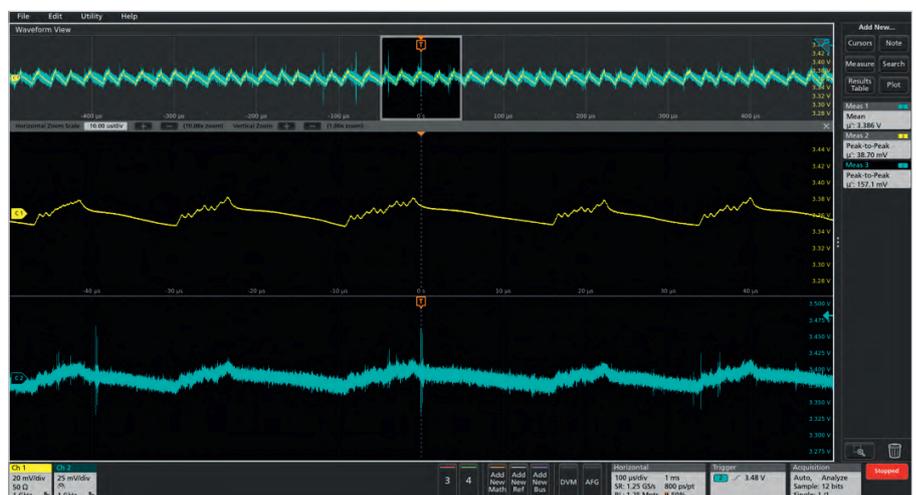


Рис. 4. Осциллограмма шумов: канал 2 (голубая кривая) показывает шум с двойным размахом 157,1 мВ для традиционного пассивного пробника 10х, в то время как специальный пробник цепей питания Tektronix TPR1000, подключённый к каналу 1 (жёлтая кривая), демонстрирует двойной размах напряжения 38,7 мВ

ных шумов согласно спецификациям – 200 мкВ (этот параметр можно найти в технических характеристиках осциллографа, обычно он приводится в виде среднеквадратического значения), то отношение С/Ш универсального пробника с коэффициентом деления 10х будет равен:

$$\frac{10\text{ мВ}}{(10) \times 200\text{ мкВ}} = 5 : 1$$

С другой стороны, пробник цепей питания с малым коэффициентом деления 1,25х обеспечивает С/Ш, равный:

$$\frac{10\text{ мВ}}{(1,25) \times 200\text{ мкВ}} = 40 : 1$$

#### Используйте максимальную чувствительность осциллографа

Шумовые характеристики осциллографа масштабируются с изменением

чувствительности. Чем выше установлена чувствительность осциллографа, тем лучше его шумовые характеристики.

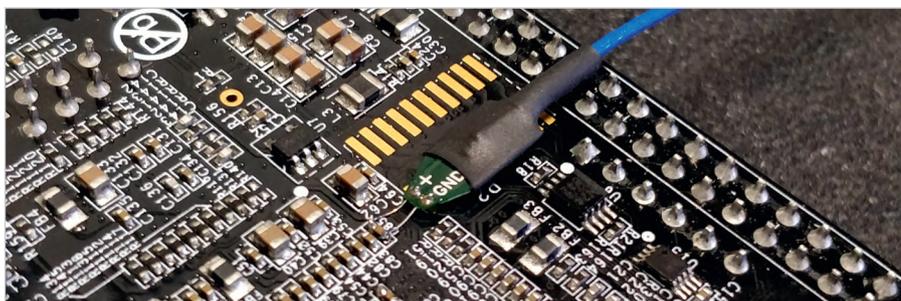
Максимально растягивая по вертикали отображаемый на экране сигнал, вы получаете более точное его представление. Часто малые значения чувствительности приводят к тому, что шум сигнала выглядит бóльшим, чем он есть на самом деле (см. рис. 5).

#### По возможности используйте режимы захвата с высоким разрешением

Режим высокого разрешения High Res в осциллографах Tektronix MSO серий 4, 5 и 6 позволяет дополнительно снизить шум, используя избыточную частоту дискретизации для получения более высокого разрешения. В этом режи-



**Рис. 5.** Влияние чувствительности на измеренный случайный шум. В обоих каналах входной сигнал отсутствует. Канал 3 при чувствительности 1 мВ/дел. показывает двойной размах шума 521,2 мкВ, тогда как канал 4 при чувствительности 100 мВ/дел. показывает двойной размах шума 8,953 мВ. Это примерно в 17 раз больше шума в канале 3. Заметьте, что 8,953 мВ в канале 4 не превышают 1% от полной шкалы



**Рис. 6.** Припаяемый адаптер TPR4SIAFLEX, подключённый к развязывающему конденсатору 0402



**Рис. 7.** Осциллограмма. Изменения нагрузки могут породить низкочастотные провалы напряжения в цепях питания. Связь по переменному току подавляет такие низкочастотные изменения



**Рис. 8.** Пример устройства, изменяющего входное напряжение с ростом частоты. Сигналы с частотой примерно 2 Гц, возникающие между шагами, будут подавлены большинством фильтров со связью по переменному току

ме происходит усреднение выборок, выполняемое аппаратными фильтрами с конечной импульсной характеристикой (КИХ), которые выбираются в зависимости от текущей частоты дискретизации. Эти фильтры обеспечивают максимально возможную полосу пропускания для данной частоты дискретизации, не допуская наложения зеркальных частот.

**Обеспечьте надёжные соединения**

Подключение измерительного прибора к исследуемому устройству оказывает огромное влияние на качество измерений. Соединения, обладающие малой паразитной индуктивностью относительно земли и минимальной эффективной ёмкостью, снижают «звон» и обеспечивают максимальную полосу пропускания.

Наиболее надёжное соединение обеспечивают припаяемые адаптеры и высококачественные разъёмы. Если предстоит выполнять периодические измерения в незапланированных контрольных точках, то лучше применить для этого временные микроаксиальные и припаяемые адаптеры (см. рис. 6). Компактные ВЧ-разъёмы, такие как MMCX и SMA, обеспечивают воспроизводимый и надёжный доступ к сигналам в ходе испытаний.

Для быстрого и удобного снятия сигнала можно использовать переставляемые пробники и адаптеры. Компания Tektronix предлагает специальный переставляемый пробник цепей питания с полосой пропускания 1 ГГц. Важно отметить, что любые дополнительные принадлежности сужают полосу пропускания системы. Например, адаптеры с прямоугольными наконечниками и гибкими выводами обычно обладают эффективной полосой пропускания в пару сотен МГц. Но эта полоса сужается при использовании дополнительных зажимов и других средств подключения.

**Для расширения динамического диапазона системы устраняйте постоянную составляющую**

Как уже говорилось, малая чувствительность (большое значение В/дел.) снижает качество измерений, поскольку осциллограф использует при этом не весь динамический диапазон. Чтобы работать с большими значениями чувствительности, нужно устранить постоянную составляющую измеряемого сигнала.

Можно избавиться от постоянной составляющей, используя режим связи входа осциллографа по переменному току, но это приводит к подавлению низкочастотных составляющих сигнала, например, провалов напряжения (см. рис. 7) в ответ на изменения нагрузки и динамическое управление напряжением и частотой (см. рис. 8).

Применение к входному сигналу постоянного смещения и использование связи входа по постоянному току позволяет точнее оценить поведение устройства. Осциллографы и дифференциальные пробники зачастую предлагают возможность некоторого постоянного смещения. Однако входные интерфейсы многих осциллографов ограничивают доступный диапазон смещения в зависимости от выбранной чувствительности. Поэтому при малых значениях В/дел. доступное постоянное смещение тоже будет меньше.

Пробники цепей питания специально сконструированы так, что предлагают достаточное значение постоянного смещения для того, чтобы вход осциллографа мог работать в режи-

ме связи по постоянному току. Например, пробники Tektronix TPR4000 и TPR1000 обеспечивают смещение  $\pm 60$  В, что перекрывает большинство широко распространённых систем питания в автомобилях, промышленных установках и вычислительных системах.

### Минимизация влияния пробника

Проблема измерения цепей питания заключается в выборе такого подхода, который показал бы высокочастотную переменную составляющую напряжения питания, не изменяя его постоянную составляющую настолько, чтобы это повлияло на работу устройства. Пробники с высоким входным сопротивлением обеспечивают малую нагрузку на постоянном токе, но могут вносить значительные шумы и не обладать достаточной полосой пропускания для изменения высокочастотных составляющих сигнала. 50-омный входной сигнальный тракт осциллографа обычно обладает минимальным уровнем шумов, но 50 Ом сильно нагружают шину питания по постоянному току.

Идеальный пробник для измерения цепей питания должен обладать большим входным сопротивлением по постоянному току и сопротивлением 50 Ом по переменному току. Пробники цепей питания Tektronix TPR4000 и TPR1000 имеют большое сопротивление по постоянному току, равное 50 кОм, и сопротивлением 50 Ом на высоких частотах. Это обеспечивает оптимальную работу в обоих случаях и позволяет избежать других ограничений.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На фоне роста требований к качеству питания, анализ цепей питания остаётся важнейшим инструментом в руках инженера. Пробники Tektronix TPR4000 и TPR1000 разработаны с учётом специфических проблем, возникающих при измерении параметров источников питания постоянного тока. В совокупности с функциями захвата и измерения сигнала осциллографов Tektronix они превращаются в превосходный инструмент для анализа цепей питания, который пригодится любому инженеру. ©

**Tektronix®**

## Вы хотели больше выбора

Поэтому мы создали ДВА осциллографа нового поколения, разработанных для повседневной работы каждого инженера.

Новые MSO Серии 4 и MDO Серии 3

Узнайте больше о полной линейке осциллографов с сенсорным дисплеем на [ru.tek.com](http://ru.tek.com).



Реклама

# Анализатор спектра поля атмосфериков на реконфигурируемых ПАИС Anadigm

Алексей Галахов (galex@pgia.ru), Валентин Косолапенко, Алексей Ларченко, Сергей Пильгаев (г. Апатиты, Мурманская обл.)

В статье приводится описание практического применения совместно используемых реконфигурируемых ПАИС Anadigm и PIC-микроконтроллера в геофизической аппаратуре. На примерах экспериментально полученных данных показаны возможности использования анализатора спектра поля атмосфериков (АСПА) для изучения свойств волновода Земля – ионосфера.

## ВВЕДЕНИЕ

Изучение физики атмосферы актуально и в наши дни [1], поскольку всегда имеется потребность в корректировке физической модели ионосферы с помощью оперативно получаемых экспериментальных данных. Обычная модель ионосферы не может охватить и предсказать всех факторов, влияющих на состояние плазмы, интенсивность рентгеновского и ультрафиолетового излучения Солнца, уровень галактических космических лучей [2].

Использование низкочастотных электромагнитных колебаний – атмосфериков как инструмента изучения физики ионосферы и условий распространения радиоволн объясняется наличием у них непрерывного спектра излучения и способностью распространяться в волноводе Земля-ионосфера на большие расстояния с малым коэффициентом затухания [3]. Атмосферик – это электромагнитный импульс, формируемый спектром излучаемых молнией волн, на достаточно большом от неё расстоянии. Поле атмосфериков представляет собой результирующее электромагнитное поле, создаваемое группой атмосфериков.

Известно, что спектры атмосфериков несут информацию как о работе молниевых источников, так и о трассе распространения сигнала [3, 4]. При этом на амплитудно-частотные характеристики атмосфериков основное влияние оказывают стенки волновода, главным образом, D-слой ионосферы [5], который характеризуется своей изменчивостью в зависимости от гелиогеофизических факторов, таких как интенсивность рентгеновского и ультрафиолетового излучения Солнца, уровень галактических космических лучей [2].

В области расстояний 1000...2000 км от источника разряда в волноводе Земля – ионосфера возбуждается спектр волн,

который имеет интерференционный характер, обусловленный суперпозицией прямой (поверхностной) волны, распространяющейся вдоль поверхности Земли, и волн, отражённых от нижнего слоя ионосферы [4].

Если для поверхностных волн условия распространения более менее устойчивы, так как волновод не имеет границ в продольном направлении, то пространственные волны возникают только из-за отражений от границы неоднородных слоёв ионосферы и проявляются в том случае, если частота колебаний выше критической частоты волновода  $F > F_{кр}$ . Критической частотой волновода называется наименьшая частота, при которой при модовой теории возможно распространение сигнала с модой  $n \geq 1$  ( $n=1, 2$  и т. д.) [4].

## ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СХЕМА АСПА

В отличие от известных способов получения АЧХ атмосфериков [3], таких как регистрация волновой формы в широкой полосе частот с последующей цифровой обработкой или непосредственное измерение амплитудного спектра с помощью узкополосных фильтров, в лаборатории атмосферы Арктики Полярного геофизического института в 2014 г. был разработан анализатор спектра поля атмосфериков (АСПА), который проводит спектральный анализ не отдельных атмосфериков, а их суммарного поля, усредненного за время анализа спектра.

Анализатор спектра поля атмосфериков (АСПА), функциональная схема которого представлена на рисунке 1, построен на основе ПАИС Anadigm FPAА1,2 (AN221E04) и микроконтроллера PIC18F452. Использование данных программируемых микросхем даёт возможность использовать режим динамической

реконфигурации ПАИС, что позволяет полностью или частично менять принципиальную схему работающего устройства в реальном времени. Целесообразность применения ПАИС Anadigm для создания измерительной геофизической аппаратуры обусловлено её высокими техническими характеристиками [6, 7]:

- низкий уровень собственных шумов ( $U_{шн} = 0,13$  мкВ/ $\sqrt{\text{Гц}}$ ), достигнутый за счёт того, что внутренняя структура микросхем выполнена по дифференциальной схеме;
- высокая точность обработки аналогового сигнала (погрешность установки параметров фильтров не хуже 1%), которая обусловлена тем, что в отличие от цифровых систем, где сигнал дискретен по времени и квантован по уровню, в дискретно-аналоговых системах, к которым относится ПАИС, сигнал дискретен только по времени;
- наличие на входах ПАИС anti-aliasing фильтров (ФНЧ), построенных на дискретных элементах, для устранения паразитного эффекта наложения спектра;
- возможность проведения динамической реконфигурации аналоговых блоков ПАИС в реальном времени;
- условия эксплуатации:  $-40...+40^\circ\text{C}$ .

## АЛГОРИТМ РАБОТЫ АСПА

В качестве входного сигнала АСПА используется выходной сигнал приёмника ОНЧ-диапазона (400–7500 Гц), где в качестве антенны применена рамочная антенна, включённая по схеме с симметричным входом в режиме преобразователя тока в напряжение [9]. Алгоритм работы АСПА включает в себя выполнение следующих основных функций.

1. *Непрерывный последовательный спектральный анализ входного сигнала.* Последовательный анализатор спектра состоит из преселектора (FPAА1), который формирует частотную полосу входного сигнала  $\Delta F = 600\text{--}7500$  Гц, и селектор (FPAА2), включающий в себя перестраиваемый по частоте фильтр (CF) и детектор (D2).

Значения резонансных частот перестраиваемого фильтра CF выбраны рав-

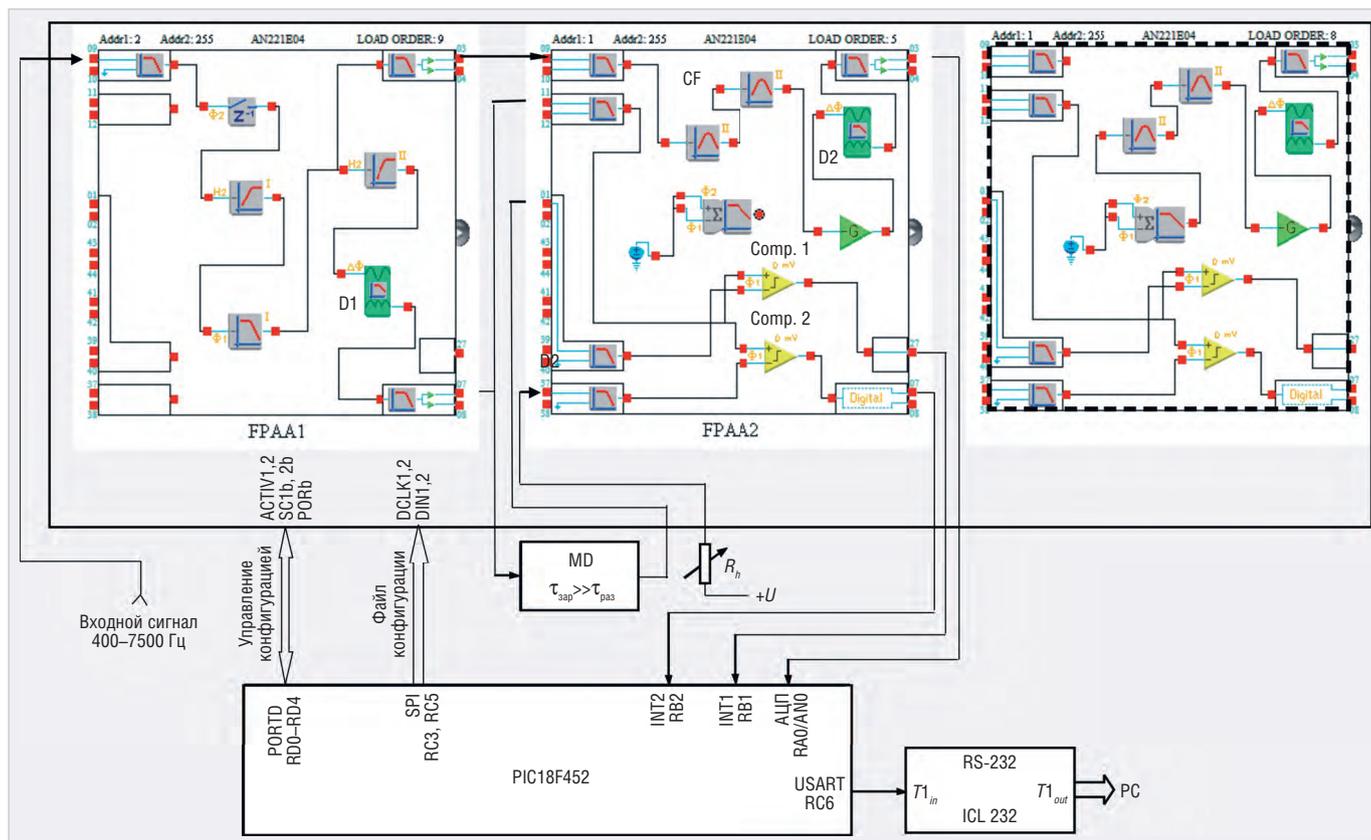


Рис. 1. Функциональная схема АСПА

номерно: 613, 750, 909, 1050, 1204, 1350, 1500, 1650, 1795, 1945, 2091, 2200, 2386, 2682, 2978, 3273, 3601, 3861, 4121, 4381, 4641, 4901, 5161, 5421, 5681, 5941, 6201, 6461, 6721, 6981, 7241 и 7501 Гц.

Полоса пропускания анализирующего фильтра выбрана с учётом средней длительности атмосферика ( $t \sim 5$  мс) и составляет  $2\Delta f_{0,7} = 200$  Гц; коэффициент прямоугольности АЧХ фильтра:  $K_{0,1} = 2\Delta F_{0,7}/2\Delta F_{0,1} = 0,32$ ,  $K_{0,01} = 2\Delta F_{0,7}/2\Delta F_{0,01} = 0,1$ . Длительность цикла последовательного анализа:  $T_a = 25,5$  с.

При выборе длительности времени анализа  $T_a$  учитывалась максимальная выдержка сторожевого таймера (ST) контроллера PIC18F452, который был установлен для исключения возможных технических сбоев используемых модулей микроконтроллера [8] во время непрерывной круглосуточной работы. Команда обнуления счётчика ST входит в подпрограмму инициализации таймера TMR0 контроллера, который задаёт временной шаг смены резонансной частоты анализирующего фильтра CF.

Запись спектральных составляющих входного сигнала происходит в моменты прихода атмосферика, амплитуда которого соответствует заданному интервалу напряжений. Для формирования импульса, соответствующего переднему фронту атмосферика применён

амплитудно-временной дискриминатор, построенный на детекторах (D, MD) с разным соотношением времени заряда и разряда, и компараторах (Comp. 1, 2).

2. «Обнуление» анализирующего фильтра после каждой записи спектральной составляющей поля атмосфериков. В связи с тем, что период следования атмосфериков соизмерим с постоянной времени фильтра CF, то возможны случаи, когда напряжение на фильтре за счёт его «звона» будет результатом действия нескольких атмосфериков. Чтобы уменьшить данную погрешность измерения амплитуды поля атмосферика, после каждой записи спектральной составляющей запускается подпрограмма динамической реконфигурации FPAA2, которая меняет структуру схемы на FPAA2-reset (см. рис. 1). При этом входная цепь анализирующего фильтра CF отключается от входного сигнала и подключается к общей точке микросхемы на время  $t \geq \tau_{CF}$  ( $\tau_{CF}$  – постоянная времени фильтра CF).

3. Распознавание атмосфериков на фоне естественного входного сигнала. Работа амплитудно-временного дискриминатора атмосфериков основана на том, что длительность атмосфериков (единицы миллисекунд) на несколько порядков меньше, чем длительность других естественных излу-

ний (хоры, шипения, квазипериодические эмиссии и т.д.) рассматриваемого диапазона частот. В то же время амплитуда атмосфериков меняется в широких пределах ( $\sim 40$  дБ) и значительно превышает амплитуды указанных выше естественных сигналов. В связи с этим для того, чтобы избежать искажения спектра в усилительном тракте АСПА из-за ограниченности его динамического диапазона необходимо осуществлять контроль амплитуды принятого атмосферика.

В качестве дискриминатора атмосфериков используется компаратор Comp1 (FPAA2), входы которого подключены к детекторам D (FPAA1) и MD, имеющим различные соотношения времени заряда и разряда. Причём для амплитудного детектора D  $\tau_{зар} \sim \tau_{раз}$ , а для минимального детектора MD  $\tau_{зар} \gg \tau_{раз}$ . Компаратор Comp2 определяет верхнюю границу значений амплитуд атмосфериков, которая устанавливается потенциометром  $R_n$ .

## ОСНОВНЫЕ ФУНКЦИИ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА PIC-18F452

Схемой управления и синхронизации работы АСПА является микроконтроллер PIC18F452, который выполняет следующие основные функции:

- формирование тактовой частоты 16 МГц для работы ПАИС;

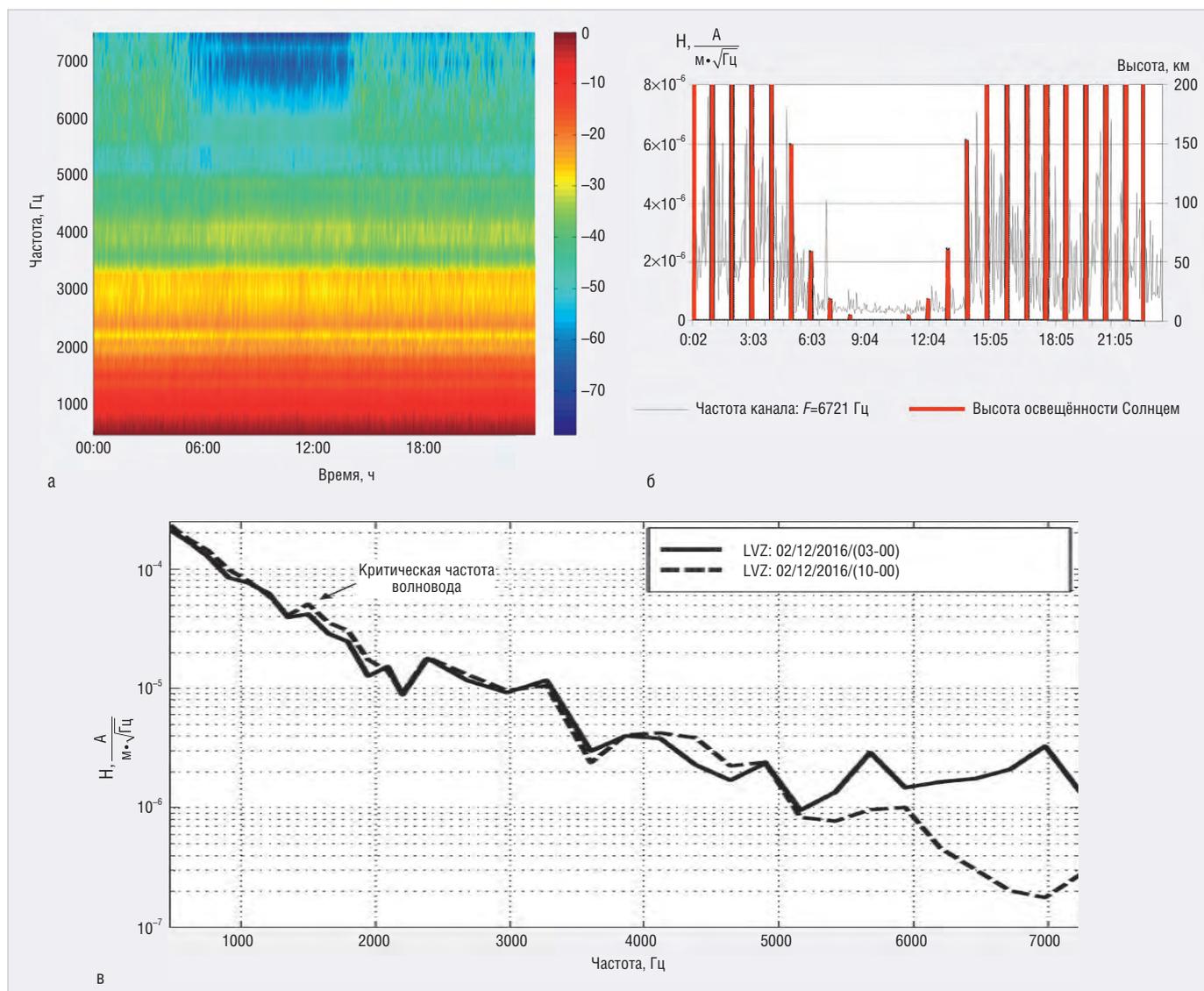


Рис. 2. АЧХ поля атмосфериков при различной освещённости ионосферы Солнцем (обс. Ловозеро, 02.12.2016): а) суточная сонограмма; б) АЧХ в моменты неосвещённой и освещённой ионосферы; в) суточная вариация амплитуды сигнала на частоте  $F=6721$  Гц

- загрузка основной конфигурации (Primary Configurations) и динамической реконфигурации (Transition Configurations) в ПАИС через последовательный SPI-порт;
- управление работой устройства через схему прерываний INT0, INT1 и INT2;
- преобразование аналогового сигнала в цифровую форму;
- реализация последовательного выходного порта USART для передачи данных на компьютер.

### Примеры АЧХ поля атмосфериков при различных гелиогеофизических условиях

Для иллюстрации технических возможностей как метода исследования волновода Земля – ионосфера, так и анализатора спектра АСПА на рисунках 2–4 представлены АЧХ поля атмосфериков, полученных в обсерваториях

ПГИ Ловозеро и Баренцбург при различных гелиогеофизических условиях.

#### Суточное изменение освещённости ионосферы Солнцем

На рисунке 2 представлены суточные АЧХ поля атмосфериков, зарегистрированных в обсерватории Ловозеро 02.12.2016 г. В период освещённой ионосферы наблюдаются следующие изменения АЧХ:

- резкое ослабление сигнала  $\sim 20$  дБ в полосе частот  $\Delta F=6000-7000$  Гц, что подтверждает известную зависимость напряжённости поля от частоты для дневной модели ионосферы [4];
- увеличение амплитуды сигнала на критической частоте волновода  $F_{кр} = 1500$  Гц (см. рис. 2в), что объясняется образованием D-слоя ионосферы;
- ход линии восхода и захода Солнца совпадает с условной огибающей

спектральной составляющей поля атмосфериков на частоте  $F=6721$  Гц.

#### Кратковременное изменение освещённости ионосферы

Для оценки влияния кратковременного изменения освещённости Солнца (единицы минут) на АЧХ поля атмосфериков были использованы экспериментальные данные АСПА, полученные во время солнечного затмения (20.03.2015) на авроральных обсерваториях ПГИ Ловозеро, Мурманская обл. (67,97N; 35,08E) и Баренцбург, Шпицберген (78,08N; 14,22E).

Особенностью данного затмения является то, что оно происходило при освещённой Солнцем ионосфере, уровень затмения составлял 84,25% (Ловозеро) и 100% (Баренцбург). Время наибольшей фазы затмения в Ловозере от 10 ч 19 мин до 10 ч 35 мин, в Баренцбурге: 10 ч 11 мин – 10 ч 21 мин. Дли-

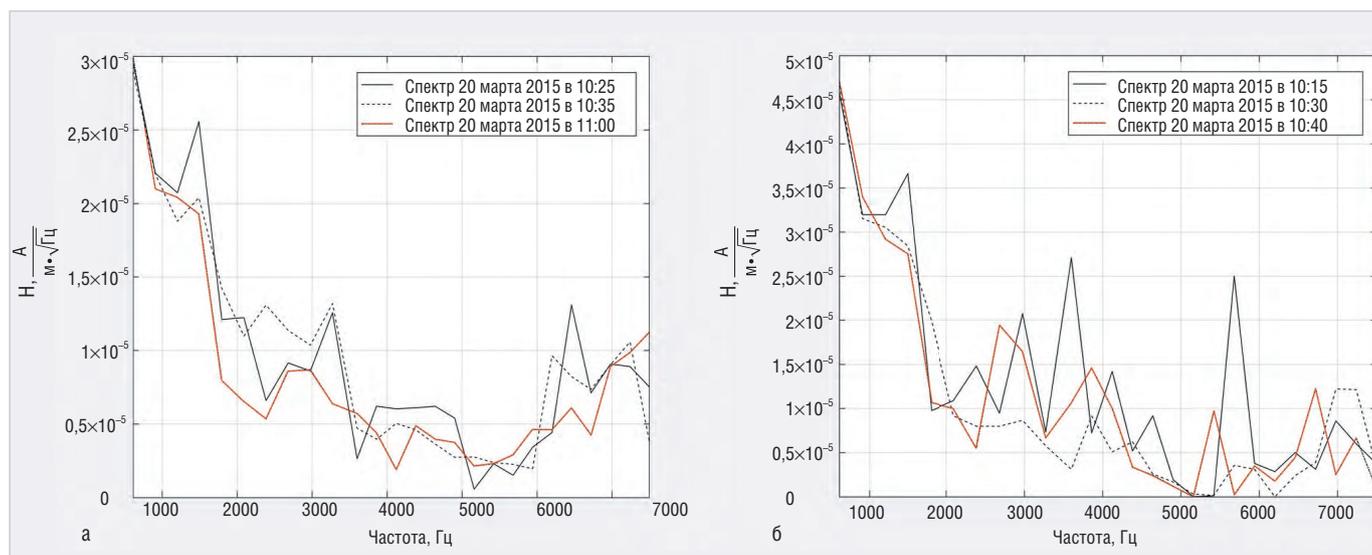


Рис. 3. Усреднённые АЧХ поля атмосфериков в различные фазы затмения 20.03.2015 г.: а) obs. Ловозеро; б) obs. Баренцбург

тельность полного затмения в Баренцбурге составляла 2 мин 30 с.

На рисунке 3 представлены усреднённые (10 мин) АЧХ поля атмосфериков для двух обсерваторий в различные фазы затмения. Во время максимальной фазы затмения наблюдается уменьшение значения критической частоты волновода Земля – ионосфера  $F_{кр} \sim 1500$  Гц. После окончания затмения значение критической частоты растёт, что связано с ионизацией ионосферы и появлением D-слоя.

#### Вариации геомагнитного поля

На рисунке 4 представлена зависимость АЧХ поля атмосфериков от геомагнитных возмущений и времени восхода и захода Солнца. Для анализа характеристик поля атмосфериков были выбраны три смежных дня наблюдений 24–26.10.2017 г. с повышенной активностью геомагнитного поля [12].

Вариации геомагнитного поля ( $\pm 500$  нТл) в период неосвещённой ионосферы (24.10–25.10) совпали с уменьшением значения критической частоты волновода с величины  $\sim 1500$  Гц до  $\sim 1300$  Гц (см. рис. 4а), и с уменьшением девиации критической частоты на  $\sim 100$  Гц (ночь 25.10 и 26.10).

Приведённые особенности поведения критической волны подтвердили результат, отмеченный авторами в работе [11] о том, что геомагнитное поле существенно влияет на свойства волновода на ночной стороне и почти не влияет на дневной.

#### Вариации критической частоты волновода Земля – ионосфера

Получение экспериментальным способом значения критической частоты

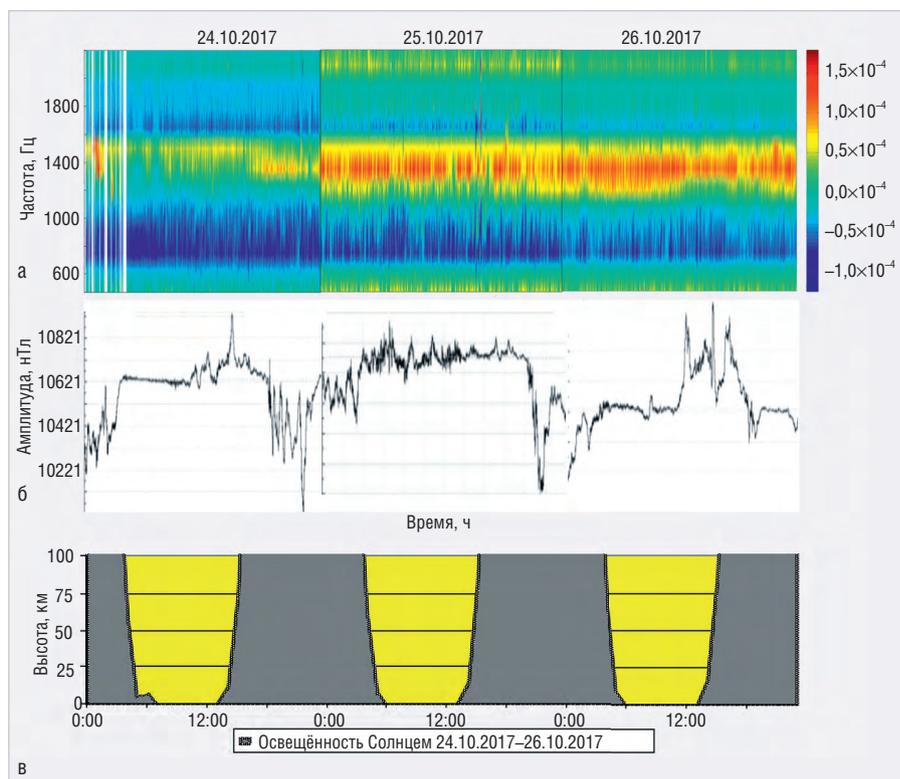


Рис. 4. Зависимость спектра поля атмосфериков от гелиогеофизических условий: а) сонограмма поля атмосфериков ( $\Delta F=600\text{--}2200$  Гц, obs. Ловозеро); б) вариации геомагнитного поля Земли; в) линии восхода и захода Солнца

ты волновода Земля – ионосфера значительно облегчает исследователям задачу оптимального выбора модели ионосферы, так как критерием правильности выбора считается совпадение расчётных значений параметров ионосферы с экспериментальными данными. В алгоритм обработки экспериментальных данных входит операция вычитания из поля атмосфериков значения амплитуды прямой волны для каждой спектральной линии. В результате получаем только амплитуды

сигналов, отражённых от ионосферы, что позволяет выделить вариации критической частоты волновода и оценить высоты отражающего слоя ионосферы.

Если использовать простейшую модель волновода Земля – ионосфера (плоский резонатор,  $\alpha$  – высота отражающего слоя в километрах), то критическая частота и размеры волновода определяются следующим соотношением [13]:

$$F_{кр} = \frac{c}{2 \times \alpha} = \frac{1}{2 \times \alpha \times \sqrt{\mu_0 \times \epsilon_0}}, \quad (1)$$

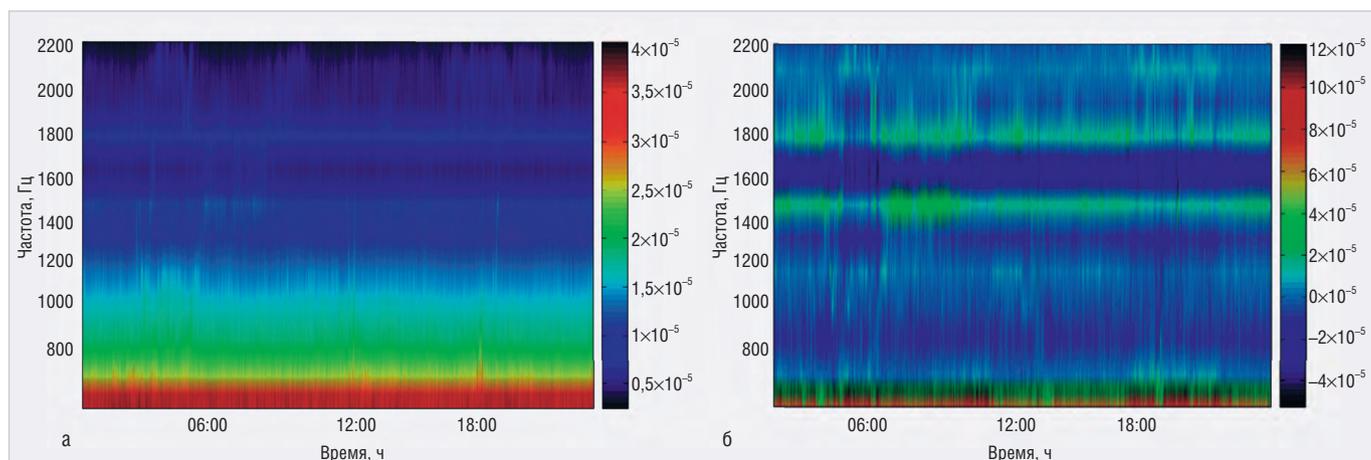


Рис. 5. Сравнительные сонограммы поля атмосфериков: а) полное поле атмосфериков; б) поле с компенсацией прямой волны

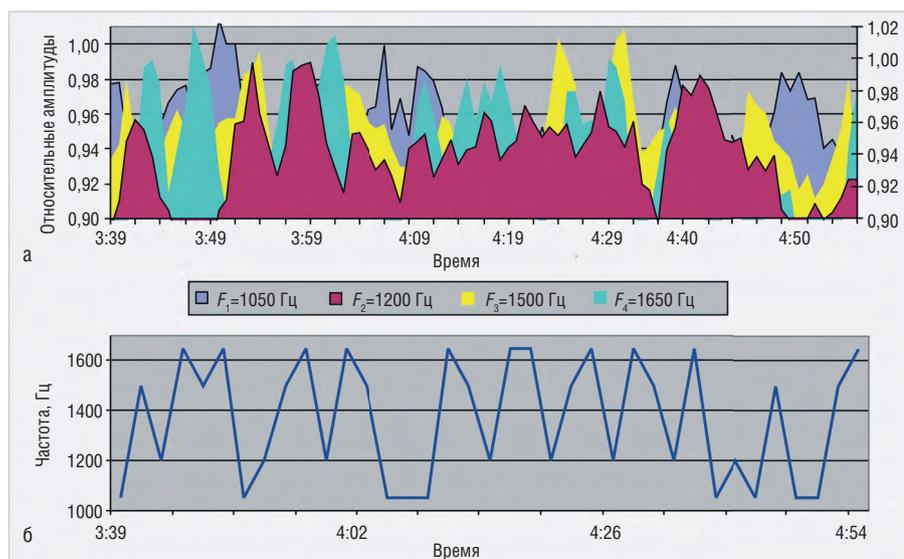


Рис. 6. Вариации критической частоты волновода Земля – ионосфера (обс. Ловозеро, 01.12.2017):

а) вариации спектральных составляющих поля атмосфериков; б) вариации критической частоты волновода

где  $c$  – скорость света в вакууме,  $\mu_0$  – магнитная постоянная,  $\epsilon_0$  – диэлектрическая постоянная.

Следовательно, в рамках данной модели ионосферы, зная критическую частоту волновода, можно вычислить высоту отражающего слоя, используя формулу (1).

На рисунке 5 показаны суточные сонограммы поля атмосфериков, иллюстрирующие результат операции обработки данных по компенсации прямой волны поля атмосфериков.

Функция обнуления анализирующего фильтра, входящая в алгоритм работы АСПА, позволяет получать тонкую структуру спектра и, следовательно, временные вариации критической частоты волновода.

На рисунке 6а приведён фрагмент зависимости относительных амплитуд ряда спектральных составляющих (1050, 1200, 1500 и 1650 Гц) поля атмосфериков от времени. График зависимости критической частоты волновода (см. рис. 6б) построен при сопоставлении во времени макси-

мальных значений указанных спектральных составляющих поля атмосфериков.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Опыт обслуживания анализаторов АСПА, входящих в состав приёмно-измерительной аппаратуры на обсерваториях ПГИ в сезонах наблюдений 2014–2019 гг., показал их высокую надёжность в работе.

Третье поколение ПАИС AN231E04, которое отличается от предыдущего AN221E04 более чем двукратным снижением энергопотребления, расширенным на 20 дБ динамическим диапазоном, а также более низким питающим напряжением 3,3 В, открывает новые перспективы использования их в геофизической аппаратуре.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Харгривс Дж.К. Верхняя атмосфера и солнечно-земные связи. – Л.: Гидрометеоздат, 1982.

2. Ратклифф Дж.А. Введение в физику ионосферы и магнитосферы. – М.: Мир, 1975. 296 с.
3. Александров М.С., Бакленова З.М., Гладштейн Н.Д., Озеров В.П., Потапов А.В., Ремизов Л.Т. Флуктуации электромагнитного поля Земли в диапазоне СНЧ. – М.: Наука, 1972. 196 с.
4. Альперт Я.Л. Распространение электромагнитных волн и ионосфера. – М.: Наука, 1972. 563 с.
5. Cummer S.A., Inan U.S., Bell T.F. Ionospheric D region remote sensing using VLF radio atmospherics // Radio Sci. № 33. P. 1781. 1998.
6. Datasheet AN221E04: [http://www.anadigm.com/\\_doc/DS030100-U006.pdf](http://www.anadigm.com/_doc/DS030100-U006.pdf).
7. Anadigm Customer Training: [http://anadigm.com/\\_doc/trainingdocument.pdf](http://anadigm.com/_doc/trainingdocument.pdf)
8. Яценков В.С. Микроконтроллеры MICROCHIP. Практическое руководство. 2-е изд. – М.: Горячая линия-Телеком, 2005.
9. Галахов А.А., Ахметов О.И. Комплекс аппаратуры для регистрации импульсной компоненты электромагнитного поля очень низкой частоты. Приборы и техника эксперимента. 2011. № 3. С. 136–142.
10. Галахов А.А. Низкочастотные волны и сигналы во внешней ионосфере. Труды 3-го Всесоюзного семинара по ОНЧ-излучениям. Апатиты: КФАН СССР, 1974. С. 133.
11. Блюх П.В., Николаенко А.П., Филиппов Ю.Ф. Глобальные электромагнитные резонансы в полости Земля – ионосфера. – Киев.: Наук. думка, 1977. 200 с.
12. [http://www2.irf.se/Observatory/?link\[Mag netometers\]=Data](http://www2.irf.se/Observatory/?link[Mag netometers]=Data).
13. Гольдштейн Л.Д., Зернов Н.В. Электромагнитные поля и волны. Изд. 2-е, переработанное и дополненное. – М.: Советское радио, 1971. 664 с.



## НОВОСТИ МИРА

Международный форум  
«Микроэлектроника 2019»

С 30 сентября по 5 октября 2019 года в городе Алушта (Республика Крым) состоится V Международный форум «Микроэлектроника 2019». Его организаторы: АО «НИИМА «Прогресс», АО «НИИМЭ» и НИУ «МИЭТ». Мероприятие состоится при поддержке Минпромторга России, Союза машиностроителей России, ГК «Ростех», АО «Росэлектроника» и фонда «Сколково».

За четыре года существования форум стал знаковым событием в российской радиоэлектронной отрасли. Независимая авторитетная площадка привлекает всё большее количество участников из России, Белоруссии, Армении, Китая и США. В форуме традиционно принимают участие представители научного сообщества, госструктур, производственных объединений, бизнес-сообщества и инженеры-инноваторы микроэлектронной отрасли. Такой разнообразный состав участников способствует наиболее полному раскрытию темы мероприятия.

В этом году планируется насыщенная деловая программа. Её главная цель – организация прямого диалога между наукой,



бизнесом и государством. Особое внимание будет уделено вопросам развития цифровой экономики в России, формированию нормативно-правовой базы, разработке ЭКБ, развитию производственных мощностей и выпуску готовой продукции. Соорганизатором деловой программы форума выступает Консорциум дизайн-центров и предприятий радиоэлектронной промышленности.

Круглые столы и дискуссии деловой программы будут посвящены производству радиоэлектронных изделий для рынков будущего, Интернету вещей (IoT), новинкам

телекоммуникационного оборудования, вычислительной техники, достижениям в разработке беспилотного транспорта, телемедицинских технологий, систем идентификации личности.

Непосредственное общение бизнес-сообщества с ведущими специалистами и конструкторами, обмен мнениями по прорывным технологиям и их практическому применению послужат развитию отечественного микроэлектронного кластера, снижению импортозависимости и укреплению деловых отношений.

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

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

**JTAG**  
TECHNOLOGIES®

## JTAG ProVision – самая совершенная программа для периферийного сканирования на сегодняшний день

Автоматическая генерация тестов

Русскоязычный интерфейс

Скрипты для создания продвинутых тестов

Десятки тысяч готовых моделей ЭКБ

Последовательности для производства

Проверена работа с отечественной ЭКБ, поддерживающей периферийное сканирование!

Представительство JTAG Technologies в России  
Телефон: (812) 602-0915  
E-mail: [russia@jtag.com](mailto:russia@jtag.com)

Эксклюзивный дистрибьютор: ООО «Остек-Электро»  
Телефон: (495) 788-4444  
E-mail: [info@ostec-group.ru](mailto:info@ostec-group.ru)

Реклама

# Адаптер 1-wire с использованием двух портов RS-485 и гальванической развязкой

Андрей Шабронов (shabronov@ngs.ru)

В статье приведено описание 1-wire адаптера с гальванической развязкой на оптических элементах с использованием стандартных сигналов протокола RS-485. Схема адаптера выполнена без использования специальных микросхем преобразователей интерфейса 1-wire. Вторым важным и отличительным достоинством устройства является наличие гальванической развязки, что существенно расширяет сферу применения устройства в системах «умный дом» и в интеллектуальных информационных приложениях.

## ВВЕДЕНИЕ

Протокол 1-wire широко используется в современных системах сбора данных и управления производством. К недостаткам подобных решений следует отнести необходимость применения специализированной микросхемы преобразователя команд для протокола 1-wire и отсутствие гальванической развязки [1]. Предлагаемый адаптер позволяет устранить данные недостатки и тем самым расширить сферу применения изделий, работающих с протоколом 1-wire.

Отличительным признаком протокола 1-wire является простой набор команд физического уровня подключения, который состоит из двух сигналов «0» и «1» с разной длительностью и отдельного сигнала сброса шины. Это позволяет достаточно просто перенести все команды в сигналы стандарта RS-485 [2].

В данной работе представлена схема адаптера для обмена данными между компьютером и устройством 1-wire с использованием команд интерфейса RS-485. Приведено описание принципа перехода от обмена данными с использованием одного порта на использование двух портов. Для тестирования устройства прилагается программа [3], которую можно скачать на сайте [www.soel.ru](http://www.soel.ru).

## ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ СХЕМА 1-WIRE АДАПТЕРА

Для согласования одновременной передачи и приёма данных по протоколу 1-wire используются два канала RS-485. Один из них работает на передачу, а второй – на приём. По сути это является «усиленным» вариантом протокола RS-232 и аналогом протокола RS-422. Схема адаптера, представленная на рисунке 1, выпол-

нена в редакторе DipTrace 2.4.0.2 и доступна для скачивания по ссылке [3]. Рассмотрим основные узлы адаптера.

Оптическая пара V01 служит для передачи данных в шину 1-wire. Для согласования сигналов со стороны выхода RS-485-2-out включена распросранённая микросхема U2 (sr485), представляющая собой преобразователь уровня сигналов RS-485 и управляемый переключатель передачи данных. Микросхема работает без переключения режимов направления передачи данных.

Оптическая пара V02 служит для приёма данных от шины 1-wire. Со стороны входа RS-485-in включена такая же согласующая микросхема U1. Микросхема работает без переключения режимов передачи данных. Выход RO используется для индикации приёма данных. Приём данных и наличие питания индицируется светодиодом D1. Допускается использовать только высокоскоростные оптические пары с задержкой на переключение не более 1–2 мкс.

Приём информации из шины 1-wire выполняет операционный усилитель U3, работающий в режиме компаратора и настроенный на среднее значение напряжения питания 2,5 В. Операционный усилитель обеспечивает помехозащищённость и согласование с принимающей оптопарой V02.

Определение значения «0» или «1» импульсного сигнала по «среднему уровню» амплитуды сигнала позволяет получить максимально возможную длину подключения. К шине 1-wire и интерфейсу RS-485 подключены источники питания. Все микросхемы адаптера должны иметь фильтрующие конденсаторы ёмкостью не менее 100 нФ. Схема не критична к используемой элементной базе, допускается замена элементов на любые зарубежные или отечественные аналоги. В данной работе использованы распространённые преобразователи USB-RS-485, которые через данный адаптер работают с шиной 1-wire [4]. Питание +5 В доступно непосредственно от интерфейса USB.

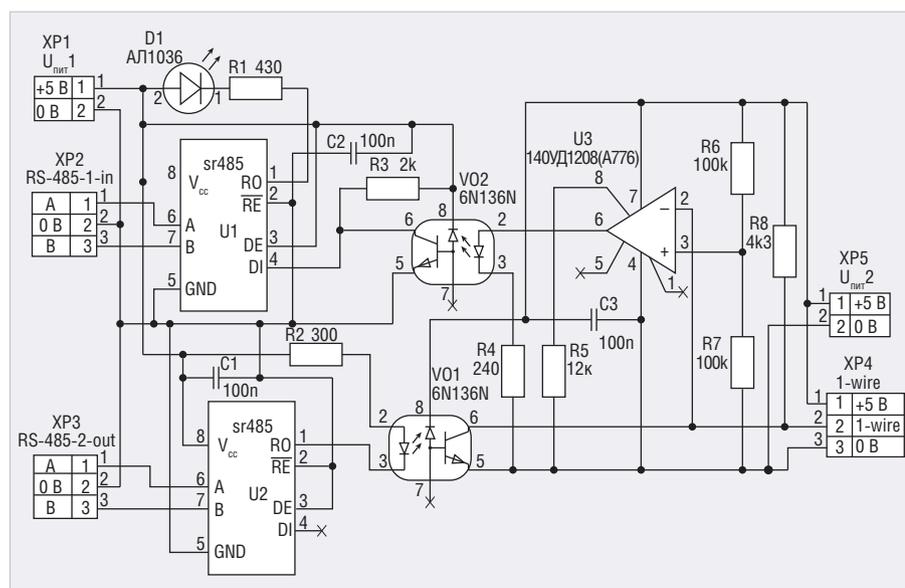


Рис. 1. Принципиальная схема 1-wire адаптера

## ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

В тестируемой конфигурации в шину 1-wire было включено четыре датчика DS18B20, измеряющих температуру окружающей среды. Программа написана на языке программирования Форт [5]. Текст программы (файл 1wire2RS-485\_v1.f), исполняемый файл (файл 1wire2RS-485\_v1.exe) и компилятор языка Форт (файл 100\_spf4.exe) доступны в архиве [3]. Программа может быть перенесена на любой другой язык программирования и на любую операционную систему, поскольку работа с портами RS-485 широко освещена в технической литературе.

Для работы программы требуется открыть два устройства с доступом по протоколу RS-485. На рисунке 2 приведён фрагмент окна диспетчера устройств с двумя подключёнными адаптерами USB-RS-485, которым соответствуют порты COM99 и COM100. Для демонстрации работы адаптера разработана тестовая программа [3]. На рисунке 3 показано окно работающей программы с портами COM99 и COM100.

Необходимо отметить, что все существующие адаптеры 1-wire построены на использовании только одного порта COM или USB. Однако алгоритм опроса устройства 1-wire и все существующие коды запросов и ответов остаются прежними. Необходимо только в самом нижнем уровне доступа ввести разделение на передачу данных с одного порта и приёма данных с другого.

Если адаптер подключён правильно, то при передаче данных на один порт такой же сигнал придёт и на другой. Таким способом можно определять работоспособность адаптера. В тестовом меню эту проверку можно выполнить нажатием клавиши «1» – «автоопределение» портов адаптера.

В настоящее время существует целый класс устройств интерфейса LAN-RS-485 для промышленного применения, которые поддерживают работу с двумя и более портами [6]. При использовании интерфейса TCP/IP-RS-485 требуется обратить внимание на возможность программирования скорости порта в режиме передачи данных. Для формирования сигнала сброса шины 1-wire обычно используется переход на меньшую скорость порта и последующую передачу одного байта. Функция изменения скорости может отсутствовать в некоторых аппаратных реализациях.

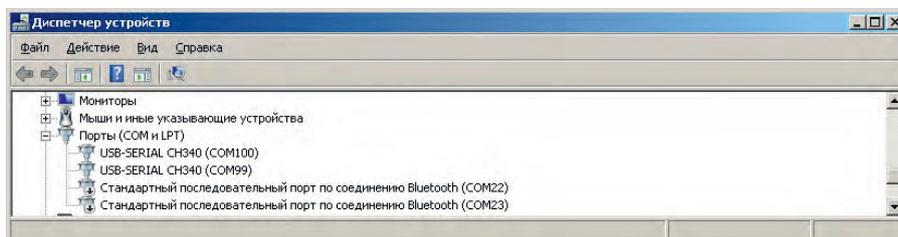


Рис. 2. Окно диспетчера устройств

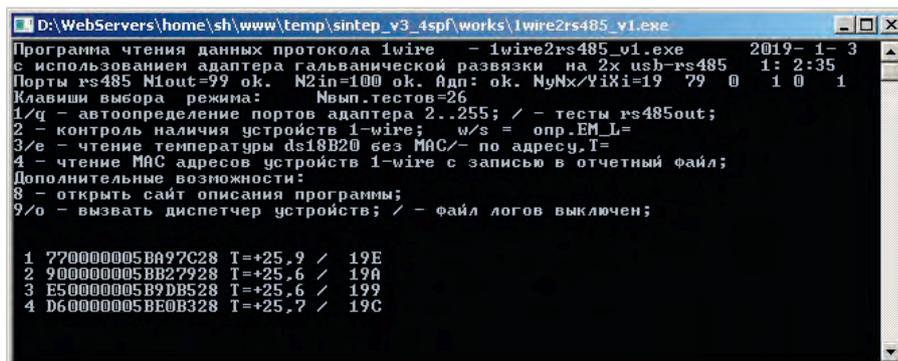


Рис. 3. Окно тестовой программы



Рис. 4. Блок-схема сети 1-wire с двумя компьютерами

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Очевидным достоинством предложенной схемы адаптера 1-wire с гальванической развязкой является отказ от специальных программируемых интерфейсных микросхем. Это повышает ремонтопригодность и надёжность системы. Вторым достоинством схемы является возможность наращивания количества точек доступа и возможность работы в параллельном режиме с дублированием, что позволяет ввести избыточность аппаратной поддержки и реализовать системы с «горячим» резервированием.

На рисунке 4 приведена блок-схема сети 1-wire, где один персональный компьютер управляет и считывает данные, а второй осуществляет контроль работы сети. В случае необходимости контролирующей компьютер берёт на себя функции считывания данных.

Отсутствие наработанного программного обеспечения сдерживает постро-

ение систем с «двухпортовой» реализацией адаптера. Однако создание программного обеспечения для данного типа адаптеров не должно вызывать больших трудностей, поскольку алгоритм опроса устройств 1-wire остаётся без изменений. Все ранее готовые программы обращения через один порт без проблем модифицируются для работы с двумя портами, где один порт только читает, а другой только передаёт данные.

## ЛИТЕРАТУРА

1. <https://www.chipfind.ru/datasheet/assp/ibuttons/>
2. [http://www.bookasutp.ru/Chapter2\\_3.aspx](http://www.bookasutp.ru/Chapter2_3.aspx)
3. [http://shabronov\\_s2.dyn-dns.ru/temp/sintep\\_v3\\_4spf/publ/adapter\\_1wire\\_v2.zip](http://shabronov_s2.dyn-dns.ru/temp/sintep_v3_4spf/publ/adapter_1wire_v2.zip)
4. <https://www.aliexpress.com/popular/usb-rs485-converter.html>
5. <http://www.forth.org.ru/>
6. <https://consteel-electronics.ru/preobrazovateli/Ethernet/Ethernet-RS-485?yclid=764984295462221283>

# Влияние тепловой модели печатной платы на точность моделирования температуры электронных компонентов

Алексей Решетников, Владимир Мичурин (pro@ensol-ltd.ru)

В своей практике инженеры регулярно сталкиваются с необходимостью решения задач по обеспечению функционирования радиоэлектронных компонентов в требуемых тепловых режимах. Одним из важнейших вопросов, возникающих при тепловом моделировании электроники, является корректная оценка влияния структуры печатной платы на температуру расположенных на ней электронных компонентов.

Существует ряд электронных компонентов, охлаждаемых, главным образом, посредством печатной платы: транзисторы цепей питания, силовые диоды, микросхемы без радиаторов и т.д. Для таких элементов 90% (и более) теплового потока от компонента отводится через плату. Поэтому корректный учёт структуры печатной платы становится важнейшей задачей.

У микросхем, охлаждаемых через установленный на них радиатор (процессоры, память, мосты, ПЛИС), в плату уходит порядка 5–10% от общего теплового потока, и им, как правило, в процессе моделирования пренебрегают. Однако зачастую такую методику расчёта переносят на всю исследуемую систему, что нередко приводит к существенным ошибкам.

В настоящей статье проводится сравнение разных методик теплового моделирования печатных плат и исследуется их влияние на конечный результат анализа – температуру компонентов.

## Постановка задачи и методы моделирования

Сложность задачи корректного моделирования печатной платы зависит от устройства самой печатной платы и сложности устройства в целом. Простые печатные платы с малым числом слоёв (1–2) и небольшой площадью (100...200 см<sup>2</sup>) могут быть без особых трудностей детально промоделированы с использованием классических 3D-решателей без каких-либо упрощений. Однако подавляющее большинство современных электронных изделий строятся на более сложных печатных платах, имеющих более полутора десятков слоёв и площадь в несколько сотен десятков квадратных

сантиметров. Детальное моделирование внутренней структуры таких плат классическими 3D-решателями потребует существенных временных затрат и вычислительных ресурсов.

Задача моделирования заключается в построении вычислительной сетки с разрешением, достаточным для расчёта модели с требуемой точностью. Структура же печатной платы такова, что соотношение её длины и ширины к толщине слишком велико для разбиения расчётной модели на конечные объёмные элементы [1]. Толщина слоёв проводника измеряется микронами, а протяжённость трасс проводников – единицами и десятками сантиметров. Сетка для такой структуры содержит десятки и сотни миллионов ячеек, что потребует больших вычислительных ресурсов. Даже с учётом доступности современных вычислительных мощностей, их использование для подобных задач не является оправданным. Поэтому инженеры-расчётчики вынуждены искать компромиссное решение и упрощать структуру платы при моделировании.

Существуют следующие основные методы моделирования печатных плат:

1. Детализированное моделирование печатной платы без упрощения её реальной структуры.
2. Усреднение свойств теплопроводности при помощи материала с анизотропными свойствами проводимости – отдельно поперечная и продольная проводимость. Продольная проводимость моделирует теплопроводность в медных слоях проводников, поперечная – теплопроводность от слоя к слою, через текстолит и переходные отверстия.
3. Усреднение свойств теплопроводности с учётом слоистой структуры пла-

ты. Свойства материала задаются в зависимости от количества и толщины слоёв проводников и доли металлизации в каждом слое.

4. Усреднение свойств послойно по двумерной сетке. Каждый из слоёв разбивается двухмерной сеткой с заданным разрешением. В пределах каждого квадрата сетки тепловые свойства структуры печатной платы усредняются.
5. Комбинированные методы – сочетание разных методов, когда, например, наиболее критичные участки платы вокруг горячих компонентов моделируются с большей детализацией, чем вся плата.

Не все средства САПР для теплового моделирования позволяют реализовать все рассмотренные выше методы. Проблемы, как правило, возникают при использовании детализированной модели и усреднении по сетке. Детализированную модель бывает непросто корректно перенести из ECAD в САПР теплового моделирования, а утилиты усреднения по двумерной сетке, к сожалению, имеются не во всех программных средствах теплового моделирования.

Ниже проводится сравнение двух методов моделирования печатной платы в различных САПР. В САПР № 1 (SolidWorks Flow Simulation) классическим 3D-решателем строится модель с усреднением свойств платы при помощи анизотропного материала. В САПР № 2 (Cadence Sigrity) выполняется детализированное моделирование структуры платы с использованием 2,5D-сетки.

В качестве примера для расчёта используется модель силового диода с участком печатной платы. Силовой диод (выпрямитель с барьером Шоттки) является хорошим примером электронного компонента, охлаждаемого преимущественно через плату, что предусмотрено конструкцией его корпуса – D2PAK или TO263. При этом важно знать, насколько сильно он будет нагреваться, т.к. от температуры существенно зависят электрические характеристики диода. Неверная оценка нагрева диода может привести

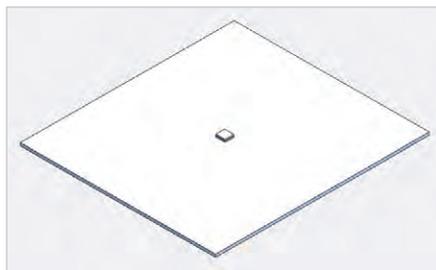


Рис. 1. Общий вид диода-выпрямителя на печатной плате

к недооценке его нагрева и получению неработоспособного устройства или к переоценке и необходимости построения избыточной системы охлаждения, т.е. к увеличению сложности устройства, его массы, габаритов, стоимости и времени разработки.

Существует несколько методов теплового моделирования электронных компонентов, характеризующихся разной точностью, сложностью, применимостью в той или иной расчётной САПР и т.д. Используемые методы моделирования и тепловые модели делятся на два больших класса – детализированные тепловые модели (DTM – Detailed Thermal Model) и компактные тепловые модели (CTM – Compact Thermal Model) [2]. В зависимости от решаемой задачи и доступности, необходимых для расчёта данных, выбирается та или иная модель. В настоящей статье используется двухрезистивная модель компонента – 2R-модель.

Для наглядности при моделировании решается внешняя задача, имитирующая простейший случай – охлаждение платы с установленным компонентом посредством естественной конвекции, без корпуса. Температура окружающей среды задаётся равной +25°C.

### Модель и результаты моделирования в САПР № 1

При моделировании в САПР №1 строится упрощённая модель части электронного устройства, т.е. моделируется непосредственно сам диод-выпрямитель и участок платы 100×100 мм, посредством которого осуществляется охлаждение.

Сам диод-выпрямитель представляется 2R-моделью, геометрия компонента описывается двумя параллелепипедами с размерами, аналогичными размерам корпуса, как показано на рисунке 1. Данный метод удобен тем, что в документации на электронные компоненты обычно указывают данные по тепловым свойствам как раз для такой модели, а именно: тепловые сопротивления «источник – пла-

Signal\$TOP	45	copper
Medium\$medium41	300	FR-4
Signal\$L2	36	copper
Medium\$medium43	285	FR-4
Signal\$L3-GND1	70	copper
Medium\$medium45	300	FR-4
Signal\$L4-GND2	70	copper
Medium\$medium47	285	FR-4
Signal\$L5-PWR1	70	copper
Medium\$medium49	300	FR-4
Signal\$L6-PWR2	70	copper
Medium\$medium51	285	FR-4
Signal\$L7-GND5	70	copper
Medium\$medium53	300	FR-4
Signal\$L8-GND6	70	copper
Medium\$medium55	285	FR-4
Signal\$L9	36	copper
Medium\$medium57	300	FR-4
Signal\$BOTTOM	45	copper

Рис. 2. Стек печатной платы

та» ( $R_{\theta JB}$ ) и «источник – корпус» или «источник – окружающая среда» ( $R_{\theta JC}$  или  $R_{\theta JA}$ ). Стоит отдельно упомянуть одну особенность, связанную с указанием сопротивлений для компонентов, охлаждаемых через платы. Фактически, охлаждение таких компонентов идёт через корпус на плату, поэтому сопротивление «источник – корпус» ( $R_{\theta JC}$ ) стоит трактовать как сопротивление «источник – плата» и в модели задавать его именно так. Сопротивление «источник – окружающая среда» фактически эквивалентно сопротивлению «источник – корпус» для компонентов, охлаждаемых через радиатор. В расчётных САПР, как правило, для 2R-моделей задаются сопротивления «источник-корпус» и «источник-плата», и незнание указанной выше особенности может привести к путанице и неверным результатам моделирования.

Плата описывается параллелепипедом с соответствующими размерами и анизотропным материалом со свойствами, рассчитанными из усреднения стека слоёв реальной платы, с поперечной теплопроводностью 0,45 Вт/м·К и продольной теплопроводностью 131,5 Вт/м·К. Металлизация по слоям задаётся в 90%. Стек платы показан на рисунке 2.

Максимальная температура компонента составила +60°C. Температурное поле на поверхности модели показано на рисунке 3. Далее требуется оценить влияние топологии печатной платы на температуру диода.

### Модель и результаты моделирования в САПР № 2

Сравним теперь результаты моделирования в САПР № 1 с результатами моделирования в САПР № 2, где учитывается детализированная структура печатной платы. Модель компонента в САПР № 2 задаётся в виде 2R-модели с соответствую-

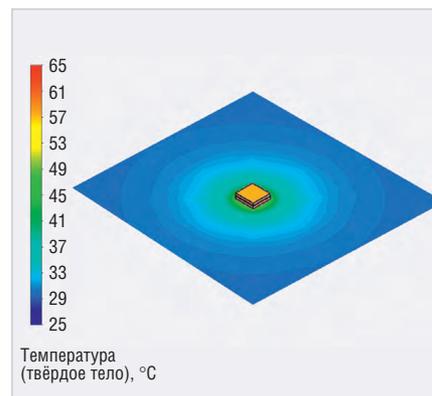


Рис. 3. Температурное поле (SolidWorks Flow Simulation)

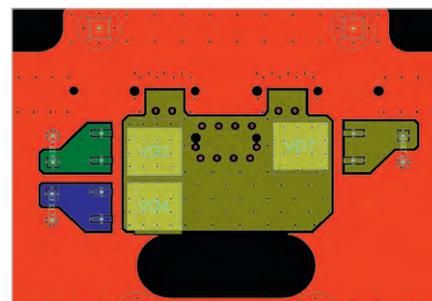


Рис. 4. Детализированная модель верхнего слоя

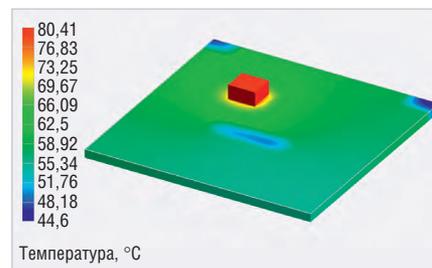


Рис. 5. Температурное поле на поверхности платы и диоде (Cadence Sigrity)

щими тепловыми сопротивлениями. Печатная плата моделируется детально, с учётом структуры слоёв (стек платы показан на рисунке 2), разводки трасс внутри слоёв и переходных отверстий. На рисунке 4 показан верхний слой печатной платы. Как видно из рисунка, электронный модуль обладает тройным дублированием канала питания, и в один момент времени функционирует только один канал.

В результате моделирования расчётная температура нагрева диода составляет +80,5°C. Температурное поле показано на рисунке 5. Видно, что результат моделирования в САПР № 2 отличается в большую сторону от результатов моделирования в САПР № 1 приблизительно на 20°C.

Как видно из графика зависимости среднего прямого тока от температуры (см. рис. 6), падение тока начинается при температуре корпуса около +120...+125°C [3]. Полученная в расчё-

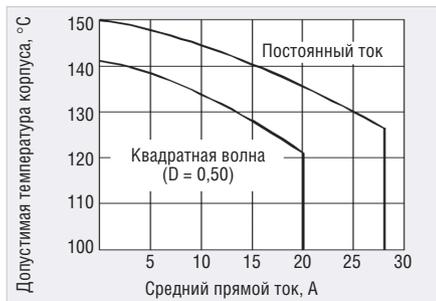


Рис. 6. Допустимая температура корпуса диода в зависимости от прямого тока

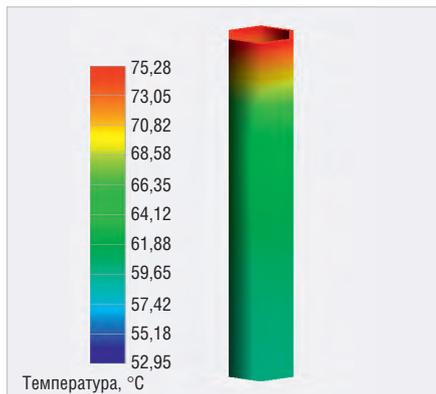


Рис. 7. Распределение температуры по переходному отверстию (Cadence Sigriety)

тах температура не является критической для диода в заданных условиях эксплуатации. Однако в реальных изделиях температурный диапазон окружающей среды, как правило, достаточно широк – от  $-40$  до  $+55^{\circ}\text{C}$ . При размещении электронного модуля в герметичном корпусе охлаждение диода ещё более ухудшится. В таком случае недооценка нагрева на  $20...25^{\circ}\text{C}$  может привести к приближению реальной температуры к эксплуатационному порогу и спровоцировать перебои в системе питания.

В чём же причина столь большой разницы в расчётах? Обнаружилось, что в модуле токопроводящие слои сформированы не совсем обычно. Полигон питания с верхнего слоя (Top) через переходные отверстия соединяется только с нижним слоем (Bottom) и через разъёмы питания направляется на следующий электронный модуль в стойке. Распределение температуры по переходному отверстию показано на рисунке 7.

По результатам расчёта температура переходного отверстия в верхнем слое равна  $+75,5^{\circ}\text{C}$ , а в нижнем слое –  $+60^{\circ}\text{C}$ . Таким образом, разница составляет более  $15^{\circ}\text{C}$ . Следовательно, теплопроводности переходных отверстий недостаточно для качественного распределения теплового потока, и печатная плата препятствует качественному охлаждению диода.



Рис. 8. Внутренний слой печатной платы до оптимизации

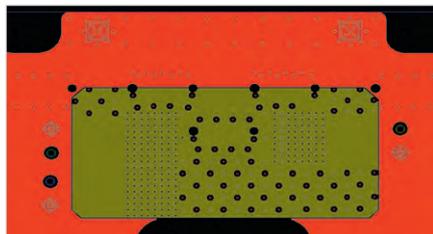


Рис. 9. Внутренний слой печатной платы после оптимизации

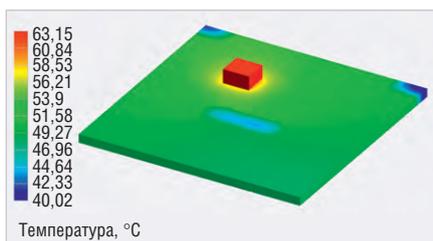


Рис. 10. Температурное поле на поверхности платы и диоде после оптимизации

Было принято решение добавить полигоны питания на внутренних слоях и уплотнить шаблон переходных отверстий под площадкой диода. На рисунках 8 и 9 показан один из внутренних слоёв платы до и после оптимизации соответственно. В результате оптимизации расчётная температура диода снизилась до  $+63^{\circ}\text{C}$ . Температурное поле показано на рисунке 10. По результатам расчётов температура переходного отверстия в верхнем слое оказалась равной  $+60^{\circ}\text{C}$ , а в нижнем –  $+56^{\circ}\text{C}$ , разница между ними составила всего  $4^{\circ}\text{C}$ . Распределение температуры по переходному отверстию показано на рисунке 11. Расчётные температуры представлены в таблице.

### Выводы

Учёт реальной топологии печатной платы при моделировании теплового состояния радиоэлектронной аппаратуры позволяет устранить неопределённость, возникающую при использовании анизотропного материала, а также выбирать направление оптимизации более осмысленно.

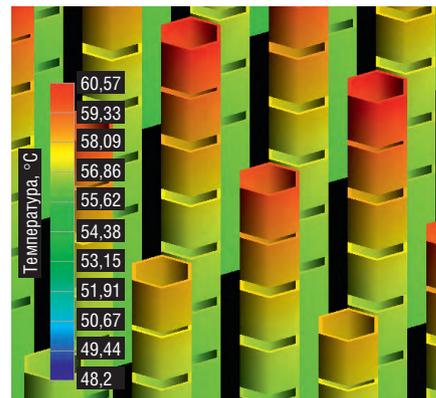


Рис. 11. Распределение температуры по переходному отверстию после оптимизации (Cadence Sigriety)

### Расчётные температуры

Элемент	САПР № 1 (°C)	САПР № 2 (°C)	
		До оптимизации	После оптимизации
Диод	60	80,5	63
Переходное отверстие			
Верхний слой	–	75,5	60
Нижний слой	–	60	56

Дополнительно стоит отметить, что такое моделирование позволяет рассчитать тепловое состояние электронного модуля с учётом разогрева от протекающих токов и оценить влияние температуры на физические характеристики меди. Это, в свою очередь, повлияет на уровень падения напряжений и плотности токов. Данный эффект при моделировании был сознательно отключён, так как САПР № 1 не позволяет его учитывать.

Понимание границ применимости средств моделирования повышает вероятность получения результата, коррелирующего с реальными испытаниями, обеспечивает нахождение оптимального технического решения с минимальными временными затратами и улучшает технико-экономические характеристики изделия.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Зенкевич О. Метод конечных элементов в технике. – М.: Мир, 1975.
2. Решетников А., Мичурин В. Особенности применения детализированных тепловых моделей для тепловых расчётов микросхем в корпусах BGA, LGA и PGA. Современная электроника. №5, 2019. С. 44–47.
3. Vishay Semiconductors, High Performance Schottky Rectifier, 2 x 20 A. URL: <https://www.vishay.com/docs/94963/vs-42ctq030shm3.pdf>

# ИСПЫТАНИЯ ЭЛЕКТРОНИКИ становятся предсказуемыми!

физических процессов

Эксперты в моделировании

Наша организация предлагает контрактную разработку электроники от проектирования схемы и топологии до разработки корпуса, а также профессиональное моделирование печатных плат, узлов в сборе и приборов радиоэлектронной аппаратуры. Каждое изделие, спроектированное командой наших разработчиков, проходит тщательную верификацию средствами моделирования. Это позволяет минимизировать трудозатраты во время отладки, сократить время самой разработки и предоставить Заказчику качественный результат в кратчайшие сроки.



**Engineering**  
solutions



8(800)550-77-69  
info@ensol-ltd.ru  
www.ensol-ltd.ru

Реклама



## ПРОЕКТИРОВАНИЕ

- **Разработка схемотехники для приборов:**
  - ответственного применения;
  - промышленного назначения;
  - общего и коммерческого использования.
- **Проектирование топологии печатных плат**
- **Разработка корпусов приборов**



## МОДЕЛИРОВАНИЕ

- **Тепловой анализ**
- **Обеспечение целостности питания и сигналов высокоскоростных интерфейсов DDR, PCIe, USB, HDMI, SFP+**
- **Электромагнитная совместимость (ЭМС)**
- **Прочностные расчеты**



## ПРОИЗВОДСТВО

Наша компания осуществляет полный цикл изготовления электронных устройств. Специалисты имеют большой опыт подготовки к производству и изготовления различного типа печатных плат жестких, гибких, гибко-жестких, плат на металлическом основании.



## ОБУЧЕНИЕ

Инженеры нашей компании регулярно проводят консультации и обучение по проектированию сложных печатных плат и моделированию высокоскоростных интерфейсов. Тренинги организуются как с выездом на предприятие, так и в специально подготовленном классе на базе МГТУ им. Баумана.



**Engineering  
solutions**



8(800)550-77-69  
info@ensol-ltd.ru  
www.ensol-ltd.ru

Реклама



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.STA.RU](http://WWW.STA.RU)

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

Подписка оформляется на сайтах журналов

# Ограничители пускового тока для бортовых систем электропитания

Анатолий Миронов (maapwr@rambler.ru), Сергей Шендяпин

В статье описываются структуры и параметры ограничителей пускового тока для систем вторичного электропитания автономных объектов, рассматриваются вопросы повышения надёжности при увеличении мощности, расширения функциональных возможностей.

Ограничители пускового тока (ОПТ) широко применяются для построения систем электропитания бортовой РЭА, первичный источник электропитания которых ограничен по мощности и не допускает бросков тока. К таковым относятся, например, системы вторичного электропитания (СВЭП) космических аппаратов, первичный источник питания которых (аккумуляторная батарея) имеет ограниченные энергоресурсы. Обычно ОПТ включается на входе СВЭП, ограничивая зарядный ток конденсаторов входных фильтров всей группы модулей электропитания и защищая контакты силового коммутатора, коммутационный ресурс которых невелик.

На рисунке 1 приведена функциональная схема ОПТ с «минусовой» общей шиной, регулирующий элемент (РЭ) которого работает в режиме непрерывного регулирования [1]. Обозначим эту структуру как ОПТ1. Он содержит регулирующий элемент РЭ, резисторный датчик тока  $R_{ДТ}$ , источник опорного напряжения  $U_{ОП}$  и регулирующий усилитель У.

Максимальное значение тока ОПТ1  $I_{ОПТ,МАКС}$  устанавливается номиналом резистора-датчика тока  $R_{ДТ}$ :  $I_{ОПТ,МАКС} = U_{ОП} / R_{ДТ}$

Выходной конденсатор С не обязателен. Он имеет небольшую ёмкость и

играет роль корректирующего. Тогда при токе регулирующего элемента РЭ  $I_{РЭ} < I_{РЭ,МАКС}$  сигнал на выходе усилителя У максимален и регулирующий элемент РЭ открыт. При увеличении тока нагрузки до значения  $I_{РЭ,МАКС}$  сигнал на выходе усилителя У уменьшается, переводя регулирующий элемент РЭ в линейный режим и ограничивая тем самым ток через него и в нагрузке значением  $I_{РЭ,МАКС}$ . Установившееся значение выходного напряжения ОПТ при этом  $U_{ВЫХ} = R_H \times I_{РЭ,МАКС}$ , где  $R_H$  – эквивалентное активное сопротивление нагрузки. На РЭ в этом режиме выделяется мощность  $P_{РЭ} = (U_{ВХ} - U_{ВЫХ}) \times I_{РЭ,МАКС}$ , а при коротком замыкании на выходе –  $P_{РЭ,МАКС} = U_{ВХ} \times I_{РЭ,МАКС}$ .

Недостатком рассмотренного ОПТ является увеличенная мощность, выделяемая на РЭ во время запуска СВЭП или коротком замыкании на его выходе, что влечёт за собой перегрев регулирующего элемента и ограничивает время действия перегрузки на уровне сотен микросекунд – единиц миллисекунд. Поэтому ОПТ с непрерывным режимом регулирования РЭ применяется только при малых токах нагрузки (до 1...2 А). Но даже в этом случае необходимо предусмотреть ограничение длительности перегрузки РЭ во время КЗ в нагрузке. Например, включить в

состав ОПТ специальный таймер, принудительно выключающий РЭ по истечении указанного времени (на рис. 1 не показан).

Другой путь решения этой проблемы – перевод РЭ при перегрузке в импульсный режим работы. В [2] приведена электрическая схема одного из вариантов ОПТ с «импульсным» алгоритмом работы РЭ. На рисунке 2 показана его функциональная схема. Назовём эту структуру ОПТ2.

Усилитель У измеряет ток с помощью резистора-датчика тока  $R_{ДТ}$  в «минусовой» шине питания и управляет работой регулирующего элемента РЭ. Драйвер Др преобразует выходной сигнал У в управляющее напряжение  $U_{У,РЭ}$  формата, требуемого для быстрого открывания и запираания РЭ. Для устойчивой работы ОПТ в режиме переключения РЭ усилитель У охвачен положительной обратной связью на резисторах R1R2.

В установившемся режиме работы ОПТ2 справедливо соотношение:  $I_H = I_L = I_{ДТ}$ , на выходе У напряжение близко к нулю:  $U_{У,ВКЛ} = 0$ , на выходе драйвера Др – напряжение  $U_{РЭ,ВКЛ}$ , обеспечивающее открытое состояние РЭ. Рабочий ток протекает от источника входного напряжения через открытый РЭ, дроссель L, нагрузку и резистор-датчик тока  $R_{ДТ}$ . На рисунке 3 показаны эпюры сигналов во время включения ОПТ при запуске на активно-ёмкостную нагрузку.

При включении ОПТ, когда происходит зарядка конденсатора С и конденсаторов входных фильтров, подключённых на выход ОПТ модулей

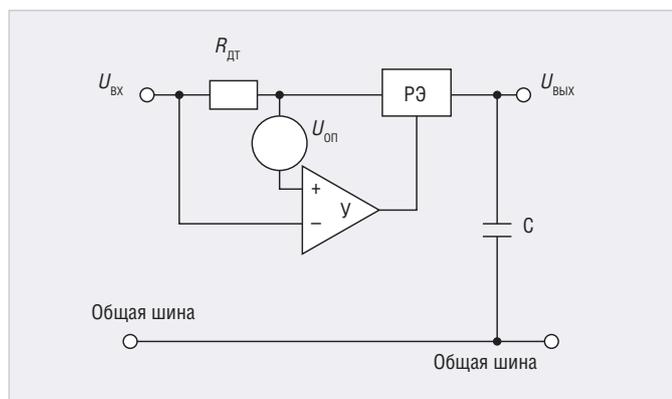


Рис. 1. Функциональная схема ОПТ1 с РЭ непрерывного регулирования

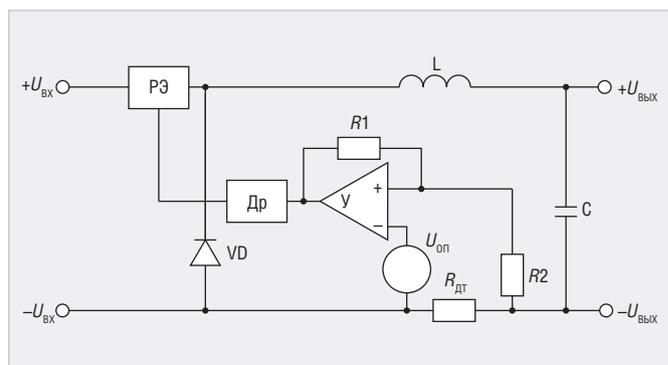


Рис. 2. Функциональная схема ОПТ2 с импульсным режимом работы РЭ при перегрузках

питания СВЭП, ток нагрузки увеличивается, и при напряжении на датчике тока  $U_{\text{ДТ.ВЫКЛ}} = U_{\text{ОП}} \times (1 + R1/R2)$  на выходе У скачкообразно устанавливается напряжение  $U_{\text{У.ВЫХ}}$  на выходе драйвера Др – 0 и РЭ закрывается. Это выражение справедливо при условии, когда  $R1, R2 \gg R_{\text{ДТ}}$  что легко выполнить во всех практических реализациях ОПТ. Ток в дросселе L начинает уменьшаться, протекая теперь через замыкающий диод VD, нагрузку и датчик тока  $R_{\text{ДТ}}$ . При напряжении на  $R_{\text{ДТ}}$   $U_{\text{ДТ.ВКЛ}} = U_{\text{ОП}} \times (1 + R2/R1) - U_{\text{У.ВЫХ}} \times R2/R1$  напряжение на выходе У вновь устанавливается на уровне 0, на выходе Др – напряжение  $U_{\text{РЭ.ВКЛ}}$ , РЭ вновь открывается и процесс повторяется. Таким образом резисторами R1R2 реализован гистерезис  $\Delta U_{\text{ДТ}} = U_{\text{ДТ.ВКЛ}} - U_{\text{ДТ.ВЫКЛ}} = U_{\text{У.ВЫХ}} \times R2/R1$ . От выражений напряжения переключения  $U_{\text{ДТ.ВКЛ}}$ ,  $U_{\text{ДТ.ВЫКЛ}}$  через  $R_{\text{ДТ}}$  просто перейти к соответствующим значениям токов  $I_{\text{ДТ.ВКЛ}}$  и  $I_{\text{ДТ.ВЫКЛ}}$ .

С каждым периодом работы напряжение на выходе ОПТ увеличивается до тех пор, пока на очередном периоде работы ток  $I_{\text{ДТ}}$  уже не достигает значения  $I_{\text{ДТ.ВЫКЛ}}$ . РЭ остаётся открытым и процесс включения заканчивается. ОПТ на этапе запуска работает как импульсный преобразователь релейного типа, у которого меняется как длительность открытого состояния РЭ, так и длительность его закрытого состояния. Такой алгоритм включения обеспечивает минимальное время переходного процесса нарастания выходного напряжения ОПТ при фиксированном потребляемом токе среди всех других импульсных способов управления РЭ (ШИМ, ЧИМ).

РЭ в режиме перегрузки или запуска работает в импульсном режиме. Мощность, выделяющаяся на нём, многократно меньше аналогичного показателя структуры ОПТ1, поэтому длительность перегрузки значения не имеет. Он, фактически, теперь является не ограничителем пускового тока, а просто ограничителем тока (ОТ), защищая узлы СВЭП во всех режимах работы, а не только при запуске. Так, например, при выходе из строя одного из модулей питания СВЭП ОПТ2 ограничивает потребляемый ток им и защищает его от полного разрушения. Кроме того, в установившемся режиме LC-элементы устройства работают как помехоподавляющий фильтр с эффективным диапазоном фильтрации до нескольких десятков МГц.

В установившемся режиме суммарное падение напряжения на открытом РЭ, L и ДТ практически не отли-

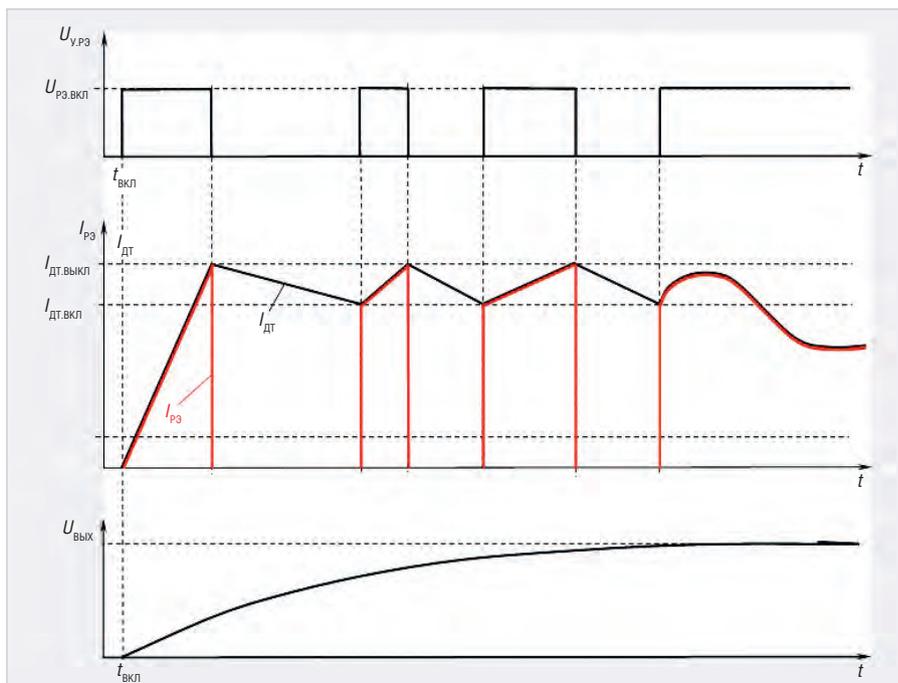


Рис. 3. Эпюры сигналов ОПТ2 при запуске на активно-ёмкостную нагрузку

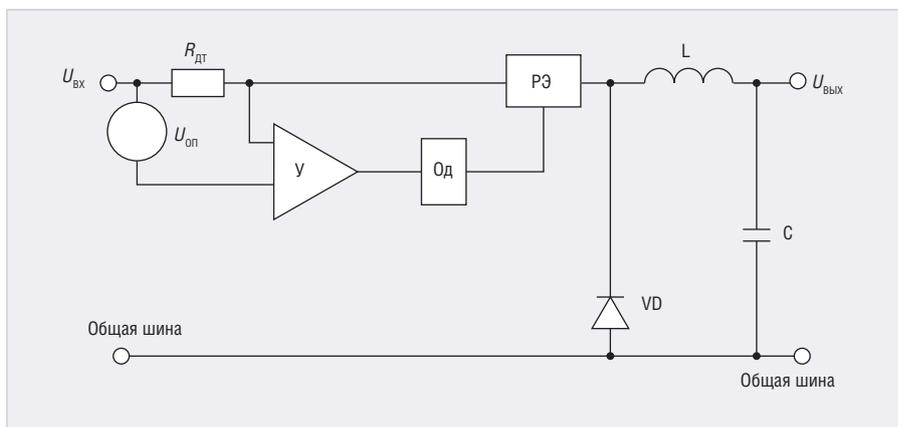


Рис. 4. Функциональная схема ОПТ3 с общей шиной и импульсным режимом работы РЭ

чается от аналогичного параметра ОПТ1 и составляет для современных элементов доли вольта. Кроме того необходимо учитывать, что нагрузка должна выбираться на максимальное значение среднего выходного тока  $I_{\text{ВЫХ.МАКС}} = (I_{\text{ДТ.ВКЛ}} + I_{\text{ДТ.ВЫКЛ}})/2$ , хотя в импульсный режим ОПТ2 переходит при значении тока  $I_{\text{ДТ.ВЫКЛ}} > I_{\text{ВЫХ.МАКС}}$ .

Особенностью рассмотренного ОПТ является отсутствие общего для входа и выхода провода, что ограничивает его функциональные возможности и сужает область применения.

Этот недостаток устранён в ОПТ, функциональная схема которого показана на рисунке 4 [3]. Здесь, кроме перечисленных выше узлов, в состав ОПТ включён одновибратор Од. Назовём эту структуру ОПТ3.

Максимальное значение тока через регулирующий элемент РЭ и  $R_{\text{ДТ}}$  уста-

навливается также, как и в ОПТ2. В установившемся режиме работы при токе регулирующего элемента РЭ  $I_{\text{РЭ}} < I_{\text{РЭ.МАКС}}$  сигнал на выходе усилителя У максимален. Одновибратор Од он дискриминируется как логическая единица и на его выходе удерживается сигнал логического нуля. При этом РЭ открыт. При увеличении тока через него до значения  $I_{\text{РЭ.МАКС}}$  сигнал на выходе усилителя У уменьшается. Когда его значение достигнет уровня логического нуля, одновибратор Од запускается. Напряжение на его выходе скачкообразно устанавливается на уровне логической единицы и удерживается в этом состоянии в течение времени задержки  $t_{\text{ЗДР}}$ , запирая РЭ на указанное время. Таким способом в ОПТ3 формируется пауза в работе РЭ, за время которой ток в дросселе L уменьшается. По окончании паузы усилитель У и одновибратор

Таблица 1. Основные характеристики ВВФ ОПТ серии МДО

Характеристики	Значение
Диапазон входных напряжений, В	17...36, 82...154
Диапазон температур окружающей среды, °С	-60...+105
Диапазон давлений окружающей среды, мм рт. ст.	10 <sup>-6</sup> ...1500
Механический удар одиночного действия, g	1000
Механический удар многократного действия, g	150
Линейное ускорение, g	115
Повышенная относительная влажность воздуха при температуре окружающей среды +35°С, %	98...100

Примечание: ОПТ на сеть 82...154 В разрабатываются только на рабочие токи 1 и 3 А.

Таблица 2. Основные характеристики унифицированных модулей ОПТ серии МДО

Обозначение модуля	Номинальный рабочий ток, А	Максимальный импульсный входной ток, А	Максимальное падение напряжения, не более, мВ	Габариты корпуса без фланцев, мм	Масса, г
МДО1	1	2	300	30×20×10	20
МДО3	3	5	300	40×30×10	35
МДО5	5	8	300	48×33×10	45
МДО10	10	16	300	58×40×10	65
МДО20	20	32	400	73×53×13	100

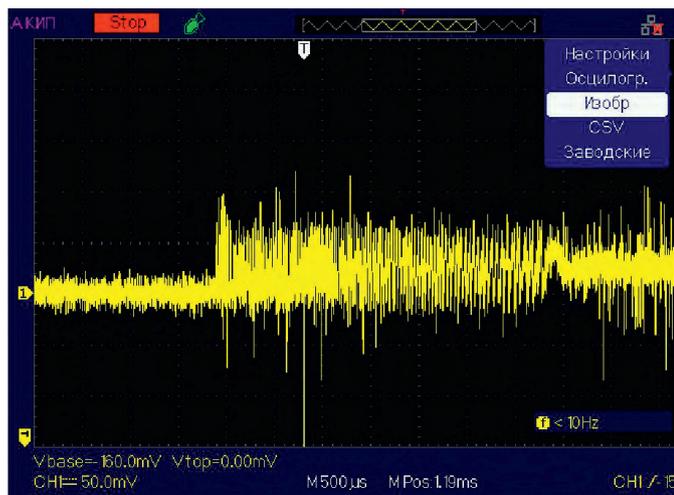


Рис. 5. Осциллограмма входного тока ОПТ серии МДО5 при включении на активно-ёмкостную нагрузку

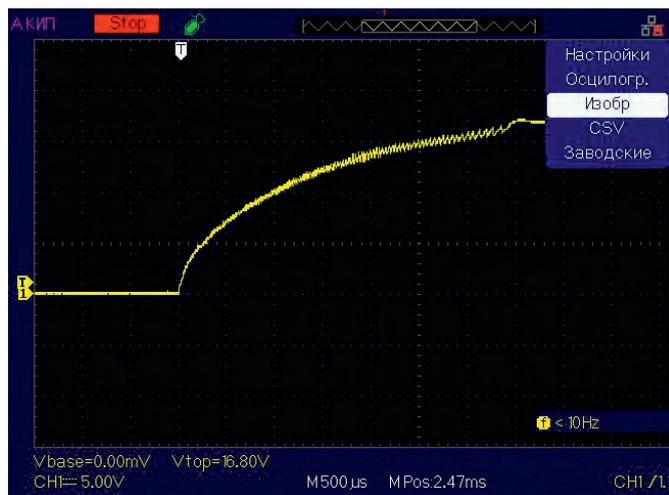


Рис. 6. Осциллограмма выходного напряжения ОПТ серии МДО5 при включении на активно-ёмкостную нагрузку

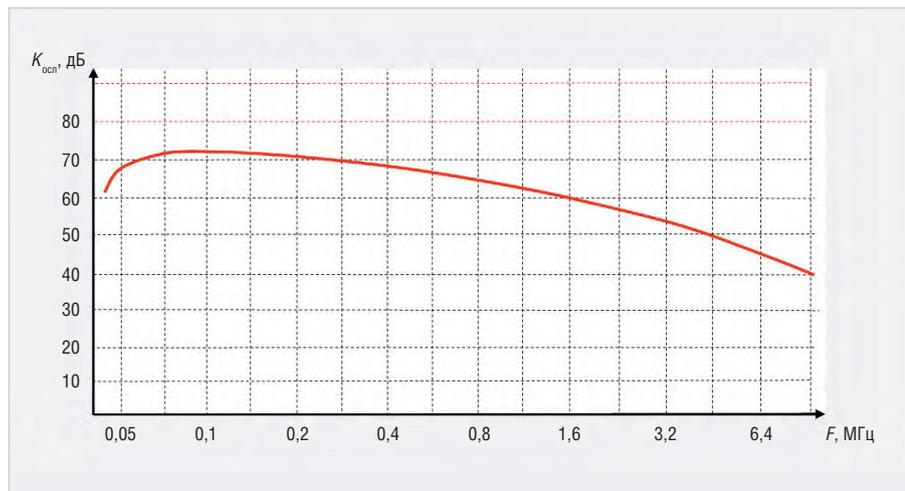


Рис. 7. Частотная зависимость коэффициента ослабления ОПТ серии МДО5

Од возвращаются в исходное состояние, РЭ открывается и ток через РЭ, L и C вновь начинает увеличиваться. В итоге при перегрузке по току на выходе ОПТ3, аналогично ОПТ2, переходит в импульсный режим работы, ограничивая максимальное значение тока через РЭ и нагрузку на уровне  $I_{РЭ,МАКС}$ . При этом РЭ также работает в режиме переключения с минимальной рассеиваемой на нём мощностью.

После окончания переходного процесса заряда выходного конденсатора

С параметры структур ОПТ2 и ОПТ3 по постоянному току практически эквивалентны. Все преимущества структуры ОПТ2 являются таковыми и для структуры ОПТ3. Относительно небольшая мощность рассеивания на РЭ во время запуска и перегрузки позволяет проектировать на основе этих структур ОПТ на токи в десятки ампер. Существуют и другие способы реализации импульсного режима работы РЭ на этапе запуска и перегрузки [4].

На основе проведённых исследований ООО «АЭИЭП» разрабатывает унифици-

рованную линейку модулей ОПТ серии МДО, основные характеристики внешних воздействующих факторов (ВВФ) для которых перечислены в таблице 1.

Массогабаритные и основные электрические характеристики линейки ОПТ приведены в таблице 2.

Модули ОПТ имеют общую отрицательную шину, реализуют возможность управления включением с помощью маломощного сигнала логического характера. На рисунке 5 показана осциллограмма входного тока при запуске ОПТ на активно-ёмкостную нагрузку. Т.к. «полезное» напряжение на датчике тока составляет порядка 40 мВ, в осциллограмме видны помехи, возникающие в схеме в момент переключения силовых элементов, практически такой же амплитуды, как и полезный сигнал. На рисунке 6 показана осциллограмма выходного напряжения при запуске. Очевидно, что при такой относительно небольшой скорости нарастания напряжения на выходе ОПТ, т.е. на входе ёмкостных фильтров нагруженных на ОПТ преобразователей, их зарядные токи невелики, что положительно сказывается на надёжности последних. На осциллограмме хорошо видно, как после заряда ёмко-

стей нагрузки ОПТ переходит в непрерывный режим работы.

В установившемся режиме ОПТ импульсного типа работают как помехоподавляющий фильтр с эффективной полосой подавления до нескольких десятков МГц. Максимальное ослабление вплоть до 70 дБ ОПТ реализует как раз в зоне действия первых, самых мощных гармоник силовых преобразователей. Сглаженная частотная зависимость коэффициента ослабления ОПТ МДО5 показана на рисунке 7.

Вопросы стойкости устройства к специальным воздействиям решаются выбором соответствующей элементной базы.

### ЛИТЕРАТУРА

1. *Миронов А.А.* Некоторые проблемы разработки ограничителей пускового тока. Обзор по материалам отечественной и зарубежной патентной информации за 1972–1989 гг. Центр научно-технической информации «Поиск». Выпуск 42, 1990 г., с. 5 (рис. 2).

2. *Миронов А.А.* Некоторые проблемы разработки ограничителей пускового тока. Обзор по материалам отечественной и зарубежной патентной информации за 1972–1989 гг. Центр научно-технической информации «Поиск». Выпуск 42, 1990 г., с. 13 (рис. 8).

3. *Миронов А.А.* Ограничитель тока. Патент РФ на полезную модель № 46593. 2005 г.

4. *Миронов А.А.* Ограничитель тока. Патент РФ на полезную модель № 182804. 2018 г.



## НОВОСТИ МИРА

### VIII ВСЕРОССИЙСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «ЭКБ-2019» УСПЕШНО ЗАВЕРШИЛА СВОЮ РАБОТУ

15–16 августа 2019 года в Москве прошла VIII Всероссийская научно-техническая конференция ЭКБ на тему «Обеспечение предприятий промышленности электронной компонентной базой. Диверсификация поставок в рамках импортозамещения».

Традиционно организатором мероприятия выступила компания «Тестприбор» при поддержке ФГУП «МНИИРИП», АО «Российская электроника» и Координационного совета разработчиков и производителей РЭК, ЭКБ и продукции машиностроения.

Тематика конференции охватила широкий спектр проблем производства и поставок качественной ЭКБ, выявления контрафактной продукции при поставках элементной базы как гражданского, так и специального назначения, а также вопросы проведения испытаний и хранения ЭКБ.

Открыли работу конференции соорганизаторы мероприятия. Директор ФГУП «МНИИРИП» П.П. Куцько выступил с докладом о торгово-информационной площадке «ЭКБ Маркет», представляющей собой инструмент обеспечения промышленности электронной компонентной базой двойного и гражданского назначения. Председатель Координационного совета разработчиков и производителей РЭА, ЭКБ и продукции машиностроения А.В. Брыкин рассказал участникам о нормативно-правовых инициативах по устранению недобросовестных практик при осуществлении закупок радиоэлектронной продукции гражданского назначения. Выступление директора по НТР и инновациям АО «Российская электроника» В.М. Исаева было посвящено организации работ по развитию и применению ЭКБ в радиоэлектронном комплексе ГК «Ростех».

В большом количестве докладов были затронуты вопросы защиты ЭКБ от воздей-



ствия радиационного излучения и проведения испытаний на радиационную стойкость. О проблемах и возможностях в данной области говорили представители НИИЯФ МГУ им. Ломоносова (заведующий лабораторией Д.М. Подорожный), ГО «НПЦ НАН Беларуси по материаловедению» (заведующий лабораторией С.Б. Ластовский), НИЯУ МИФИ (ведущий научный сотрудник А.В. Уланова), ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН (заместитель директора Ю.Г. Малофеев) и АО «НИИП» (начальник управления радиационных испытаний А.И. Озеров).

Представители АО «Тестприбор» (А.Ю. Максимов, начальник конструкторского бюро, и Л.Ю. Федорович, инженер-технолог гальванического производства) представили доклады о возможностях производства корпусной продукции для микроэлектроники и изделий из керамики на основе оксида алюминия, нитрида алюминия и оксида бериллия, а также рассказали о технологии нанесения металлизации, химических и гальванических покрытий, освоённой на производстве компании «Тестприбор» в Великом Новгороде.

Большой интерес вызвал доклад директора департамента науки СПбГЭТУ «ЛЭТИ» В.В. Лучинина об отечественной креативной технологии в алмазной электронике

для создания нового поколения приборов на основе карбида кремния и алмаза, включавший демонстрацию образцов алмазной продукции.

Актуальные вопросы и проблемы импортозамещения были освещены в докладах представителей АО «ГосМКБ «Вымпел им. И.И. Топорова», АО «Российские космические системы», АО «Ресурс» и ООО «Кей-сайт Текнолоджиз».

О возможностях разработки, производства и проведения испытаний ЭКБ рассказали представители АО «Тестприбор», филиала АО «ОРКК» – «НИИ КП», АО «Группа Кремний Эл», АО «Биметалл» и АО «Российские космические системы».

За два дня работы конференции участники заслушали 25 докладов, обсудили актуальные вопросы производства и применения ЭКБ, проведения испытаний и хранения элементной базы.

В конференции приняли участие более 100 представителей 60 предприятий радиоэлектронной промышленности России и ближнего зарубежья.

IX Всероссийская научно-техническая конференция «ЭКБ-2020» состоится в III квартале 2020 года.

[www.test-expert.ru](http://www.test-expert.ru)

# Проектирование двухдиапазонной Wi-Fi-антенны при помощи ПО NI AWR и Optenni Lab на основе материалов Premix PREPERM

Якко Юнтунен (Optenni Ltd), Ян Ярвеляйнен (Premix Group), Дерек Линден (NI AWR)

В статье рассматривается проект двухдиапазонной Wi-Fi-антенны для работы в режиме «многоканальный вход – многоканальный выход» (MIMO).

Важной частью проекта является использование продвинутых программных инструментов синтеза, таких как AWR AntSyn и Optenni Lab, позволяющих сократить время получения готовой к производству конструкции антенны вместе с цепями согласования и питания.

Прототип разработанной антенны изготавливается из материалов PREPERM компании Premix для тестирования и сравнения результатов моделирования и измерений.

## ВВЕДЕНИЕ

Технология антенн типа «многоканальный вход – многоканальный выход» (MIMO) считается ключевой для обеспечения работы телекоммуникационных систем и устройств нового поколения благодаря возмож-

ности увеличения пропускной способности приёмопередающих трактов за счёт использования нескольких приёмных и передающих антенн и, как следствие, получения преимуществ многолучевого распространения сигнала.



Рис. 1. Структура процесса проектирования антенны в программном обеспечении NI AWR и создания прототипа на основе Premix PREPERM

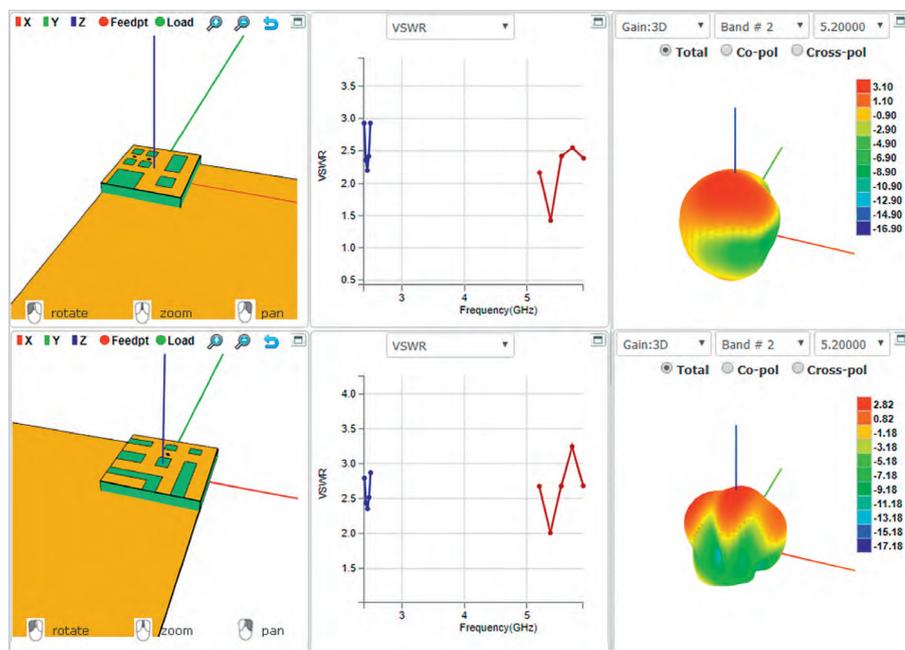


Рис. 2. Антенны были синтезированы в AntSyn согласно заданным спецификациям

В этой статье будет рассмотрен процесс проектирования электрически малой антенны для применения в Wi-Fi-устройствах, основанный на применении современных инструментов проектирования: платформы NI AWR Design Environment, а именно 3D планарного электромагнитного (ЭМ) симулятора AXIEM и уникального инструмента ЭМ-синтеза антенных устройств AntSyn™, и платформы Optenni Lab™ для оптимизации системных параметров проектируемых антенн. Для моделирования и прототипирования антенны были выбраны диэлектрики PREPERM производства компании Premix. Правильный выбор материала – важный этап процесса проектирования (см. рис. 1), определяющий возможность получения низких потерь на высоких частотах.

## ПРОЦЕСС ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Проект двухдиапазонной Wi-Fi-антенны на 2,4 и 5 ГГц с цепями согласования ориентирован на применение современных материалов и методов, позволяющих спроектировать устройства S- и C-диапазонов с возможностью последующего масштабирования для применения в составе стационарных и мобильных платформ на более высоких частотах, например, в миллиметровом диапазоне. Для антенн был выбран материал PREPERM PPE370 с диэлектрической проницаемостью  $\epsilon_r=3,7$ ; для согласующих цепей – PREPERM 255 ( $\epsilon_r=2,55$ ). Размер платы – 90×50 мм, номинальные частоты проекта – 2,4 ГГц, 5–6 ГГц. Для улучшенной развязки между двумя антеннами была построена специальная схема. Общая эффективность антенны была задана на уровне –2 дБ и более; расчёт эффективности осуществлялся по следующей формуле:

$$\eta = \frac{R_{rad}}{R_{rad} + R_{loss}}$$

где  $R_{rad}$  – сопротивление излучения,  $R_{loss}$  – сопротивление потерь, учитывающее

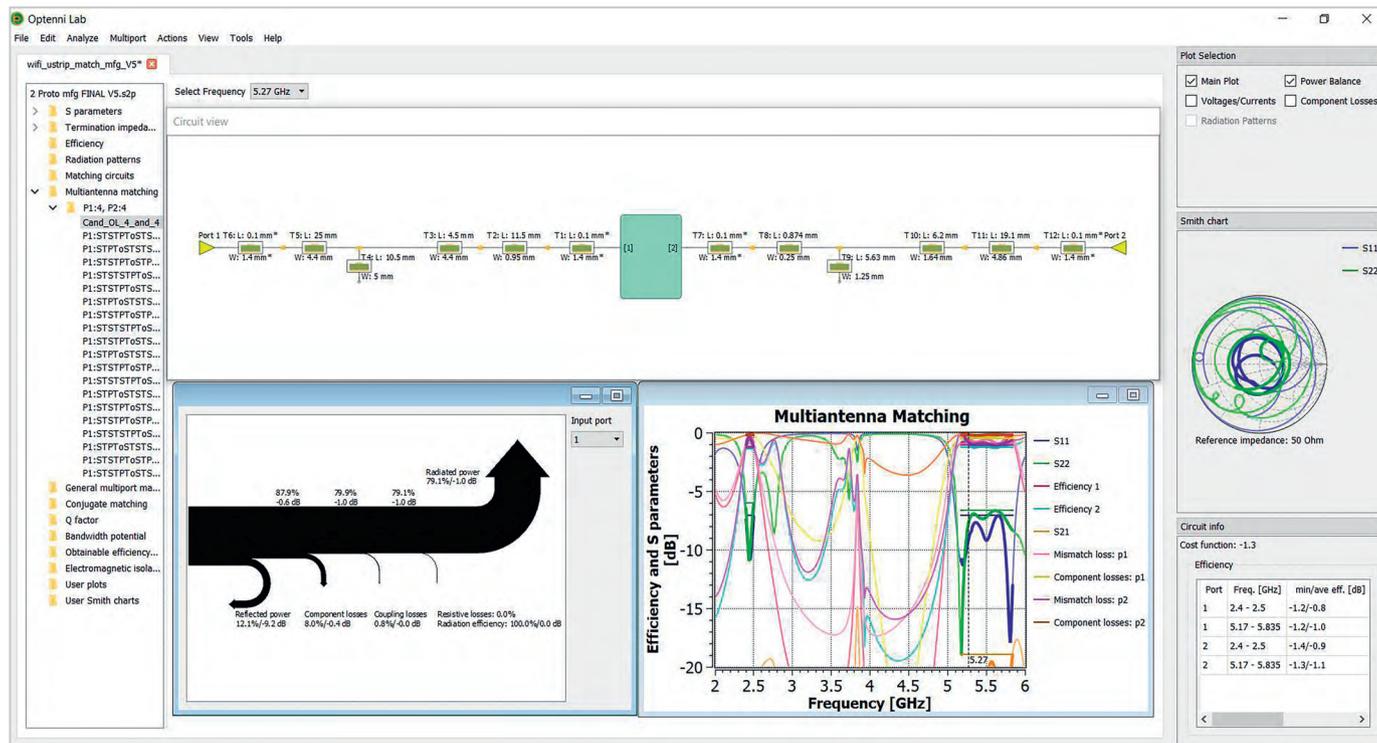


Рис. 3. Optenni Lab синтезирует множество различных конструкций микрополосковых согласующих линий, оптимизирующих параметры антенны (в проекте были использованы предложенные программным обеспечением варианты цепей)

потери в самой антенне и её согласующей цепи.

Базовый проект (см. рис. 2) был создан при помощи AntSyn, уникальный функционал которого позволяет синтезировать геометрии антенн на основе заданных спецификаций.

Необходимость оптимизации параметров антенны в двух диапазонах не только усложняет работу алгоритмов, но и значительно увеличивает время симуляции. Тем не менее, несмотря на то, что оптимизировать однодиапазонную антенну с лучшими характеристиками в одной полосе и меньшими размерами было бы несколько проще, заданное ограничение по размерам платы не позволило бы разместить 4 однодиапазонные антенны (по 2 антенны на каждую полосу). Помимо этого, использование нескольких однополосных антенн означало бы включение в итоговую конструкцию диплексеров, что, в свою очередь, увеличило бы потери, размер антенны, общую сложность конструкции, а также эффекты взаимного влияния, что негативно сказалось бы на работе антенны в режиме ММО.

Для исследования всех возможных комбинаций характеристик антенны и поиска оптимальных значений физических размеров и ВЧ-параметров антенны AntSyn запускался около 10

раз с различными входными данными. Большая часть запусков была необходима разработчику для нахождения компромисса между размером и выходными характеристиками антенны. AntSyn использует специализированные продвинутое генетические алгоритмы оптимизации для последовательного поиска наилучшего решения поставленной задачи со множеством варьируемых параметров, при этом для каждого их набора производится полноценный 3D электромагнитный анализ. (Примечание: на момент написания этой статьи в AntSyn реализована возможность оптимизировать не только отдельные элементы, как было во время создания этого проекта, но и многопортовые антенные конструкции с учётом взаимного влияния элементов). Результаты, полученные сразу по окончании процесса синтеза в AntSyn, были почти достаточны для завершения работы над проектом, однако особенности применяемой подложки требовали некоторых изменений и дополнительной верификации.

Синтезированная конструкция была экспортирована в Microwave Office и промоделирована при помощи планарного 2.5D ЭМ-симулятора на основе метода моментов AXIEM. Согласующая схема (см. рис. 3) была спроектирована при помощи Optenni Lab и

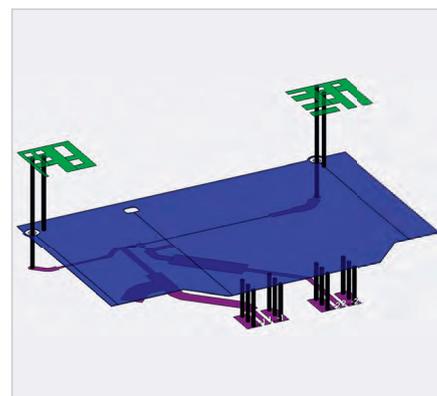


Рис. 4. Конструкция антенны (зелёные элементы) и цепей согласования и питания в AXIEM

подстроена на основе ЭМ-анализа в AXIEM.

Авторы проекта приняли решение разместить согласующие схемы на обратной стороне платы, поэтому добавление поддерживающего слоя нарушило согласование антенн. При помощи ещё одного запуска Optenni Lab согласующие цепи были синтезированы и подстроены заново, а их характеристики были верифицированы в AXIEM (см. рис. 4).

В схему была добавлена дополнительная цепь для улучшения развязки на 2,4 ГГц, что несколько усложнило структуру цепи питания. Тем не менее, высокий уровень развязки был одним из ключевых требова-



Рис. 5. Векторный анализатор Anritsu ShockLine™ MS46322B

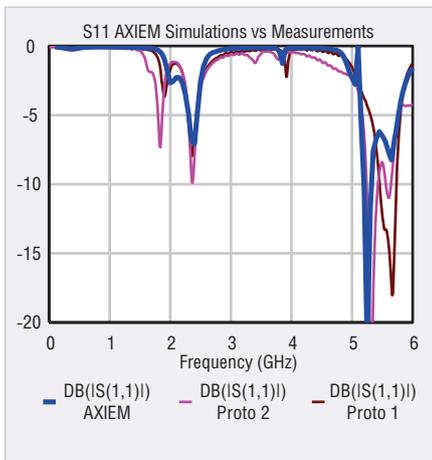


Рис. 6. Сравнение результатов моделирования и измерений возвратных потерь

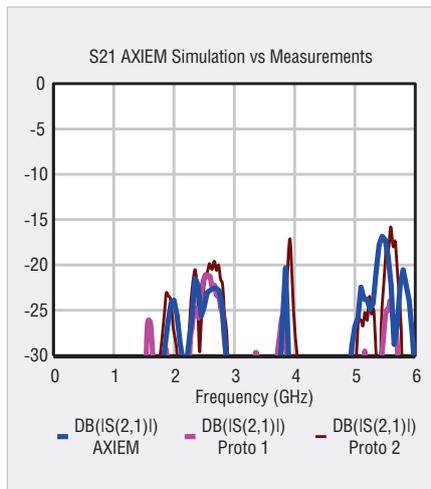


Рис. 7. Сравнение результатов моделирования и измерений вносимых потерь (Получение хорошей развязки – одно из основных требований к проекту)

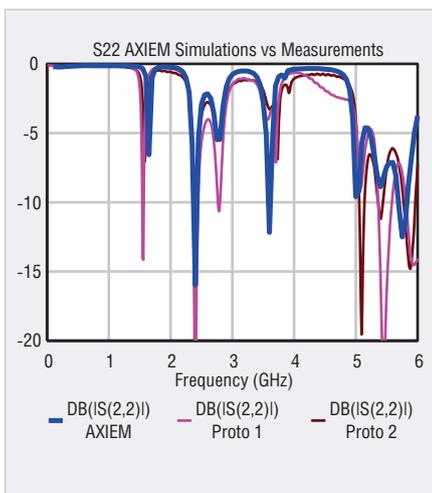


Рис. 8. Сравнение результатов моделирования и измерений коэффициента отражения по выходу

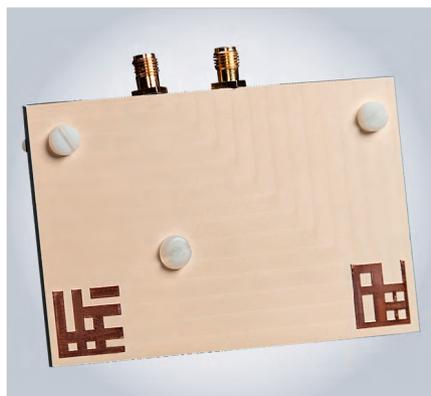


Рис. 9. Фотография изготовленного прототипа двухдиапазонной Wi-Fi-антенны

ний к проекту, поэтому схема была протестирована для работы на частотах до 6 ГГц. Возвратные потери на соответствующих портах составили 20 дБ (КСВН 1,22:1) при коэффици-

енте развязки в 16 дБ и более. Такие результаты были приняты как более чем удовлетворительные. Коэффициенты усиления антенн в диапазоне 2,5–5,0 дБ также были приняты как

реализуемые. Диаграмма направленности – всенаправленная, как показано на рисунке 2.

### СРАВНЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ И ИЗМЕРЕНИЙ

Для верификации результатов моделирования были изготовлены 2 прототипа. Листы PREPERM 255 и PREPERM PPE370 были сначала металлизированы с обеих сторон слоем меди толщиной 18 мкм, после чего разделены на отдельные платы нужных размеров, на которых были вытравлены антенны и согласующие цепи. На конечном этапе производства платы PREPERM 255 и PREPERM PPE370 были объединены. Измерения прототипов выполнялись на векторном анализаторе Anritsu ShockLine™ MS46322B (см. рис. 5).

Результаты измерений хорошо согласуются с результатами моделирования в ЭМ-симуляторе AXIEM. Помимо этого, измерения дополнительно подтвердили характеристики материалов PREPERM. На рисунках 6, 7 и 8 представлены результаты измерений в сравнении с данными ЭМ-анализа проекта на частотах до 6 ГГц.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Используя программное обеспечение NI AWR и Optenni Lab, а также диэлектрические материалы PREPERM, авторы статьи смогли спроектировать, промоделировать, изготовить и протестировать сложную двухдиапазонную Wi-Fi-антенну для работы в режиме MIMO (фотография изготовленного прототипа представлена на рисунке 9).

Итоговое решение обеспечило эффективность более –2 дБ с развязкой между антеннами более 20 дБ на всех частотах диапазонов 2,4 ГГц и 5 ГГц (за исключением одного из образцов, развязка которого уменьшилась до 17 дБ на частоте 5,6 ГГц).

Материалы PREPERM показали свои отличные характеристики, включая постоянную диэлектрическую проницаемость и сверхмалый уровень потерь (тангенс угла потерь на частоте 2,4 ГГц составил 0,0009 для обоих использованных материалов), при этом постоянность их характеристик сохраняется и на более высоких частотах, поэтому представленный в этой статье пример можно масштабировать для применения в миллиметровом диапазоне – например, в устройствах сетей 5G.



## НОВОСТИ МИРА

**KEYSIGHT ЗАПУСКАЕТ ПРОГРАММУ АВТОМОБИЛЬНОЙ КИБЕРБЕЗОПАСНОСТИ**

Компания Keysight Technologies, Inc. анонсировала новую программу автомобильной кибербезопасности. Данная программа позволяет гарантировать высокий уровень безопасности транспортных средств при помощи проактивной защиты от кибератак в течение всего процесса исследований, разработок и изготовления, а также в послепродажный период.

Программа автомобильной кибербезопасности Keysight состоит из комплекса программно-аппаратных средств и сервисов, необходимых производителям автомобилей и предприятиям-поставщикам комплектующих для обеспечения безопасности автомобилей для оперативного реагирования на масштаб и сложность стремительно меняющихся технологий, ускорения срока внедрения инноваций и обеспечения кибербезопасности внутренней деятельности автопроизводителей.

Keysight признаёт, что автомобильная безопасность должна быть частью разработки продукта с самого начала и на всём протяжении цикла производства, а также в послепродажный период. Для решения дан-

ной задачи Keysight предлагает комплексное решение, включающее в себя:

- аппаратные средства, подключаемые к тестируемому устройству посредством всех соответствующих интерфейсов, например, Wi-Fi, сотовая связь, Bluetooth, USB, CAN и автомобильная ЛС;
- программное обеспечение, моделирующее атаки, отчёты по уязвимостям (и степени опасности) и предлагающее рекомендуемые корректировки;
- регрессивное тестирование, адаптированное под конкретное тестируемое устройство, упрощающее и ускоряющее проверку корректировок;
- управление тестированием на уровне предприятия, в том числе полная интеграция с широко используемыми корпоративными платформами головного изготовителя и предприятий-поставщиков.

Для обеспечения проактивной защиты Keysight также предлагает услугу подписки на постоянно дорабатываемую базу данных по угрозам безопасности. Данная подписка обеспечивает частые обновления данных по последним попыткам несанкционированного доступа, тактике уклонения и приме-

рам действующего вредоносного ПО. Данная услуга также включает в себя частые выпуски протоколов приложений, а также постоянные обновления и доработки ПО.

Программа автомобильной кибербезопасности Keysight позволяет производителям автомобилей и их поставщикам:

- внедрять и обеспечивать выполнение стандартов безопасности на корпоративном уровне;
- вводить на корпоративном уровне методику тестирования для сертификации и аудита поставщиков;
- добиваться воспроизводимости за счёт активного регрессивного тестирования и документирования рабочего процесса и результатов;
- выявлять потенциальные уязвимости, начиная от физического уровня и заканчивая прикладным, в том числе в беспроводных и проводных соединениях;
- быстро проверять и внедрять корректировки ПО;
- пережывать намерения злоумышленников, оценивая риски для безопасности перед возможными атаками.

*Пресс-служба Keysight Technologies*



Акционерное общество

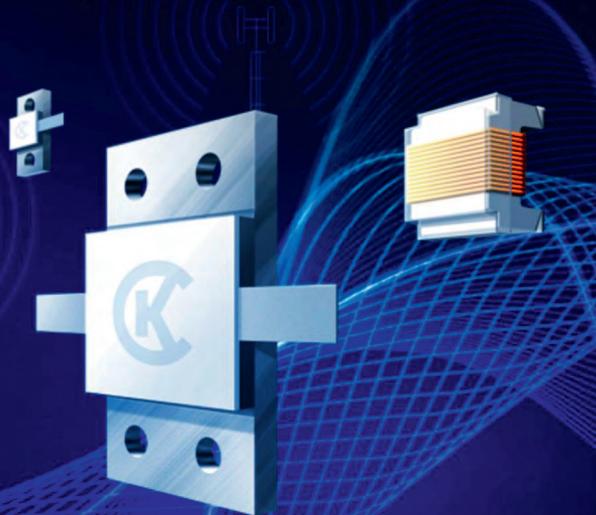
**ЭРКОН**

Научно-производственное объединение

Разработка и производство постоянных непроволочных резисторов, СВЧ резисторов, поглотителей и чип-индуктивностей.

- Современная производственная база
- Высокое качество
- Индивидуальный подход к потребителю

603104, г. Нижний Новгород, ул. Нартова, д.6.  
тел. (831)202-24-34 (многоканальный)  
(831)202-25-52 отдел продаж (многоканальный),  
www.erkon-nn.ru,  
e-mail: info@erkon-nn.com





# Интеграция Delta Design и ЛОЦМАН:PLM как составная часть сквозного цикла проектирования изделий приборостроения

Алексей Гимейн (gimein@eremex.ru)

Delta Design – это САПР электроники, основное назначение которой – проектирование печатных плат. На современных предприятиях САПР не существуют сами по себе, поскольку в большинстве своём выпускаются не только печатные платы, а полноценные изделия, состоящие из множества узлов и компонентов, как электронных, так и механических. В статье рассмотрены вопросы реализации сквозного цикла проектирования изделий приборостроения на базе системы ЛОЦМАН:PLM и САПР электроники Delta Design.

## Сквозной цикл проектирования изделий приборостроения

У каждого изделия существует свой жизненный цикл – от маркетинговых исследований и проектирования до утилизации и переработки продукции. На предприятии, производящем высокотехнологичную и наукоемкую продукцию, в процессе этого жизненного цикла с изделием взаимодействуют множество людей, которые тем или иным образом оказывают воздействие на изделие. Важно на всех стадиях жизненного цикла в процессе совместной работы обеспечивать единое представление информации об изделии. Необходимо поддерживать целостность этой информации, обеспечивая, таким образом, контролируемость процесса, снижение затрат на проектирование и производство. Поэтому системам управления данными о продукте на протяжении его жизненного цикла (PLM – Product Lifecycle Management) в последние годы уделяется пристальное внимание. PLM-системы востребованы, отечественные предприятия их активно внедряют.

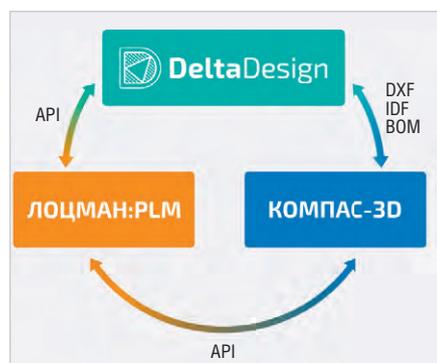


Рис. 1. Взаимодействие Delta Design с КОМПАС-3D и ЛОЦМАН:PLM

Созданный в 2015 году консорциум разработчиков инженерного программного обеспечения «Развитие» отвечает на этот запрос рынка. В консорциум вошли пять российских ИТ-компаний: АСКОН, НТЦ «АПМ», АДЕМ, ТЕСИС и ЭРЕМЕКС. Основная цель «Развития» – создание на базе существующих разработок участников консорциума единого российского «тяжёлого» PLM-решения на базе системы ЛОЦМАН:PLM (разработчик – АСКОН). PLM-комплекс подразумевает тесную интеграцию программных продуктов, разрабатываемых участниками консорциума.

В рамках этой интеграции САПР электроники Delta Design совместно с САПР машиностроения КОМПАС-3D и системой управления жизненным циклом изделия ЛОЦМАН:PLM обеспечивают сквозной цикл разработки изделий приборостроения – от создания базы радиоэлектронных компонентов (РЭК) и электрической схемы до выпуска полного комплекта производственной документации в соответствии с требованиями ГОСТ.

В процессе проектирования на различных его этапах осуществляется взаимодействие между PLM-системой и САПР, при этом в системе ЛОЦМАН осуществляется управление и сквозной контроль циклом проектирования, а также собирается вся информация о разрабатываемом изделии.

В рамках интеграции между PLM-системой и САПР (см. рис. 1) реализован двусторонний обмен данными, при этом интеграция ЛОЦМАН и Delta Design и ЛОЦМАН и КОМПАС:3D реализована на уровне программного интерфейса API, а обмен между Delta Design

и КОМПАС:3D пока осуществляется на уровне передачи файлов.

До недавнего времени обмен данными между системами был реализован в одном направлении (из Delta Design в ЛОЦМАН) и осуществлялся на уровне файлов – в PLM-систему передавался файл BOM (Bill Of Materials, ведомость материалов) в CSV-формате, из которого ЛОЦМАН получал информацию о компонентном составе проектируемой печатной платы.

Начиная с версии Delta Design 2.6 и ЛОЦМАН:PLM 18.1 реализован полноценный механизм взаимодействия между системами, работающий через интерфейс прикладного программирования API.

Это стало возможным благодаря комплексу программиста (SDK), входящему в Delta Design. На данный момент SDK – свободно распространяемый (redistributable) и бесплатный. Он включает в себя возможность написания и выполнения скриптов, а также набор программных интерфейсов, обеспечивающих доступ к функциям Delta Design и к базе данных из сторонних приложений.

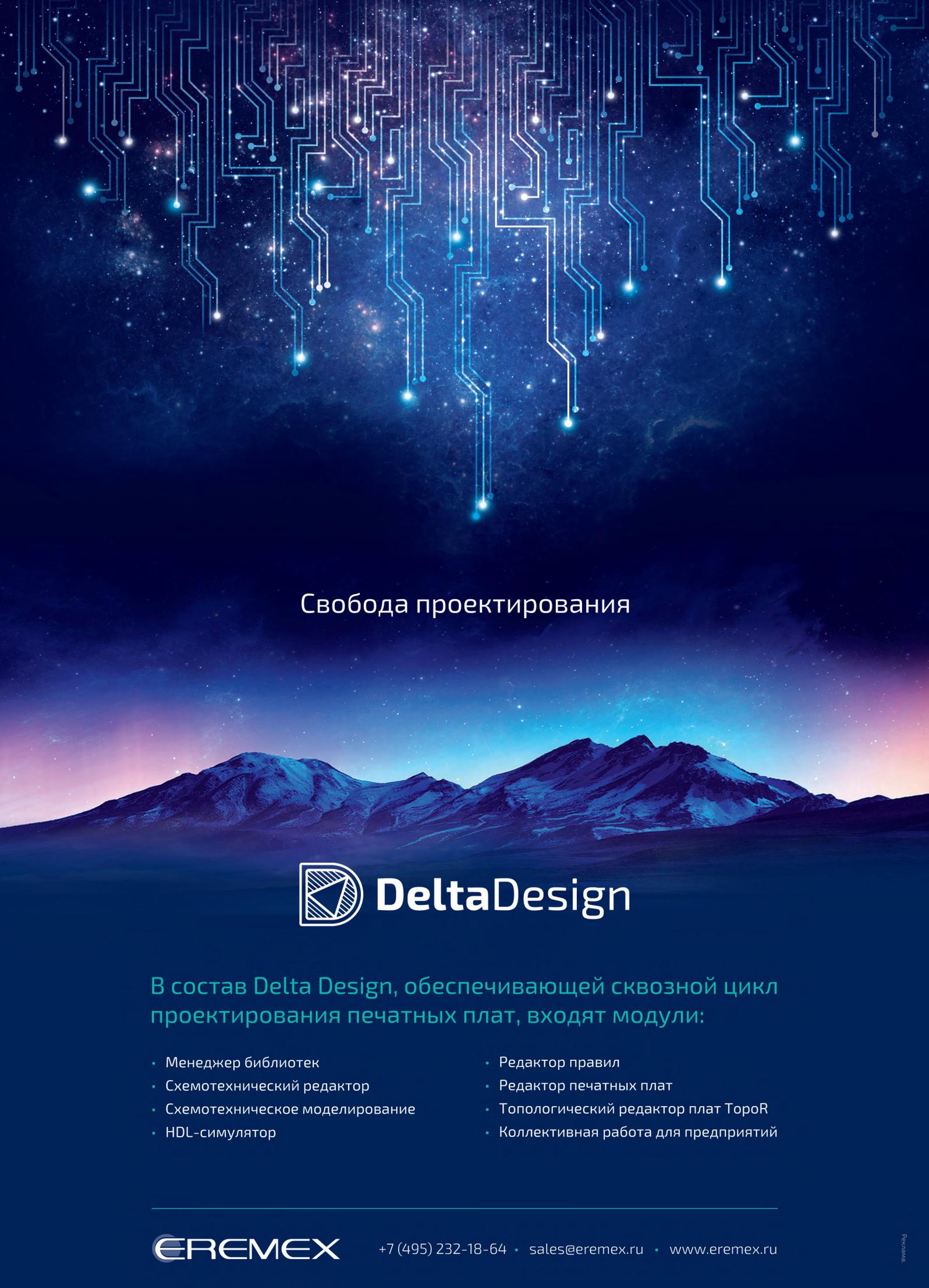
## Интеграционные возможности Delta Design

Интеграционный пакет, входящий в SDK, предоставляет сторонним приложениям две группы возможностей при взаимодействии с Delta Design.

*Первая группа возможностей* – это доступ к базе данных системы. При этом нет необходимости в установке на рабочей станции Delta Design, достаточно только доступа к серверу, например, Delta Design Workgroup. При использовании в масштабах предприятия это даёт значительную экономию на лицензиях.

Возможности первой группы включают в себя:

- создание нового проекта Delta Design;
- получение списка папок;
- получение списка проектов Delta Design в папке;
- возможность установить/получить атрибуты проекта;
- получение списка компонентов проекта и их атрибутов.



## Свобода проектирования



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

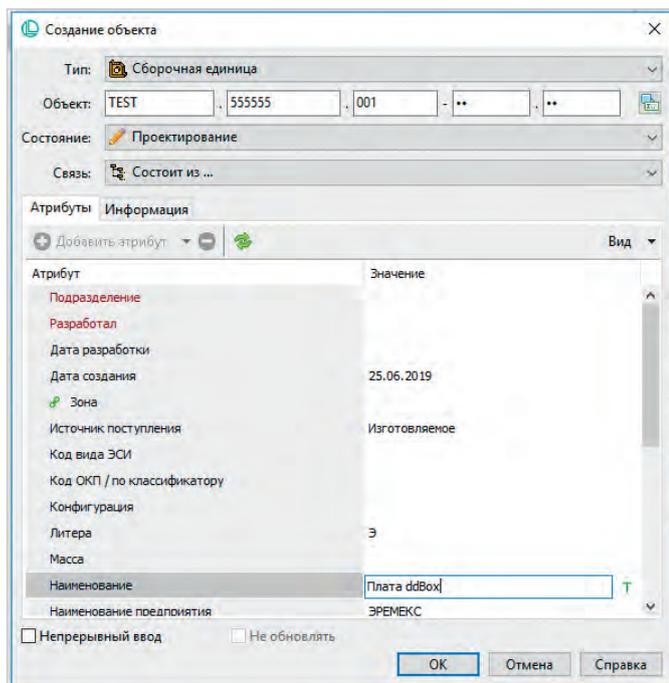


Рис. 2. Создание сборочной единицы

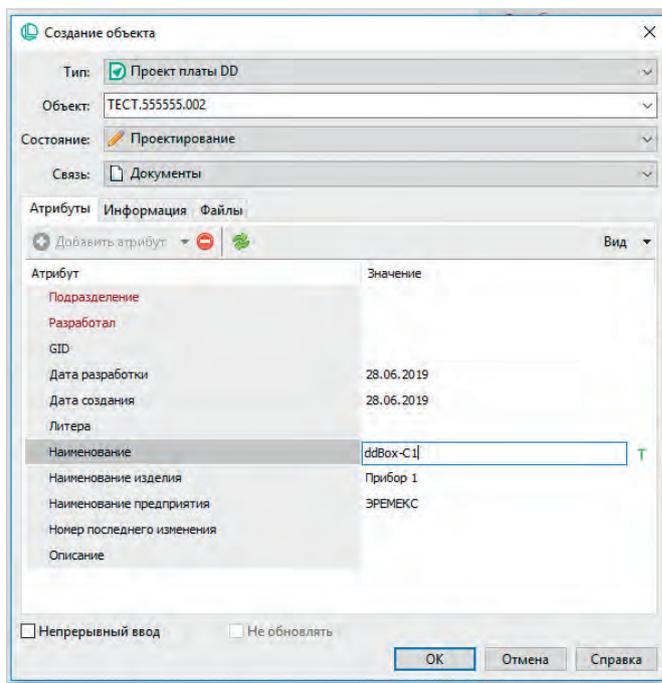


Рис. 3. Создание объекта «Проект платы DD» в ЛОЦМАН:PLM

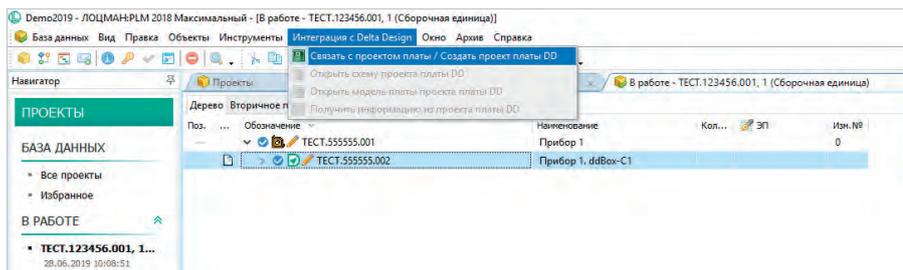


Рис. 4. Привязка объекта ЛОЦМАН:PLM к проекту Delta Design

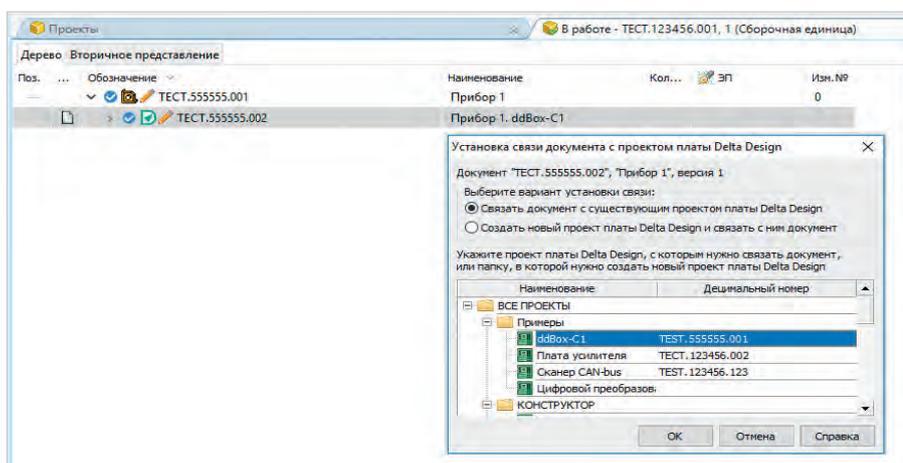


Рис. 5. Установка связи объекта ЛОЦМАН с существующим проектом платы Delta Design

Получение атрибутов проекта, а также списка компонентов и их атрибутов – это возможности аналитики и работы с учётными приложениями, системами управления закупками, ERP.

*Вторая группа возможностей* – это дистанционное управление Delta Design из сторонних приложений. В этом случае на рабочем месте должна быть установлена система Delta Design.

Эти возможности включают:

- открытие схемы проекта в Delta Design;
- открытие печатной платы в Delta Design;
- выполнение скрипта в Delta Design.

Управление Delta Design из сторонних приложений реализовано на базе COM-модели и платформы .NET и может выполняться из любого прило-

жения, поддерживающего данные технологии, например Microsoft Excel.

На базе этих интеграционных возможностей и был реализован механизм взаимодействия ЛОЦМАН:PLM и Delta Design.

### СОВМЕСТНАЯ РАБОТА НАД ИЗДЕЛИЕМ В DELTA DESIGN И ЛОЦМАН:PLM

Рассмотрим, как реализована совместная работа PLM-системы и САПР электроники в рамках сквозного цикла проектирования на базе интеграционных возможностей Delta Design.

Процесс проектирования начинается с определения в системе ЛОЦМАН структуры будущего изделия. Структура представляет собой дерево проекта, на которое в процессе работы наращиваются конкретные составляющие – сборочные единицы, файлы проекта, компонентная информация.

Руководитель проекта создаёт в ЛОЦМАН специальный объект – сборочную единицу (см. рис. 2), которая может состоять из одной или нескольких печатных плат, а также других узлов и деталей. При создании сборочной единицы в систему вносятся необходимые параметры будущего изделия, такие как десятичный номер, литера, и т.п., которые затем будут переданы в САПР электроники и машиностроительный САПР для дальнейшей работы над проектом. Централизованный ввод параметров изделия позволяет снизить количество ошибок, возникающих при «двойном вводе» и повысить

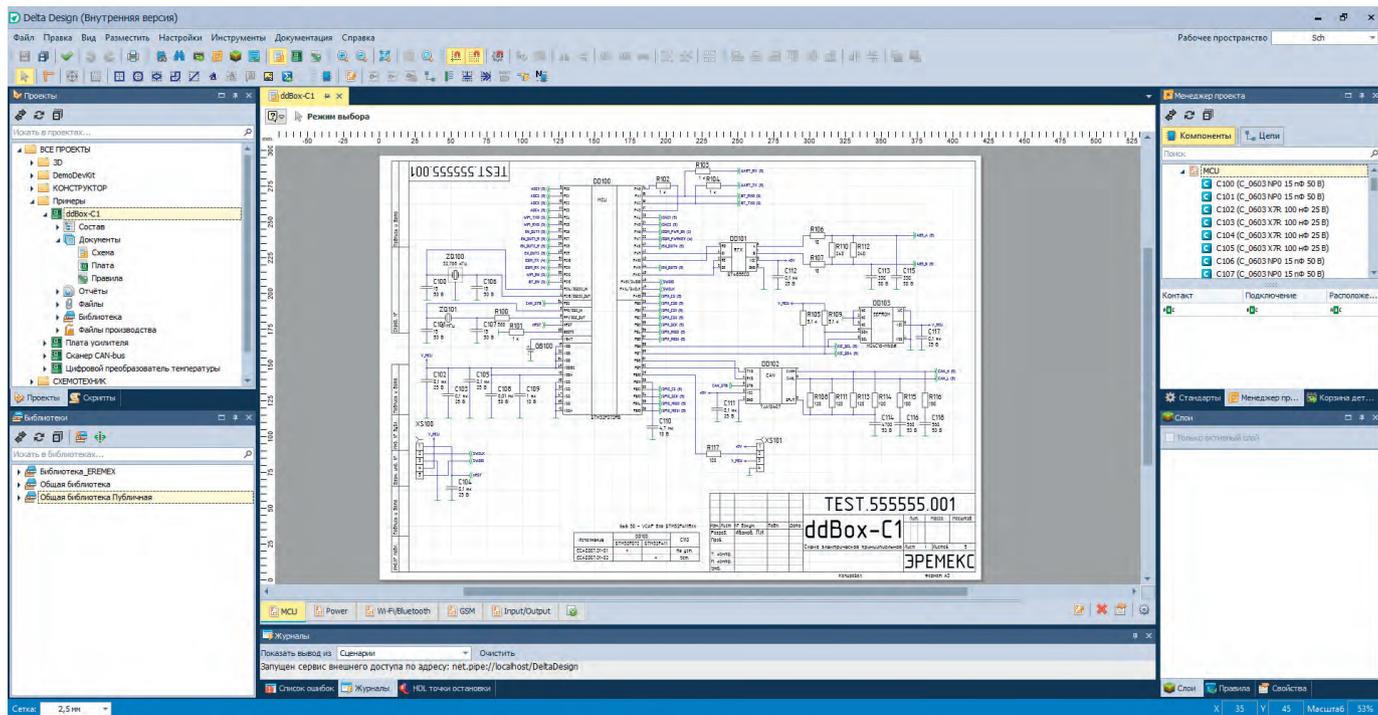


Рис. 6. Схема электрическая принципиальная в Delta Design

эффективность сквозного контроля на всех этапах цикла проектирования.

Далее к сборочной единице привязывается проект Delta Design, для чего у объекта «Сборочная единица» создаётся «дочерний» объект «Проект платы DD» (см. рис. 3), который затем связывается с проектом платы Delta Design.

В ЛОЦМАН существует два варианта дальнейшей работы: можно создать новый проект Delta Design, перейти в него и начать работу над платой или связать уже существующий проект Delta Design с объектом ЛОЦМАН (см. рис. 4).

Если объект ЛОЦМАН необходимо связать с существующим проектом платы Delta Design, то диалоговое окно позволяет выбрать проект из базы Delta Design (см. рис. 5), если же создаётся новый проект, то выбирается папка, в которой он будет создан.

Если изделие состоит из одной печатной платы, то проект Delta Design привязывается к «корневой» сборочной единице. Если же изделие включает в себя несколько плат, то внутри сборочной единицы создаются «дочерние» объекты – сборочные единицы, каждая из которых содержит печатную плату. В этом случае проекты Delta Design привязываются к «дочерним» сборочным единицам.

Далее руководитель проекта через систему управления проектом ЛОЦМАН создаёт задание исполнителю на проектирование электрической схемы или печатной платы.

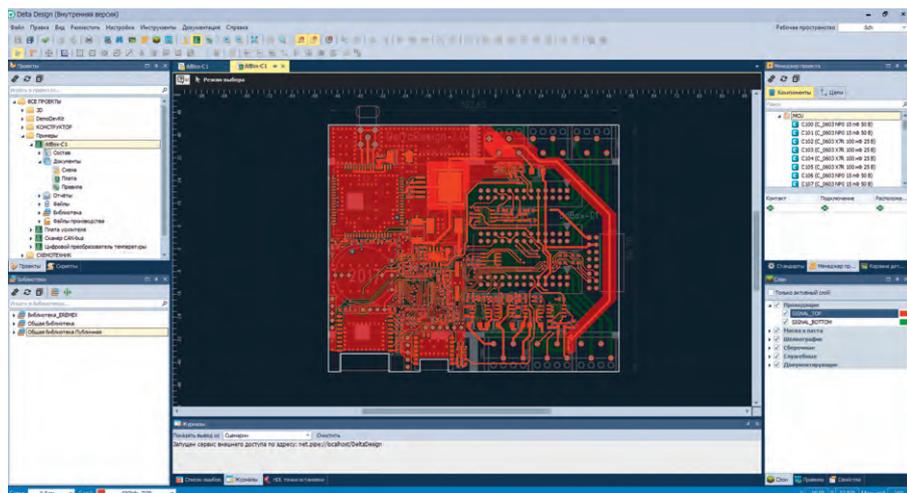


Рис. 7. Печатная плата в Delta Design

Проектировщик через интерфейс ЛОЦМАН:PLM открывает проект схемы в Delta Design и приступает к проектированию (см. рис. 6) на основе имеющейся в системе базы данных электро-радиоизделий (ЭРИ). В случае необходимости выполняется схемотехническое моделирование средствами входящего в Delta Design модуля SimOne.

После завершения работы над электрической схемой инженер-конструктор переходит к проектированию непосредственно печатной платы. Работа над платой начинается с определения её контура. Когда плата простая, прямоугольная, никаких проблем нет. Контур платы может быть создан непосредственно в Delta Design, для этого имеются все необходимые инструменты.

В случае сложных корпусов, отсеков оборудования требуется вписать контур платы в этот отсек. В такой ситуации необходимо использовать машиностроительную САПР. В рассматриваемом в данной статье комплексе программного обеспечения для этих целей используется САПР КОМПАС-3D. В КОМПАС-3D создаётся твердотельная деталь, определяющая контур платы, с отверстиями для крепления, вырезами и т.д, после чего контур платы в формате DXF или IDF передается в Delta Design. И уже на основе импортированного контура конструктор платы начинает размещать компоненты и производит трассировку.

По завершении работ над платой в Delta Design (см. рис. 7) в ЛОЦМАН

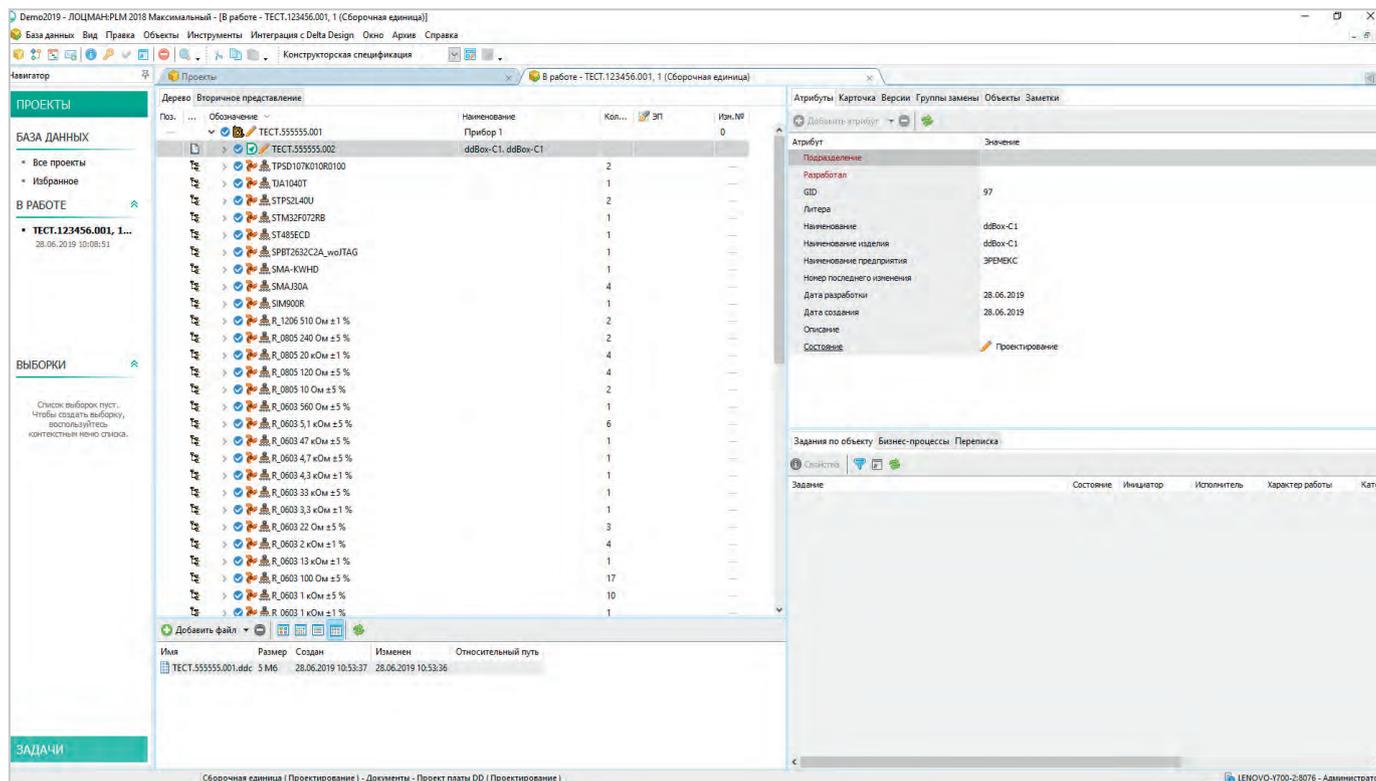


Рис. 8. Данные компонентного состава проекта Delta Design в ЛОЦМАН:PLM

загружается информация о проекте печатной платы – компонентный состав и файл проекта (см. рис. 8). На данном этапе в системе ЛОЦМАН содержится информация только о компонентах, размещённых на печатной плате.

### ДАЛЬНЕЙШАЯ РАБОТА НАД ИЗДЕЛИЕМ В КОМПАС-3D И РАСЧЁТНЫХ ПРИЛОЖЕНИЯХ

Поскольку изделие обычно содержит не только печатную плату, но и механические узлы и детали (креплёжные элементы, корпуса, внешние разъёмы), при проектировании используются машиностроительные САПР. Подробно процесс взаимодействия Delta Design и КОМПАС-3D в данной статье не рассматривается, это материал для отдельной публикации, здесь же кратко остановимся на основных моментах этого взаимодействия.

Для продолжения работы над изделием из Delta Design в КОМПАС-3D передаётся графическая информация о печатной плате и размещённых на ней компонентах при помощи файла IDF. Также в КОМПАС-3D передаётся атрибутивная информация – позиционное обозначение, мощность, раздел спецификации, где компонент должен быть размещен и т.д. Это осуществляется при помощи BOM-файла (CSV-формат). В КОМПАС-3D на основе полученной

информации строится трёхмерная модель изделия.

Далее, в КОМПАС-3D конструктор добавляет механические компоненты и получает при помощи стандартных средств КОМПАС-3D проекции изделия. Позиционные обозначения прощаются автоматически на основе полученной из Delta Design атрибутивной информации. Общая информация об изделии поступает из ЛОЦМАН. В результате в КОМПАС-3D формируется соответствующий требованиям ГОСТ сборочный чертёж.

После окончания проектирования конструкции изделия проводятся расчёты – прочностные, тепловые. Расчёты производятся в приложениях, разработанных участниками консорциума «РазВИТие» – APM FEM (НТЦ «АПМ») и KompasFlow (ТЕСИС), и интегрированных в сквозной цикл разработки изделия. Результаты расчётов сохраняются в единой базе данных ЛОЦМАН:PLM. По этим результатам, если они неудовлетворительные, может быть принято решение о доработке изделия.

Когда проектирование и расчёты завершены, в ЛОЦМАН аккумулируется вся информация о сборочной единице и формируется электронная структура изделия (ЭСИ). В ЭСИ размещаются объекты ЛОЦМАН, относящиеся к проекту, с набором файлов и атрибутами.

В дальнейшем эта информация используется для построения отчётов, также её можно передавать в другие системы, например ERP.

Завершая сквозной цикл проектирования, производится выпуск полного комплекта конструкторской документации – сборочных чертежей, чертежей деталей. Также в ЛОЦМАН автоматически формируются текстовые конструкторские документы – перечень элементов, спецификация и ведомость покупных изделий.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в рамках интеграции САПР электроники Delta Design с системой управления жизненным циклом изделия ЛОЦМАН:PLM и машиностроительной САПР КОМПАС-3D обеспечивается полный цикл проектирования продукции приборостроения – от определения структуры изделия до выпуска полного комплекта конструкторской документации в соответствии с требованиями ЕСКД и ГОСТ.

Интеграция ЛОЦМАН:PLM и Delta Design через интерфейс прикладного программирования и двусторонний обмен данными позволяют сделать процесс управления циклом проектирования прозрачным и контролируемым, снизить количество ошибок и уменьшить трудозатраты.



НОВОСТИ МИРА

**BUSINESS ELECTRONIC WITH ASIA 2019**

24–25 июня 2019 года в г. Санкт-Петербурге прошло 4-е заседание рабочей группы по радиоэлектронике подкомиссии по сотрудничеству в области промышленности Комиссии по подготовке регулярных встреч глав правительств России и Китая.

Российскую делегацию возглавил директор Департамента радиоэлектронной промышленности Российской Федерации Василий Викторович Шпак.

Китайскую делегацию возглавил заместитель директора Департамента информационных технологий Министерства промышленности и информации Китайской Народной Республики Жень Айгуан.

Были заслушаны доклады о достигнутых результатах развития национальной радиоэлектронной промышленности в каждой из стран за прошедший год, а также сообщено о ходе выполнения совместных проектов и договорённостей, заключённых в рамках первого, второго и третьего заседаний Рабочей группы.



Было выражено удовлетворение результатами сотрудничества между компаниями России и Китая и подтверждено намерение способствовать созданию благоприятных условий для дальнейшего сотрудничества посредством проведения двухсторонних консультаций.

Стороны представили своё видение долгосрочного развития радиоэлектронной промышленности. Департамент радиоэлектронной промышленности Министерства промышленности и торговли Российской Федерации и Департамент информационных технологий Министерства промышленности и информации Китайской Народной Республики выражают надежду на дальнейшее сотрудничество в области развития ключевых направлений радио-

электроники с учётом планов и интересов обеих сторон.

На заседании был заслушан доклад Генерального директора ЗАО «ЧипЭКСПО» Александра Гавриловича Биленко о проведении Российско-азиатского форума по электронике BUSINESS ELECTRONIC WITH ASIA 2019.

Стороны поддержали проведение форума и договорились о предоставлении соответствующей информации заинтересованным компаниям. Китайская сторона окажет

помощь в формировании китайской делегации на Российско-азиатском форуме по электронике BUSINESS ELECTRONIC WITH ASIA 2019 и 17-й международной выставке ChipEXPO 2019.

Российско-азиатский форум по электронике пройдёт 17 октября 2019 года в рамках деловой программы 17-й международной выставки ChipEXPO 2019 (Москва, ЦВК «Экспоцентр»).

*Пресс-служба ЗАО «ЧипЭКСПО»*

**НАДЁЖНОСТЬ  
БЕЗОПАСНОСТЬ  
РЕАЛЬНОЕ ВРЕМЯ**

**Программно-аппаратные комплексы с операционной системой реального времени**

**GNX PROSOFT® ADVANTIX**

**PROSOFT®** ОФИЦИАЛЬНЫЙ ПОСТАВЩИК  
(495) 234-0636 • INFO@PROSOFT.RU • WWW.PROSOFT.RU



# Новый функционал в САПР Delta Design версии 2.7

Сергей Попов (popov.sn@eremex.ru)

Одной из движущих сил развития любого программного продукта являются запросы пользователей, интересующихся системой или уже работающих с ней. Каждая новая версия Delta Design является, в том числе, и ответом на пожелания пользователей, работающих с системой или только планирующих это делать. В данной статье представлен обзор нового функционала Delta Design версии 2.7.

## РАЗМЕЩЕНИЕ КОМПОНЕНТОВ НА ПЛАТЕ

В Delta Design версии 2.7 для размещения компонентов на плате может быть использован любой из четырёх источников: панели «Корзина», «Менеджер проекта», «Поиск объектов» или окно схмотехнического редактора. Для выбора нужных компонентов используются привычные сценарии работы с файлами ОС Windows. Использование горячих клавиш *Ctrl* и *Shift* с одновременными кликами мыши позволяет выбрать нужную группу или группы компонен-

тов в рабочих панелях системы. Delta Design 2.7 также позволяет реализовать сценарий работы для тех конструкторов, которые долгое время проработали в системе P-CAD и привыкли к тому, что на плате все компоненты размещаются одновременно. Для этого в панели «Менеджер проекта» достаточно выбрать корневую папку «Неразмещённые» и вызвать команду контекстного меню «Разместить...» (см. рис. 1). Похожий сценарий можно реализовать и при работе в схмотехническом редакторе. На выбранном листе схемы с помощью сочетания горячих клавиш

Ctrl+A выделяются все компоненты, а затем вызывается команда контекстного меню «Разместить...».

Как уже упоминалось, в качестве источника выбора компонентов в новой версии Delta Design может быть использован документ «Схема». Зачастую инженер-схмотехник при проектировании схемы своего будущего устройства создаёт логически связанные группы компонентов, например формирующие опорное напряжение, фильтры ВЧ-помех и пр. Инженеру-конструктору при работе над проектом платы остаётся только выбрать нужную группу компонентов на схеме и перенести её на плату (см. рис. 2).

В Delta Design 2.7 реализованы два механизма размещения компонентов, которые одинаково работают со всеми источниками компонентов, описанными ранее, причём вне зависимости от того, какой документ проекта

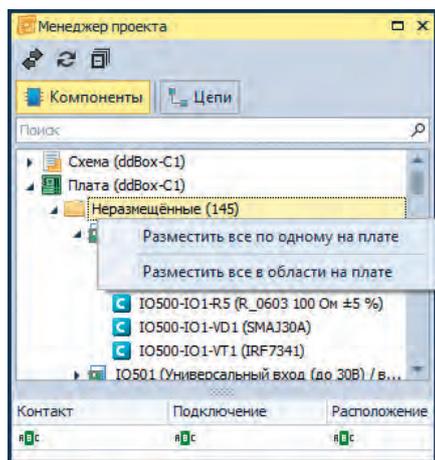


Рис. 1. Меню размещения компонентов

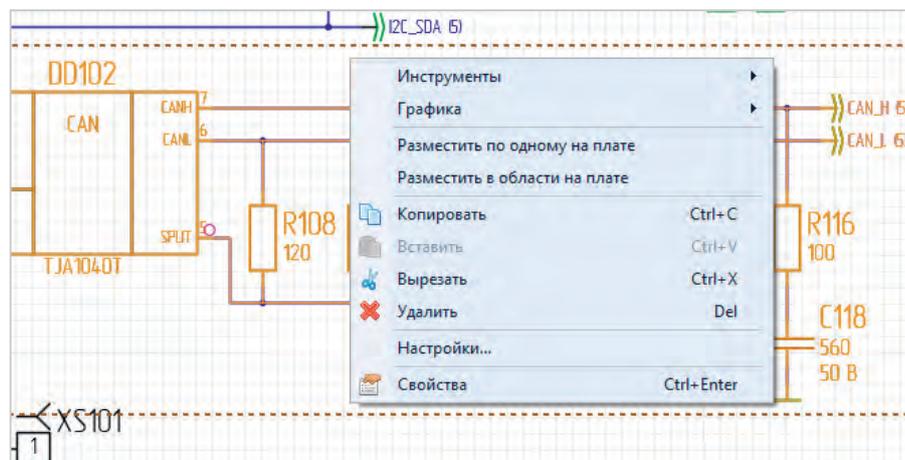


Рис. 2. Выбор нужных компонентов на схеме и вызов команды размещения на плате



Рис. 3. Размещение на плате группы компонентов, выбранной на схеме

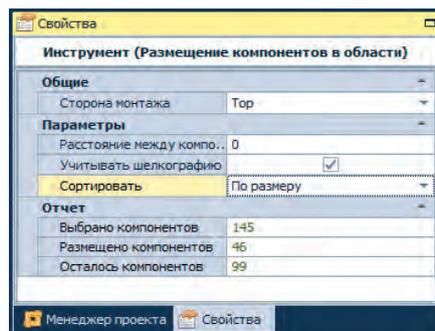


Рис. 4. Параметры размещения компонентов в области



Рис. 5. Результат размещения компонентов в области

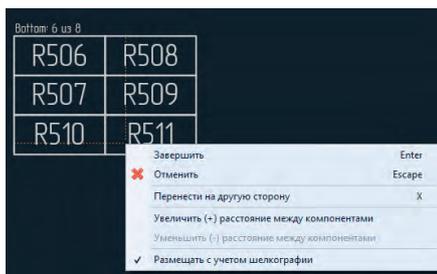


Рис. 6. Контекстное меню и горячие клавиши настроек размещения компонентов в области

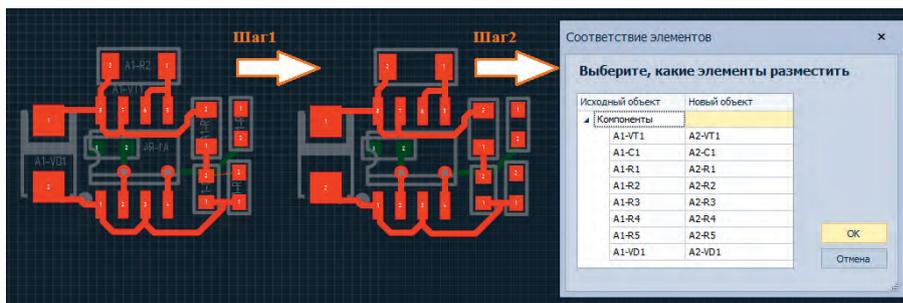


Рис. 8. Копирование группы компонентов

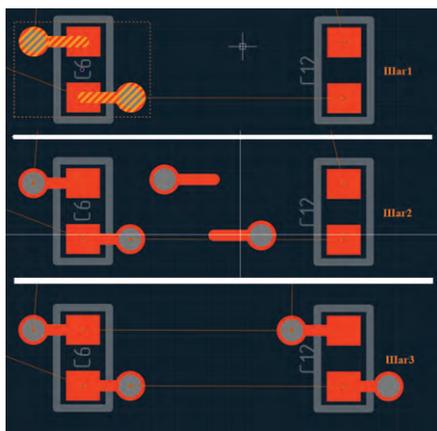


Рис. 7. Копирование фанатов, созданных для двухполюсника С6

или какая панель программы являются активными, в системе осуществляется переход на документ «Плата». Первый механизм реализует последовательное размещение выбранных компонентов друг за другом. При последовательном размещении под курсором сразу же отображаются и сами компоненты, и линии их соединения, что позволяет интерактивно располагать логически связанные друг с другом компоненты. Второй механизм предполагает задание прямоугольной области и быстрое размещение компонентов в ней. Его предназначение – быстро разместить на нужном слое всё то, что выбрал конструктор (см. рис. 3). При этом в левом верхнем углу формируется отчёт о слое, на котором происходит размещение, и о количестве выбранных/размещённых компонентов.

В отличие от последовательного размещения, в режиме размещения в заданной области не отображается реальная графика компонентов, а рисуются их вспомогательные контуры (см. рис. 3). Контур строится таким образом, чтобы охватить границу корпуса компонента, его контактные площадки, а также графику на слое «Шелкография». Размер вспомогательного контура (а по факту –

расстояние между компонентами) может быть увеличен или уменьшен с помощью параметров «Расстояние между компонентами», «Учитывать шелкографию» (см. рис. 4). На рисунке 5 показан результат размещения 12 компонентов с настройками «Учитывать шелкографию: Да», «Расстояние между компонентами: 0 мм».

Настройка параметров инструмента возможна с помощью контекстного меню, панели «Свойства» (см. рис. 4) и посредством сочетания горячих клавиш. Так, с помощью горячих клавиш X, «+» и «-» можно изменять сторону размещения компонентов, а также расстояние между ними (см. рис. 6).

### КОПИРОВАНИЕ ОБЪЕКТОВ НА ПЛАТЕ

Delta Design версии 2.7 предоставляет пользователям возможность копирования объектов, созданных на слоях платы. Данный функционал отличается от средств копирования схемотехнического редактора и имеет логические ограничения, связанные со свойствами слоя, на котором располагается объект копирования. Например, такие графические объекты, как прямоугольник, окружность, эллипс, полилиния, многоугольник и текст, которые возможно создать на всех непроводящих слоях системы, могут как быть размножены в пределах того же слоя, так и скопированы на любой другой непроводящий слой платы. Если же для копирования выбраны треки или их сегменты, переходные/монтажные отверстия, области металлизации, регионы – объекты, которые участвуют в формировании проводящих элементов цепей, – то их копирование будет возможно только на «проводящих» слоях или между ними. Если при размещении скопированного объекта одной цепи происходит его наложение на какой-либо объект другой цепи, то «родительская» цепь заменя-

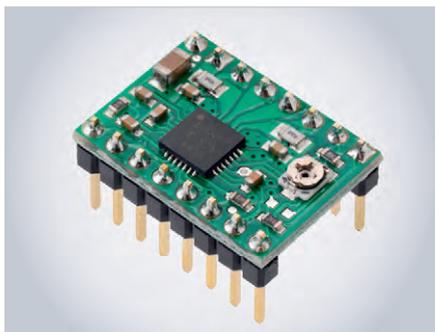
ется новой. Такой подход позволяет быстро множить геометрически одинаковые участки без выполнения рутинных повторяющихся операций трассировки. Например, могут быть скопированы фанатуы, созданные для двухполюсника (см. рис. 7). Кроме элементов печатного монтажа, на плате могут быть скопированы и компоненты. Здесь обязательным условием является наличие в схеме такого же элемента. Для копирования выбранного компонента необходимо осуществить следующие два шага:

1. Найти точно такой же компонент (компоненты) среди всех неразмещённых.
2. Предложить пользователю назначить/подтвердить соответствие «исходный компонент – новый компонент» (см. рис. 8).

Новый функционал позволяет полностью копировать однотипные блоки (усилительные каскады, фильтры, развязывающие узлы и пр.). Для этого инженеру-конструктору достаточно один раз расположить компоненты одного канала, сделать его трассировку, а затем скопировать его и разместить в свободном пространстве на плате. Завершающим шагом копирования будет проверка и подтверждение варианта соответствия, предложенного системой (см. рис. 8).

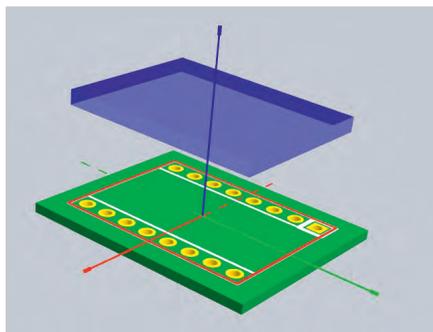
### УЧЁТ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПОЛОЖЕНИЯ КОРПУСОВ КОМПОНЕНТОВ НА ПЛАТЕ

Многие современные САПР печатных плат позволяют сформировать 3D-представление платы и установленных на ней компонентов. В связи с этим в нескольких предыдущих версиях Delta Design проводились улучшения и доработки системы, направленные на то, чтобы пользователь мог задавать параметры высот устанавливаемых на плате компонентов, осуществлять контроль их расположения в пространстве, а также видеть



**Рис. 9.** Пример платы-мезонина – драйвер шагового двигателя

3D-представление платы. В новой версии были добавлены возможности по созданию сложной границы корпуса компонента. Теперь граница может состоять из комбинации отдельных геометрических фигур: прямоугольник, окружность и многоугольник, для каждой из которых могут быть заданы два параметра: «Высота» и «Расстояние снизу». При этом в редакторе печатных плат при размещении компонентов на плате осуществляется 3D DRC-проверка правильности расположения. Если решать задачу по созданию представления платы-мезонина (см. рис. 9) новыми средствами, то её следует разбить на шаги по созданию нескольких границ и определению значений их параметров (см. рис. 10–12). Начнём с простого – смоделируем верхнюю площадку компонента. Очевидно, что она проецируется на плату в виде прямоугольника, который мы и разместим на слое PLACEMENT\_OUTLINE\_TOP, как это изображено на рисунке 11. Здесь же показана настройка высоты площадки: в данном случае она составляет 11,5 мм, а расстояние от поверхности платы – 10 мм. Пространственное изображение получившейся площадки



**Рис. 10.** 3D-представление верхней площадки корпуса

показано на рисунке 10. Чтобы добиться большей реалистичности изображения, необходимо добавить выводы штыревых разъёмов. Для этого на слое PLACEMENT\_OUTLINE\_TOP добавляем к контуру компонента несколько окружностей, представляющих собой проекции этих выводов. Очевидно, что геометрически эти окружности должны совпадать с отверстиями контактных площадок компонента. В этом случае снова удобно воспользоваться процедурой копирования. Разместив одну окружность, можно скопировать её и вставить необходимое количество раз (см. рис. 12). На этом же рисунке показана настройка пространственного размера выводов. Выделяя все выводы корпуса, назначаем им необходимую высоту и расстояние от поверхности платы. В данном случае высота выбрана равной 10 мм (чтобы верхний торец примыкал к верхней крышке корпуса), а расстояние снизу – 0 мм (чтобы нижний торец касался поверхности платы). Результат показан на рисунке 13. Точно таким же образом можно добавлять к корпусу дополнительные элементы. Например, можно смоделировать пластмассовые ограничители в верхней части выводов,

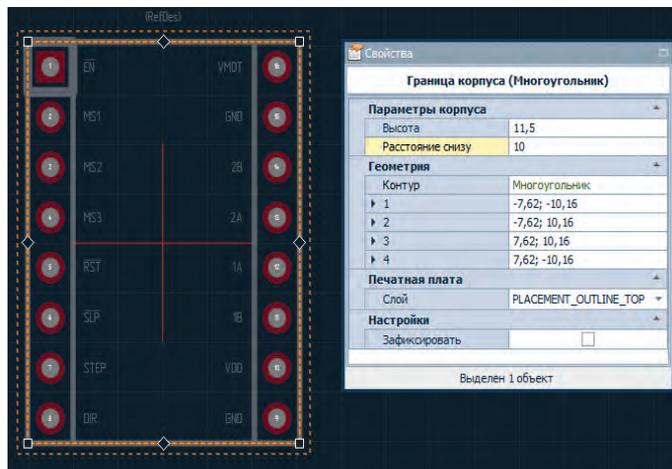
добавив 2 прямоугольника, покрывающих контактные площадки и настроив их высоту (см. рис. 13). Аналогичным способом можно реализовать и представление ответной части, в которую будет устанавливаться плата мезонина и которая также будет занимать пространство (см. рис. 14).

Для экономии пространства на основной плате под платой мезонина могут устанавливаться более низкие компоненты. Редактор печатных плат в онлайн-режиме осуществляет контроль за установкой всех габаритных компонентов (см. рис. 15). Компоновка объектов на плате происходит по всем трём осям: X, Y, Z.

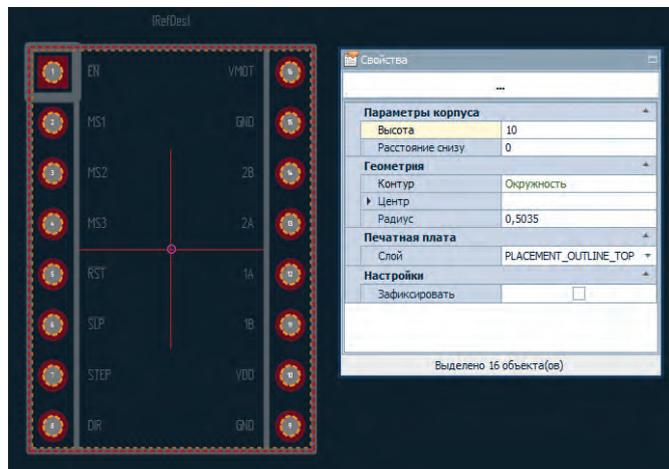
### Поиск и замена компонентов в проекте

На крупных предприятиях номенклатура используемых компонентов может исчисляться тысячами. Компоненты, в свою очередь, могут содержать десятки и сотни тысяч технологических реализаций – различных радиодеталей. Для быстрого поиска и отбора нужных компонентов в Delta Design с самых ранних версий была разработана панель поиска компонентов [1], которая предоставляет различный инструментарий в области фильтрации, группировки и предварительного просмотра компонентов среди всех библиотек, созданных в системе. В Delta Design 2.7 добавлена панель «Поиск объектов» (см. рис. 16), которая работает с документами проекта (схемой и платой). Идеология преемственности пользовательского интерфейса позволяет без особых усилий работать и с новой панелью.

Новую панель поиска условно можно назвать табличным представлением



**Рис. 11.** Настройка границ верхней площадки компонента



**Рис. 12.** Настройка высоты выводов штыревых разъёмов

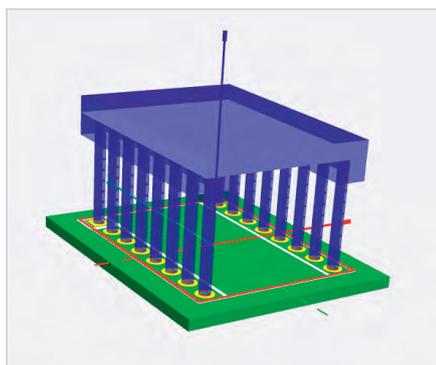


Рис. 13. 3D-представление сложного корпуса компонента

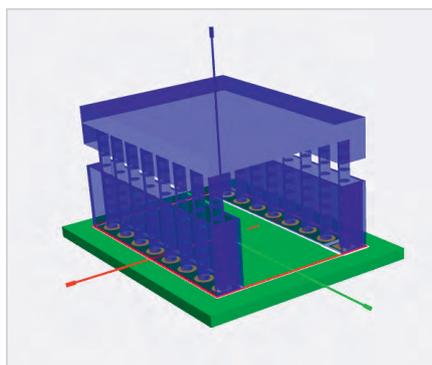


Рис. 14. 3D-представление платы-мезонина с учётом габаритов «кратки» для установки

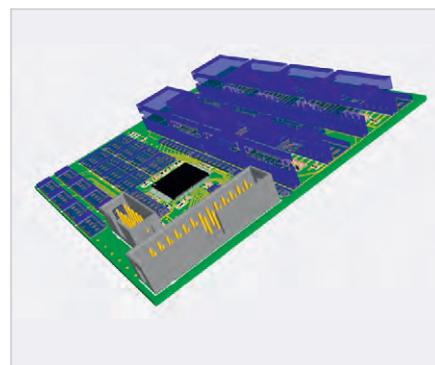


Рис. 15. 3D-представление основной платы с установленными на ней мезонинами

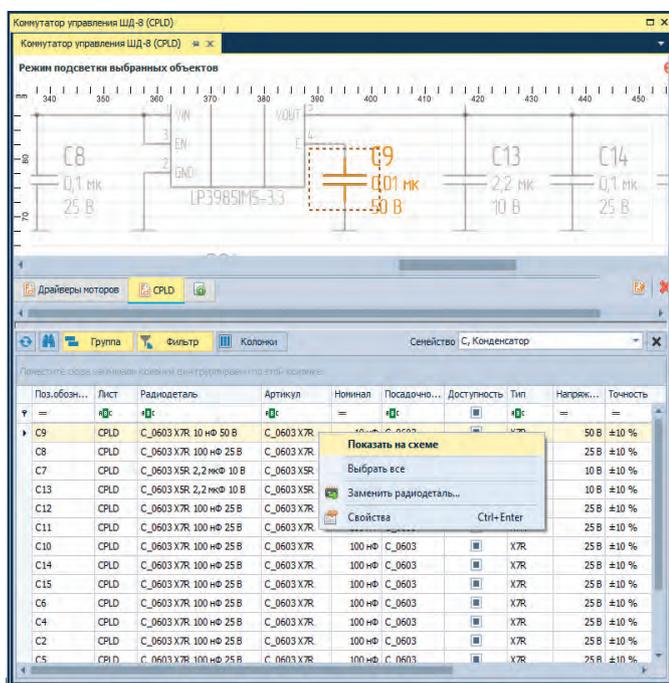


Рис. 16. Переход из панели «Поиск объектов» на схему

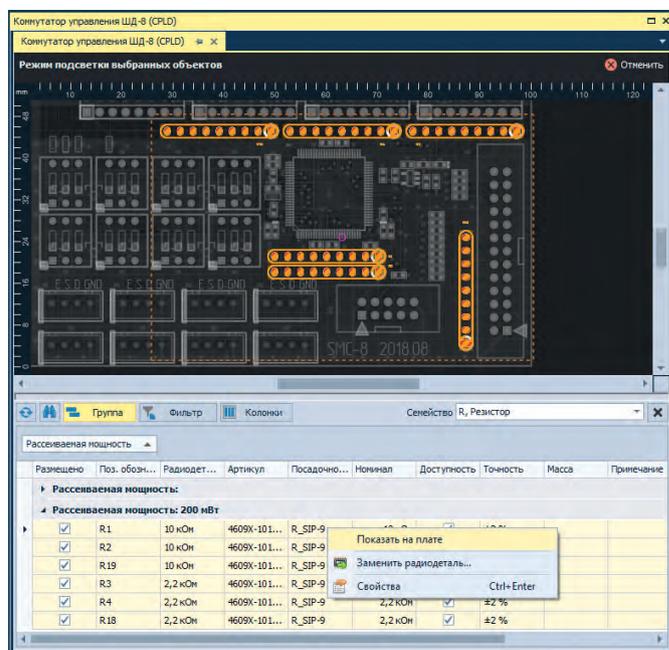


Рис. 17. Переход из панели «Поиск объектов» на плату. Подсветка и приближение всех резисторных сборок с рассеиваемой мощностью 200 мВт

ем проекта. В ней построчно перечислены все компоненты проекта и для каждого из них выводится вся атрибутивная информация, которая до этого была введена на этапе создания библиотечного представления. Какие именно атрибуты будут отображаться, зависит от двух факторов. Первый – это выбранное семейство. Если семейство компонента не задано (т.е. выбран вариант «Все семейства»), то будут выводиться атрибуты, общие для всех семейств. При выборе фильтрации по определённому семейству, например «С, Конденсаторы», к общим добавятся ещё и атрибуты, специфичные для данного семейства, такие как рабочее напряжение и точность (см. рис. 16). Второй определяющий момент – это документ проекта, который является активным и открыт для работы. Например, колонка «Лист» (см. рис. 16) будет отображаться только для

документа «Схема», а колонка «Размещено» (см. рис. 17) – только для документа «Плата».

Для перехода из панели поиска к компонентам на схеме и на плате достаточно выбрать нужную строку и вызвать команду контекстного меню «Показать на схеме» или «Показать на плате» (см. рис. 16, 17). Панель поиска объектов позволяет, например, реализовать поиск нужных компонентов (радиодеталей) и замену их новыми. Допустим, проектировщику схемы необходимо найти все развязывающие конденсаторы ёмкостью 100 нФ и заменить их на конденсаторы ёмкостью 10 нФ. Длинный путь – вручную найти нужные компоненты на схеме и в их свойствах выбрать другие радиодетали с нужным номиналом. Более быстрым и удобным способом будет использование панели поиска. Для предварительной фильтрации из

списка «Семейства» нужно выбрать «С, Конденсатор», после чего отфильтровать только конденсаторы с нужным номиналом (можно сделать группировку по двум столбцам: «Номинал» и «Радиодеталь»). Далее нужно вызвать из контекстного меню команду «Заменить радиодеталь» (см. рис. 18). Для замены будет открыта новая панель со списком доступных радиодеталей. Применяя фильтры, конструктор сможет определить необходимый заменяющий список и завершить процедуру.

Простые механизмы группировки и поиска уже были реализованы в панели «Менеджер проекта» в Delta Design предыдущей версии. Так, например, в разделе «Плата» менеджера проекта компоненты проекта помещаются в папки «Неразмещённые», «Размещённые», «Посадочные места». Однако увидеть дополнительные свойства компонентов и их радиодеталей в

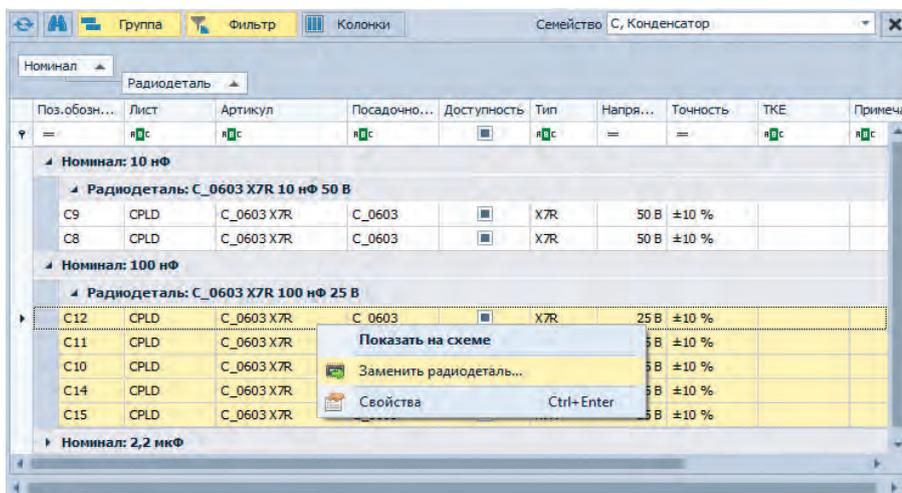


Рис. 18. Панель «Поиск компонентов». Групповой поиск и замена конденсаторов номиналом 100 нФ на конденсаторы номиналом 10 нФ

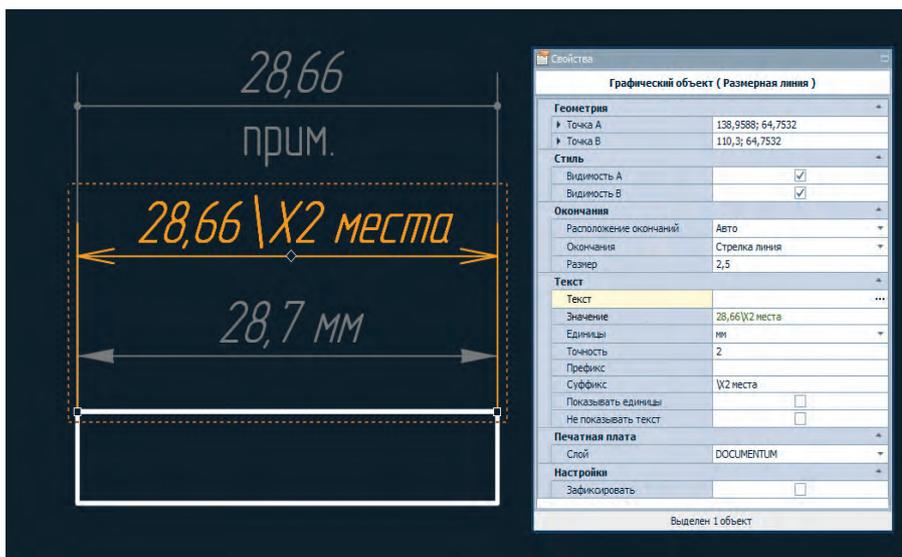


Рис. 20. Три варианта представления горизонтальной размерной линии

менеджере проекта нельзя – для этого нужно использовать панель «Свойства». Новая панель поиска дополняет базовые механизмы и расширяет их. Как уже упоминалось, в панели поиска также выводится колонка «Размещено», по которой может быть осуществлена группировка размещённых и неразмещённых компонентов на плате. Для всех неразмещённых компонентов из панели поиска могут быть вызваны новые механизмы последовательного и группового размещения, описанные ранее. Гибкость настроек панели поиска позволяет составлять сложные запросы и осуществлять поиск и отображение нужных компонентов на схеме или на плате.

**Оформление документации**

После завершения проектирования печатной платы наступает этап выпуска документации на разрабатываемое

устройство. Зачастую средств одной системы для подготовки всей необходимой документации недостаточно, и инженеры-конструкторы печатных плат передают свои данные в машиностроительную САПР, например КОМПАС-3D или AutoCAD. Для передачи данных между двумя системами используется специализированный формат данных – IDF (Intermediate Data Format). Кроме того, при этом также происходит передача данных о компонентах и их атрибутивной информации в табличном виде – в так называемом BOM-файле (Bill Of Materials)

Начиная с самых ранних версий системы Delta Design, пользователь мог подготовить и передать все необходимые данные в машиностроительную САПР и реализовать привычный всем маршрут проектирования. Однако необходимость покупки и освое-



Рис. 19. Панель «Размерные линии»

ния двух различных систем создаёт большие неудобства, и пользователи всегда хотели иметь возможность оформлять всю необходимую документацию без перехода в машиностроительную систему проектирования. В Delta Design происходит постоянная доработка существующего и добавление нового функционала, который бы позволил конструктору оформить документацию без перехода в стороннюю систему. В версии 2.7 были улучшены уже реализованные ранее инструменты, а также добавлены три новых: «Разместить диагональную размерную линию», «Разместить радиальную размерную линию», «Разместить линейку» (см. рис. 19). Инструмент «Разместить линейку» предназначен для нанесения координатной сетки в произвольной прямоугольной области.

В новой версии продукта пользователь может сам выбирать графическое представление окончаний, а также управлять параметрами настройки «Текст». В качестве иллюстрации гибкости настроек на рисунке 20 показаны три варианта размерной линии:

1. Точность – 2, окончания – «точка», текст – «прим.».
2. Точность – 2, окончания – «стрелка линия», суффикс – «\X2 места».
3. Точность – 1, суффикс – «мм», окончания – «стрелка».

**Заключение**

Каждый разработчик САПР печатных плат старается учитывать запросы своих пользователей и реагировать на них. САПР Delta Design в этом плане не является исключением. Каждый новый релиз версии – это и отражение современных тенденций в мире САПР, и добавление новых возможностей, и усовершенствование существующих инструментов в соответствии с запросами пользователей.

**Литература**

1. Шаманов Г. Удобство ведения базы радиоэлектронных компонентов в САПР Delta Design. Часть 1. Современная электроника. 2016. № 5.





ЗАО «НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ФИРМА «ДОЛОМАНТ»

ОТВЕТСТВЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА  
ДЛЯ ЖЕСТКИХ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

2019

100% РОССИЙСКАЯ КОМПАНИЯ



### ЗАКАЗНЫЕ РАЗРАБОТКИ

**Разработка электронного оборудования по ТЗ заказчика в кратчайшие сроки**

- Модификация КД существующего изделия
- Разработка спецвычислителя на базе СОМ-модуля
- Конфигурирование модульного корпусированного изделия
- Сборка магистрально-модульной системы по спецификации заказчика
- Разработка изделия с нуля



### КОНТРАКТНОЕ ПРОИЗВОДСТВО

**Контрактная сборка электроники уровней: модуль / узел / блок / шкаф / комплекс**

- ОКР, технологические консультации и согласования
- Макеты, установочные партии, постановка в серию
- Полное комплектование производства импортными и отечественными компонентами и материалами
- Поддержание складов, своевременное анонсирование снятия с производства, подбор аналогов
- Серийное плановое производство
- Тестирование и испытания по методикам и ТУ
- Гарантийный и постгарантийный сервис

НОВОСТИ МИРА

**Пять мифов  
об использовании Интернета  
вещей на производстве**

Цифровая трансформация коснулась любого бизнеса, особенно заметны преобразования на производстве. Рабочие больше не жалуются на разрозненность данных, ведь информация доступна с любого устройства в любое время.

В этой производственной трансформации IoT играет значительную роль. Согласно исследованию CSG, 94% компаний, внедривших технологии Интернета вещей, уже увидели возврат инвестиций.

Мифы, которые распространяются в бизнес-сообществе от незнания, заставляют компании опасаться внедрения Интернета вещей на производстве. Далее развенчивается пятерка самых популярных заблуждений.

*Миф первый: Интернет вещей не подойдёт малому и среднему бизнесу.*

*Факт: IoT подходит для организаций любого размера.*

Руководители многих предприятий ошибочно считают, что Интернет вещей – это удел корпораций. Разработки последнего времени и совершенствование технологий сделали Ин-

тернет вещей доступным для многих отраслей простым и экономически эффективным инструментом. Программное обеспечение с открытым исходным кодом позволяет малым и средним предприятиям использовать IoT на производстве, не создавая комплексную инфраструктуру или выделенные группы ИТ и инженеров.

*Миф второй: Интернет вещей небезопасен для ИТ.*

*Факт: в Интернете вещей существуют проблемы с безопасностью, но активная стратегия в сфере информационной безопасности значительно снижает риски.*

Одна из основных проблем производителей IoT-решений – это соблюдение безопасности. Подключённые устройства обмениваются данными через облако, что создаёт проблемы безопасности для производителей. По мере повышения осведомлённости о стандартизации и безопасности технологии Интернета вещей, вероятно, станут такими же безопасными, как и другая ИТ-инфраструктура. При подключении устройств к интернету всегда существует некоторый риск, поэтому активная стратегия безопасности помогает минимизировать вероятность угроз.

*Миф третий: без технологий Интернета вещей можно обойтись.*

*Факт: IoT помогает получить детальное представление о бизнесе, повысить производительность и обеспечить лучшую операционную эффективность.*

Руководители предприятий до сих пор считают, что IoT не является необходимым для успешного бизнеса. Многие из них уверены в невозможности использовать объём информации, производимый системами IoT. Около 60% прогнозируемого объёма IoT-индустрии в 2025 году (\$11,1 трлн) будет зависеть от интеграции данных и их анализа, полагают аналитики McKinsey.

По мере роста бизнеса любые неиспользованные данные в один момент могут стать ценными. IoT генерирует информацию и даёт представление о цепочке поставок, создании новых источников дохода и оптимизации жизненного цикла оборудования.

*Миф четвёртый: Интернет вещей – это история только о подключении устройств с датчиками.*

*Факт: IoT позволяет всесторонне понять бизнес-процессы для принятия лучших решений.*



**Komponenta®**

Официальный дистрибутор Bolymin



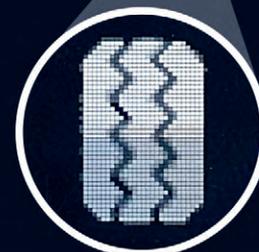
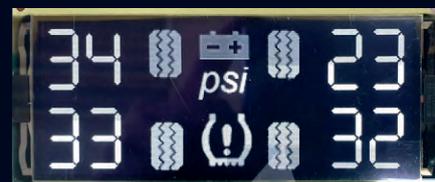
**Bolymin выпустил новую модель графического дисплея PMOLED размером 3.83" высокого разрешения**

**BL320132A 3.83" 320x132**

со встроенным контроллером SSD1320Z\*2 и SPI интерфейсом.

- Габариты: 145,52x41,672мм.
- Активная область: 89,90x37,072мм.

Для применений в измерительных устройствах, POS-терминалах, портативных приборах, автомобильных приложениях, медицинском оборудовании и т. д.



На правах рекламы

☎ 8 495 150 2 150

🌐 [www.komponenta.ru](http://www.komponenta.ru)

✉ [info@komponenta.ru](mailto:info@komponenta.ru)

## НОВОСТИ МИРА

IoT подразумевает связь устройств и машин с датчиками. Также Интернет вещей включает в себя сети, облака, шлюзы, API и другие технологии. Подключение – это только основа IoT. Главным элементом Интернета вещей становится генерация данных в реальном времени и своевременная интерпретация, принятие соответствующих решений. К примеру, устройства подключены для получения результатов в бизнес-аналитике – производители прогнозируют результаты, предотвращают сбои и т.д.

*Миф пятый: технологии Интернета вещей дороги.*

*Факт: затраты на внедрение IoT снижаются.*

Технологии Интернета вещей на самом деле не такие дорогие, как принято считать. Для инвестиций в IoT требуются финансовые средства, поэтому организации в первую очередь смотрят на часть затрат, забывая о выгоде от IoT. После внедрения технологий Интернета вещей генерируются новые идеи, бизнес-модели, планы по снижению затрат, повышению производительности и эффективности труда. Результатом становится сокращение расходов и рост прибыли.

С ростом конкуренции современным предприятиям важно сокращать расходы на про-

изводство при одновременном увеличении производительности. Автоматизация и бизнес-аналитика в режиме реального времени становятся тенденциями в IoT. Благодаря технологиям Интернета вещей потенциал заводов увеличивается в разы, поэтому печально, что мифы об IoT останавливают предприятия от цифровых преобразований.

*Новости Интернета вещей*

### БОЛЕЕ ТЫСЯЧИ РОССИЙСКИХ ДОМОВ СТАЛИ «УМНЫМИ» БЛАГОДАРЯ ОБОРУДОВАНИЮ «РОСЭЛЕКТРОНИКИ»

«Росэлектроника» совместно с рязанским «Инженерно-производственным объединением» (ИПРО) реализовали более 1000 комплектов оборудования для системы «Умный дом».

Комплект GSM-сигнализации «ИПРО-6» представляет собой систему для контроля за различными аварийными ситуациями в доме или квартире с мобильного телефона с функцией оповещения по SMS. Оборудование в автоматическом режиме контролирует как проводные, так и беспроводные датчики: дыма, утечки газа, температуры, протечки во-

ды, а также датчики вторжения и открытия. При срабатывании датчиков система автоматически включает различные устройства, например сирену, свет, вентилятор, насос или электрокран для перекрытия воды. Всего аппаратура имеет 4 проводных и 6 беспроводных входов для подключения различных датчиков и дополнительный приёмо-передатчик с расширенным функционалом, благодаря которому появилась возможность включить в систему радиорозетки или любые другие приборы, оснащённые радиоприёмником, и управлять ими через мобильное приложение.

Также «ИПРО-6» имеет встроенный модуль Wi-Fi, который позволяет работать не только по GSM-каналу, но и по Wi-Fi. Розничная цена данных продуктов в зависимости от комплектации составляет от 7 до 9,8 тыс. рублей. Аппаратура поступила в магазины в марте этого года. За время продаж через розничную сеть также было реализовано более 4 тыс. приборов и датчиков для системы «Умный дом».

Производство оборудования ведётся на базе АО «Рязанский радиозавод» (входит в концерн «Созвездие» холдинга «Росэлектроника»).

*Пресс-служба холдинга «Росэлектроника»*

# XLight

## Серия светодиодных кластеров XLD-LINE с питанием 12 или 24 В

### Преимущества

- Простота подключения благодаря специальным разъемам
- Деление на отрезки
- Коммутация кластеров в линию произвольной длины
- Высокий световой поток
- Широкий диапазон рабочих температур  $-40...+70^{\circ}\text{C}$
- Безопасное низковольтное оборудование
- Срок службы не менее 50 000 часов



(495) 232-1652

info@xlight.ru

www.xlight.ru



Реклама

# ExpoElectronica и ElectronTechExpo 2019: уверенный рост и успех новых мероприятий деловой программы

15–17 апреля 2019 года в МВЦ «Крокус Экспо» (Москва) прошли международные специализированные выставки ExpoElectronica и ElectronTechExpo, собрав на своей площадке 457 компаний-участниц и тем самым достигнув исторического максимума по количеству участников.

С 15 по 17 апреля в Москве, в МВЦ «Крокус Экспо» с большим успехом прошли 22-я Международная выставка электронных компонентов, модулей и комплектующих ExpoElectronica и 17-я Международная выставка технологий, оборудования и материалов для производства изделий электронной и электротехнической промышленности ElectronTechExpo.

Организатор выставок – Группа компаний ITE.

ExpoElectronica и ElectronTechExpo вновь подтвердили статус крупнейших в России выставок радиоэлектронной промышленности.

Общая площадь экспозиции составила 18 000 м<sup>2</sup>, что на 9% больше, чем в прошлом году. За три дня работы выставку посетили 11 674 специалиста из 61 региона России и 36 стран. Этот результат на 5% больше, чем в прошлом году. Доля целевых посетителей, которые пришли на выставку с целью поиска продукции или услуг для бизнеса, также выросла и составила 83% от общего количества посетителей выставки – 9 684 человека. В абсолютном выражении прирост целевых

посетителей составил 14% по сравнению с прошлым годом.

Ежегодно посетителями выставок становятся руководители и специалисты производственных предприятий в области электронной аппаратуры, электротехнической продукции, приборов и устройств, а также компании-поставщики электронных компонентов, электронного оборудования и материалов.

В выставке 2019 года приняли участие 457 компаний из 17 стран мира. В числе участников были ведущие российские и зарубежные производители и дистрибьюторы электронных компонентов: «ПТ Электроникс», «Радиант», «Миландр», «Микрон», НТЦ Модуль, «Протон», НПО «Энергетическая электроника», «Резонит», «Томилинский электронный завод», «МикроЭМ», «Технотех», ICAPE. Оборудование и технологии представили ГК «Остек», «Глобал Инжиниринг», «Совмест», «Клевер», «Евроинтех», Viking, «Лионтех», Rhem Thermal, Rode&Schwarz, Keysight и другие.

Впервые на выставке свои технологии и оборудование представили 155 новых участников: Mitsubishi Electric (Япония),



ZEZ Silko (Чехия), Infineon (Германия), Aurora Components, «Лаборатория технологической одежды» (Lamsystems), China Electronics Technology Group, Dynamic Electronics (Тайвань), «Амитрон Электроникс», «Элттех», Line-com (Канада), завод «Исеть», Treston (Финляндия), «Д-Формер», «Техно-Логика», «Эксперт Электроникс», «Зенча-Псков», НПО «Диод», Бобровский изоляционный завод и другие.

Много новинок представили и постоянные участники выставок: линейка IoT-устройств ПАО «Микрон» включала контроллер систем освещения, трекер для грузоперевозок, систему защиты музейных экспонатов и картин и многое другое.

Компания также представила первый российский модуль с криптозащитой данных. 15 апреля ПАО «Микрон» и IT-компания НПФ «Камин Плюс» подписали договор о сотрудничестве, согласно которому компании будут создавать и продвигать программные решения и многофункциональные RFID-приложения для систем безопасности и аналитики.

Холдинг «Российские космические системы» презентовал специальные платы для космической отрасли. АО «Государственный Рязанский приборный завод» впервые представил печатные платы 7-го класса точности, а также широкий ассортимент образцов печатных плат, используемых при производстве изделий для авиации, медицины, энергетики, атомной, нефтегазовой и других областей. Инжиниринговая компания «Остек» представила передовые решения собственной разработки автоматизации и цифровизации производственных процессов радиоэлектроники и электроники.

Торжественное открытие выставок состоялось 15 апреля. В церемонии открытия приняли участие депутат Московской городской Думы, заместитель председателя комиссии по науке и промышленности Александр Смета-





Деловую программу продолжило открытое заседание Координационного совета разработчиков и производителей радиоэлектронной аппаратуры, электронной компонентной базы и продукции машиностроения на тему «Формирование партнёрств и развитие кооперации между предприятиями электронной и радиоэлектронной промышленности и железнодорожного машиностроения». Участники заседания обсудили возможности и успешные кейсы кооперации предприятий электронной промышленности и железнодорожного машиностроения.

Завершил насыщенную программу первого дня семинар-интенсив «Нормативно-техническое регулирование в области разработки и производства электронной продукции». В рамках семинара состоялись выступления ведущих российских экспертов и представителя ИРС в Европе Андреса Ояллиля.

17 апреля состоялась конференция «Микроэлектроника в РФ: текущее состояние и точки роста». Конференцию открыла панельная дискуссия «Развитие технологического и производственного потенциала микроэлектронной промышленности России», на которой руководитель ПАО «Микрон» Гульнара Хасьянова провозгласила цель и лозунг выставок: «Объединение и кооперация».

В дискуссии также приняли участие Евгений Кузьмин, коммерческий директор АО «Ангстрем-Т», Евгений Масленников, генеральный директор GS Nanotech, Екатерина Бочарова, руководитель отдела маркетинга и продаж ООО «ФОРМ», Владимир Крупник, заместитель генерального директора по развитию бизнеса компании «Крокус Наноэлектро-

нов, заместитель председателя Комиссии по машиностроению Российского союза промышленников и предпринимателей, вице-президент по стратегическому развитию ГК «ФИНВАЛ» Владимир Сметана, заместитель генерального директора Московского экспертного центра (МЭЦ) Алексей Коломейчук, директор экономического отдела представительства Тайбэйско-Московской координационной комиссии по экономическому и культурному сотрудничеству г-н Чан Юй Лин, вице-президент Московской Торгово-промышленной палаты Артём Далевич, директор по внешним коммуникациям АО «Росэлектроника» Арсений Брыкин, директор Федерального государственного унитарного предприятия «Мытищинский научно-исследовательский институт радиоизмерительных приборов» (ФГУП «МНИИРИП») Павел Куцько.

Выставки посетил заместитель председателя Коллегии Военно-промышленной комиссии РФ Олег Бочкарёв. Он подробно ознакомился с экспозицией и обсудил с участниками выставки возможности поставки оборудования и технологий по программе госзакупок.

15 апреля состоялось первое заседание членов экспертного совета выставок ExpoElectronica и ElectronTechExpo, учреждённого в 2019 году для разработки стратегии дальнейшего развития проектов.

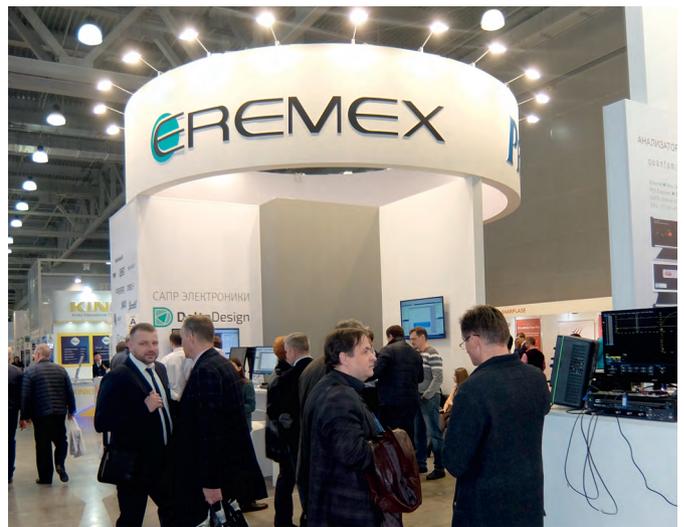
Визуальное и смысловое переосмысление контент-программы в этом году впечатлило посетителей и участников выставок. Трёхдневная деловая программа ExpoElectronica и ElectronTechExpo была посвящена наиболее актуальным вопросам развития отрасли. В рамках конференций, панельных дискуссий, круглых столов, технических и обуча-

ющих семинаров выступили более 75 ведущих российских и зарубежных экспертов. Всего в рамках выставки состоялось 45 деловых мероприятий.

Главным событием первого дня выставки стала пленарная сессия «Российская электроника сегодня. Современное состояние и проблемы развития» с участием ведущих представителей отрасли:

- Анатолий Ковалёв, генеральный директор «Зеленоградского нанотехнологического центра»;
- Алексей Волостнов, директор филиала Frost&Sullivan в России;
- Иван Покровский, исполнительный директор «АРПЭ»;
- Арсений Брыкин, директор по внешним коммуникациям АО «Росэлектроника»;
- Илья Иванцов, генеральный директор ООО «Элемент»;
- Павел Куцько, директор ФГУП «МНИИРИП»;
- Гульнара Хасьянова, генеральный директор ПАО «Микрон».





ника», Сергей Белостоцкий, заместитель генерального директора ООО «Маппер».

В ходе панельной дискуссии участники обсудили меры для обеспечения развития производственных мощностей. По окончании дискуссии состоялось открытое заседание бизнес-комитета по темам: навигация и связь, медицина, сельское хозяйство, блокчейн и большие данные. На заседании прошла защита перспективных проектов в области микроэлектроники перед институтами поддержки промышленности и предпринимательства.

17 апреля посетители и участники выставок ExpoElectronica и ElectronTechExpo впервые стали свидетелями нового формата делового мероприятия, который использовали организаторы – дискуссионного баттла на тему «Российская электроника. Взгляд в будущее». Ведущим баттла стал Евгений Липкин, генеральный директор «Остек-СМТ». Яркий и живой формат мероприятия вызвал невероятный интерес у посетителей выставок. Гостям особенно понравилась возможность проголосовать в конце

дебатов за позицию и отстаивавшую её команду.

На обучающем семинаре-интенсиве «Актуальные вопросы проектирования и моделирования печатных плат» специалисты-практики рассказали, как сделать проекты печатных плат технологичными. Мероприятие было полезно для инженерно-технического персонала российских компаний-разработчиков и производителей электроники.

На конкурсе научно-технических работ «Инновационная радиоэлектроника» (INRADEL) участники представили членам жюри свои проекты. Впервые были представлены сервис комплексного мониторинга микроклимата помещений (ClimateGuard), 3D-напечатанная антенна для радара БПЛА (PrintEl), разработка нового поколения чувствительных элементов датчиков внешних воздействий «Реформ», мышечный нейроинтерфейс для VR «Энфорсер». В состав жюри вошли профильные специалисты от компаний ООО «Авантех», НТЦ «Модуль» и НПЦ «Элвис». Мероприятие позволило молодым специалистам

получить первую обратную связь от экспертов отрасли по своим разработкам.

В рамках Дня карьеры специалиста электронной промышленности впервые состоялось расширенное заседание ассоциации вузов ЭКБ по вопросам кадрового обеспечения и профессионального обучения специалистов электронной индустрии. Заседание провёл президент МИЭТ, академик РАН, председатель Совета ассоциации вузов ЭКБ Юрий Чаплыгин. День карьеры посетили студенты МИЭТ и МИФИ – они осмотрели с экскурсией экспозицию, познакомились с участниками и программами стажировок компаний-участников.

В 2020 году выставки ExpoElectronica и ElectronTechExpo пройдут 14–16 апреля в МВЦ «Крокус Экспо». Ключевые темы 2020: 5G, IoT, Artificial Intelligence, Hardware for Security Embedded Systems.



Подробный фотоотчёт о выставках ExpoElectronica и ElectronTechExpo смотрите на сайте [www.soel.ru](http://www.soel.ru) в разделе «Фотоотчёты».

# POWER ELECTRONICS



16-я Международная выставка  
компонентов и модулей  
силовой электроники

**22-24 октября 2019**  
Москва, Крокус Экспо

## Силовая Электроника

ufi  
Approved  
Event

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 6009/00  
power@mvk.ru

Реклама

Получите бесплатный  
электронный билет на сайте  
**powerelectronics.ru**,

используя  
промокод

**S56-SK-7308**

12+

# Точные измерения – основа качества и безопасности

В период с 15 по 17 мая 2019 года в Москве на ВДНХ в павильоне № 75 «Россия» успешно завершили работу 15-й Московский международный инновационный форум и выставка «Точные измерения – основа качества и безопасности 2019», приуроченные к Всемирному дню метрологии.

Организаторами мероприятий выступили Министерство промышленности и торговли Российской Федерации и Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии при содействии аппарата Правительства Российской Федерации и ряда международных организаций (BIPM, OIML, COOMET).

Стратегическая задача форума и выставки – создание международной коммуникационной платформы и содействие кооперации в российской системе измерений с целью удовлетворения потребностей страны и общества в высокоточных измерениях, а также консолидация усилий власти, науки и бизнеса для развития отечественного приборостроения, повышения эффективности системы обеспечения единства измерений, совершенствования нормативной базы метрологии и приборостроения с учётом современных международных тенденций для формирования финансовых механизмов поддержки инноваций и их продвижения.

Выставочная программа форума состояла из следующих разделов:

- METROLEXPO / «Метрология, измерения и испытания» (технологии и приборы для высокоточных измерений, средства метрологического обеспечения, испытательное оборудование);
- CONTROL&DIAGNOSTIC / «Контроль и диагностика» (технические средства диагностирования и неразрушающего контроля);
- LABTEST / «Лабораторные испытания» (аналитическое оборудование и приборы для физического и химического анализа веществ и материалов, вспомогательное и общелaborаторное оборудование);
- PROMAUTOMATIC / «Автоматизация» (приборы, датчики и аппаратура для автоматического регулирования и управления технологическими процессами);
- RESMETERING / «Учёт энергоресурсов» (приборы и системы для технологического и коммерческого учёта энергоресурсов);
- WEIGHT SALON / «Весовой салон» (весы, устройства, весоизмерительные преобразователи, гири).

Выставочные разделы были объединены в профессиональную деловую программу Всероссийского съезда метрологов и приборостроителей под девизом “The International System of Units – Fundamentally better” («Международная система единиц – фундаментально лучше») – в соответствии с ежегодным посланием директоров BIPM и BIML.

В рамках съезда состоялись следующие мероприятия:

- пленарное заседание;
- заседание рабочей группы по совершенствованию законодательства и устранению административных барьеров в целях реализации плана мероприятий (дорожной карты) Национальной технологической инициативы «Автонет»;
- Всероссийское совещание подведомственных организаций и предприятий Росстандарта;
- секция № 1 «Эталонная база России – развитие, совершенствование и реализация единиц СИ в соответствии с новыми определениями»;
- секция № 2 «Проблемы метрологического обеспечения станкостроения (машиностроения)»;
- секция № 3 «Метрологическое обеспечение фотоники»;
- секция № 4 «Метрологическое обеспечение информационной инфраструктуры цифровой экономики»;
- круглый стол «Инициативы по изменению законодательства в области обеспечения единства измерений. Поддержка приборостроителей»;
- круглый стол «Сотрудничество стран СНГ и ЕАЭС в области научно-образовательных инициатив по стандартизации, метрологии и сертификации»;
- круглый стол «Перспективы развития российского инженерного образования и профессиональных компетенций в области стандартизации, метрологии и сертификации»;
- круглый стол «Проблемные вопросы нормативно-правового регулирования в обеспечении единства измерений. Ответы на вопросы».

На форуме были подведены итоги Всероссийской выставочно-конкурсной программы «За единство измерений», реализованной на базе испытательного центра ФБУ «Ростест-Москва», на присуждение знаков



качества СИ, золотых и платиновых медалей выставки.

Основная цель конкурса – аттестация приборов и оборудования, относящихся к различным видам измерений, диагностики, испытаний и аналитики, на соответствие их высоким метрологическим характеристикам и качеству, а также награждение наиболее актуальных выставочных экспозиций и активных участников съезда метрологов и приборостроителей.

### День первый. Открытие форума и выставки

Перед торжественной церемонией открытия форума VIP-делегация во главе с заместителем министра промышленности и торговли Российской Федерации Алексеем Сергеевичем Беспрозванных и руководителем Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии Алексеем Владимировичем Абрамовым осмотрела наиболее интересные выставочные экспозиции форума (ГК «РОСАТОМ», ФГУП «ВНИИФТРИ», ВГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева», концерн «Радиоэлектронные технологии» (ГК «Ростех»), АО «НПФ «Диполь», ООО НПФ «ЭЛЕМЕР», Rohde & Schwarz, Keysight Technologies, АО «НПФ «Микран», ФГУП «ВНИИМС», ФГУП «ВНИИОФИ» и др.).

В торжественной церемонии открытия форума, помимо Алексея Абрамова, также приняли участие член коллегии (министр) по техническому регулированию Евразийской экономической комиссии Виктор Владимирович Назаренко, руководитель Федеральной службы по аккредитации Алексей Игоревич Херсонцев, руководитель Российской системы качества Максим Александрович Протасов, директор Департамента государственной политики в области технического регулирования, стандартизации и обеспечения единства измерений Минпромторга России Оксана Васильевна Мезенцева, первый заместитель руководителя комитета РСПП по техническому регулированию, стандартизации и оценке соответствия Андрей Николаевич Лоцманов.

В приветственном обращении к участникам и гостям форума Алексей Абрамов сказал: «Я бы хотел отметить, что в последнее время метрология всё глубже проникает во все сферы деятельности: промышленную, общественную, всевозможных услуг



и т.д. – и оказывает огромное влияние на качество нашей жизни, среду, в которой мы живём. Мы сами порой не замечаем, как много мы получаем информации, которая становится доступной благодаря измерительным технологиям, и эта информация, бесспорно, даёт нам новые возможности, хотя порой из-за этого мы сталкиваемся с новыми вызовами и угрозами, и к этому тоже нужно быть готовыми приборостроителям и компаниям метрологического сервиса».

Виктор Назаренко в своём докладе подчеркнул: «Евразийский экономический союз – это пять стран, которые на протяжении уже нескольких лет ведут многоуровневую работу по формированию единого рынка продукции. Сделано уже многое: сформирован целый ряд нормативных и организационных документов и технических регламентов для производства и оказания услуг. Несмотря на то что метрология, вроде бы, не заметна, она проникает во все сферы промышленности и социальную среду. Голос метрологов не слышен так громко, как они того заслуживают, потому что эта сфера деятельности имеет колоссальное значение для экономики. Метрологи заслуживают того, чтобы их знали на всех уровнях управления нашими странами, потому что ни одна сфера сегодня не может функционировать без хорошо организованной, продуманной и рациональной системы измерений».

Алексей Херсонцев в рамках своего выступления отметил: «Хотел бы подчеркнуть тесное взаимодействие



Алексей Абрамов



Алексей Херсонцев

Росаккредитации и Росстандарта в сфере обеспечения единства измерений испытательными лабораториями, проводящими испытания для оценки соответствия качества продукции. На начало 2019 года в Росреестре содержались сведения о 1997 аккредитован-



Оксана Мезенцева



Максим Протасов

ных метрологических организациях, из них порядка 170 калибровочных лабораторий, что свидетельствует об активной работе в данной сфере. Хотел бы поблагодарить коллег из Росстандарта и его подведомственных региональных центров за нашу совместную рабо-

ту в части обучения и повышения компетентности лиц, задействованных в сфере аккредитации метрологических организаций».

Оксана Мезенцева зачитала собравшимся приветственное обращение министра промышленности и торговли Российской Федерации Дениса Валентиновича Мантурова: «За 15 лет мероприятия стали для российской промышленности важнейшей дискуссионной площадкой, на которой обсуждаются вопросы внедрения в технологические процессы самых передовых измерительных систем. Сегодня точность средств измерений характеризует уровень научно-технического развития общества. Средства измерений широко применяются в таких высокотехнологичных видах деятельности, таких как транспорт, энергетика, здравоохранение, сфера обеспечения обороноспособности и безопасности страны. Фактически измерения являются важнейшим инструментом познания объектов окружающего мира и играют огромную роль в развитии любого государства. Наша страна исторически обладает уникальным потенциалом в различных областях промышленности, и начавшаяся цифровая трансформация – это хорошая возможность создавать новые уникальные разработки, продукты и технологии, но сделать это без современного приборостроения, качественного обеспечения процесса измерений практически невозможно».

Максим Протасов в своём выступлении сообщил: «Вы знаете, что Роска-

чество совместно с Росстандартом и Минпромторгом проводит в нашей стране конкурс на получение премии в области качества. Мы с вами знаем, что производство качественных товаров зависит от совершенства производственных процессов, в том числе процессов метрологического обеспечения, оборудования и ресурсов, и в итоге от эффективности технологического управления. Для этого в международной практике активно используется такой инструмент, как национальная премия в области качества продукции, так называемое бизнес-совершенство. Сегодня в зале я вижу метрологов, производителей, технологов, специалистов по качеству – призываю вас стимулировать ваши предприятия для участия в премии в области качества».

После завершения торжественной церемонии открытия форума началось пленарное заседание 4-го Всероссийского съезда метрологов и приборостроителей. Президиум возглавили заместитель руководителя Росстандарта Сергей Сергеевич Голубев, главный научный сотрудник ФГУП «ВНИИОФИ» Владимир Николаевич Крутиков, генеральный директор ЗАО «Время-Ч» Александр Алексеевич Беляев, главный метролог ГК «РОСКОСМОС» Алексей Вячеславович Голега, генеральный директор ООО «Технологии распознавания» Юрий Леонидович Зарубин, директор БелГИМ и президент КООМЕТ Валерий Львович Гуревич и др.

На пленарном заседании были отмечены особое значение и роль системы метрологического обеспечения в вопросах качества и безопасности продукции и услуг, а также подняты важнейшие вопросы, стоящие в данный момент перед российскими метрологами и приборостроителями.

Также в первый день форума состоялось заседание рабочей группы по совершенствованию законодательства и устранению административных барьеров в целях реализации плана мероприятий (дорожной карты) Национальной технологической инициативы «Автонет» под председательством заместителя министра промышленности и торговли Российской Федерации Александра Николаевича Морозова, а также провела свою работу секция № 1 «Эталонная база России – развитие, совершенствование и реализация единиц СИ в соответствии с новыми определениями».



## День второй

Главным событием второго дня работы форума стало Всероссийское совещание подведомственных организаций и предприятий Росстандарта. В совещании приняли участие директор национальных метрологических институтов и региональных ЦСМ. Модерировал совещание Алексей Абрамов при участии Сергея Голубева и заместителя руководителя Росстандарта Бориса Потёмкина.

Также во второй день форума состоялись мероприятия секции № 2 «Проблемы метрологического обеспечения станкостроения (машиностроения)» и секции № 3 «Метрологическое обеспечение фотоники», а также круглый стол «Инициативы по изменению законодательства в области обеспечения единства измерений. Поддержка приборостроителей».

В рамках акции по вовлечению молодежи в метрологическую жизнь национальными метрологическими институтами Росстандарта был организован научный рэп-баттл «За новый килограмм», посвященный переходу мира на новую систему измерений, который вызвал живой интерес со стороны участников и посетителей форума.

## День третий. ЗАКРЫТИЕ ФОРУМА

В завершающий день работы форума прошли мероприятия секции № 4 «Метрологическое обеспечение информационной инфраструктуры циф-

ровой экономики» и круглый стол «Проблемные вопросы нормативно-правового регулирования в обеспечении единства измерений. Ответы на вопросы».

Торжественная церемония награждения лауреатов Всероссийской выставочно-конкурсной программы «За единство измерений», которая проводится среди участников форума и выставки, стала завершением юбилейного 15-го форума.

В награждении лауреатов приняли участие заместитель руководителя Росстандарта Сергей Сергеевич Голубев, заместитель директора Департамента государственной политики в области технического регулирования, стандартизации и обеспечения единства измерений Минпромторга России Дмитрий Александрович Кузнецов, руководитель дирекции форума И.Г. Зимин, директор выставки А.Б. Пучков.

Конкурсная комиссия на основании заключений экспертного центра ФБУ «Ростест-Москва» вынесла постановление о присуждении знака качества по одной из пяти номинаций 18 средствам измерений, золотой медали выставки – победителям в 62 номинациях, платиновой медали выставки – победителям в 5 номинациях. Памятные дипломы были вручены 82 региональным ЦСМ и 7 национальным метрологическим институтам, принявшим участие в выставочной программе форума.

Общая статистика форума:

- количество компаний-участников выставки – 256;
- количество стран-участников – 24 (Австрия, Азербайджан, Беларусь, Босния и Герцеговина, Великобритания, Германия, Италия, Казахстан, Киргизия, Китай, Колумбия, Корея, Республика Куба, Молдова, Нидерланды, Россия, США, Турция, Узбекистан, Украина, Франция, Швейцария, ЮАР, Япония);
- коллективные экспозиции – 4 (ГК «Росатом», концерн «Радиоэлектронные технологии» (ГК «Ростех»), государственные региональные ЦСМ, национальные метрологические институты);
- общая выставочная площадь – 5500 м<sup>2</sup>;
- количество представленных приборов – более 2000;
- количество посетителей – 4870;
- количество участников съезда – 1100;
- представленные доклады и презентации – 68;
- лауреаты конкурсной программы «За единство измерений» – 62.

Трёхдневную работу форума освещали представители более 40 специализированных средств массовой информации.



Подробный фотоотчёт о мероприятии смотрите на сайте [www.soel.ru](http://www.soel.ru) в разделе «Фотоотчёты».



Выставка

ЭЛЕКТРОНИКА

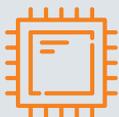
Урал

V МЕЖДУНАРОДНАЯ  
СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ  
ВЫСТАВКА

ЭЛЕКТРОНИКА—УРАЛ 2019

26-28 НОЯБРЯ

ЕКАТЕРИНБУРГ, ЦМТЕ



Электронные компоненты  
и комплектующие



Источники питания



Программное обеспечение  
и услуги



Оборудование и технологии  
для производства электроники

ПРОХОДИТ ОДНОВРЕМЕННО С ВЫСТАВКОЙ «ПТА-УРАЛ 2019»

[WWW.PTA-EXPO.RU](http://WWW.PTA-EXPO.RU)

ЕКАТЕРИНБУРГ

ОРГАНИЗАТОР

МОСКВА

Реклама



(343) 270-23-76



[info@pta-expo.ru](mailto:info@pta-expo.ru)

Экспонентика



(495) 234-22-10



[info@pta-expo.ru](mailto:info@pta-expo.ru)

ВЕКТОРНЫЕ АНАЛИЗАТОРЫ ЦЕПЕЙ ОТ КОМПАНИИ

# ПЛАНАР

- Широкая номенклатура производимых векторных анализаторов цепей от недорогих компактных рефлектометров CABAN до многопортовых универсальных приборов серии COBALT.
- Улучшенные характеристики и широкие функциональные возможности приборов обеспечивают эффективность и гибкость при решении широкого спектра производственных и научно-исследовательских задач при измерениях комплексных коэффициентов передачи и отражения (векторного анализа) СВЧ-устройств.
- Приборы активно используются при проверке, настройке и разработке различных радиотехнических устройств в условиях промышленного производства и лабораторий, в том числе в составе автоматизированных измерительных стендов.
- При небольших габаритах данные приборы сочетают в себе высокую точность, хорошую скорость измерений и динамический диапазон до 160 дБ в частотном диапазоне от 9 кГц до 54 ГГц.
- Анализаторы работают под управлением внешнего компьютера или планшета в ОС Windows или Linux, подключенного к измерительному оборудованию через интерфейс USB.



## ПАРАМЕТРЫ И ВОЗМОЖНОСТИ:

- S-параметры, импеданс, проводимость
- Абсолютная мощность
- Линейность амплитудной характеристики
- Анализ и фильтрация во временной области
- Балансные измерения
- Измерение устройств с переносом частоты
- Встраивание цепей
- Преобразование импеданса

- Предоставляем приборы для тестирования.



заходите: [www.planarchel.ru](http://www.planarchel.ru)

звоните: +7 (351) 72 99 777

**PLANAR**  
Сделано в России

# Нажатием одной кнопки...

## Новый векторный анализатор цепей R&S®ZNA

- ▮ 4 фазокогерентных генератора / 2 гетеродина / 8 приёмников
- ▮ Достижимый динамический диапазон 170 дБ для измерения фильтров
- ▮ Удобная и быстрая настройка измерений «от испытуемого устройства»
- ▮ Выходная мощность до +20 дБм и диапазон перестройки 100 дБ для тестирования усилителей



Хотите узнать подробности?  
[www.rohde-schwarz.com/ru/product/zna](http://www.rohde-schwarz.com/ru/product/zna)

