

СОВРЕМЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

6

2020

**ПРОФСТАНДАРТ ДЛЯ РАБОЧИХ
В МИКРОЭЛЕКТРОНИКЕ**

В номере:

**Рынок конденсаторов
в России**

**КГ с высокой
температурной
стабильностью**

**СOM-НРС: новые
возможности**

**Подавление радиопомех
в бортовых системах
на основе OVN**

**Учёт геометрической
неоднородности при
проектировании ПП**

**Как сохранить
доминирование США
в полупроводниках?**

и многое другое...



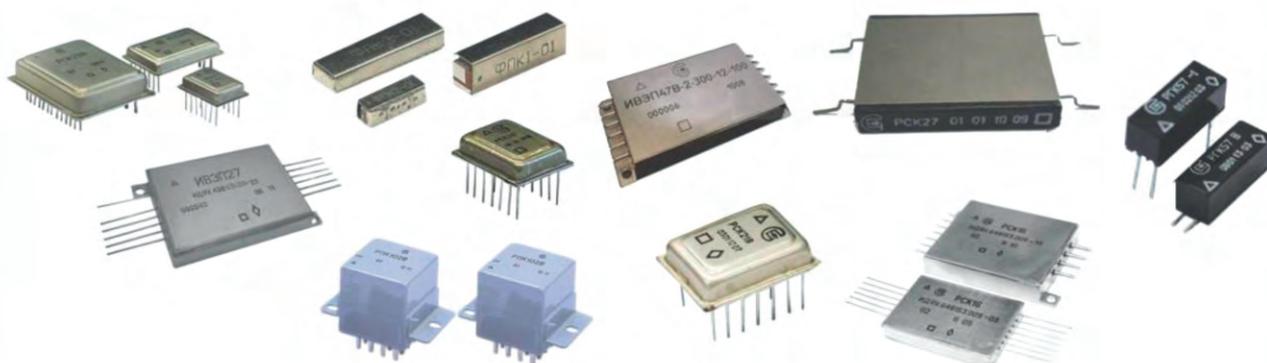


АО «СКТБ РТ»

**ОТЕЧЕСТВЕННЫЕ КОМПЛЕКТУЮЩИЕ –
ГАРАНТИЯ КАЧЕСТВА НАШЕГО ПРОДУКТА**

**АО «СКТБ РТ» является одним из ведущих в России
разработчиков и изготовителей:**

- источников вторичного питания;
- реле электромагнитных и статических;
- изделий на основе технологий микросистемной техники;
- фильтров СВЧ

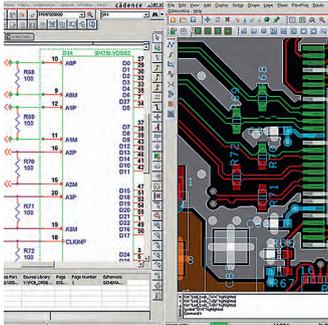


173021, г. Великий Новгород, ул. Нехинская, д.55

Тел./факс: (8162) 62-1735 / 61-6258

E-mail: office@sktbrt.ru, marketing@sktbrt.ru

<http://sktb-relay.ru>



**CADENCE Allegro™
PCB Designer**
Передовая САПР
печатных плат,
полностью совместимая
от OrCAD® Standard
до Allegro Venture



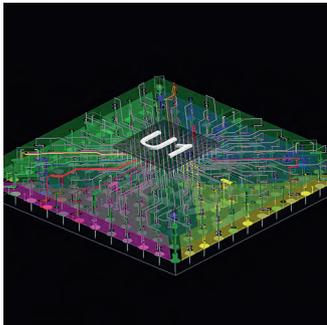
PCB SOFT
PCB&IC SOFTWARE

cadence®

CHANNEL PARTNER

PSpice®

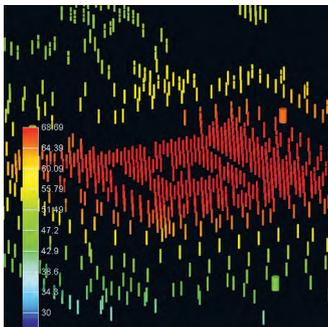
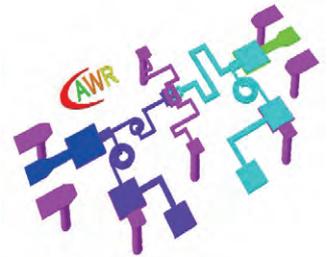
Моделирование
схем и продвинутый
анализ (более 30 тыс.
готовых моделей)



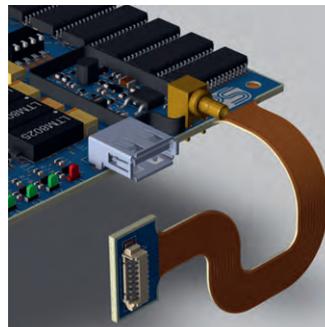
**AWR
Design Environment**

- Microwave Office
- Visual System Simulator
- AXIEM Planar Simulator
- Analyst 3D FEM

Моделирование
СВЧ-плат и СВЧ-систем



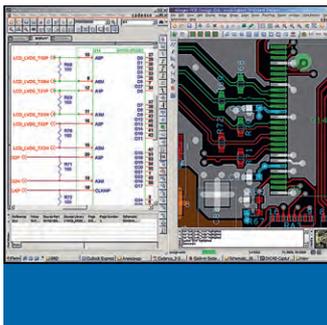
Sigrity™ Celsius™
Моделирование
тепловыделения
и теплоотвода



Allegro® PCB Editor
• новый 3D-редактор
• новые правила DFM
• новый интерфейс
пользователя

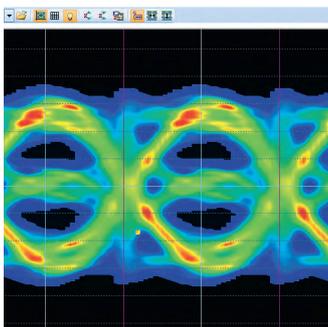
SPECTRA

Автотрассировщик
с учетом правил
для высокоскоростных
сигналов

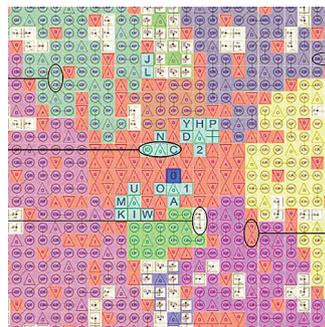


Sigrity Advanced PI
Анализ целостности
питаний и ЭМС
на печатной плате

**Поставка и внедрение
САПР электроники**
Подбор оптимальной
конфигурации.
Обучение и поддержка



Sigrity Advanced SI
Верификация
целостности сигналов
DDR и SERDES



**Allegro FPGA
System Planner**
Автоматизированная
оптимизация
трассировки ПЛИС

САПР печатных плат Cadence Allegro и OrCAD используется профессионалами во всем мире для проектирования самых сложных, скоростных и насыщенных печатных плат.

Это решение дополнено инструментами для моделирования целостности сигналов Sigrity и Clarity 3D, мощным тепловым симулятором Celsius, и системой моделирования СВЧ-плат и СВЧ-систем AWR Design Environment / Microwave Office.

Обращайтесь для получения информационных материалов!

ООО «ПСБ Софт»
ИНН 7704471320

Web: www.pcbsoft.ru
E-mail: info@pcbsoft.com

Тел.: +7 (800) 550-83-55

Адрес: г. Москва, 119019,

Б. Знаменский пер., д. 2, стр. 7, оф. 38

MARKET

- 4 Russian Market News**
10 The Capacitor Market in Russia
Ilya Lebedev

MODERN TECHNOLOGIES

- 14 The RFID Tag Development: What's New?**
Maxim Selivanov
- 16 The Professional Standard for Workers in the Field of Manufacturing Microelectronic Products**
Sergey Maksimov, Liliana Polikarpova, Irina Kiryushina, Nina Zabodaeva
- 22 Printed Circuit Board Production from Multilayer Ceramic**
Dmitry Yakovlev

ELEMENTS AND COMPONENTS

- 28 The Working Results of JSC «SKTB RT» under the Import Substitution**
Maria Boytsova
- 34 Application Features of the Quartz-Crystal Controlled Oscillator with High Temperature Stability**
Alexander Kotyukov, Arkady Nikonov, Alexey Zaslavsky, Yuri Ivanov
- 38 The JSC «Snezhët» Plant Novelties: Quick-Release Hydraulic Connectors**
Elizaveta Matyukhina

DEVICES AND SYSTEMS

- 44 COM-HPC: New Opportunities**
Rifat Khakimov
- 48 Measurement of Pulse Signal Phase Noise Using R&S FSWP Phase Noise Analyzers**
Part 2
Kirill Rumyantsev, Nikolay Lemeshko
- 56 Suppression of Radio Interference in On-Board Power Supply Systems Based on the Surge Suppressor**
Anatoly Mironov
- 60 Resistance of Power Supplies of Microprocessor Relay Protection Devices to Powerful Nanosecond Pulses**
Vladimir Gurevich

DESIGN AND SIMULATION

- 64 An Overview of CAD Systems for Microwave Electronics Design and Modeling Cadence AWR Design Environment 15**
Alexander Akulin
- 70 Accounting for Surface Roughness with PCB design**
Igor Zyrin
- 76 Designing Devices from Several Electronic Modules**
Roman Dyakov

COMPETENT OPINION

- 80 How to Maintain US Dominance in Semiconductors Industry?**
Ivan Pokrovsky

Журнал «Современная электроника»

Издаётся с 2004 года

Главный редактор А. А. Смирнов
 Заместитель главного редактора Д. А. Трофимов
 Редакционная коллегия А. Е. Балакирев, В. К. Жданкин, А. А. Красильников, С. А. Сорокин, Р. Х. Хакимов
 Вёрстка А. М. Бабийчук
 Обложка Д. В. Юсим
 Распространение С. Ю. Чепурова (info@soel.ru)
 Реклама И. Е. Савина (advert@soel.ru)

Учредитель и издатель ООО «СТА-ПРЕСС»

Генеральный директор К. В. Седов

Адрес учредителя и издателя:

117279, г. Москва, ул. Профсоюзная, д. 108, пом/ком/эт I/67/тех

Почтовый адрес: 119313, Москва, а/я 26

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

info@soel.ru • www.soel.ru

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

Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору за соблюдением законодательства в сфере массовых коммуникаций и охране культурного наследия (свидетельство ПИ № ФС77-18792 от 28 октября 2004 г.)
 Свидетельство № 00271-000 о внесении в Реестр надёжных партнёров ТПП РФ.

Отпечатано: ООО «МЕДИАКОЛОР».

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

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

© СТА-ПРЕСС, 2020

ПОДПИСКА

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

ПЛАТНАЯ ПОДПИСКА С ГАРАНТИРОВАННОЙ ДОСТАВКОЙ

Преимущества:

- гарантированная доставка журнала;
- подписка доступна любому желающему по всему миру.

ОФОРМЛЕНИЕ ПЛАТНОЙ ПОДПИСКИ

В любом почтовом отделении России.

Подписное агентство «Урал-Пресс»:

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

Подписное агентство «Роспечать»:

Тел.: (495) 921-2550.

Индексы на полугодие – 46459, на год – 36280.

СОДЕРЖАНИЕ 6/2020

РЕКЛАМОДАТЕЛИ

AdvanteX	21
EREMEX (Delta Design)	27
Grayhill	63
IEE.	79
LiteMAX	8
Raystar Optronics	5, 6
Smiths interconnect.	55
TDK-Lambda	43
Wolfspeed.	59
XP Power	8, 9
Главкон.	77
ДОЛОМАНТ.	47
Завод Атлант.	7
МОРИОН	6
ПСБ Софт.	1, 5
СКТБ РТ.	2-я стр. обл., 4
ТЕСТПРИБОР.	4-я стр. обл., 23
ФАВОРИТ-ЭК.	39
ЭЛЕКОНД.	6, 13
ЭЛМ (ALTIUM)	4, 75

РЫНОК

- 4** Новости российского рынка
- 10** Рынок конденсаторов в России
Илья Лебедев

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

- 14** Разработка RFID-меток: что нового?
Максим Селиванов
- 16** Профессиональный стандарт для рабочих в области производства изделий микроэлектроники
Сергей Максимов, Лилиана Поликарпова, Ирина Кирюшина, Нина Забодаева
- 22** Производство печатных плат из многослойной керамики
Дмитрий Яковлев

ЭЛЕМЕНТЫ И КОМПОНЕНТЫ

- 28** Результаты работы АО «СКТБ РТ» по программе импортозамещения
Мария Бойцова
- 34** Особенности применения кварцевых генераторов с высокой температурной стабильностью
Александр Котюков, Аркадий Никонов, Алексей Заславский, Юрий Иванов
- 38** Новинки от АО «Завод «Снежеть»: быстроразъёмные гидравлические соединители
Елизавета Матюхина



ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

- 44** СОМ-НПС: новые возможности
Рифат Хакимов
- 48** Измерения фазовых шумов импульсных сигналов с использованием анализаторов фазового шума R&S FSWP
Часть 2
Кирилл Румянцев, Николай Лемешко
- 56** Подавление радиопомех в бортовых системах электропитания на основе ограничителя выбросов напряжения
Анатолий Мионов
- 60** Устойчивость источников питания микропроцессорных устройств релейной защиты к мощным наносекундным импульсам
Владимир Гуревич

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И МОДЕЛИРОВАНИЕ

- 64** Обзор САПР для проектирования и моделирования СВЧ-электроники Cadence AWR Design Environment 15
Александр Акулин
- 70** Учёт геометрической неоднородности поверхности проводника при проектировании печатных плат
Игорь Зырин
- 76** Проектирование устройств из нескольких электронных модулей
Роман Дьяков

КОМПЕТЕНТНОЕ МНЕНИЕ

- 80** Как сохранить доминирование США в полупроводниках?
Иван Покровский

Новости российского рынка

РЫНОК

АО «СКТБ РТ»: ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЕ И ДИВЕРСИФИКАЦИЯ

АО «СКТБ РТ» является разработчиком и производителем современных электронных изделий для перспективных образцов радиоэлектронной аппаратуры специального и общепромышленного применения **на базе отечественной комплектации.**

Шагая в ногу со временем, в рамках реализации стратегии развития электронной промышленности РФ АО «СКТБ РТ» ведёт активную работу по программам импортозамещения и диверсификации производства.

По программе импортозамещения разработан ряд изделий, которые являются анало-

гами продукции таких иностранных производителей, как Interpoint (США), Vicor Corporation (США), Epcos (Германия), Omron (Япония), Tyco Electronics (США), Teledyne Relays (США), Panasonic (Япония), Micropac Industries (США), International Rectifier (США), Mini-Circuits (США).

По программе диверсификации производства ведётся разработка:

- серии источников бесперебойного питания (ИБП) переменного тока отечественного производства (сертификат СТ1) с двойным преобразованием энергии основного источника энергоснабжения и выходной мощностью не менее 900 ВА;
- комплекса автоматизированного замера сцепления (КАЗС) для контроля состоя-



ния искусственных взлётно-посадочных полос (ИВПП) аэродромов гражданской авиации РФ.

Для более детального ознакомления с разрабатываемой и серийно выпускаемой продукцией АО «СКТБ РТ» можно обращаться по телефону (8162) 949-056 или e-mail: office@sktbrt.ru, marketing@sktbrt.ru. Специалисты АО «СКТБ РТ» всегда помогут и проконсультируют по любому интересующему вопросу.

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Бесплатный видеокурс по Altium Concord Pro

Компания ЭЛМ, официальный дистрибьютор компании Altium на территории Российской Федерации и Республики Беларусь, приглашает инженеров-разработчиков РЭУ пройти бесплатное онлайн-обучение по программному продукту Altium Concord Pro.

Altium Concord Pro – это комплексное программное решение для управления компонентами, хранения данных и совместной работы с инженерами-конструкторами механических частей изделия (MCAD).

Altium Concord Pro это:

- **Стандартизированный подход к организации библиотек.** Altium Concord Pro позволяет создать систематизированную общую библиотеку верифицированных компонентов – единое место хранения, простой поиск, удобные инструменты для создания и повторного использования компонентов в рамках единой среды проектирования.
- **Двунаправленное взаимодействие ECAD/MCAD.** Разработчики электроники и механики могут параллельно работать над одним проектом. При внесении любых изменений (в форму платы, расположение компонентов, геометрию проводящего рисунка) будут уведомляться обе стороны с возможностью предварительного просмотра изменений перед их принятием. Поддерживаются САПР механи-



ки: SOLIDWORKS, PTC Creo и Autodesk Inventor.

- **Поиск компонентов и контроль применимости.** Altium Concord Pro позволяет поддерживать актуальность проектов разработчиков и повторно использовать в них проверенные на практике компоненты. Каждый компонент, размещённый в проекте с сервера AltiumConcord, можно отследить вплоть до первоначального выпуска.
- **Актуальная информация от поставщиков.** Altium Concord Pro передаёт актуальную информацию от поставщиков компонентов непосредственно в среду проектирования. Вся важная информация, такая как доступность компонентов, альтернативные варианты и цены, всегда находится у разработчика под рукой в процессе проектирования.

Видеокурс Altium Concord Pro состоит из 7 уроков, включая пошаговую инструкцию и видеуроки по основным этапам работы.

Урок № 1 «Установка, лицензирование и настройка Altium Concord Pro».

Урок № 2 «Перенос проектных данных в Altium Concord Pro».

Урок № 3 «Создание управляемого компонента в Altium Concord Pro».

Урок № 4 «Поиск и размещение в проекте компонентов Altium Concord Pro».

Урок № 5 «Обновление компонентов Altium Concord Pro».

Урок № 6 «Совместная работа между ECAD и MCAD с помощью Altium Concord Pro».

Урок № 7 «Извлечение данных Altium Concord Pro после истечения срока подписки».

Подробную информацию можно найти на сайте: <https://www.altiumconcord.pro>.

Вышла новая версия AWR Microwave Office / Design Environment v15

Новая версия популярной САПР для разработки СВЧ-электроники предлагает решения для проектирования в области радиочастотной и микроволновой связи, дополняя портфель программного обеспечения Cadence® для MMIC / RFIC, корпусов / модулей и печатных плат.

Продукты AWR обеспечивают расширенный анализ СВЧ-топологий при более высокой производительности, с экономией времени и разработкой испытательных стендов, совместимых с 5G, для аэрокосмической и автомобильной промышленности.

Выполняйте в AWR тщательный анализ стабильности для многоступенчатых усилителей и транзисторов и оптимизацию цепей стабилизации. Минимизируйте интермодуляционные искажения широкополосных усилителей. Вычисляйте и устанавливайте размеры линии передачи непосредственно из схемы, ускоряя проектирование схем на распределённых элементах, таких как делители Уилкинсона и др. Разрабатывайте сложные широкополосные и многополосные усилители мощности и межкаскадное согласование импедансов с помощью схем, синтезированных с использованием PDK.

Усовершенствования технологии разбиения сетки и решателя AXIEM® обеспечивают более быстрый и надёжный ЭМ-анализ. Пики диаграммы направленности антенны



теперь можно наносить на график и оптимизировать. Новые испытательные стенды ускоряют процессы проектирования и оценки компонентов благодаря предварительно настроенным блокам и измерениям 5G NR. Блок модели с фазированной антенной решёткой теперь поддерживает шины на схемной и излучающей сторонах. Новый блок цифрового предискажения предлагает алгоритмы для линеаризации нелинейных усилителей.

Иерархические проекты теперь поддерживают смешанные физические единицы для микросхем, корпусов и плат. Интеллектуальные цепи можно прокладывать на минимальном расстоянии, но с учётом пра-

вил DRC. Измерения по диаграмме Смита или полярному графику теперь могут быть нанесены на прямоугольную сетку, что позволяет легче определять импедансы, связанные с пиковой производительностью. Одно измерение может быть расширено до отдельных измерений для всех вариантов схемы, что позволяет пользователям быстро настраивать испытательные стенды.

Чтобы посмотреть новую версию в работе, запросите демолицензию по адресу info@pcbsoftware.com.

Официальный партнёр Cadence Design Systems / AWR – ООО «ПСБ СОФТ» (Москва).

www.pcbsoft.ru

Тел.: 8 (800) 550-8355

ЭЛЕМЕНТЫ И КОМПОНЕНТЫ

Двухцветный OLED-дисплей с размером экрана 0,96" на монтажной печатной плате

Компания *Raystar Optonics* выпустила двухцветный графический OLED-дисплей **REA012864M** с разрешением 128×64 пикселя и размером экрана по диагонали 0,96". Дисплей выполнен на печатной плате с четырьмя монтажными отверстиями (размер платы 27,3×27,3 мм).

Управление работой дисплея осуществляется микросхемой драйвера-контроллера SSD1306, который поддерживает интерфейс I²C, коэффициент мультиплексирования строк 1/64. Управляющая микросхема контроллера размещается непосредственно на подложке дисплея (технология COG, Chip-on-Glass). Эта технология позволяет уменьшить габариты и стоимость дисплейного модуля. Дисплеи, изготовленные по технологии COG, широко применяются в портативных приборах. Напряжение пита-

ния логической схемы дисплея составляет 5 В (по отдельному заказу – 3,3 В), предусмотрена встроенная схема преобразования напряжения.



Стандартная модель поставляется только с цветами свечения экрана: жёлтым и небесно-голубым.

Дисплей способен функционировать в диапазоне температур от –40 до +80°C, диапазон температур хранения от –40 до +85°C.

Дисплейный модуль может применяться в медицинской аппаратуре, системах с интеллектуальным управлением, измерительных приборах.

Основные технические характеристики двухцветного OLED-дисплея REA012864M:

- габариты дисплейного модуля 27,3×27,3×2,72 мм;
- рабочая площадь экрана 21,744×11,204 мм;
- разрешение матрицы 128×64 точки;
- размер пикселя 0,148×0,148 мм;
- шаг пикселя 0,17×0,17 мм;
- адресация: пассивно-матричная;
- цвет свечения экрана: жёлтый/небесно-голубой;
- микросхема драйвера SSD1306;
- интерфейс I²C.

www.prochip.ru

Тел.: (495) 232-2522

НОВЫЕ СУПЕРКОНДЕНСАТОРЫ ОАО «ЭЛЕКОНД»

ОАО «Элеконд» предлагает новые разработки – малогабаритные конденсаторы с двойным электрическим слоем (суперконденсаторы, ионисторы) **K58-28** и **K58-29** для техники специального назначения.

Данные конденсаторы служат надёжными резервными источниками тока при провалах напряжения и отключении основного источника питания. Они имеют низкое внутреннее сопротивление, не требуют обслуживания и замены, стабильно работают при низких температурах.

Основные характеристики суперконденсаторов K58-28 и K58-29:

- номинальное напряжение 2,7 В;
- номинальная ёмкость от 1 до 200 Ф;



- срок службы до 25 лет;
- наработка на отказ до 500 000 циклов;
- диапазон рабочих температур: –60...+65°C (для K58-29) и –50...+65°C (для K58-28).

Применение новых суперконденсаторов в качестве мощных импульсных ис-

точников тока гарантированно обеспечит требуемый импульс электрической энергии в течение всего срока службы аппаратуры.

www.elecond.ru

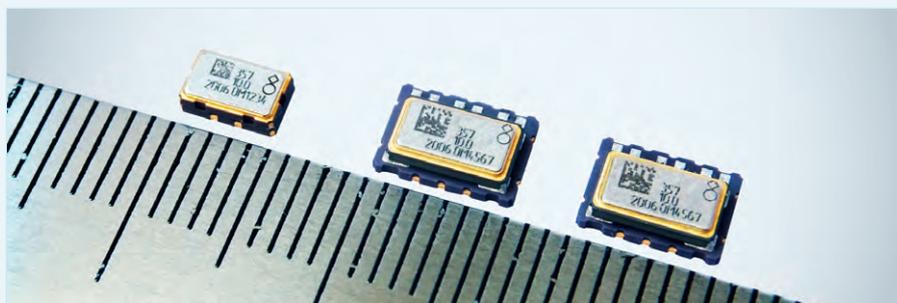
Тел.: (34147) 2-99-89

МИНИАТЮРНЫЙ ТЕРМОКОМПЕНСИРОВАННЫЙ КВАРЦЕВЫЙ ГЕНЕРАТОР ГК357-ТК КАТЕГОРИИ КАЧЕСТВА «ВП»

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 кварцевый генератор **ГК357-ТК** (УНТК) категории качества «ВП».

Генератор может быть выполнен в корпусах 7×5×2 мм и 5,0×3,2×1,9 мм для поверхностного монтажа, а также в корпусе DIL14 20×12,5×9,5 мм для использования в условиях открытого космоса.

Отличительной особенностью генератора ГК357-ТК является высокая стабильность частоты: $\pm 0,6 \times 10^{-6}$ при температуре



от –60 до +85°C ($\pm 0,2 \times 10^{-6}$ в интервале от –40 до +70°C).

В представленном генераторе реализована аналоговая схема компенсации, что позволяет получить низкий уровень фазовых шумов. Диапазон рабочих частот – от 5 до 52 МГц. Напряжение питания – от 2,8 до 5 В.

Генератор продолжает линейку миниатюрных генераторов АО «Морион» наряду с ГК176-ТК (категория качества ОТК)

со стабильностью частоты до $\pm 0,14 \times 10^{-6}$ в интервале от –40 до +85°C и генератором ГК392-ТК (категория качества ОТК) со стабильностью частоты до $\pm 2 \times 10^{-6}$ в сверхшироком диапазоне рабочих температур (от –55 до +125°C).

Дополнительную информацию по данному изделию можно узнать по телефону +7 (812) 350-7572, а также на сайте www.morion.com.ru.

OLED-дисплеи с разрешением 128×128 и круглой формой экрана, оснащённые ёмкостной сенсорной панелью

Компания *Raystar Optronics, Inc* представила графические OLED-дисплеи серии **REX128128D-CTP** с диаметром круглого экрана 1,18", разрешением экрана 128×128 точек и установленной ёмкостной сенсорной панелью.

Режимами работы управляет контроллер на микросхеме SSD1327. Контроллер обеспечивает обмен данными через последовательный интерфейс I²C и 4-проводной SPI.

Напряжение питания логической схемы – 3 В (типичное значение), коэффи-

циент мультиплексирования строк 1/128. Интегральная микросхема IT7259 управляет работой сенсорной панели через последовательный интерфейс I²C.

Стандартными цветами свечения экрана являются жёлтый, белый и небесно-голубой. OLED-дисплеи способны функционировать в диапазоне температур от –20 до +70°C, диапазон температур хранения –30...+70°C.

Дисплейные модули OLED серии REX128128D-CTP с круглым экраном предназначены для применения в устройствах управления интеллектуальным домом, системах связи, медицинских приборах.

www.prochip.ru

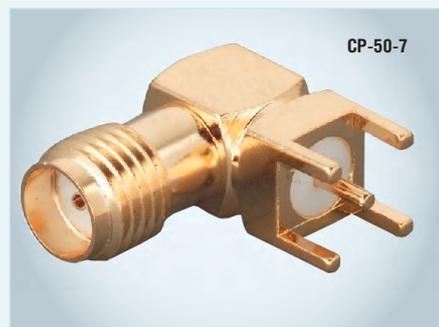
Тел.: (495) 232-2522



РАДИОЧАСТОТНЫЕ СОЕДИНИТЕЛИ ОТЕЧЕСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

ПАО «Завод Атлант», разработчик и производитель СВЧ-разъёмов типа **СКЦ102** и **СНЦ160** для высокоскоростной передачи информации, в настоящем 2020 году предлагает новую серию РЧ-соединителей для различных областей применения.

Линейка субминиатюрных радиочастотных соединителей типа **CP-50-7**, аналогов серии SMA, включает в себя типонаминалы для монтажа в отверстия платы, на панель прибора и на кабель отечественного производства. Диапазон рабочих частот данных разъёмов – до 18 ГГц.



Поставка осуществляется как для гражданского применения с приёмкой «ОТК», так и с категорией качества «ВП». Данный тип соединителей предназначен для применения в авиационной, космической технике и аппаратуре РЖД. Они будут востребованы везде, где есть высокие требования по устойчивости к воздействию внешней среды, ударных и вибрационных нагрузок.



Для приборов с высокой плотностью компоновки элементов разработаны и поставляются субминиатюрные радиочастотные соединители типов **CP-50-1** с диапазоном рабочих частот до 7 ГГц и **CP-50-4** с рабочей частотой до 32 ГГц, аналоги серий SMB и QMA. Благодаря соединению spair-on, реализованному в данных разъёмах, обеспечивается полное и ограниченное защёлкивание вилок и розеток, а также скользящее соединение. Номенклатура этих соединителей насчитывает более 100 типоконструкций как для установки на печатную плату, так и

для монтажа на импортные или отечественные марки кабелей.



Для применения в устройствах беспроводной мобильной связи, системах GPS, PS/LAN, радио- и телекоммуникационных комплексах военного и гражданского назначения, автомобильной электронике и системах телевидения ПАО «Завод Атлант» выпускает линейку микроминиатюрных радиочастотных соединителей типов **CP-50-2** и **CP-50-3** (аналогов серий MCX и SMP) с диапазонами рабочих частот до 7 ГГц и 32 ГГц соответственно. Номенклатура выпускаемых соединителей включает в себя: вилки, розетки и адаптеры с тремя уровнями защёлкивания spair-on, изделия прямого и углового монтажа как на импортные, так и на отечественные марки кабелей. Предусмотрены варианты поверхностного монтажа, монтажа в отверстия печатной платы и на край платы.



Для устройств, где требуется быстрое соединение при значительной аксиальной и радиальной несоосности, «Завод Атлант» предлагает изделия типов **CP-50-999...CP-50-1005Ф** серии BMA для работы на частотах до 18 ГГц. Эффективное применение данные разъёмы нашли в линиях передачи с высокой плотностью компоновки, в условиях повышенной вибрации. Номенклатура данных соедините-

ЗАВОД АТЛАНТ
Разработка и производство электрических соединителей.

лей включает в себя герметичный СВЧ-ввод, а также вилки и розетки приборно-кабельного исполнения.



Соединители выпускаются с волновым сопротивлением 50 Ом.

Радиочастотные соединители типов CP-50, разработанные и поставляемые ПАО «Завод Атлант» для систем радио- и микроэлектроники, применяются в авиационной и космической аппаратуре, комплексах связи и телекоммуникаций, медицинской технике, системах управления транспортом и многом другом.

Тенденции развития микроэлектронных устройств – миниатюризация и повышение предельной частоты РЧ-соединителей.

В настоящий момент предприятием проводится опытно-конструкторская работа по разработке и освоению в серийном производстве коаксиальных радиочастотных соединителей для диапазона частот до 65 ГГц.

Соединители типа **CP-50-5**, аналоги серии RPC-1,85 – вилки и розетки с резьбовым вариантом соединения, и разъёмы типа **CP-50-6**, аналоги серии Mini-SMP с врубным вариантом сочленения, будут доступны для заказа с начала 2021 года.

Предприятие «Завод Атлант» имеет техническую и технологическую базу для изготовления кабельных сборок на основе вышеперечисленных типов РЧ-соединителей с возможностью поставки с приёмками «ОТК» и «ВП».

Компания проводит гибкую ценовую политику, ориентированную на заказчика, и готова при необходимости масштабировать свои мощности, внедрять новые технологии, добавлять элементы производственной кооперации, необходимые для комплексного оказания услуг заказчику.

E-mail: market@zavodatlant.ru
Тел.: +7 (865 45) 2-44-75, 2-52-75

ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

ЛИТЕМАХ ПРЕДСТАВЛЯЕТ ПЕРВЫЙ ЧЕТЫРЁХЪЯДЕРНЫЙ КОМПЬЮТЕР С ТЕХНОЛОГИЕЙ AMD RYZEN™ V1000

1 июня 2020 года компания *LiteMAX*, лидер в области создания интеллектуальных платформ для промышленных дисплеев и вычислений, объявила о новейшем компактном компьютере серии **IBOX-V1K0 / V1K1** с технологией AMD® Ryzen™.

На этой платформе можно запитать до четырёх независимых 4K дисплеев и обеспечить бескомпромиссную производительность, универсальность и сложные возможности автоматизации в широком спектре приложений.

AMD Ryzen™ Embedded V1000 SoC характеризуется выдающейся производительностью процессора и заметным увеличением производительности графического процессора по сравнению с предыдущими решениями. Этот высокопроизводительный процессор позволяет заказчикам разрабатывать продукты, которые не только поддерживают высококачественный визуальный интерфейс с такими функциями, как четыре одновременных дисплея 4K, но также помогают повысить эффективность и масштабируемость.



IBOX-V1K0 / V1K1 разработан для высоких требований к графической производительности, он использует до 32 ГБ двухканальной памяти DDR4 3200 МТ/с (как ECC, так и не ECC) для повышения производительности и эффективности. Новая интегрированная графика AMD Radeon™ Vega с 11 вычислительными блоками является самой передовой во встроенной графике. Компьютер поддерживает до четырёх независимых дисплеев с разрешением до 4K UHD и 10-битным HDR, а также DirectX 12 и OpenGL 4.4 для 3D-графики. Встроенный видеопроцессор обеспечивает потоковую передачу видео HEVC (H.265) с аппаратным ускорением в обоих направлениях.

В IBOX-V1K0 / V1K1 спроектированы Ethernet-контроллер со скоростями

10/100/1000 Мбит/с и гибкими интерфейсами ввода-вывода: 1× Mini-PCIe (полный размер), 1× ключ M.2 M, 1× SATA Gen. 3 @ 6,0 Гбит/с, 2× USB 3.1, 3× USB 2.0, 3× COM-порта, а также таймер и GPIO для выполнения широкого спектра функций и требования к расширению высокопроизводительной системы.

Новый блочный компьютер IBOX-V1K0 / V1K1 с впечатляющей производительностью графики предназначен для таких приложений, как медицинская визуализация; профессиональное вещание, информационно-развлекательное применение и азартные игры; видеонаблюдение; оптический контроль качества и 3D-симуляторы.

Ключевые особенности:

- AMD® Ryzen™ Embedded V1605B APU;
- высокопроизводительный процессор Zen Core + графический процессор VEGA;
- поддержка четырёх мониторов 4K;
- мультидисплей: 4× DP;
- 1× LAN, 2× USB 3.1, 2× USB 2.0, 1× COM;
- 1× SATA III, 1× Mini-PCIe (w / uSIM), 1× M.2 M-ключ 2280 (SSD);
- постоянный ток 12 В.

www.prochip.ru

Тел.: (495) 232-2522

ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫЕ 90-ВАТТНЫЕ ВЫНОСНЫЕ ИП ДЛЯ МЕДИЦИНСКОЙ АППАРАТУРЫ И ИТ-ОБОРУДОВАНИЯ

Компания *XP Power* объявила о начале выпуска источников питания (ИП) серии **AKM90**, которые являются самым последним дополнением к рядам настольных / выносных ИП АКМ36, АКМ45 и АКМ65, соответствующих директивам Energy Efficiency Level VI, Commission Regulation (EU) 2019/1782 и CoC Tier2.

ИП АКМ90 обеспечивают два средства защиты пациента от поражения электрическим током 2×MOPP (MOPP, Means of Patient Protection) при применении в медицинском электрическом оборудовании, сертифицированы для применения в оборудовании информационных технологий (ИТЕ) и доступны в исполнениях по защите от поражения электрическим током по классам I и II, являются идеальными для применений в медицинской технике.

ИП серии АКМ90 сертифицированы на соответствие требованиям международных стандартов безопасности для оборудования информационных технологий и медицинской аппаратуры: UL/EN/IEC 62368-1, IEC60950-1, ES/CSA/EN/IEC 60601-1 и обе-

спечивают два средства защиты (2×MOPP) с электрической прочностью изоляции 4 кВ между первичными и вторичными цепями.

Диапазон входного напряжения для всех моделей от 90 до 264 В. Среднее значение КПД – 89%, в режиме холостого хода потери мощности на входе менее 150 мВт. Типичное значение тока утечки на землю менее 100 мкА.

Предлагается выбор из пяти моделей с выходными напряжениями 12, 15, 19, 24 и 48 В. Все модели снабжены защитой от перегрузки по току и короткого замыкания. Диапазон рабочих температур от 0 до +60°C, полная мощность обеспечивается до температуры +40°C. Среднее значение между отказами (MTBF) 250 000 ч, вычисленное по MIL-HDBK-217F для условий применения в стационарном наземном оборудовании при температуре +25°C.

ИП выполнены в вентилируемом пластиковом корпусе чёрного цвета (при минимальном заказе в партии 2000 штук поставляются модули в корпусе белого цвета). Габаритные размеры корпуса 151,5×60×37 мм. Длина выходного кабеля 1000 мм, он снабжён стандартным цилиндрическим соединителем с внутренним диаметром 2,5 мм, внешним диаметром 5,5 мм и длиной 11 мм.

Стандартное исполнение с защитой от поражения электрическим током по классу I снабжено сетевым вводом IEC320-C14, модели по классу II снабжены вилкой IEC320-C8. Модели ИП с защитой по классу I также доступны с фиксирующим сетевую вилку зажимом.



Отвечающие требованиям текущей директивы эффективности использования энергии Level VI настольные ИП серии АКМ90 характеризуются низкой потребляемой мощностью в режиме холостого хода и обеспечивают экономичное техническое решение, которое применимо для медицинской аппаратуры и оборудования информационных технологий.

www.prosoft.ru

Тел.: (495) 234-06-36

Компактные бюджетные АС/DC на 450 Вт для промышленного, медицинского и ИТ-оборудования

Новые источники питания (ИП) компании *XP Power* для монтажа на шасси серии **ECH450** разработаны специально для интеграции в самое компактное оборудование с целью уменьшить до минимума размеры и максимально увеличить КПД.



ИП ECH450 имеют подтверждения безопасности для медицинского оборудования: с двумя средствами защиты пациента (2×MOPP) между первичной и вторичной цепью, одним средством защиты пациента (1×MOPP) между первичной цепью и корпусом и одним средством защиты пациента (1×MOPP) между вторичной цепью и корпусом. Это позволяет применять их в медицинских электрических изделиях типа BF.

Модули питания соответствуют требованиям стандарта IEC/UL/EN62368-1, обеспечивающего безопасность для ИТ- и промышленного оборудования.

Полная выходная мощность 450 Вт обеспечивается при принудительном воздушном охлаждении, мощность 250 Вт доступна при конвекционном отводе тепла.

Устройства ECH450 выпускаются в четырёх конструктивных вариантах:

1. открытый каркас для конвекционного охлаждения;
2. с вентилируемым металлическим корпусом (опция – С);
3. корпусированное исполнение (мощность 450 Вт) с встроенным вентилятором в торце корпуса (исполнение – EF);
4. корпусированное исполнение (мощность 450 Вт) с вентилятором в верхней части крышки (исполнение – TF).

Предоставляется выбор из семи выходных каналов питающего напряжения постоянного тока: 12 В (37,5/20,5 А), 15 В (30/16,6 А), 19 В (23,7/13 А), 24 В (18,8/10,4 А), 36 В (12,5/6,9 А), 48 В (9,4/5,2 А) и 54 В (8,3/4,6 А). (8,3/4,6А) – номинальное значение тока при принудительном воздушном охлаждении/ конвекционном охлаждении с поддержкой режима холостого хода.

Каждый модуль также имеет дополнительный выходной канал 5 В/1 А для обеспечения дежурного режима и выходной канал 12 В/0,6 А для питания охлаждающего вентилятора для вариантов в исполнении «открытый каркас» и с установленной перфорированной крышкой (опция – С).

Типичное значение тока утечки 80/135 мкА. Впечатляющее значение КПД (до 95%!) обеспечивается при входном напряжении 230 В и полной нагрузке, которое снижается на 2 или 3% при пониженном входном напряжении. Значение удельной мощности 21 Вт/дюйм³.

Вход дистанционного управления включением/выключением обеспечивает управление основным выходным каналом и снижает входную мощность до 210 мВт, когда команда активирована. Все модели оснащены защитой от короткого замыкания, перенапряжения, перегрузки по току и перегрева.



Все модели ИП ECH450 предназначены для работы в диапазоне напряжений от 90 до 264 В с понижением выходной мощности при входных напряжениях ниже 100 В. Фазный и нейтральный провода защищены предохранителями F8A/250 В.

Диапазон рабочих температур от –20 до +70°C, полная мощность обеспечивается в диапазоне –20...+50°C. Среднее значение времени между отказами (MTBF) составляет более 300 000 ч, рассчитанное по стандарту MIL-HDBK-217F для температуры +25°C



в условиях применения в стационарном наземном оборудовании.

Модули для применения в ИТ-устройствах и промышленном оборудовании способны работать на высотах до 5000 м, для медицинской техники – до 4000 м.

Электрическая прочность изоляции между первичной и вторичной цепью – 4000 В, между первичной цепью и корпусом – 1500 В, между вторичной цепью и корпусом – 1500 В.

Модули питания серии ECH450 соответствуют требованиям следующих стандартов: EN55011/EN55032 Class B – по уровню генерируемых кондуктивных помех и помех излучения; IEC 60601-1-2 издание 4 2014 – по стойкости медицинского оборудования к электромагнитным помехам; EN61204-3 – по стойкости ИТ-оборудования (ITE) к воздействию импульсных помех.

Обеспечение безопасности гарантируется соответствием требованиям стандартов: CB IEC60950-1-1, IEC62368-1 (ITE); UL60950-1, UL62368-1 (ITE); CB EN60601-1 (медицинский); UL ES60601-1 и CSA22.2 No. 606601-1:08 (медицинский); UL ES60601-1 (медицинский) и TUV EN60601-1 (медицинский).

Габаритные размеры и вес:

- корпус типа «открытый каркас» 127×76,2×40 мм, вес 390 г;
- корпусированное исполнение (–С) и с установленным вентилятором (–TF) имеют габаритные размеры 127×86,6×50 мм, вес исполнения (–С) – 570 г, исполнения (–TF) – 585 г;
- вариант в исполнении (–EF) 148,2×80×40,6 мм, вес 660 г.

Компактные ИП серии ECH450 достигают уровня кондуктивных помех EN55011/32 Level B. Наряду с этим они обеспечивают очень низкие токи утечки, что делает их подходящими для широкого спектра применений в здравоохранении, информационных технологиях и промышленной автоматизации.

Выбрать модель и заказать ИП ECH450 можно у официального дистрибьютора – компании ПРОСОФТ.

www.prosoft.ru
Тел.: (495) 234-06-36

Рынок конденсаторов в России

Илья Лебедев (ilja78@commarketru.com)

Конденсаторы являются незаменимыми и самыми широко используемыми пассивными электронными компонентами. В статье анализируется рынок конденсаторов в России, его структура и особенности.



Введение

Специалистам, чья работа связана с рынком электронных компонентов, приходится задумываться над структурой спецификаций клиентов по группам товаров, материальным затратам, вероятности продажи, неудовлетворённому спросу и нереализованным продажам. Как правило, при этом составляется отчёт, подобный приведённому в таблице 1. В зависимости от модели бизнеса, условий рынка, особенностей клиентов, линейки брендов, сильных и слабых сторон компании, цифры везде будут разными.

В России насчитывается всего около десятка поставщиков электронных компонентов, в линейке которых присутствуют практически все семейства электронных компонентов (активные и пассивные компоненты, силовая электроника, электромеханические элементы). Остальные поставщики специализируются на чём-то одном: есть чисто проектные дистрибьюторы, есть пассивные, есть монобрендовые, есть даже один поставщик, входящий

в топ-15, но не имеющий ни одного дистрибьюторского соглашения. Некоторые поставщики не хотят заниматься программируемой логикой, другие – аналоговыми компонентами, третьи – пассивными. А ведь пассивные компоненты – самая важная составляющая для поставки клиенту полной спецификации. Какой из пассивных компонентов является самым массовым по материальным затратам и строчкам в спецификации? Если посмотреть в таблицу 1, то ответ очевиден – конденсатор.

Далее проанализируем рынок конденсаторов в России.

Если вы составляли таблицу, подобную таблице 1, то увидите три важных фактора:

1. конденсаторы всегда есть на плате клиента;
2. в сумме конденсаторы могут занимать до 20% от стоимости всех компонентов на плате;
3. невозможно полностью удовлетворить запросы клиента без поставок конденсаторов.

Мировые продажи конденсаторов

Согласно данным из аналитического отчёта компании Raumanok Publications, Inc [1], которая специализируется на отчётах по конденсаторному рынку, в 2018 году объём потребления пассивных компонентов в мире определялся конденсаторами, которые составляли 53% от всех пассивных компонентов (в штучном выражении). Наибольшую долю в общем объёме пассивных компонентов занимают многослойные керамические конденсаторы (MLCC), на втором месте – резисторы, составляющие 44% от общего объёма. В отчётном финансовом 2018 году мировые продажи конденсаторов распределились как показано на рисунке. Общая сумма продаж за 2018 год составила \$22,6 млрд.

Уже несколько десятилетий глобальное потребление пассивных компонентов продолжает изменяться в пользу Китая и Юго-Восточной Азии за счёт других регионов мира. Прежде всего это связано с переносом предприятий

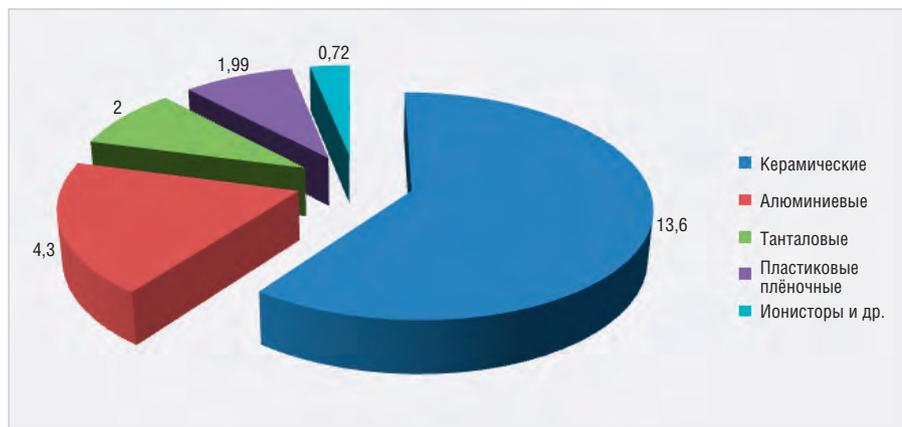
Таблица 1. Ориентировочная структура (наличие в спецификации)

Тип продукта	% строк в BOM*	% от суммы BOM	% продаж от всех запросов	Наличие в BOM
Резисторы	25	2	25	100
Аналоговые ИС	4	20	13	23
Микроконтроллер	2	15	10	15
Конденсатор	20	20	5	100
Разъёмы и соединители	7	3	50	50
Логическая ИС	2	1	60	68
Дроссель	4	2	45	–
Частотный резонатор	1	2	90	56
Диод	5	1	80	100
Защита	1	0,5	10	24
Фильтры	1	1	10	20
Другие	28	32,5	43	56

Примечание: BOM (Bill of Materials).

Таблица 2. Топ-13 поставщиков конденсаторов в мире

№	Поставщик	Выручка 2015 года, млрд долл.	Выручка 2018 года, млрд долл.	Рыночная доля, %
1	Murata	2918	4018	17,8
2	Samsung	1727	2308	10,2
3	Kyocera / AVX Caps	1221	1559	6,9
4	Taiyo Yuden	999	1363	6,0
5	TDK (EPCOS)	1332	1345	6,0
6	Nippon Chemi-Con	976	1130	5,0
7	KEMET	834	1125	5,0
8	NICHICON	835	1072	4,8
9	Rubycon	550	860	3,8
10	Panasonic / Sanyo	763	750	3,3
11	YAGEO	435	565	2,5
12	Vishay	420	403	1,8
13	Walsin	226	350	1,6



Мировые продажи конденсаторов по группам в 2018 году (млрд долл. США)

электронной промышленности в Китай и Азию, а также развитием OEM-производств, самым известным из которых является тайваньский Foxconn.

К 2023 году ожидается, что на Китай и Азию будут приходиться 63% потребления, на Европу – 13%, на Америку – 13%, на Японию – 11%. Между 2007 и 2018 годами потребление конденсаторов в Китае и Юго-Восточной Азии увеличилось на 27%. Китай и азиатские рынки конденсаторов оцениваются в \$14 115 млн (за финансовый 2018 год). Японский рынок конденсаторов оценивается в \$2725 млн, европейский рынок – в \$2847 млн. Конденсаторные рынки в Северной и Южной Америке оцениваются в \$2864 млн. Распределение продаж по мировым брендам показано в таблице 2.

Российский импорт конденсаторов

В 2019 году через таможенную Российскую Федерацию официально было пропущено всех разновидностей конденсаторов по таможенному коду 8532 (конденсаторы электрические постоянные, переменные или подстроечные) на сумму \$99 млн.

Автор счёл необходимым несколько скорректировать эти данные, например, были удалены бренды Toyota и Skoda с описанием «для производства автомобилей», были также исключены ABB Automation, ООО «Самсунг Электроникс Рус Калуга», LG Electronics и ООО «ЛГ Электроникс Рус» – компании, конденсаторы которых идут на собственное производство. В сумме все эти вычеты значительны и составляют \$9 млн. По убеждению автора, эти поставки де-факто российские, но де-юре – нет. Кроме того, у участников российского рынка нет никаких шансов поставлять данные конденса-

торы этим предприятиям напрямую в России. Если вычесть цифры вышеуказанных предприятий, то остаются \$89,5 млн.

Согласно данным компании Gartner, в её исследованиях глобального рынка полупроводниковой продукции итоги падения в 2019 году составили 11,6% от уровня 2018 года. По данным Raumanok Publications, мировые продажи конденсаторов в 2019 году составили \$19 млрд, или 15,9% от уровня 2018 года. Для получения цифры продаж в 2019 году по брендам и по типу автор использовал коэффициент 0,85 от уровня 2018 года.

Итак, российские продажи составили \$89,5 млн, а мировые – \$19 млрд. Получается, что российский рынок импорта в мировых продажах занимает 0,46%. Это в 2 раза ниже общепринятой цифры в 1% доли мировых продаж, принятой на российском рынке.

Внимательный читатель мог заметить, что отчёт Raumanok Publications включает в себя только некоторые виды конденсаторов. Импорт по коду 8532 немного шире по номенклатуре, поэтому реальные цифры будут ещё меньше, чем \$89 млн и 0,46%. Тут возможны два варианта: либо цены для российских импортёров уникально ниже общемировых, либо общепринятая цифра в 1% сильно завышена.

Импорт по производителям представлен в таблице 3. В таблице объединены бренды TDK и EPCOS, а компания АТС, производитель высоконадёжных конденсаторов, резисторов, индуктивностей, является дочерним предприятием AVX, которая, в свою очередь, является дочерней компанией японского гиганта Kyocera, представлена отдельно.

Всего в Россию поставляют конденсаторы более 100 различных произ-

Таблица 3. Ведущие поставщики конденсаторов в Россию (импорт по брендам за 2019 год)

№	Изготовитель	Сумма, долл.
1	TDK (EPCOS)	10 127 483,00
2	Murata Electronics Co. LTD	7 338 729,00
3	AVX Corporation	7 049 687,00
4	YAGEO Corporation	6 301 647,00
5	Vishay	5 898 488,00
6	Samsung	5 556 892,00
7	KEMET	3 412 862,00
8	American Technical Ceramics	2 395 105,00
9	Panasonic	2 359 468,00
10	Electronicon Kondensatoren GmbH	2 158 968,00
11	HITANO Enterprise	1 406 136,00
12	API Technologies	1 401 488,00
13	United Chemi-Con	1 386 337,00
14	TEAPO Electronic	1 089 647,00
15	NICHICON	1 083 871,00
16	EXXELIA S.A.S	1 013 847,00
17	Walsin	933 476,00
18	RTR ENERGIA S.L.	795 806,00
19	JIWEICHENG Electronic	789 823,00
20	MAXWELL Technologies	763 863,00
21	FENGHUA	742 297,00
22	WÜRTH Electronic Co. LTD.	732 536,00
23	SAMWHA	711 704,00
24	JB CAPACITORS COMPANY	707 213,00

Таблица 4. Топ-20 импортёров конденсаторов в 2019 году

Место	Сумма, долл.	Тип
1	7 000 408,00	Посредник
2	5 985 208,00	Посредник
3	2 802 885,00	Производитель
4	2 176 283,00	Посредник
5	2 145 219,00	Посредник
6	1 980 241,00	Производитель
7	1 877 454,00	Посредник
8	1 739 218,00	Посредник
9	1 700 304,00	Посредник
10	1 511 672,00	Производитель
11	1 386 640,00	Посредник
12	1 367 767,00	Таможенный брокер
13	1 299 679,00	Посредник
14	1 274 076,00	Производитель
15	1 208 511,00	Посредник
16	1 174 881,00	Посредник
17	1 134 620,00	Производитель
18	1 127 792,00	Посредник
19	1 083 485,00	Посредник
20	1 082 933,00	Производитель

водителей, половина из которых не имеют ни дистрибьюторов, ни представительств. Но почти все производители из таблицы 3 сотрудничают с дистрибьюторами. Это лишний раз доказывает, что производителям, желающим увеличивать долю рынка в России, остро необходимы дистрибьюторы. Из списка топ-20 импортёров (см. табл. 4) видно, что 14 из них являются посредниками.

Таблица 5. Структура импортёров по сумме импорта

Объём продаж, долл.	Количество импортёров	Сумма, млн долл.
Больше 1 млн	20	41
100 тыс. – 1 млн	122	36,5
10 тыс. – 100 тыс.	306	10
1 тыс. – 10 тыс.	406	1,65

Таблица 6. Страны-экспортёры конденсаторов в РФ

Страна	Объём продаж, долл.
Германия	26 322 518,00
Гонконг	12 920 228,00
Китай	8 466 832,00
США	7 043 944,00
Великобритания	5 039 872,00
Тайвань (Китай)	4 109 528,00
Бельгия	4 096 989,00
Сингапур	2 660 633,00
Чехия	1 519 412,00
Швейцария	1 375 992,00
Словакия	1 286 885,00

Пусть читателя не смущает слово «посредник». Россия в этом плане – уникальная страна: от 50 до 90% продаж, в зависимости от бренда или продукта, приходится на посредников. В данном контексте термин «посредник» описывает всю палитру партнёрских отношений: от дистрибьютора и брокера до личных связей и фирм-однодневок. Повторюсь, если вы хотите увеличивать долю рынка в России, то без дистри-

бьюторов или своего представителя не обойтись. И это утверждение справедливо как для зарубежных производителей, так и для российских. Почти во всех статьях автор подчёркивает, что отсутствие у российских производителей «гражданских» (работающих исключительно на рынке гражданской продукции) дистрибьюторов – большая ошибка. Несомненно, у части крупных российских производителей есть дистрибьюторы, но, разобравшись, становится очевидно, что почти все они специализируются на закрытом рынке и работают по другим правилам. Структуру импортёров можно посмотреть в таблице 5.

Следующие две таблицы показывают страну, где был продан товар (см. табл. 6) и объёмы импорта от первых двух поставщиков в этой стране (см. табл. 7).

Как обстоят дела с производством конденсаторов в России? По сравнению с микросхемами – великолепно. Однако информации по рынку и его структуре найти практически невозможно. По микропроцессорам имеются сотни статей и новостей, по конденсаторам – единицы. В России есть такие заводы по производству конденсаторов, как Северо-Задонский завод, ООО «Кузнецкий завод конденсаторов», завод «Ньюкон», ОАО «Кулон», ОАО «Завод «МЕЗОН», ОАО «НЗР «Оксид», ОАО «Поликонд», ОАО «Завод Реконд», ОАО «Элеконд». Собственно, это и будет вся информация, которую можно собрать о рынке российских производителей конденсаторов. В основном производство

в России сосредоточено на электролитических, силовых конденсаторах и конденсаторных установках.

«Кровь» любой электроники – керамические конденсаторы – не занимают значимой доли в структуре российского производства. «Росэлектроника», входящая в Госкорпорацию «Ростех», в 2016 году сообщала, что «освоила выпуск керамических конденсаторов, способных заместить до 40% аналогичных импортных изделий, использующихся в российской радиоэлектронной аппаратуре военного назначения». Ключевое слово – «военной», т.е. в гражданском секторе их использование даже не предполагалось.

В связи с этим оценить объём продаж для сравнения можно только условно. Согласно данным Федеральной службы государственной статистики, средние цены на конденсаторы электрические в 2019 году составили 413 рублей, или \$6,4 (по среднему курсу) за штуку. Общее количество произведённых электрических конденсаторов составило 26,9 млн штук.

Объём мировых поставок конденсаторов в 2018 году составил примерно 2,026 трлн штук, а в 2019 – примерно 1,76 трлн штук при \$19 млрд продаж. Следовательно, в 2019 году средняя цена конденсатора составила 0,011 центов. Читателя не должна удивлять такая астрономическая разница, просто нужно учитывать следующие моменты.

Росстат Российской Федерации на своём сайте никак не делит конденсаторы по типам, для них все конденса-

Таблица 7. Страна-экспортёр в РФ и два крупнейших производителя

Страна	Изготовитель	Сумма, долл.
Германия	TDK (EPCOS)	7 701 423,00
	Samsung	2 714 837,00
Гонконг	YAGEO Corporation	1 708 016,00
	Murata Electronics Co. LTD	1 405 467,00
Великобритания	American Technical Ceramics	1 700 803,00
Индонезия	Sanyo JAYA Components	546 366,00
США	API Technologies	1 386 893,00
	KEMET	851 378,00
Тайвань (Китай)	HITANO Enterprise	1 375 447,00
	YAGEO Corporation	458 971,00
Бельгия	Murata Electronics Co. LTD	853 396,00
	AVX Corporation	781 486,00
Франция	EXXELIA S.A.S	777 370,00
	ALPES Technologies (Group LEGRAND)	316 378,00
Китай	FENGHUA	566 541,00
	YAGEO Corporation	477 664,00

Таблица 8. Продажи конденсаторов в 2018 и 2019 годах

Изготовитель	2018 год, мировые продажи, млн долл.	2019 год, продажи в России, млн долл.	Доля России, %
Murata	4018	7,3	0,18
Samsung	2308	5,5	0,23
Kyocera / AVX / ATC	1559	9,4	0,60
Taiyo Yuden	1363	–	0
TDK (EPCOS)	1345	10,1	0,75
Nippon Chemi-Con	1130	1,38	0,12
KEMET	1125	3,4	0,30
NICHICON	1072	1,08	0,10
Rubycon	860	–	0
Panasonic / Sanyo	750	2,3	0,30
YAGEO	565	7,4	1,30
Vishay	403	5,9	1,46
Walsin	350	0,9	0,25

торы – конденсаторы электрические. Для Росстата керамический конденсатор и конденсаторы для электроподвижного состава находятся в одной группе продукции. В целом это неплохо, если бы производство керамических конденсаторов в корпусах 0402, 0603 и т.д. было бы на уровне мирового, т.е. 44% от общего количества конденсаторов.

При этом один из посредников, входящих в топовую пятёрку таблицы 4, только в 2018 году и только керамических конденсаторов продал в России больше 200 млн штук. Только подумайте: все заводы в России вместе сделали 22,6 млн штук, включая керамику от «Ростех», а один посредник (из более чем 300 импортёров) продал более 200 млн штук. Здесь же стоит упомянуть, что в Стратегии развития электронной промышленности России слово «конденсатор» не встречается ни разу!

Конденсаторы российского производства применяются в следующих областях: военная и космическая продукция, источники вторичного электропитания, частотные преобразователи, установки для плавки и термообработки металлов, блоки защиты электродвигателей от перенапряжения, накопительные и фильтрующие сегменты развязочных цепей, полупроводниковые устройства, судостроение, железнодорожный транспорт, радиотехническое оборудование. То есть мы (в России) практически не делаем конденсаторов для бытовой техники, на обычные платы гражданского назначения. От этого и возникает цена \$6,4.

Несмотря на то что приведённые цифры порождают больше вопросов, чем ответов, можно умножить 22,6 млн штук на \$6,4 и получить объём внутреннего рынка электрических конденсаторов – \$144,6 млн. В сумме импорт и внутренний рынок составляют \$243 млн. Полученная цифра вызывает очень большие сомнения. Возможно, комментарии сотрудников Росстата или Департамента радиоэлектронной промышленности, прочитавших эту статью, помогут прояснить ситуацию. В довершение автор обращает внимание на тот факт, что в 2019 году Россия экспортировала

конденсаторов по коду 8532 на сумму \$3 млн.

В заключение сравним объёмы продаж в таблице 1 с продажами в России (см. табл. 8). Автор предполагает, что только в Vishay и YAGEO видят Россию на своих графиках продаж. Продажи таких гигантов, как Rubycon и Taiyo Yuden, даже не попали в таблицу 3. Необходимо уточнить, что объединение продаж брендов происходило по следующим известным данным. Nippon Chemi-Con имеет две дочерние компании: United Chemi-Con (в США) и Europe Chemi-Con (в Германии). В 1997 году YAGEO приобрела ещё одну тайваньскую компанию Chilisun и имеет контрольный пакет в Teapo Electronic. Новость о том, что YAGEO приобретает корпорацию KEMET, в настоящем анализе пока не учитывалась, поскольку сделка ещё в процессе. Если всё пройдёт гладко, то объединённая компания брендов YAGEO-KEMET-TEAPO-Chilisun станет самой крупной по объёму импорта конденсаторов в Россию.

конденсаторов по коду 8532 на сумму \$3 млн.

В заключение сравним объёмы продаж в таблице 1 с продажами в России (см. табл. 8). Автор предполагает, что только в Vishay и YAGEO видят Россию на своих графиках продаж. Продажи таких гигантов, как Rubycon и Taiyo Yuden, даже не попали в таблицу 3. Необходимо уточнить, что объединение продаж брендов происходило по следующим известным данным. Nippon Chemi-Con имеет две дочерние компании: United Chemi-Con (в США) и Europe Chemi-Con (в Германии). В 1997 году YAGEO приобрела ещё одну тайваньскую компанию Chilisun и имеет контрольный пакет в Teapo Electronic. Новость о том, что YAGEO приобретает корпорацию KEMET, в настоящем анализе пока не учитывалась, поскольку сделка ещё в процессе. Если всё пройдёт гладко, то объединённая компания брендов YAGEO-KEMET-TEAPO-Chilisun станет самой крупной по объёму импорта конденсаторов в Россию.

Литература

1. <https://www.paumanokgroup.com/>.



ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО

ЭЛЕКОНД

**оксидно-электролитические
алюминиевые конденсаторы**
K50-15, K50-17, K50-27, K50-37, K50-68, K50-74,
K50-76, K50-77, K50-80, K50-81, K50-83, K50-84,
K50-85, K50-86, K50-87, K50-88, K50-89, K50-90,
K50-91, K50-92, K50-93, K50-94, K50-95(чип),
K50-96, K50-97(чип), K50-98

объемно-пористые танталовые конденсаторы
K52-1, K52-1M, K52-1БМ, K52-1Б, K52-9, K52-11,
K52-17, K52-18, K52-19, K52-20, K52-21, K52-24,
K52-26(чип), K52-27(чип), K52-28

**оксидно-полупроводниковые
танталовые конденсаторы**
K53-1А, K53-7, K53-65(чип), K53-66,
K53-68(чип), K53-71(чип), K53-72(чип),
K53-74(чип), K53-77(чип), K53-78(чип)

ионисторы (суперконденсаторы)
K58-26, K58-27

**накопители электрической энергии
на основе модульной сборки
суперконденсаторов**

КОНДЕНСАТОРЫ

разработка и производство



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



Реклама

Разработка RFID-меток: что нового?

Максим Селиванов (smv@siltech.ru)

В прошлых номерах автор рассказывал о технологии RFID, видах радиометок, о том, как и где они применяются. Сегодня вы узнаете о новшествах рынка RFID-меток, их особенностях и различиях.

Всё дело в металле

Одним из перспективных направлений в микроэлектронике, ориентированном на RFID-сектор, является применение в инлеях особого вида антенн, которые профессионалы называют «3D». Не вдаваясь в технические подробности, можно сказать, что эти антенны обладают большей чувствительностью и позволяют улавливать сигнал на гораздо большем расстоянии, в отличие от обычных плоских антенн. Как правило, эта дистанция составляет около 10 м. Один из секретов: антенна использует металл, на который закрепляется метка, в качестве усилителя сигнала.

Благодаря этой особенности, сфера применения 3D-меток очень обширная – практически везде, где требуется дистанционная идентификация на металлических поверхностях. Например, это может быть оборудование на промышленном производстве, стеллажи на складах, транспорт, объекты инфраструктуры, фонарные столбы или трансформаторные будки.

Новое предложение на рынке – метка с креплением на сильных неодимовых магнитах (сплав неодима, бора и железа), которая закрепляется за секунду (см. рис. 1), снимается сдвиганием и

может быть использована сколько угодно раз в циклических производствах, на конвейерах.

С антеннами 3D создана целая серия RFID-продуктов для разных областей использования. Есть 3D-метки, специально предназначенные для крепления в труднодоступных местах или там, где между объектами эксплуатации, которые планируется маркировать, небольшое расстояние. Для таких условий создана специальная низкопрофильная метка с очень устойчивым к внешней агрессивной среде корпусом, который сохраняет свою защитную функцию при климатическом или вибрационном воздействии (см. рис. 2). Кроме того, используются специальные пластики для создания корпусов, которые выдерживают экстремальные температуры и агрессивные жидкости (кислоты, щёлочи), при этом радиофизические свойства инлея остаются неизменными. Универсальные крепления позволяют легко и просто устанавливать метки на различных объектах не только из металла, но из пластика и дерева. Для монтажа можно использовать любые доступные средства – винты, саморезы, шурупы, стяжки, проволоку, двухстороннюю клейкую ленту.

На вкус и цвет...

Современные материалы, используемые в производстве корпусированных RFID-меток, дают возможность разработчикам и технологам реализовывать свои самые смелые идеи – как по форме, так и по цветовой гамме. Почему это важно? Представим большой цех предприятия, наполненный множеством технических объектов (промышленное оборудование, линии, станки, инвентарь), которым нужно определённое внимание. Разнообразная цветовая палитра (см. рис. 3) позволяет добавить дополнительный фактор идентификации объектов, например, в зонах опасного производства, где важна визуальная сигнализация. Это имеет значение также при наличии сложной системы маркировки, когда несколько однотипных агрегатов маркируются в соответствии с разными функциональными характеристиками или признаками. Поэтому большинство новинок на рынке можно заказать практически в любом цвете. Например, корпус может быть изготовлен из прозрачного поликарбоната, который имеет флуоресцентный оранжевый цвет.

Что касается конфигурации корпуса меток, то здесь производители охотно идут навстречу заказчикам и готовы воплотить в жизнь любой креатив. Уже никого не удивит миниатюрными метками (см. рис. 4), круглыми, с обтекаемым корпусом, с встроенными



Рис. 1. RFID-метка S-Tag 3D Slim M на неодимовых магнитах

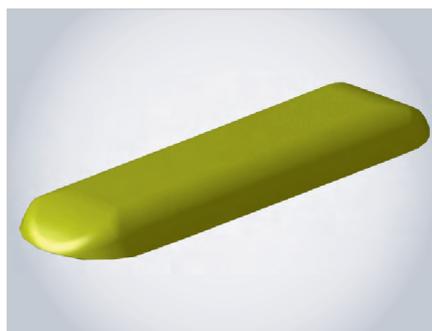


Рис. 2. S-TAG 3D slim F низкопрофильная метка с обтекаемым корпусом



Рис. 3. Разнообразие цветов RFID-меток

ми при литье крепёжными деталями (см. рис. 5). В любую конструкцию даже самой, казалось бы, неудобной формы можно поместить инлей с необходимыми рабочими параметрами. Благо, что производственные и технологические возможности производителей позволяют быстро, буквально в течение пары недель, смоделировать и изготовить пресс-формы для отливки изделий, и запустить в работу тестовую партию.

У природы нет плохой погоды

По крайней мере для современных RFID-меток плохая погода не является фактором риска. Всепогодность, устойчивость к перепадам температур, в том числе, воздействие экстремальных температур и ультрафиолетовых лучей – уже не считаются уникальными параметрами при разработке меток.

Практически все RFID-продукты нового поколения сейчас проектируются чаще всего с индексом IP (Ingress Protection Rating, англ. – степень защиты от проникновения) на уровне 68, что означает полную защиту от пыли и воды. Это обеспечивается большим выбором и высоким качеством исходных материалов, комбинация которых и даёт такой эффект. У каждого производителя в арсенале имеется свой собственный уникальный набор различных пластиков – поликарбонат,



Рис. 4. Миниатюрная круглая метка 3D-mini

полипропилен, АВС, эластомер и т.д. Путём расчётов и экспериментов под разные изделия подбирается отдельный состав ингредиентов с учётом тех условий, в которых будет эксплуатироваться будущая метка.

Одна из новинок рынка – миниатюрная всепогодная метка для использования преимущественно вне помещений на любых поверхностях, в том числе на уличных подвижных объектах: автомобильном и железнодорожном транспорте, погрузчиках, электрокарах, дронах. Компоненты, из которых состоит корпус этой метки, позволяют сделать её низкобюджетным продуктом, при этом она имеет компактный размер и обеспечивает достаточно большую дальность считывания для меток подобного типа – до 15 м.

Для подтверждения радиофизических характеристик инлея и надёжности корпуса все новые модели меток



Рис. 5. S-TAG AUTO метка с закладным крепежом

проходят обязательное тестирование на современном высокоточном измерительном оборудовании, в безэховой и климатической камерах. Эти качества должны быть безупречны для гарантии стабильной работы метки в «полевых» условиях.

Кое-что уникальное

В завершении этой статьи хочется упомянуть ещё об одной RFID-метке, которую уже нельзя считать новинкой, но пока она является уникальной в своём роде на российском рынке. Её эксклюзивное качество: дальность считывания – 42 м, которая достигается за счёт особого вида инлея и конструктивных особенностей корпуса.

Тем не менее, уже в этом году ожидается появление метки, способной считываться на расстоянии более 50 м в таких же условиях. Так что, ждите новинку!



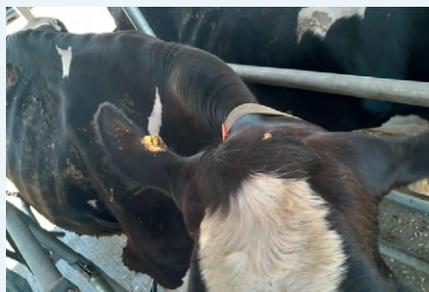
НОВОСТИ МИРА

UHF-метка использует ухо животного как часть антенны

В настоящий момент животноводы и фермеры всего мира уделяют всё большее внимание радиочастотной идентификации поголовья скота. Причина понятна: это удобство и высокая скорость распознавания каждого животного, мгновенная связь с базами данных и получение всей информации и истории о нём (дата рождения, порода, перенесённые болезни, прививки). На сегодняшний день наибольшее распространение получили RFID-бирки с частотой LF (низкочастотный диапазон 134,2 /125 кГц).

Основной недостаток данных бирок в этом диапазоне – это отсутствие возможности считать группу и крайне низкая дальность, которая не превышает 30 см ручным считывателем. Поэтому во многих случаях такие системы, построенные на LF-диапазоне, малоэффективны, и обычно на практике ограничиваются только считыва-

нием конкретного животного у ветеринара или у доильного автомата (т.е. пришла корова и «показала свой паспорт»).



Но что же делать с желанием фермера автоматизировать и упростить учёт всего поголовья, как быстро находить в стаде нужное животное, как легко контролировать перемещение сотен голов, да ещё и не переплачивать? RFID-технология может решить эти задачи, только диапазон должен быть выбран уже другой – UHF (860–960 МГц).

В 2019 г. была разработана уникальная компактная (Ø34 мм) пассивная UHF-бирка.

По факту – это первая в мире пассивная дешёвая компактная метка для крупного и мелкого рогатого скота, не просто хорошо работающая в UHF-диапазоне, но и на всех разрешённых диапазонах РФ, Европы и США. Можно смело ей присвоить звание GLOBALLY.

«Данная метка использует ухо животного как часть антенны. После установки новейшая бирка раскрывает весь свой потенциал по дальности и работает на стабильных 2...3 м, – рассказывает Дмитрий Нечаев, начальник проектного отдела ГК «Силтэк». – В настоящий момент проведены различные испытания на животных в фермерских хозяйствах и некоторые из них уже переходят на данную систему, использующую UHF-диапазон. Всё больше хозяйств интересуются данной технологией, как с точки зрения учёта, так и с точки зрения контроля определённых событий поведения животного – подхода к краю фидлота для приёма пищи, прохода через ворота и пр.»

Профессиональный стандарт для рабочих в области производства изделий микроэлектроники

Сергей Максимов (smaximov@mikron.ru),
Лилиана Поликарпова (lpolikarpova@niime.ru),
Ирина Кирюшина (ikiryushina@niime.ru),
Нина Забодаева (nzabodaeva@niime.ru)

В статье представлены общие подходы к разработке и актуализации профессиональных стандартов для рабочих специальностей по направлению «Производство изделий микроэлектроники», таких как «Оператор прецизионной фотолитографии изделий микроэлектроники», «Оператор прецизионного травления изделий микроэлектроники», «Оператор элионных процессов изделий микроэлектроники». Отмечена актуальность данного направления с учётом Стратегии развития электронной промышленности РФ. Приведены основные уровни квалификации рабочих в отрасли по данным направлениям, указаны их компетенции (трудовые функции, знания, умения).

Современный мир невозможно себе представить без электроники. Увеличение доли российской электронной продукции на внутреннем рынке, выход на новые международные рынки, а также обеспечение глобального технологического лидерства – основные акценты, отмеченные в Стратегии развития электронной промышленности Российской Федерации на период до 2030 года, утверждённой Распоряжением Правительства Российской Федерации от 17.01.2020 № 20-р [1]. Основным направлением развития отрасли должно стать создание высокотехнологичной продукции на базе российских технических решений, обеспечивающей реализацию национальных проектов.

Изделия микроэлектроники необходимы для создания передовой военной техники и обеспечения технологической независимости и информационной безопасности наших электронных систем, в том числе и гражданских. Возможности применения российской микроэлектроники напрямую зависят от уровня использованной технологии, для которой требуется освоение производства микроэлектронной продукции на технологическом уровне 28 нм и ниже, а разработки – на уровне 14 нм и ниже.

Для выполнения данных задач необходима подготовка квалифицированного персонала. На данный момент одной из серьёзных кадровых проблем отрасли является неполное соответствие профессиональных компетенций

работников предъявляемым квалификационным требованиям. Для решения этой проблемы необходимо обеспечить актуализацию, разработку и дальнейшее развитие системы профессиональных стандартов. В связи с этим разработка профессиональных стандартов для области производства изделий микроэлектроники является очень актуальной.

Основная цель внедрения профессиональных стандартов заключается в формулировке актуальных требований работодателей к компетенциям работников, системе образования и самостоятельному развитию компетенций работников. Работодатель в данном случае является ключевым элементом процессов внедрения профессиональных стандартов, инициатором и активным участником.

Профессиональные стандарты разрабатываются в соответствии с Постановлением Правительства Российской Федерации от 22 января 2013 г. № 23 «О Правилах разработки и утверждения профессиональных стандартов» [2] во исполнение нормы ст. 195.1 ТК РФ [3] и строятся по единой схеме, которая утверждена в Приказе Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 12 апреля 2013 г. № 147н «Об утверждении Макета профессионального стандарта» [4].

В статье 195.1 Трудового Кодекса РФ понятие «квалификация работника» определяется как «уровень знаний, умений, профессиональных навыков и опы-

та работы работника», а, в свою очередь, «профессиональный стандарт» – как «характеристика квалификации, необходимой работнику для осуществления определённого вида профессиональной деятельности, в том числе выполнения определённой трудовой функции».

Профессиональный стандарт – это многофункциональный нормативный документ, который позволяет структурировать требования к содержанию и условиям труда, квалификации, знаниям, умениям и широким компетенциям работников по различным квалификационным уровням. Внедрение профессионального стандарта необходимо для аттестации работника, чтобы проверить и оценить его компетенцию, запас знаний и его соответствие занимаемой должности.

Общие уровни квалификации в профессиональных стандартах содержатся в отдельном документе – Приказе Минтруда России № 148н от 12 апреля 2013 г. [5]. Квалификация показывает, насколько сложную работу способен выполнять работник. По-другому её можно определить как уровень профессионального мастерства.

Проекты профессиональных стандартов были разработаны рабочей группой в соответствии с требованиями нормативных документов [2, 4, 6, 7] и с использованием справочников и классификаторов ОКВЭД [8], ОКЗ [9], ЕТКС [10], ОКПДТР [11], ОКСО [12]. Разработчиками проектов профессиональных стандартов были проанализированы и систематизированы документы базовых организаций ПАО «Микрон» и АО «НИИМЭ», необходимые для осуществления деятельности операторов при подготовке и управлении оборудованием для проведения технологических операций в маршруте изготовления интегральных схем:

- отраслевые/ведомственные и корпоративные инструкции (в том числе определяющие должностные/функциональные обязанности работни-

Таблица 1. Уровни квалификации в соответствии с пунктом 6 «Правил разработки, утверждения и применения профессиональных стандартов»

Уровень	Показатели уровней квалификации			Основные пути достижения уровня квалификации
	Полномочия и ответственность	Характер умений	Характер знаний	
3	Деятельность под руководством с проявлением самостоятельности при решении типовых практических задач. Планирование собственной деятельности, исходя из поставленной руководителем задачи. Индивидуальная ответственность.	Решение типовых практических задач. Выбор способа действия на основе знаний и практического опыта. Корректировка действий с учётом условий их выполнения.	Понимание технологических или методических основ решения типовых практических задач. Применение специальных знаний.	Основные программы профессионального обучения – программы профессиональной подготовки по профессиям рабочих, должностям служащих, программы повышения квалификации рабочих, служащих (до 1 года). Практический опыт.
4	Деятельность под руководством с проявлением самостоятельности при решении практических задач, требующих анализа ситуации и её изменения. Планирование собственной деятельности и/или деятельности группы работников, исходя из поставленных задач. Ответственность за решение поставленных задач или результат деятельности группы работников.	Решение различных типов практических задач. Выбор способа действия из известных на основе знаний и практического опыта. Текущий и итоговый контроль, оценка и коррекция деятельности.	Понимание научно-технических или методических основ решения практических задач. Применение специальных знаний. Самостоятельная работа с информацией.	Образовательные программы среднего профессионального образования – программы подготовки квалифицированных рабочих (служащих). Основные программы профессионального обучения – программы профессиональной подготовки по профессиям рабочих, должностям служащих, программы переподготовки рабочих, служащих, программы повышения квалификации рабочих, служащих. Практический опыт.

- ков), квалификационные характеристики, описания рабочих мест;
- отраслевые/ведомственные и корпоративные нормативные акты (приказы, постановления, распоряжения), содержащие сведения о номенклатуре видов профессиональной деятельности/профессий, об определении уровня квалификации при присвоении разрядов/квалификационных категорий/классов и т.п.;
 - технологические карты, относящиеся к данному виду профессиональной деятельности;
 - техническая документация на лабораторное и промышленное оборудование.

Для определения квалификационной структуры проанализирована нормативная документация каждой организации, представляющая собой детальное описание технологических процессов, фиксирующая порядок выполнения операций в рамках определённой алгоритмизированной деятельности. Также были проанализированы должностные инструкции рабочих, занятых в технологических процессах, по виду профессиональной деятельности.

При проведении функционального анализа видов профессиональной деятельности для направления «Производство изделий микроэлектроники» были актуализированы обобщённые трудовые функции (ОТФ) и составляющие их трудовые функции.

Каждая обобщённая трудовая функция – это перечень связанных между собой трудовых функций, которые образовались в результате разделения труда в конкретном производственном процессе. Выполнение трудовых функций обеспечивается наличием описываемых в профессиональном стандарте знаний и навыков, необходимых для выполнения, а также требованиями к

образованию, обучению и опыту практической деятельности в соответствии с уровнем квалификации.

Данные проекты прошли профессиональную экспертизу с участием представителей профессиональной деятельности по направлению «Производство изделий микроэлектроники». Основной задачей при выборе организаций являлась репрезентативность выборки по следующим критериям: статистический, ресурсно-экономический, аналитический. Экспертами выступили представители следующих научно-производственных и производственных организаций – ведущих предприятий по производству изделий микроэлектроники:

- АО «Ангстрем»;
- ФГБНУ «НПК «Технологический центр»;
- АО «ЗИТЦ»;
- НИУ «МИЭТ»;
- ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет»;
- АО «Ангстрем-Т»;
- ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН;
- ФГАОУ ВО ЮФУ;
- ОАО «НИИТМ»;
- ООО «Крокус Наноэлектроника».

Основываясь на анализе нормативных и методических документов, а также имеющихся в отрасли профессиональных стандартов, с учётом корректировки замечаний экспертов, были сформулированы основные компетенции рабочих, участвующих в выполнении следующих технологических процессов изготовления изделий микроэлектроники: прецизионной фотолитографии, прецизионного травления, элионных процессов. Анализ уже разработанных в отрасли профессиональных стандартов позволил систематизировать информацию, необходимую для решения проектно-исследовательских задач.

Для формулировки обобщённых трудовых функций были проведены экспертные опросы и использован специальный инструментальный для проведения полужурнализованного фокусированного интервью на предприятиях по производству изделий микроэлектроники.

Проекты профессиональных стандартов «Оператор прецизионной фотолитографии изделий микроэлектроники», «Оператор прецизионного травления изделий микроэлектроники», «Оператор элионных процессов изделий микроэлектроники» содержат требования к специалистам 3–4-го уровней квалификации. Оценка уровня квалификации была проведена в соответствии с пунктом 6 «Правил разработки, утверждения и применения профессиональных стандартов», утверждённых постановлением Правительства Российской Федерации от 22 января 2013 г. № 23 (см. табл. 1) [2].

Уровни квалификаций Российской Федерации применяются в целях:

- международной и межотраслевой сопоставимости квалификационных уровней для формирования единой системы квалификаций и обеспечения трудовой мобильности граждан;
- разработки отраслевых уровней квалификаций и установления единых требований к квалификации работников и выпускников образовательных организаций при разработке профессиональных и образовательных стандартов, программ профессионального образования, проведении оценки результатов образования и формировании системы сертификатов.

В уровнях квалификации важную роль в деятельности работника играет показатель широты полномочий и ответственности. Он определяется степенью самостоятельности профессио-

Таблица 2а. Классификатор ОТФ и составляющих их трудовых функций по направлению «Оператор прецизионной фотолитографии изделий микроэлектроники»

Обобщённые трудовые функции		Трудовые функции		Уровень квалификации
Код	Наименование	Код	Наименование	
А	Проведение технологических процессов формирования фоторезистивной маски изделий микроэлектроники.	A/01.3	Проведение технологического процесса нанесения фоторезиста на поверхность подложки изделий микроэлектроники.	3
		A/02.3	Совмещение и экспонирование фоторезистивной маски изделий микроэлектроники.	
		A/03.3	Проявление фоторезистивной маски изделий микроэлектроники.	
		A/04.3	Контроль параметров фоторезистивной маски изделий микроэлектроники.	
В	Оптимизация и контроль параметров технологических процессов формирования фоторезистивной маски изделий микроэлектроники.	B/01.4	Контроль параметров технологических процессов прецизионной фотолитографии изделий микроэлектроники.	4
		B/02.4	Оценка влияния параметров технологического оборудования и свойств используемых материалов на контролируемые параметры технологических процессов прецизионной фотолитографии изделий микроэлектроники.	
		B/03.4	Анализ видов и причин технологических несоответствий, возникающих при проведении процессов формирования фоторезистивной маски изделий микроэлектроники.	

Таблица 2б. Классификатор ОТФ и составляющих их трудовых функций по направлению «Оператор прецизионного травления изделий микроэлектроники»

Обобщённые трудовые функции		Трудовые функции		Уровень квалификации
Код	Наименование	Код	Наименование	
А	Проведение операций химической очистки и жидкостного прецизионного травления изделий микроэлектроники и контроль качества продукции на автоматических и полуавтоматических установках.	A/01.3	Проведение операций химической очистки и жидкостного прецизионного травления в соответствии с маршрутной картой при производстве изделий микроэлектроники.	3
		A/02.3	Контроль качества проведения операций химической очистки и жидкостного прецизионного травления изделий микроэлектроники путём осуществления замеров параметров на измерительном оборудовании в соответствии с контрольной картой на изделие.	
		A/03.3	Выполнение действий при выявлении отклонений от установленных требований при проведении операций химической очистки и жидкостного прецизионного травления изделий микроэлектроники.	
В	Проведение периодических аттестаций автоматических и полуавтоматических установок химической очистки и жидкостного прецизионного травления изделий микроэлектроники, а также реставрации непродуктовых пластин.	B/01.4	Подготовка непродуктовых пластин и выполнение операций аттестации установок химической очистки и жидкостного прецизионного травления изделий микроэлектроники.	4
		B/02.4	Выполнение действий при отклонении результатов аттестаций установок химической очистки и жидкостного прецизионного травления изделий микроэлектроники от контрольных границ значений параметров.	
		B/03.4	Проведение реставрации непродуктовых пластин на автоматических и полуавтоматических установках производства изделий микроэлектроники.	

Таблица 2в. Классификатор ОТФ и составляющих их трудовых функций «Оператор элионных процессов изделий микроэлектроники»

Обобщённые трудовые функции		Трудовые функции		Уровень квалификации
Код	Наименование	Код	Наименование	
А	Проведение элионных процессов производства изделий микроэлектроники на установках ионного легирования, плазмохимического травления, осаждения и напыления, контроль качества рабочей продукции.	A/01.3	Подготовка установок и материалов к проведению элионных процессов при производстве изделий микроэлектроники.	3
		A/02.3	Выполнение элионных процессов на установках при производстве изделий микроэлектроники.	
		A/03.3	Проведение измерительных операций готовой продукции после проведения элионных процессов при производстве изделий микроэлектроники.	
		A/04.3	Ведение записей по качеству готовой продукции после завершения элионных процессов при производстве изделий микроэлектроники.	
		A/05.3	Выявление несоответствующих стандартам изделий микроэлектроники при проведении элионных процессов.	
		A/06.3	Анализ несоответствий изделий микроэлектроники при проведении элионных процессов.	
В	Аттестация установок ионного легирования, плазмохимического травления, осаждения и вакуумного напыления для проведения элионных процессов производства изделий микроэлектроники.	B/01.4	Подготовка мониторинговых (нерабочих) пластин для аттестации установок для проведения элионных процессов производства изделий микроэлектроники.	4
		B/02.4	Проведение тестов готовности установок для проведения элионных процессов производства изделий микроэлектроники.	
		B/03.4	Выполнение измерительных операций на мониторинговых (нерабочих) пластинах после проведения тестов готовности установок для проведения элионных процессов производства изделий микроэлектроники и перевод установок в работоспособное состояние.	

нальной деятельности, её масштабом, социальными, экологическими, экономическими и другими последствиями, а также полнотой реализации в профессиональной деятельности основных функций руководства (целеполагание, организация, контроль, мотивация исполнителей).

В проектах профессиональных стандартов «Оператор прецизионной фото-

литографии изделий микроэлектроники», «Оператор прецизионного травления изделий микроэлектроники», «Оператор элионных процессов изделий микроэлектроники» виды профессиональной деятельности были декомпозированы на две обобщённых трудовых функции. Описание ОТФ, входящих в вид профессиональной деятельности, и обоснование их отне-

сения к конкретным уровням квалификации представлены в таблицах 2а-в. Обоснование установленного уровня квалификации проведено с учётом тарифно-квалификационных характеристик, содержащихся в Едином тарифно-квалификационном справочнике работ и профессий рабочих [10].

При выделении ОТФ разработчики проектов стандартов ориентирова-

Таблица 3а. Основные умения и знания, необходимые для выполнения трудовых функций по направлению «Оператор прецизионной фотолитографии изделий микроэлектроники»

Умения	Знания
<ul style="list-style-type: none"> ● Определять, выставлять и регулировать на оборудовании параметры технологического процесса нанесения фоторезиста; ● проводить контроль качества сформированной фоторезистивной плёнки; ● определять тип фотошаблона для процесса экспонирования; ● делать отъём фотошаблона на проведение контроля повторяющихся дефектов; ● определять режимы процесса экспонирования; ● проводить контроль качества проявления фоторезистивной плёнки; ● проводить измерения параметров фоторезистивной маски; ● проводить идентификацию продукции; ● оформлять записи по качеству; ● проводить замеры толщины плёнки фоторезиста; ● проводить замеры линейных размеров контролируемых элементов и величины рассовмещения слоёв фоторезистивной маски; ● идентифицировать рабочую продукцию для её размещения на месте хранения; ● определять оптимальное значение параметров процесса фотолитографии; ● регулировать параметры процесса фотолитографии; ● работать с микроскопом и средствами контроля параметров фоторезистивной маски; ● идентифицировать несоответствующую продукцию; ● вести записи по качеству (заполнение рабочих журналов, сопроводительных листов, сигнальных талонов, сравнение полученных результатов с требованиями контрольной карты). 	<ul style="list-style-type: none"> ● Межоперационное время хранения подложки; ● методы и режимы нанесения фоторезиста; ● методы и режимы сушки фоторезистивного слоя; ● виды и свойства используемых материалов; ● сроки годности и условия хранения используемых материалов; ● методы оценки качества фоторезистивной плёнки; ● правила техники безопасности при работе на оборудовании нанесения фоторезиста и проявления фоторезистивной маски; ● требования нормативной документации процессов фотолитографии (требования технологических и контрольных карт, требования технического задания на изделие); ● правила электронно-вакуумной гигиены и работы в чистых помещениях; ● физико-химические основы процесса фотолитографии; ● назначение фотошаблона; ● методы оценки качества фотошаблона; ● роль пелликла; ● виды дефектов при совмещении и экспонировании; ● параметры процессов экспонирования; ● режимы проявления фоторезиста; ● методы оценки качества проявления фоторезистивной плёнки; ● знание контрольной карты и действий при отклонениях; ● режимы выполнения технологических процессов прецизионной фотолитографии; ● режимы работы измерительного оборудования; ● требования сопроводительной документации к контролируемым параметрам технологических процессов фотолитографии изделий микроэлектроники (величина контролируемого линейного размера, точность совмещения слоев структуры, доза облучения, время проявления, толщина плёнки фоторезиста, количество «дефектов» по классификации контрольной карты); ● параметры контроля фоторезистивной маски; ● приёмы работы с оптическим контрольно-измерительным оборудованием; ● свойства поверхности подложки, адгезия; ● виды дефектов при формировании фоторезистивной маски; ● виды, причины и методы устранения брака процессов фотолитографии; ● действия с несоответствующей продукцией; ● критерии несоответствия продукции требованиям документации; ● параметры технологических процессов формирования фоторезистивной маски; ● правила техники безопасности при работе на участке фотолитографии.

Таблица 3б. Основные умения и знания, необходимые для выполнения трудовых функций по направлению «Оператор прецизионного травления изделий микроэлектроники»

Умения	Знания
<ul style="list-style-type: none"> ● Работать в системе автоматизированного управления производством; ● выбирать в работу партию из списка в сменном задании в соответствии с приоритетами обработки, требованиями межоперационного времени хранения, рекомендациями системы автоматизированного управления производством, указаниями начальника смены; ● загружать контейнеры с пластинами на загрузочные устройства автоматизированного оборудования; ● запускать рецепт обработки партии непосредственно на установке либо с помощью сканера; ● осуществлять контроль работы оборудования с помощью устройств отображения информации (мониторов); ● действовать в нестандартных ситуациях, возникающих на оборудовании прецизионного травления; ● работать с микроскопом и другим измерительным оборудованием визуального контроля; ● работать на установках измерения толщин технологических слоёв; ● работать на установках контроля линейных размеров структур; ● работать на установке контроля дефектности пластин без сформированного рисунка; ● работать на установке измерения параметров металлических слоёв; ● запускать измерительные рецепты на измерительных установках непосредственно на установке либо с помощью системы автоматизированного управления производством; ● работать на оборудовании автоматического поиска дефектов на пластинах с топологией после прохождения специализированных курсов обучения работы на установках данного типа; ● работать на установке сортировки пластин; ● идентифицировать партию предупреждающей биркой, останавливать обработку партии в системе автоматизированного управления производством, выполнять проверку соответствия маркировки пластин партии сопроводительному листу, данным автоматизированной системы управления производством; ● обнаруживать пересортицу, обнаруживать несоответствие между контрольной картой в базе системы автоматизированного управления производством и сопроводительным листом на партию; ● обращаться с разбитыми пластинами; ● извлекать вручную пластины из установки в транспортную кассету под руководством инженера по наладке и испытанию оборудования при возникновении сбоя в работе оборудования при обработке изделий микроэлектроники; ● работать с вакуумными пинцетами для перемещения пластин из/в транспортную кассету; ● использовать систему автоматизированного управления производством при проведении тестов проверки технологической готовности оборудования; ● менять статус оборудования работоспособное/неработоспособное; ● осуществлять действия при отклонениях параметров процессов согласно технологическим инструкциям; ● исправлять данные по полученным параметрам после повторных измерений; ● делать записи в журнале передачи смен или в системе автоматизированного управления производством; ● планировать собственную деятельность и/или деятельность группы работников, исходя из поставленных задач; ● соблюдать производственную и трудовую дисциплину, правила внутреннего распорядка, правила и нормы по охране труда и технике безопасности, производственной санитарии и электронной гигиене; ● оказывать первую помощь пострадавшему на производстве. 	<ul style="list-style-type: none"> ● Условия, требуемые для обработки продукции и выполнения процедур проведения технологических операций; ● технологическая документация (операционные карты универсальные, инструкции) по проведению технологических операций на специализированном оборудовании; ● планировка чистого производственного помещения и расположение технологического оборудования; ● наименования и свойства используемых материалов; ● правила обращения с кремниевыми пластинами, кассетами и контейнерами для их хранения и транспортировки; ● правила работы с автоматизированной системой управления производством; ● правила поведения и работы в чистом производственном помещении; ● характеристики сред, влияющих на достижение необходимой точности процесса; ● физико-химические основы и характеристики технологических операций химического травления технологических слоев и очистки поверхности кремниевых пластин; ● основные этапы технологических маршрутов изготовления интегральных микросхем; ● опасные и вредные факторы используемых агрессивных сред; ● техника безопасности работы с жидкими химическими реактивами; ● правила пожарной безопасности при проведении технологической операции; ● критерии качественного травления; ● правила технологической дисциплины, предупреждающие возникновение дефектов травления; ● причины дефектообразования; ● экологические аспекты использования жидких химических реактивов; ● порядок оказания первой помощи пострадавшему на производстве; ● порядок действий при сбойных ситуациях на автоматических и полуавтоматических установках; ● требования производственной и трудовой дисциплины, правила внутреннего трудового распорядка, правила и нормы по охране труда и технике безопасности, производственной санитарии и электронной гигиене; ● действующая система менеджмента качества; ● основы общей химии в необходимом объеме, назначение и свойства применяемых реактивов; ● основы устройства и принципы работы вверенных оператору жидкостного прецизионного травления полуавтоматических и автоматических установок; ● виды дефектов поверхности пластин и каждого технологического слоя; ● контролируемые параметры и границы спецификации технологических операций; ● правила эксплуатации и режимы работы используемого измерительного оборудования; ● физические основы методов контроля толщины технологических слоёв, размеров структур и дефектности поверхности; ● контрольная карта изделия; ● порядок действий при сбойных ситуациях на метрологическом оборудовании; ● отклонения от установленных требований, способные влиять на качество продукции; ● порядок действий при выявлении отклонений от установленных требований; ● правила обращения с несоответствующей и забракованной продукцией; ● виды возможных переделок продукции, которые разрешено проводить операторам в рамках технологической документации; ● типы партий непродуктовых пластин (источники, мониторинг, накопители, реставрируемые, балластные, квалификационные и другие); ● операционные карты универсальные на оборудование прецизионного травления и измерительное оборудование, рабочие технологические инструкции; ● методология и принципы статистического управления процессами; ● технологические инструкции по действиям при отклонении параметров при проведении аттестационных процессов для каждой единицы оборудования; ● контрольные границы значений параметров оборудования; ● причины и порядок проведения внеплановой аттестации оборудования; ● правила ввода информации о проведённой операции; ● порядок разбраковки пластин и отправки на регенерацию; ● нормы контроля для каждого вида вспомогательных пластин.

Таблица 3в. Основные умения и знания, необходимые для выполнения трудовых функций по направлению «Оператор элионных процессов изделий микроэлектроники»

Умения	Знания
<ul style="list-style-type: none"> ● Определять техническое и технологическое состояние установок в автоматизированной системе управления производством; ● подготавливать установки ионного легирования, плазмохимического травления, осаждения и вакуумного напыления к проведению элионных процессов в соответствии с сопроводительной документацией; ● работать с материалами, сырьём и установками, используемыми для проведения элионных процессов; ● работать с технологической оснасткой; ● работать в автоматизированной системе управления производством; ● определять статус рабочей продукции; ● подготавливать рабочую продукцию в соответствии с требованиями технологической документации; ● определять межоперационное время хранения рабочих пластин; ● работать с рабочими пластинами; ● работать с балластными пластинами; ● работать с кассетами и контейнерами для хранения и транспортировки рабочих пластин; ● работать с вакуумным и щипковым пинцетом; ● выбирать рецепты и режимы обработки из имеющегося перечня на установках; ● иметь навыки работы на установках плазмохимического травления, ионного легирования, осаждения и вакуумного напыления; ● осуществлять контроль работы установок с помощью средств мониторинга в составе оборудования; ● вносить разрешённые изменения в параметры технологических процессов согласно технологической документации; ● определять момент окончания процесса; ● осуществлять действия при нештатных ситуациях, возникающих на установках плазмохимического травления, ионного легирования, осаждения и вакуумного напыления при проведении технологических процессов; ● обеспечивать безопасную эксплуатацию установок при ведении технологического процесса; ● определять техническое состояние измерительного оборудования; ● пользоваться измерительным оборудованием визуального контроля; ● пользоваться измерительным оборудованием контроля толщины диэлектрических и полупроводниковых слоёв; ● пользоваться измерительным оборудованием контроля линейных размеров; ● пользоваться измерительным оборудованием контроля толщины металлических слоёв; ● пользоваться измерительным оборудованием контроля равномерности легирования и степени разрушения поверхности; ● определять виды дефектов изделий микроэлектроники; ● обеспечивать безопасную эксплуатацию измерительного оборудования при ведении процесса измерения; ● выбирать рецепты и режимы измерений для контроля технологической операции из имеющегося перечня на измерительном оборудовании; ● анализировать полученные результаты измерения; ● управлять сопроводительными листами рабочих партий; ● выявлять на рабочих изделиях микроэлектроники отклонения от установленных требований документации; ● регистрировать несоответствующую продукцию; ● осуществлять выгрузку пластин из установки вручную совместно с инженером по наладке и испытаниям оборудования; ● осуществлять взаимодействие со сменным инженером-технологом; ● работать на установке сортировки пластин (сортер); ● определять вид периодической аттестации оборудования в соответствии с графиком периодической проверки; ● работать с мониторными (нерабочими) пластинами; ● работать с кассетами и контейнерами для хранения и транспортировки мониторных (нерабочих) пластин; ● осуществлять введение данных в автоматизированную систему управления производством; ● изменять статус установок в автоматизированной системе управления производством (с работоспособного на неработоспособное и обратно) согласно технологической документации; ● определять средние, максимальные и минимальные значения, разброс параметров при проведении измерений на мониторных пластинах; ● оказывать первую помощь пострадавшему на производстве. 	<ul style="list-style-type: none"> ● Технические характеристики, конструктивные особенности, режимы работы и правила эксплуатации установок ионного легирования, плазмохимического травления, вакуумного напыления и осаждения; ● операционные карты универсальные по выполнению технологических операций на установках плазмохимического травления, ионного легирования, вакуумного напыления и осаждения; ● наименования, физико-химические свойства, назначение и условия применения, а также агрегатные состояния используемых материалов (кислот, щелочей, инертных и реактивных газов); ● расположение технологического и измерительного оборудования; ● правила работы с автоматизированной системой управления производством; ● правила работы с рабочими и балластными пластинами; ● правила работы с кассетами и контейнерами для хранения и транспортировки рабочих пластин; ● правила управления сопроводительными листами; ● межоперационное время хранения рабочих пластин; ● правила работы персонала в чистых производственных помещениях; ● базовые знания в области технологических маршрутов изготовления интегральных микросхем; ● технические характеристики, конструктивные особенности, режимы работы и правила эксплуатации используемого измерительного оборудования; ● требования к контролируемым параметрам технологических процессов; ● методы и способы контроля полупроводниковых, диэлектрических и металлических слоёв; ● план действия при отклонении параметров процесса; ● перечень разрешённых переделок рабочих пластин, а также реставрационных циклов обработки рабочих пластин; ● перечень существенных и несущественных несоответствий изделий микроэлектроники; ● виды несоответствий изделий микроэлектроники при проведении процессов ионного легирования, плазмохимического травления, осаждения и вакуумного напыления; ● причины возникновения несоответствий изделий микроэлектроники при проведении процессов ионного легирования, плазмохимического травления, осаждения и вакуумного напыления; ● порядок действий при обнаружении несоответствий изделий микроэлектроники; ● требования плана контроля установок ионного легирования, плазмохимического травления, осаждения и вакуумного напыления согласно технологической документации; ● требования послеоперационного контроля; ● правила работы с мониторными (нерабочими) пластинами; ● правила работы с кассетами и контейнерами для хранения и транспортировки мониторных (нерабочих) пластин; ● типы партий нерабочих пластин (источники, мониторные, накопители, реставрируемые); ● порядок оказания первой помощи пострадавшему на производстве; ● правила техники безопасности при работе на установках и правила пожарной безопасности; ● требования системы менеджмента качества и экологического менеджмента предприятия.

лись не только на объективную структуру профессиональной деятельности, но и на удобство использования перечня в сфере образования и сфере труда (при приёме на работу, сертификации и т.д.). Также важным аспектом является то, что каждая ОТФ представляет собой завершённый подвид профессиональной деятельности, который может быть выделен в отдельную деятельность. Таким образом, каждая ОТФ при наличии соответствующих образовательных условий может быть освоена отдельно с получением соответствующего сертификата. Особое внимание разработчики уделяли требованию того, что совокупность ОТФ должна полностью раскрывать содержание вида профессиональной деятельности.

Проекты профессиональных стандартов «Оператор прецизионной фотоли-

тографии изделий микроэлектроники», «Оператор прецизионного травления изделий микроэлектроники», «Оператор элионных процессов изделий микроэлектроники» содержат по две ОТФ, отражающие подготовку и эксплуатацию технологического оборудования по каждому из направлений деятельности.

При разработке проектов профессиональных стандартов были разработаны и использованы обобщённые (типовые) классификаторы трудовых функций и трудовых действий, сгруппированных по функциональным областям.

Данный классификатор разрабатывался на основе анализа соответствующих международных и российских стандартов, технологий ведения работ, а также обсуждения с экспертами. Разработка классификатора велась от функциональных областей

через трудовые функции к трудовым действиям и обратно. Такой подход позволил обеспечить полноту покрытия профессиональной деятельности специалиста. Конкретные формулировки трудовых функций и трудовых действий на соответствующих уровнях квалификаций, указанных в проектах стандартов, формировались на основе данных классификаторов с учётом специфики профессии и ОТФ. Основной задачей экспертов-представителей предприятий по производству изделий микроэлектроники являлось определение трудовых функций работников по значимости и частоте их использования в профессиональной деятельности.

На каждый уровень квалификации выделены трудовые функции, которые перечислены в таблицах 2а-в. Эти трудовые функции выбраны таким обра-

зом, чтобы максимально соответствовать целям и задачам профессии на данном уровне квалификаций операторов рассматриваемых направлений.

Анкетирование работников на ведущих предприятиях по производству изделий микроэлектроники позволило декомпозировать трудовые функции на трудовые действия. Под трудовыми действиями понимаются простейшие производственные операции, совершаемые работником в рамках выполнения трудовой функции. Например, в проекте профессионального стандарта «Оператор прецизионного травления изделий микроэлектроники» ТФ А/03.3 «Выполнение действий при выявлении отклонений от установленных требований при проведении операций химической очистки и жидкостного прецизионного травления изделий микроэлектроники» трудовые функции декомпозированы на следующие трудовые действия:

- регистрация выявленного несоответствия продукции изделий микроэлектроники;
- оповещение начальника смены и инженера-технолога для проведения немедленных действий;
- выполнение необходимого дополнительного контроля партии продукции изделий микроэлектроники (визуального, технического, документального) для оценки объёма несоответствия в соответствии с планом действий при выявлении отклонений от установленных требований;
- остановка обработки партии изделий микроэлектроники в автоматизированной системе управления производством и непосредственно на установке.

Основными задачами разработчиков проектов стандартов «Оператор прецизионной фотолитографии изделий микроэлектроники», «Оператор прецизионного травления изделий микроэлектроники», «Оператор эллионных процессов изделий микроэлектроники» при формулировке трудовых действий являлись соблюдение достаточности, диагностичности, поддержание единого синтаксического стандарта. Одной из наиболее сложных задач при проектировании стандартов является формулирование необходимых знаний и умений, которые требуются работнику для выполнения должностных обязанностей. Для выполнения перечисленных выше трудовых функций необходимо наличие у персонала умений и знаний, которые указаны в таблицах 3а-в.

Профессиональный стандарт является основой для установления конкретных требований при выполнении трудовых функций работника с учётом специфики деятельности организации. Положения данных профессиональных стандартов должны также учитываться при формировании ФГОС (Федеральный государственный образовательный стандарт) профессионального образования. Таким образом, решается ещё одна кадровая проблема, которая существует на данный момент в отрасли микроэлектроники: неполное соответствие профессиональных компетенций работников предъявляемым квалификационным требованиям.

Литература

1. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 17 января 2020 г. № 20-р «Стратегия развития электронной промышленности Российской Федерации на период до 2030 года».
2. Постановление Правительства Российской Федерации от 22 января 2013 г. № 23 «О Правилах разработки и утверждения профессиональных стандартов» (с изменениями и дополнениями).
3. Трудовой Кодекс Российской Федерации.
4. Приказ Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 12 апреля 2013 г. № 147н «Об утверждении Макета профессионального стандарта» (с изменениями и дополнениями).
5. Приказ Минтруда России от 12 апреля 2013 г. № 148н «Об утверждении уровней квалификации в целях разработ-

ки проектов профессиональных стандартов».

6. Приказ Минтруда России от 29 апреля 2013 г. № 170н «Об утверждении методических рекомендаций по разработке профессионального стандарта».
7. Приказ Минтруда России от 29 сентября 2014 г. № 667н (ред. от 09.03.2017) «О реестре профессиональных стандартов (перечне видов профессиональной деятельности)».
8. Общероссийский классификатор видов экономической деятельности (утв. Приказом Росстандарта от 31 января 2014 г. № 14-ст) (ред. от 24 декабря 2019 г.).
9. Общероссийский классификатор занятий (принят и введён в действие Приказом Росстандарта от 12 декабря 2014 г. № 2020-ст) ОК 010-2014 (МСК3-08).
10. Единый тарифно-квалификационный справочник работ и профессий рабочих.
11. Постановление Госстандарта РФ от 26 декабря 1994 г. № 367 (ред. от 19.06.2012) «О принятии и введении в действие Общероссийского классификатора профессий рабочих, должностей служащих и тарифных разрядов ОК 016-94».
12. Общероссийский классификатор специальностей по образованию (принят и введён в действие Приказом Росстандарта от 08.12.2016 № 2007-ст) ОК 009-2016.
13. Web-сайт Министерства Труда России: <https://profstandart.rosmintrud.ru/>.
14. Информационно-методические материалы «Развитие системы профессиональных стандартов – 2019 год». ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт труда» Минтруда России, 2019.






СВЧ-блоки

Синтезаторы частот до 20 ГГц, -140 дБн/Гц @ 1 ГГц, при отстройке 10 кГц, умножители частоты
 Атенюаторы, управляемые напряжением до 26 ГГц
 Усилители до 20 ГГц, 0.5 Вт
 I/Q модуляторы / демодуляторы, смесители, фильтры

Приборы

Генераторы сигналов, электронные аттенюаторы, I/Q-модуляторы

www.advantex.ru

Реклама

Производство печатных плат из многослойной керамики

Дмитрий Яковлев (Москва)

В статье рассмотрена практическая и технологическая ценность технической керамики как материала для изготовления печатных плат, а также основные этапы изготовления керамических печатных плат, технологические нюансы и особенности производственного цикла, освоенного в АО «ТЕСТПРИБОР».

Печатная плата представляет собой основу любого электронного изделия, входя в состав компьютеров, сотовых телефонов, военной техники. Появившись более 100 лет назад, печатная плата ознаменовала огромный скачок в развитии радиоэлектронной аппаратуры. Вследствие постоянного ужесточения требований к печатным платам, миниатюризации изделий, разработки высокоинтегрированных сборок возникла необходимость внедрения в производственные циклы нового материала. Помимо этого, получение максимальной производительности при минимальном занимаемом объёме неизбежно вызывает всё более сильное нагревание электронных компонентов. Керамические печатные платы могут применяться в составе гибридных электронных схем, в области силовой электроники, оптоэлектроники и СВЧ-техники, а также могут быть использованы для электрической изоляции конструкций, узлов и элементов различных электронных устройств. Керамика актуальна в связи с обеспечением эффек-

тивного теплоотвода от электронных компонентов с помощью материала основы. При монтаже основание платы может крепиться к радиатору. Пример такой платы показан на рисунке 1.

В настоящее время в силовой электронике и микроэлектронике широко распространены керамические платы и подложки с использованием в качестве основы производственных процессов тонких или толстых плёнок. Компанией «ТЕСТПРИБОР» освоены технологии изготовления однослойных и многослойных плат и подложек из вакуумплотной керамики на основе оксида алюминия (Al_2O_3) и нитрида алюминия (AlN) как по толстоплёночной технологии, так и по тонкоплёночной. Изделия из таких материалов характеризуются:

- высокой теплопроводностью;
- высокой степенью герметичности;
- низким коэффициентом теплового расширения;
- низкими диэлектрическими потерями;
- высокой механической прочностью;

- высоким качеством обработки поверхности.

Первым шагом при проектировании печатных плат из керамики является грамотный выбор материала подложки, который осуществляется, исходя из технических требований заказчика. Компания «ТЕСТПРИБОР» изготавливает и поставляет различного рода спечённые керамические пластины, выполненные из:

- оксида алюминия Al_2O_3 с содержанием его в количестве 92, 96 и 99%;
- нитрида алюминия AlN, в том числе полированного.

Характеристики подложек представлены в таблице.

Толщины пластин варьируются от 0,127 до 2,0 мм, возможно изготовление подложек нестандартной толщины по документации заказчика. В условиях производства АО «ТЕСТПРИБОР» освоена технология изготовления не только односторонних и двухсторонних плат на основе спечённой, но и многослойных плат на основе «сырой» керамики. Диаграмма процесса производства многослойных металлокерамических плат, а также примеры изделий, изготовленных на основе технологии высокотемпературных отожжённых керамических модулей (High Temperature Cofired Ceramics – HTCC), представлены на рисунке 2.

Качество произведённых многослойных печатных плат находится на высоком уровне, так как особое внимание на предприятии уделяется контролю и выбору сырья, используемого при

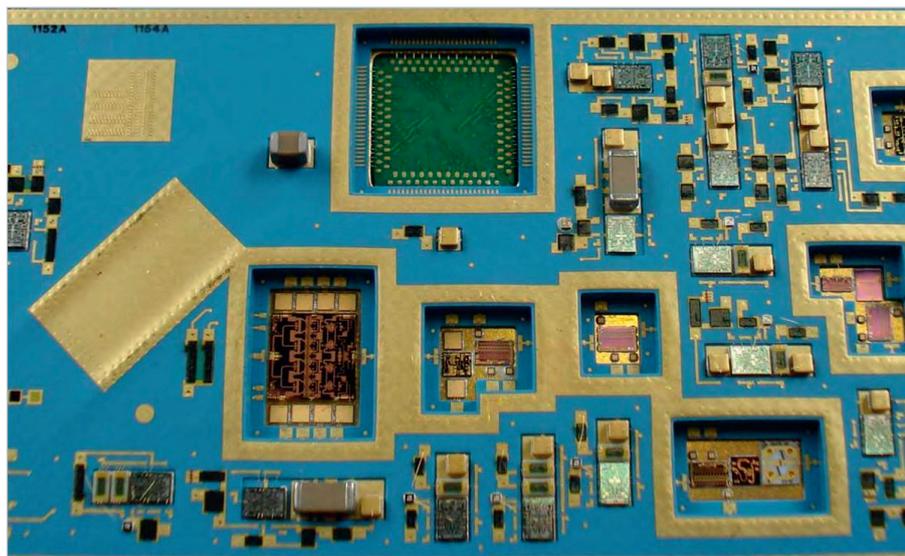


Рис. 1. Керамическая плата

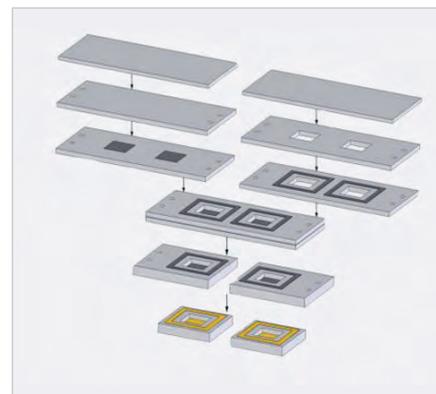


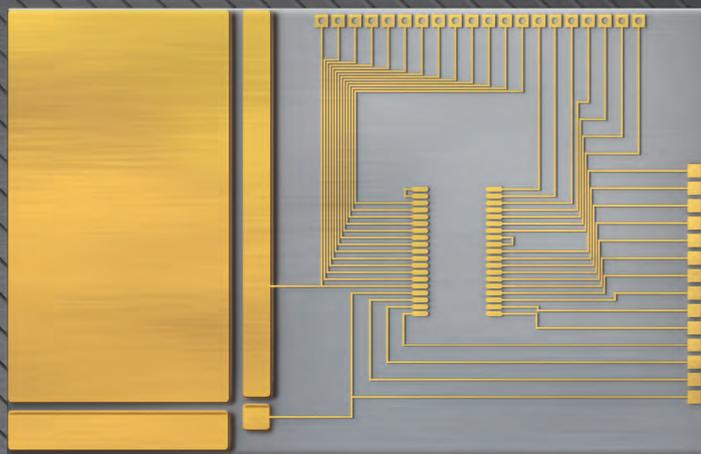
Рис. 2. Диаграмма процесса производства многослойных металлокерамических плат

ИЗГОТОВЛЕНИЕ КЕРАМИЧЕСКИХ ПЛАТ И ПОДЛОЖЕК

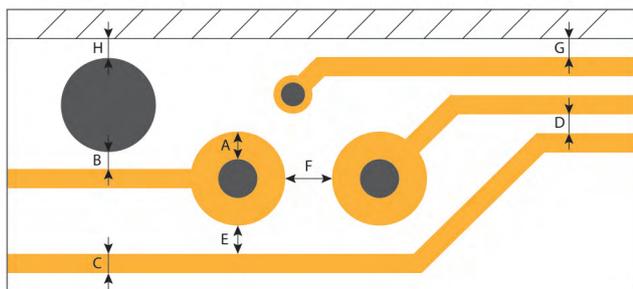
ТЕСТПРИБОР

ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ МАТЕРИАЛЫ

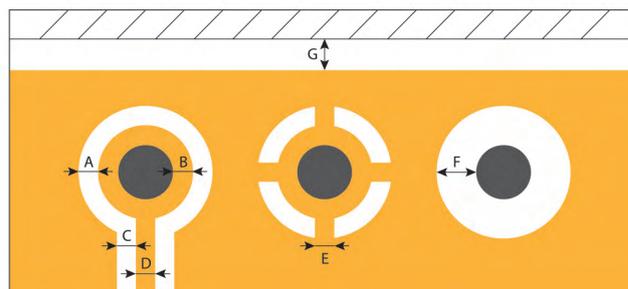
Al₂O₃ 96%
Al₂O₃ 99,6%
AlN



ТОПОЛОГИЧЕСКИЕ НОРМЫ СИГНАЛЬНЫХ СЛОЕВ



ТОПОЛОГИЧЕСКИЕ НОРМЫ СИЛОВЫХ СЛОЕВ



Наименование параметра	Керамические подложки с металлизацией на основе толстопленочной технологии	Керамические подложки с металлизацией на основе тонкопленочной технологии
Материал проводников и металлизации	W/Ni-Au или Mo/Ni-Au (Ni 5 мкм max, Au 0,5 мкм max)	TiW/Au; TaN/TiW/Au; TiW/Ni/Au; TaN/TiW/Ni/Au; TaN/NiW/Au/Cu/Ni/Au
Поверхностное сопротивление проводников	10,0 мОм/□	—
Сопротивление переходных отверстий размером (Ø0,2×0,25) мм	6,0 мОм	—
A	0,20	0,20/020
B	0,60	0,25/025
C	0,20	0,15/0,20
D	0,20/0,25	0,15/0,20
E	0,20/0,30	0,15/0,38
F	0,25/0,65	0,15/0,30
G	0,60/0,60	0,25/0,50
H	0,60/-	0,15/-

Реклама

Типы и спецификации подложек

Материал подложки	Чистота, %	Шероховатость поверхности (А), мкм	Шероховатость поверхности (В), мкм	Теплопроводность, Вт/м·°К	Диэлектрическая постоянная на 1 МГц	Тангенс угла диэлектрических потерь на 1 МГц
Оксид алюминия (Al ₂ O ₃)	99,6	3	3	26,9	9,9 ±0,1	0,0001
Полированный оксид алюминия (Al ₂ O ₃)	99,6	1	1/12	26,9	9,9 ±0,1	0,0001
Нитрид алюминия (AlN)	98	3	3	170	8,6	0,001

производстве керамики, а также многостадийному контролю на каждом этапе технологического процесса.

Обработка поверхности керамики, как спечённой, так и сырой, производится по ТЗ заказчика. После обжига керамика может подвергаться полировке и шлифовке до требуемых значений плоскостности, параллельности и шероховатости.

Для формирования отверстий (сквозных, переходных, торцевых, межслойных), посадочных площадок и гнезд, колодцев и т.д. при производстве керамических плат применяются следующие виды механической обработки керамики:

- пробивка отверстий используется исключительно в «сырой» керамике при небольших толщинах, позволяет получить почти идеальный край отверстия при высокой скорости обработки (до 500 отверстий в секунду), но имеет ограничения по геометрии и размерам производимых отверстий;
- лазерная обработка используется как по «сырой», так и по спечённой керамике, не имеет ограничений по геометрии и размерам формируемых элементов, но при обработке керамики толщиной от 0,2 мм выявляется небольшая конусность края получаемых элементов, что требуется учитывать при разработке ТЗ, а при толщинах более 1 мм требуется применение технологически сложных режимов обработки с применением инертных газов в качестве рабочей среды;
- резка горячим ножом применяется исключительно в «сырой» кера-

мике для разделения керамической заготовки на изделия, имеет высокую скорость обработки, особенно эффективна при групповом методе обработки деталей с высокой плотностью группы;

- прецизионная дисковая резка применяется для получения прямого сплошного реза и скрайбирования как «сырых», так и обожжённых керамических изделий. Используется для разделения керамической заготовки на готовые платы или её надрезки.

На рисунке 3 показана керамическая заготовка с расположенными на ней изделиями (групповой метод).

С помощью специального оборудования производятся скрайбирование и резка спечённой и «сырой» керамики, а также прошивка в ней отверстий. Вне зависимости от выбранного способа точность обработки керамических изделий будет не хуже ±0,02 мм, что подтверждается встроенными в оборудование оптическими средствами автоматического контроля качества.

Керамические платы и подложки могут иметь как одно- или двухстороннюю сплошную металлизацию, так и топологический рисунок, сформированный в соответствии с техническими требованиями заказчика. Для металлизации керамических плат наиболее часто применяют толстоплёночную технологию Thick-Film (см. рис. 4а): проводящий топологический рисунок и изоляционные слои формируются путём нанесения металлизационной пасты методом трафаретной печати с последующим вжиганием в защит-

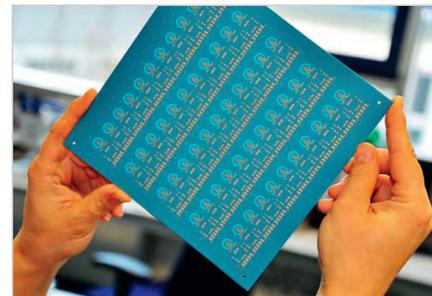


Рис. 3. Керамическая заготовка

ной среде. Толстоплёночная технология нанесения металлизации позволяет формировать проводниковые слои толщиной в среднем около 50 мкм и до 25 мкм после процесса вжигания. В пастах, используемых для формирования толстоплёночной металлизации методом трафаретной печати, используются различные компоненты. Ввиду специфики термических процессов в основном применяются тугоплавкие металлы молибден и вольфрам, наиболее подходящие по физическим характеристикам для высокотемпературной керамики. По требованию заказчика возможно нанесение металлизации драгоценными металлами, такими как серебро, серебро-палладий, золото. Применение паст с драгоценными металлами особенно актуально для низкотемпературной керамики. Также возможно формирование элементов топологии из резистивной или диэлектрической пасты, что позволяет «печатать» на поверхности и внутри слоёв керамических плат встроенные резисторы, конденсаторы и индуктивности.

Соответствие толщины и стабильности нанесения паст достигается при помощи строгого контроля физических параметров паст (вязкости, размера частиц и т.д.) и благодаря грамотному выбору используемого при работе материала и режимов печати.

Отдельную нишу в процессах нанесения металлизации на производстве АО «ТЕСТПРИБОР» занимают технологии DBC и STC (см. рис. 4б). Эти технологии используются для изготовления керамических плат на основе Al₂O₃ 96% и AlN с металлизацией медью толщиной

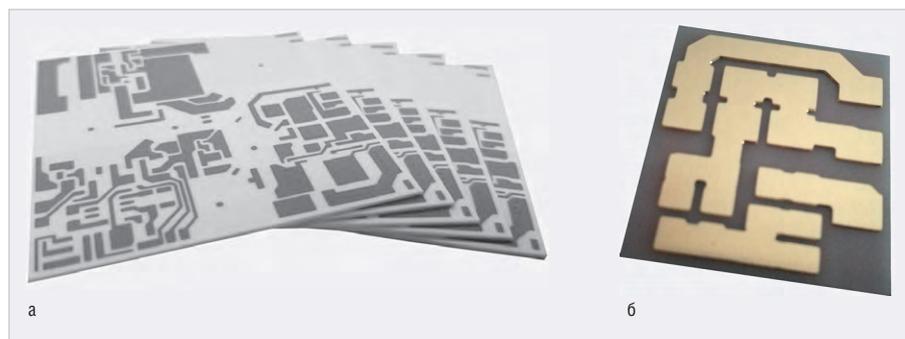


Рис. 4. Металлизация, выполненная по технологии Thick-Film (а) и DBC/STC (б)

до 400 мкм, с возможностью последующего формирования заданного топологического рисунка фотолитографическими методами или методом вакуумного напыления и наращивания проводникового слоя через специальные маски.

Повышенные требования к качеству и точности нанесения металлизации выявили необходимость организации собственного изготовления сетчатых трафаретов. На предприятии осуществляется изготовление высококачественных сетчатых трафаретов со следующими характеристиками:

- максимальный размер трафаретной рамы – 450×450 мм;
- минимальный размер ячейки сетки – 0,038 мм;
- материал сетки – проволока из нержавеющей стали с минимальным диаметром 0,02 мм,
- точность изготовления фотошаблонов – не хуже 6 мкм.

Качество трафаретов, от которого напрямую зависит качество готовой металлизации, достигается за счёт:

- использования высококачественной сетки, обеспечивающей высокую степень натяжения, её малое удлинение, высокий предел текучести пасты;
- точность геометрических параметров ячеек сетки позволяет строго контролировать расход пасты, а также получать точный допуск габаритов отпечатка;
- сетка натянута таким образом, чтобы во время печати она была максимально упругой, что повышает срок её службы;
- высококачественный плёночный фоторезист обеспечивает постоянство и долговечность характеристик, отличное качество отпечатков и повторяемость.

Процесс вжигания производится в колпаковой печи в строго контролируемой по качеству газов азото-водородной среде при температуре в диапазоне от +1300 до +1700°С. Получение качественной вакуумплотной керамики достигается благодаря использованию печей с программным управлением, с точностью поддержания температуры до ±0,1°С во всём диапазоне температур и газов особой чистоты. Строгий контроль за соблюдением технологических параметров гарантирует стабильность и управляемость процессов усадки керамики. Собственная газогенерирующая установка обеспечивает производство технологическими газа-

ми чистой 99,9995% (остаточная концентрация примесей не более 5 ppm). В зависимости от выбранного материала плат и подложек и сложности изделия процесс обжига может занимать до двух суток. Пример керамической платы до обжига (слева) и после обжига (справа) показан на рисунке 5.

Следующим этапом в изготовлении керамических плат и подложек является пайка размещённых на плате металлических элементов, например ободков, необходимых для последующей герметизации монтируемых на плату электронных компонентов, экранов или теплоотводов. Применение графитовой оснастки собственного производства в паре с компьютерными методами расчёта, а также применение специальных припойных материалов позволяет получить качественный спай между различными по коэффициенту теплового расширения материалами. На производстве применяется технология пайки керамики со следующими группами металлов: ковар, медь, псевдосплавы МД-40 и ВД-15, иные сплавы с медью/вольфрамом/молибденом, а также композитные многослойные материалы с повышенной теплопроводностью.

В рамках освоения различного рода экспериментальной и серийной продукции на производстве освоены следующие технологии нанесения гальванических 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 или никель-бор, гарантированная толщина покрытия до 10 мкм. Для изделий сложной формы и топологии с большим количеством изолированных монтажных площадок (в том числе на печатных платах) и проволочных выводов применяется электрохимическое золочение, толщина покрытия составляет около 10 мкм;
- химическое и иммерсионное золочение: толщина покрытия, нанесённого химическим способом, составляет от 0,5 до 2,5 мкм. Для изделий сложной формы и топологии с большим количеством изолированных монтажных площадок (в том числе печатных плат) и проволочных выводов толщину

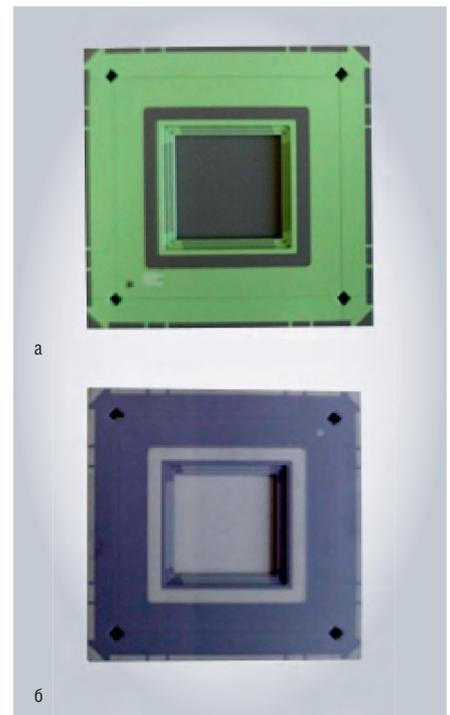


Рис. 5. Керамическая плата до (а) и после (б) обжига

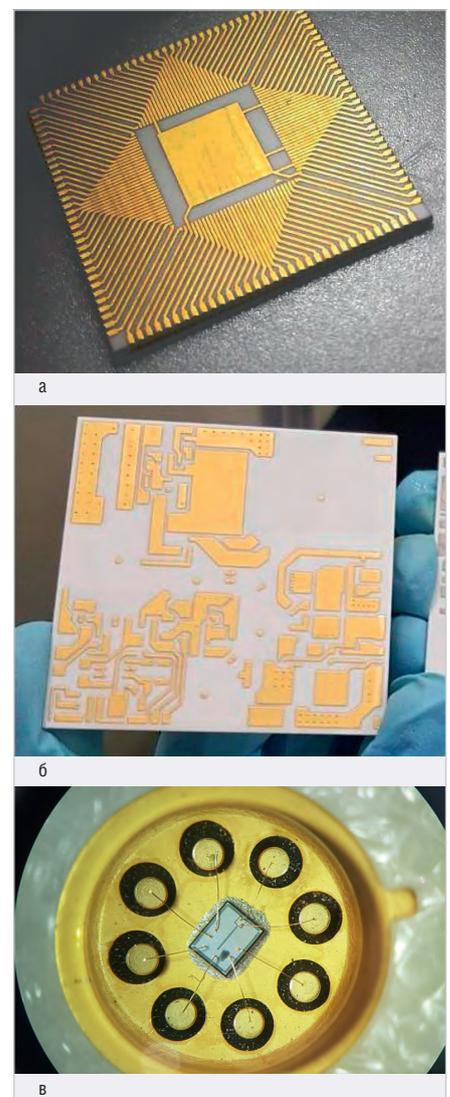


Рис. 6. Гальванические покрытия

на слоя иммерсионного покрытия доходит до 0,15 мкм.

Образцы гальванических покрытий показаны на рисунке 6.

Когда на детали имеется большое количество изолированных поверхностей, например при производстве печатных плат, или изделие имеет сложную форму, предпочтительно использовать химический способ нанесения. В подобных случаях данная технология позволяет значительно повысить качество покрытия.

Для формирования подслоя под золотое покрытие, а также других технологических целей, в том числе на металлизацию, выполненную из тугоплавких материалов (молибден, вольфрам) на диэлектрических подложках (керамика), используются покрытия из сплавов никель-бор и никель-фосфор.

При необходимости на никелевое покрытие возможно нанести слой золота химическим или иммерсионным способом, толщина наносимого покрытия золотом при этом может гарантированно достигать 2,5...3,0 мкм. Проведённые испытания изделий с таким покрытием показали, что покрытие сохраняет паяемость и антикоррозионные свойства.

Благодаря организации всех перечисленных процессов на производстве АО «ТЕСПРИБОР» освоены технологии полного цикла изготовления печатных плат на основе подложек из различных видов спечённой алюмооксидной и алюмонитридной керамики.

Высокое качество печатных плат гарантируется за счёт следующих факторов:

- изготовление керамических подложек для печатных плат происходит в полном соответствии с требованиями, предъявляемыми к изделию;
- при производстве используются высококачественные трафареты для печати, изготавливаемые из специальных материалов с заданными характеристиками;
- строгий контроль физических параметров паст, грамотно подобранные составы, а также режимы нанесения и вжигания металлизации;
- особое внимание уделено проектированию оборудования и оснастке, которые обеспечивают повторяемость по толщине, характеристикам металлизации и покрытия внутри партии, равномерность покрытия на одном изделии настолько, насколько позволяют его геометрические характеристики;

- качество используемых при покрытии гальванических растворов и постоянство технологических параметров строго контролируются производственной лабораторией и инженерным персоналом;

- уникальные современные составы позволяют наносить как классические покрытия, так и редко используемые при обычной практике, например золотое покрытие, выполненное химическим способом до толщины более 2 мкм;

- контроль качества 100% изделий производится в несколько этапов по многим параметрам преимущественно неразрушающими (бесконтактными) методами, что снижает вероятность попадания бракованных изделий к заказчику.

Таким образом, на предприятии АО «ТЕСПРИБОР» освоен полный цикл производства керамических плат и подложек, в том числе изготовление уникальной технологической оснастки и трафаретов. Соответствие всем техническим требованиям заказчика достигается благодаря строгому контролю качества выпускаемой продукции на каждом этапе производства.



НОВОСТИ МИРА

НОВЫЕ АНАЛИЗАТОРЫ ЦЕПЕЙ KEYSIGHT TECHNOLOGIES С ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫМИ ИСТОЧНИКАМИ СИГНАЛОВ УПРОЩАЮТ И УСКОРЯЮТ ПРОВЕДЕНИЕ СЛОЖНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

Компания Keysight Technologies, Inc. усовершенствовала свои производственные анализаторы цепей PNA и PNA-X для достижения большей гибкости и точности при одновременном ускорении и упрощении требуемых измерений.

Анализаторы цепей являются незаменимыми контрольно-измерительными приборами при разработке и производстве ВЧ- и СВЧ-оборудования. Их измерительные возможности позволяют исследовать характеристики широкого класса устройств, компонентов и систем. Однако измерения характеристик активных устройств, например, коэффициента шума, компрессии усиления и интермодуляционных искажений, могут быть затруднены особенно для современных высокочастотных устройств.

Усовершенствованные анализаторы цепей PNA и PNA-X используют встроенные источники сигналов, выполненные по патентован-

ной технологии прямого цифрового синтеза (DDS) с низким уровнем гармонических составляющих, что позволяет выполнять точные измерения с малым уровнем фазового шума.



Использование источников с низким уровнем фазового шума позволяет выполнять двухтоновые измерения интермодуляционных искажений с малым значением расстройки частоты между тонами, что ранее было возможно только при использовании высокопроизводительных аналоговых генераторов сигналов.

Новые DDS-источники сигналов повышают производительность широкого спектра измерительных приложений, включая приложения для измерения модуляционных искажений, скалярных параметров и фазы смесителей/преобразователей частоты,

а также характеристик I/Q-преобразователей. Предлагая третий ВЧ-источник сигналов до 13,5 ГГц, анализатор PNA-X упрощает схему измерений, заменяя внешний генератор для формирования сигналов гетеродина.

Приборы PNA (высокопроизводительный и недорогой анализатор цепей) и PNA-X (универсальный и высокоинтегрированный СВЧ-анализатор цепей для выполнения комплекса измерений параметров активных устройств за одно подключение) компании Keysight обеспечивают следующие основные преимущества:

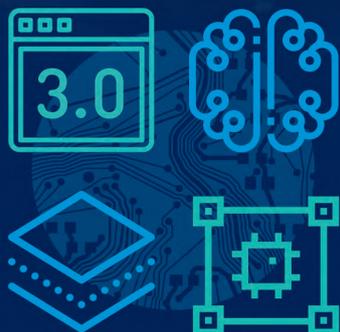
- упрощение конфигурации измерительных систем, поскольку анализатор может заменить стойку с несколькими приборами;
- сокращение времени тестирования благодаря комплексу измерений за одно подключение измеряемого устройства;
- точное измерение характеристик линейных и нелинейных устройств за счёт использования расширенных методик коррекции систематических составляющих погрешностей;
- ускорение анализа поведения компонентов благодаря сенсорному дисплею и интуитивно понятному интерфейсу пользователя.

Пресс-релиз Keysight Technologies



DeltaDesign 3.0

Новая версия первой российской современной САПР электроники сквозного цикла проектирования



- Улучшенный интерфейс
- Импорт библиотек из САПР Altium Designer
- Обширная библиотека SPICE-моделей (> 35 000 моделей)
- Аналоговое и цифровое моделирование в едином интерфейсе Delta Design
- Работа со встроенными блоками на принципиальной электрической схеме
- Изменённый режим синхронизации схемы и платы, ведение истории изменений проекта
- Расширение функционала редактора печатных плат
- Чертёж - новый модуль для оформления КД на печатную плату
- DeltaCAM – новый программный продукт для работы с производственными файлами

Скачайте триальную версию Delta Design 3.0 beta после короткой регистрации
www.eremex.ru/download-or-buy



-30%

Получите скидку 30% на Delta Design 3.0.
Условия участия в акции читайте на сайте
www.eremex.ru



Результаты работы АО «СКТБ РТ» по программе импортозамещения

Мария Бойцова (г. Великий Новгород)

В рамках реализации стратегии развития электронной промышленности Российской Федерации АО «СКТБ РТ» ведёт активную работу по программам импортозамещения и диверсификации производства.

Импортозамещение в России

Проблема импортозамещения в постсоветской России возникла в связи со сложившейся в 1990-е годы импортозависимостью экономики России.

4 августа 2015 года на заседании Правительства Российской Федерации принято решение о создании Правительственной комиссии по импортозамещению. Постановление Правительства РФ от 4 августа 2015 года № 785 «О создании правительственной комиссии по импортозамещению» и распоряжение Правительства РФ от 4 августа 2015 года № 1492-р, в котором утверждается состав комиссии, были подписаны премьер-министром Дмитрием Медведевым. В структуре комиссии созданы две подкомиссии: по вопросам гражданских отраслей экономики и по вопросам оборонно-промышленного комплекса (ОПК).

С момента создания Правительственной комиссии по импортозамещению государство определило стратегический перечень продукции с наивысшим приоритетом импортозамещения в ключевых отраслях экономики, опубликовав соответствующий перечень на официальных площадках:

- сельское хозяйство;
- информационные технологии;
- машиностроение;
- запрещённые к импорту через госзакупки товары.

Наиболее зависимыми от импортного сырья и комплектующих оказались такие отрасли, как сельское хозяйство, машиностроение и сфера информационных технологий, где доля импорта доходит до 90% при производстве отдельных товаров. Список товаров к импортозамещению в подавляющем большинстве случаев носит рекомендательный характер с перспективой плавной замены импорта путём поступательной локализации производства на территории России.

1 мая 2020 года Правительство запретило приобретать через госзакупки некоторые иностранные промышленные товары.

Программа по обеспечению импортозамещения Промышленности РФ реализуется Правительством РФ с сентября 2014 года, и с каждым годом привлекает всё больше внимания как со стороны власти, так и со стороны общественности.

Общий объём средств, направленных на содействие импортозамещению, за период 2015–2018 годов составил около 1,6 трлн руб. В период 2019–2020 годов прогнозируемый объём составит почти 1,3 трлн.

Реализация мероприятий по импортозамещению в России производится с учётом определённых задач, которые разрабатываются государством. Прежде всего выделяются следующие цели:

- работа над развитием конкурентоспособности;
- повышение качества российской экономики – рост производства товаров по мировым стандартам;
- внимание к защите и развитию отечественных производителей;
- обеспечение экономической безопасности страны;
- занять рынок товаров импортного производства товарами отечественного производства.

Ожидается, что в 2020 году развитая инфраструктура позволит большому количеству учреждений работать с инновационными производствами. Именно формирование и применение улучшенной системы новейших технологий поможет в конечном итоге создать новые квалифицированные рабочие места.

Кроме того, будут полностью разработаны технические регламенты и национальные стандарты для полного устранения преград в торговой сфере. И наконец, увеличение числа запатентованных технологий, разработанных с применением международных стан-

дартов будут успешно внедрены в практическую деятельность.

АО «СКТБ РТ» и импортозамещающие ОКР

Предприятие «Специальное конструкторско-технологическое бюро по релейной технике» (АО «СКТБ РТ») ведёт свою историю с 1970 года. Основными направлениями деятельности АО «СКТБ РТ» является разработка и производство изделий современной электронной компонентной базы (ЭКБ) полностью из отечественных комплектующих для перспективных образцов радиоэлектронной аппаратуры специального и общепромышленного применения.

Предприятие специализируется на разработке и выпуске следующих основных видов ЭКБ:

- реле электромагнитные, слаботочные, низкочастотные и высокочастотные;
- керамические полосовые фильтры, фильтры верхних и нижних частот;
- источники вторичного электропитания (ИВЭП);
- модули фильтров электромагнитных помех;
- устройства коммутации на базе микросистемной техники и микроопто-электромеханические системы.

При проведении разработки основных видов ЭКБ, на выпуске которых специализируется АО «СКТБ РТ», среди прочих решались задачи разработки и освоения в серийном производстве современных аналогов изделий ЭКБ ведущих зарубежных производителей. Далее представлены примеры таких работ и основные достигнутые результаты.

ОКР «Разработка и освоение серийного производства серии малогабаритных, герметичных, поляризованных, двустабильных реле на токи до 2 А»

Реле РПА27 (см. рис. 1а) – реле электромагнитные, высокочастотные, малогабаритные, герметичные, поляризованные, двустабильные.

Иностранные аналоги: реле серии RF341Y-5 производства фирмы TELEDYNE RELAYS (США).



Рис. 1. Внешний вид малогабаритных, герметичных, поляризованных, двустабильных реле на токи до 2 А: а) РПА27; б) РПА28; в) РПА29

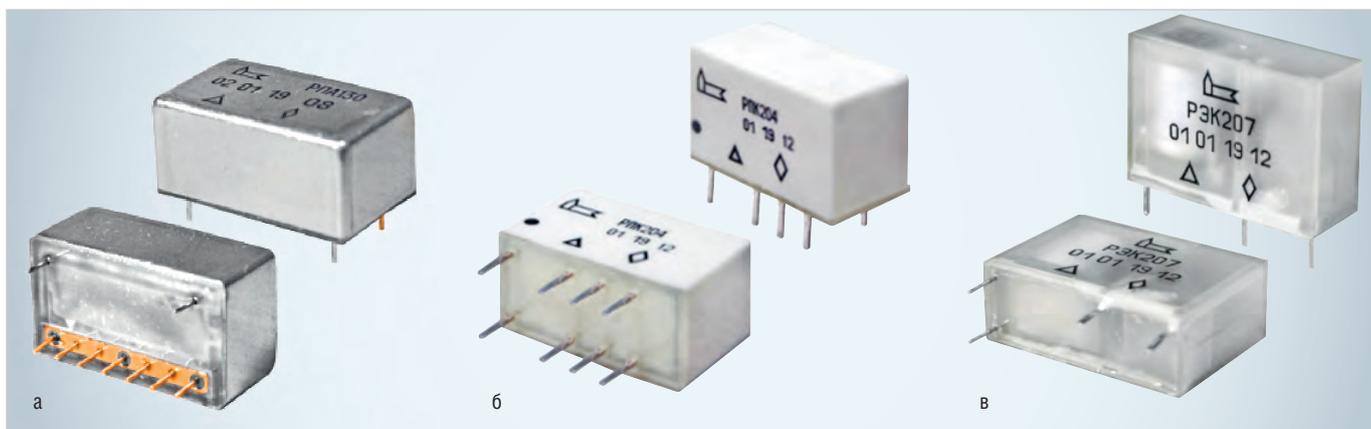


Рис. 2. Внешний вид высокочастотных реле до 2,5 ГГц, силовых реле до 90 Вт и сигнальных реле до 30 В: а) РПА130; б) РПК204; в) Р3К207

Назначение изделия: коммутация высокочастотных сигналов до 6 ГГц и электрических цепей постоянного тока.

Масса реле: не более 3,0 г.

Показатель герметичности реле по скорости утечки газа-индикатора гелия: не более $6,66 \times 10^{-6}$ Па \cdot м 3 \cdot с $^{-1}$.

Реле РПА28 (см. рис. 1б) – реле электромагнитные, высокочастотные, малогабаритные, герметичные, поляризованные, двустабильные.

Иностранные аналоги: реле серии HR420/422 производства фирмы TELEDYNE RELAYS (США).

Назначение изделия: коммутация высокочастотных сигналов до 1 ГГц и электрических цепей постоянного тока до 1 А и напряжением до 28 В.

Масса реле: не более 3,0 г.

Показатель герметичности реле по скорости утечки газа-индикатора гелия: не более $6,66 \times 10^{-6}$ Па \cdot м 3 \cdot с $^{-1}$.

Реле РПА29 (см. рис. 1в) – реле электромагнитные, высокочастотные, малогабаритные, герметичные, поляризованные, двустабильные.

Иностранные аналоги: реле серии HR255/HR57 производства фирмы TELEDYNE RELAYS (США).

Назначение изделия: коммутация высокочастотных сигналов до 3 ГГц и электрических цепей постоянного тока до 2 А и напряжением до 28 В.

Масса реле: не более 16,0 г.

Показатель герметичности реле по скорости утечки газа-индикатора гелия: не более $6,66 \times 10^{-6}$ Па \cdot м 3 \cdot с $^{-1}$.

ОКР «Разработка и освоение серийного производства высокочастотных реле до 2,5 ГГц, силовых реле до 90 Вт и сигнальных реле до 30 В»

Реле РПА130 ЛУЮИ.647615.002 ТУ (см. рис. 2а) – реле слаботочные, высокочастотные, электромагнитные, поляризованные, негерметичные.

Иностранные аналоги: реле серии RX и RK производства фирмы Panasonic (Япония).

Назначение изделия: коммутация высокочастотных сигналов до 2,5 ГГц при работе на согласованную нагрузку 50 Ом.

Масса реле: не более 9,0 г.

Реле РПК204 (см. рис. 2б) ЛУЮИ.647615.003 ТУ – реле слаботочные, низкочастотные, электромагнитные, поляризованные, негерметичные.

Иностранные аналоги: реле серии TX и TQ производства фирмы Panasonic (Япония).

Назначение изделия: коммутация электрических цепей постоянного тока до 2 А и напряжением до 30 В.

Масса реле: не более 4,0 г.

Реле Р3К207 (см. рис. 2в) ЛУЮИ.647612.005 ТУ – реле слаботочные, низкочастотные, электромагнитные, неполяризованные, негерметичные.

Иностранные аналоги: реле серии LD и LF производства фирмы Panasonic (Япония).

Назначение изделия: коммутация электрических цепей постоянного и переменного тока мощностью до 90 Вт.

Масса реле: не более 6,0 г.

ОКР «Разработка и освоение производства серии реле электромагнитных, слаботочных, высокочастотных, поляризованных с улучшенными эксплуатационными и техническими характеристиками»

Реле РЭА16 (см. рис. 3а) – реле слаботочные, неполяризованные, электромагнитные, постоянного тока, с само-



Рис. 3. Внешний вид электромагнитных, слаботочных, высокочастотных, поляризованных реле: а) PЭА16; б) PЭА17; в) PРА25



Рис. 4. Внешний вид реле PPK102

возвратом, без замедления, с одним коаксиальным переключающим контактом, негерметичные.

Иностранные аналоги: реле PЭВ14 и PЭВ15, выпускаемые ГП «Завод «Радиореле» (г. Харьков, Украина).

Назначение изделия: коммутация (пропускание) высокочастотных сигналов частотой до 650 (500) МГц мощностью 100 (1 500) Вт при работе на согласованную нагрузку 50 и 75 Ом, выполненные в металлическом корпусе, с одним коаксиальным переключающим контактом. Данные реле применяются в аппаратуре военного назначения всех групп по ГОСТ РВ 20.39.304.

Масса реле: не более 220 г.

Реле PЭА17 (см. рис. 3б) – реле слаботочные, неполяризованные, электромагнитные, нейтральные, с одним коаксиальным переключающим контактом, негерметичные.

Иностранные аналоги: реле PЭВ16 и PЭВ17, выпускаемые ГП «Завод «Радиореле» (г. Харьков, Украина).

Назначение изделия: коммутация высокочастотных сигналов частотой до 1 ГГц, мощностью 30 Вт при работе на согласованную нагрузку 50 и 75 Ом. Реле выполнены в металлическом корпусе, с одним коаксиальным переключающим контактом и предназначены для применения в аппаратуре военно-

го назначения всех групп по ГОСТ РВ 20.39.304.

Масса реле: не более 140 г.

Реле PРА25 (см. рис. 3в) – реле поляризованные, высокочастотные, двустабильные, двухпозиционные, с одним высокочастотным коаксиальным переключающим контактом и двумя низкочастотными, переключающими, перекрывающимися, герметичными контактами.

Иностранные аналоги: реле PРА14, выпускаемые ГП «Завод «Радиореле» (г. Харьков, Украина).

Назначение изделия: коммутации электрических цепей переменного тока частотой до 2 ГГц и мощностью до 25 Вт при работе на согласованную нагрузку 50 Ом.

Масса реле: не более 80 г.

Показатель герметичности реле (по эквивалентному нормализованному потоку): не более $6,7 \times 10^{-8}$ Па \cdot м³ \cdot с⁻¹.

Реле PРА26 – реле поляризованные, высокочастотные, одностабильные, двухпозиционные, с одним высокочастотным, коаксиальным, переключающим, герметичным контактом.

Иностранные аналоги: реле PРА16, выпускаемые ГП «Завод «Радиореле» (г. Харьков, Украина).

Назначение изделия: коммутация электрических цепей переменного тока частотой до 1 ГГц и мощностью до 35 Вт при работе на согласованную нагрузку 50 Ом.

Масса реле: не более 60 г.

ОКР «Разработка серии реле электромагнитных промежуточных постоянного (до 220 В) и переменного (до 380 В) тока на четыре контактные группы»

Реле PPK102 (см. рис. 4) – реле поляризованные, двухпозиционные, одностабильные, с четырьмя переключающими контактами.

Иностранные аналоги: реле PЭН35 PФ4.510.144-01.01, выпускаемые ГП «Завод «Радиореле» (г. Харьков, Украина).

Назначение изделия: коммутация электрических цепей постоянного тока до 10 А, напряжением до 220 В, мощностью до 300 Вт и переменного тока до 10 А, напряжением до 380 В, мощностью 300 Вт.

Масса реле: не более 85 г.

Показатель герметичности реле (по скорости утечки газа-индикатора): не более $666,5 \times 10^{-8}$ м³ \cdot Па/с (5×10^{-2} л \cdot мкм р.ст./с).

ОКР «Разработка и освоение серийного производства ряда керамических полосовых фильтров, фильтров верхних и нижних частот»

В «СКТБ РТ» были разработаны функциональные аналоги интегральных фильтров серий LFCN, HFCN, VFCN фирмы Mini-Circuits (США), а также LC-фильтров серий RLP, RHP, BPF, RBP фирмы Mini-Circuits (США).

Интегральные фильтры ФРВ1, ФРН1 и ФРП1 ЛУЮИ.468820.001 ТУ конструктивно представляют собой пассивные ЧИП-компоненты – встроенные LC многослойные структуры внутри монолитного керамического блока.

ОКР «Разработка и освоение серийного производства на отечественном предприятии ряда модулей класса DC/DC для работы от высоковольтных сетей напряжением 100 и 300 В»

Работа по этому проекту проводилась с целью импортозамещения ряда модулей второго поколения фирмы Vicor мощностью 50, 100 и 200 Вт с выходными напряжениями от 3,3 до 48 В. В ходе проведенной работы разработан и запущен в производство ряд модулей источников вторичного элект-

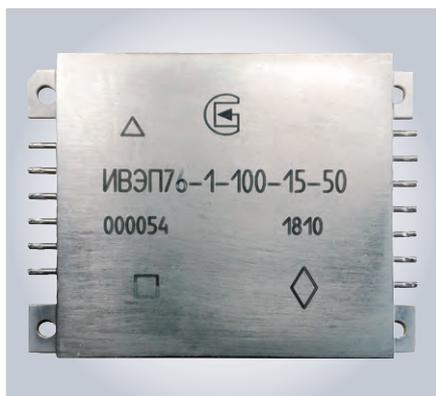


Рис. 5. Внешний вид модулей источников вторичного электропитания серии ИВЭП76

тропитания серии ИВЭП76 (21 типонаминал). Модули **ИВЭП76** (см. рис. 5) выполнены в металлокерамических корпусах с планарным расположением выводов по гибридно-плёночной технологии с применением бескорпусной элементной базы категории качества «ВП». Положение в аппаратуре любое. Диапазон рабочих температур от -60 до $+85^{\circ}\text{C}$, точность установки выходного напряжения $\pm 1\%$, пульсации от пика до пика не более 1% .

ИВЭП76 обеспечивает гальваническую развязку входных и выходных цепей с электрической прочностью 1500 В , возможность дистанционного включения/выключения, возможность подстройки выходного напряжения внешними элементами, функцию обратной связи. Модули ИВЭП76 стойки к воздействию внешних воздействующих факторов со значениями характеристик, соответствующих группе унифицированного исполнения 4У по ГОСТ РВ 20.39.414.1. Срок сохраняемости и срок службы 25 лет. Стойкость ИВЭП76 к воздействию специальных факторов с характеристиками 7.И – 2У, 7.К – 1К, 7.К11, 7.К12 от 6 до 33 МэВ в зависимости от исполнения. Масса и габариты ИВЭП76 не превышают этих параметров у импортных аналогов фирмы Vicor Corp. (США).

ОКР «Разработка источников вторичного электропитания мощностью 80, 100 Вт с улучшенными удельными характеристиками»

Целью выполнения данной ОКР является разработка и организация серийного производства фильтров и источников вторичного электропитания с высокими удельными параметрами: одно- и двухканаль-



Рис. 6. Внешний вид источников вторичного электропитания мощностью 80 и 100 Вт ИВЭП47

ных приборов с постоянными входным и выходным напряжениями на выходные мощности 80 и 100 Вт (ИВЭП47).

Разработанные **ИВЭП47** (см. рис. 6) являются полными функциональными аналогами источников вторичного электропитания АНР270xxx фирмы International Rectifier.

ИВЭП47 изготавливаются с применением отечественной элементной базы категории качества «ВП».

В таблице 1 приведены преимущественные характеристики ИВЭП47.

В рамках ОКР разработаны одно- и двухканальные источники вторичного электропитания с постоянным входным напряжением 300 В и выходными напряжениями $5, 12, 15, 27, \pm 5, \pm 12, \pm 15\text{ В}$ и выходной мощностью 80 и 100 Вт , а также фильтры ФЭМС47 для обеспечения электромагнитной совместимости.

Разрабатываемые ИВЭП и фильтры предназначены для использования в высокоэффективных конфигурируемых, в т.ч. распределённых, системах электропитания функциональных узлов РЭА специального назначения и позволят улучшить массогабаритные и эксплуатационные характеристики систем вторичного электропитания РЭА.

Особенности источников питания и фильтров:

- импортозамещение источников питания АНР270xxx фирмы International Rectifier (pin-to-pin замена);
- высокие показатели удельной мощности – 4000 Вт/дм^3 ;
- высокие показатели КПД – до 88% ;
- диапазон входных напряжений – $200...330\text{ В}$;
- коэффициент подавления – до 65 дБ (фильтры);
- категория качества – «ВП».

Таблица 1. Преимущества разработанного ИВЭП47

Характеристика	ИВЭП47	АНР270
Применяемая комплектация	Отечественная, категория качества «ВП»	Импортная, military
Коэффициент полезного действия, % (типовое значение)	80...85	78...82
Пониженная температура среды, $^{\circ}\text{C}$	-60	-55
Ориентировочная стоимость, руб.	50 000,0	120 000,0

ОКР «Разработка и освоение серийного производства на отечественном предприятии ряда унифицированных модулей фильтров электромагнитных помех в цепях вторичного электропитания с функциями защиты от импульсных токов и перенапряжений»

Модули активных фильтров электромагнитных помех МФА предназначены для снижения уровня электромагнитных помех в сетях постоянного тока напряжением до 300 В , защиты устройств, подключаемых к их выходу, от импульсных перенапряжений и защиты входной сети от импульсных токов при включении.

Модули МФА (см. рис. 7а) являются аналогами модулей FIAM1, FIAM3, FIAM9, FIAM072, M-FIAM3 и M-FIAM3H21 фирмы Vicor Corp. (США).

Модули пассивных фильтров электромагнитных помех МФП предназначены для снижения уровня электромагнитных помех в однофазных и трёхфазных сетях переменного тока.

Модули МФП (см. рис. 7б) являются аналогами модулей B84113N0000B030, B84113N0000B060, B84113N0000B110, B84143B0008R000 и B84143B0012R000 фирмы EPCOS (TDK) (Германия).

Модули выпрямительные МВ (см. рис. 7в) предназначены для выпрямления однофазного переменного тока и защиты входной сети от импульсных токов при включении.

Модули МВ являются аналогами модулей VI-ARM-T11 фирмы Vicor Corp. (США).

Модули фильтров электромагнитных помех МФА, МФП и модули выпрямительные МВ устойчивы к воздействию специальных факторов в соответствии с ГОСТ РВ 20.39.414.2.

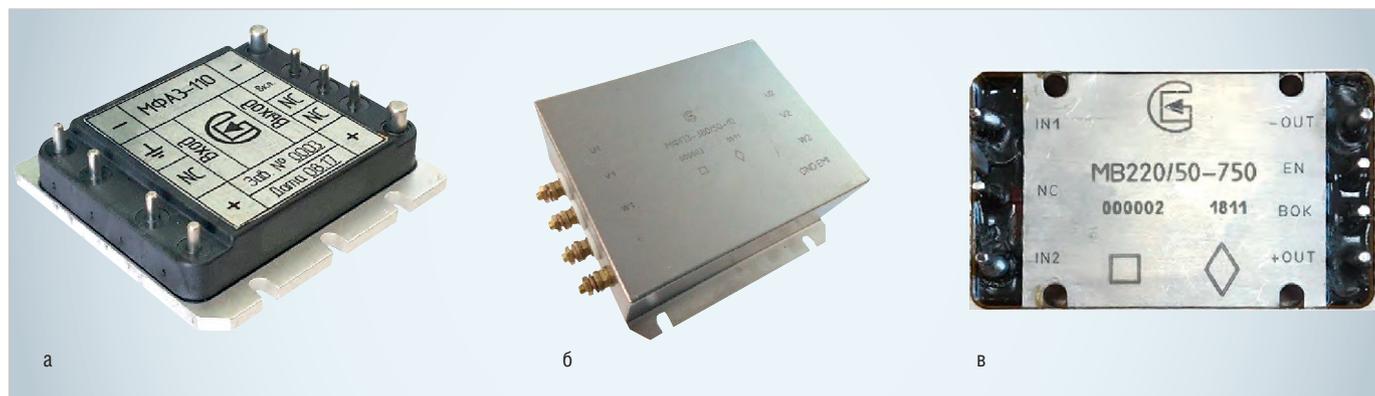


Рис. 7. Внешний вид модулей фильтров электромагнитных помех в цепях вторичного электропитания с функциями защиты от импульсных токов и перенапряжений: а) модули МФА; б) модули МФП; в) модули выпрямительные МВ

Таблица 2. Виды и характеристики специальных факторов

Вид специальных факторов	Характеристика специальных факторов	Значение характеристики специальных факторов	Номер пункта примечания
7.И	7.И1, 7.И6, 7.И7	2Ус	–
7.К	7.К1	2К	1
	7.К4	1К	1
	7.К1, 7.К4	1К	1, 2
	7.К11 (7.К12)	60 МэВ·см ² /мг	3

Виды и характеристики специальных факторов приведены в таблице 2.

Масса и габаритные размеры модулей не превышают этих параметров у импортных аналогов.

ОКР «Разработка перспективной технологии и конструкции микрооптоэлектромеханических систем коммутации и модуляции оптического излучения, защищённых от несанкционированного доступа к передаваемой информации, интегрированного с управлением ТТЛ-логики»

Система микрооптоэлектромеханической коммутации и модуляции оптического излучения **МОЭМС01-1x2** (см. рис. 8) – система коммутации оптического излучения с длиной волны 1310 и 1550 нм.

Иностранные аналоги: оптический МЭМС-переключатель SXLA2x2-9n производства фирмы Sercalo microtechnology ltd (Лихтенштейн).

Назначение изделия: коммутации оптического излучения с длиной волны 1310 и 1550 нм в волоконно-оптических системах передачи. Система микрооптоэлектромеханической

коммутации и модуляции оптического излучения **МОЭМС01-1x2** ЛУЮИ.468379.001 ТУ конструктивно представляет собой МЭМС-кристалл, способный без двойного преобразования переключать оптический сигнал из одного оптического выхода во второй, и микросхему управления МЭМС-кристаллом, которые расположены в герметичном металлостекляном корпусе.

ОКР «Разработка базовой технологии изготовления серии радиочастотных изделий микросистемотехники: микрореле, микропереключателей и коммутаторов. Шифр «МРПК»»

РНА11 (см. рис. 9) – слаботочное, статическое, высокочастотное реле, изготовленное по технологии микросистемотехники (МСТ), в металлокерамическом корпусе с BGA-выводами.

Иностранные аналоги: ВЧ МЭМС-переключатель ТТ712-68 производства фирмы TeraVista Technologies (США).

Назначение изделия: переключение электрических цепей с коммутируемой мощностью до 30 мВт и

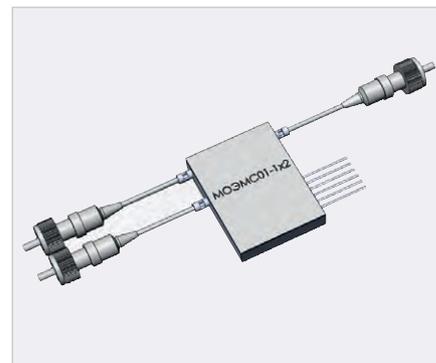


Рис. 8. Внешний вид системы коммутации оптического излучения с длиной волны 1310 и 1550 нм **МОЭМС01-1x2**



Рис. 9. Внешний вид реле **РНА11**

частотой коммутируемого сигнала до 6 ГГц в высокочастотной аппаратуре связи.

В рамках работы по импортозамещению в АО «СКТБ РТ» разработан ряд изделий, которые являются аналогами продукции таких иностранных производителей, как Interpoint (США), Vicor Corporation (США), Epcos (Германия), Omron (Япония), Tyco Electronics (США), Teledyne Relays (США), Panasonic (Япония), Micropac Industries (США), International Rectifier (США), Mini-Circuits (США).



НОВОСТИ МИРА

Международный форум «Микроэлектроника 2020» – ЗЕРКАЛО НОВЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ И ПУТЕЙ РАЗВИТИЯ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

С 28 сентября по 3 октября 2020 года в г. Ялта (Республика Крым) пройдёт VI Международный форум «Микроэлектроника 2020» – ключевое отраслевое событие с пятилетней историей, которое ежегодно объединяет учёных с мировым именем, молодых инженеров и разработчиков, руководителей министерств, ведомств, представителей российских дизайн-центров, а также крупнейших производителей радиоэлектронной продукции и ЭКБ.



Цель мероприятия – комплексно рассмотреть актуальные вопросы разработки, производства и применения отечественной электронной компонентной базы и высокоинтегрированных электронных модулей; содействовать развитию отечественной микроэлектроники, представить разработки и возможности современных электронных технологий.

Фундаментальным мероприятием форума является 6-я Международная научная конференция «Микроэлектроника – ЭКБ и электронные модули»: пленарное заседание и работа 11 научно-тематических секций, включая новую секцию – «Квантовые технологии».

В рамках деловой программы форума в этом году представлены новые форматы мероприятий: мастер-классы, стратегические сессии, панельные дискуссии по злободневным системным проблемам отрасли, презентации проектов ведущих дизайн-центров.

Фестиваль инноваций пройдёт в очном формате. Привлечение участников планируется через сеть вузов-партнёров, а также из числа победителей конкурса INRADEL. Победителей объявят на итоговом мероприятии Форума.

В этом году возможности демозоны значительно расширятся. На выставочной площадке участники смогут продемонстрировать делегатам свои решения и продукцию: готовое оборудование, микросхемы, чипы, процессоры и многое другое.

Школа молодых учёных (ШМУ) пройдёт в г. Гурзуф с 21 по 25 сентября. ШМУ – это мероприятие для студентов, аспирантов, молодых специалистов и учёных промышленных и науч-

ных предприятий, образовательных организаций высшего образования. Целью ШМУ является: привлечение в науку о микроэлектронике талантливой молодёжи, обсуждение важнейших проблем современной микроэлектроники, обмен новейшей научной информацией.

Основным событием станет проведение XIX ежегодной отраслевой научно-технической конференции по радиоэлектронной промышленности. На одной площадке будут проводиться два самых значимых и масштабных мероприятия для отечественной электроники, они станут новым этапом в развитии отрасли.

VI Международный форум «Микроэлектроника 2020» пройдёт при поддержке ДРЭП Министерства промышленности и торговли РФ, Госкорпорации «Ростех», Фонда «Сколково», ГК «Элемент». Организаторами мероприятия являются АО «НИИМА «Прогресс» и АО НИИМЭ. Оператором события выступит ООО «ПрофКонференции».

Подробная информация и регистрация на событие доступны на официальном сайте Форума: <http://microelectronica.pro/>.

Впервые в России настоящая ОНЛАЙН-выставка по электронике!

Организаторы выставки ChipEXPO предлагают инновационное решение: помимо 18 международной выставки ChipEXPO–2020, которая пройдёт 15–17 сентября 2020 года в Сколково, они организуют онлайн-выставку электроники!



Онлайн выставка ChipEXPO – это простой и эффективный инструмент решения опасений, связанных с распространением коронавирусной инфекции. Современные технологии позволяют посещать мероприятия, назначать и проводить встречи, обмениваться контактами и продвигать свой бизнес. Находясь дома или в офисе, можно эффективно работать с посетителями онлайн-выставки, находить новых клиентов, продавать продукцию и услуги, получать новые заказы. Всё будет, как на привычных выставках: встречи, разговоры, переговоры, обмен контактами и документами, семинары и конференции и, наконец, стенды.

К онлайн-выставке добавится много новых участников, для которых такой формат станет наиболее экономным и по различным причинам более приемлемым.

Во время проведения 18 международной выставки ChipEXPO–2020 в технопарке «Сколково» на выставочной площадке будет организована точка доступа к онлайн-выставке ChipEXPO–2020, чтобы многочисленные посетители выставки смогли пообщаться и с экспонентами онлайн-выставки. Точка доступа будет оборудована по последнему слову техники и работать в режиме реального времени.

В ситуации, когда невозможно предугадать развитие событий из-за свалившейся на всех эпидемии коронавируса, несмотря на отмену или перенос ключевых отраслевых мероприятий, участники рынка должны находить пути дальнейшего развития. Что бы ни произошло, выставки пока остаются одним из главных инструментов маркетинга, и организаторы ChipEXPO–2020 хотят сохранить и дополнить этот инструмент, используя современные IT-технологии, цифровизацию бизнес-процессов и привычную уже для многих технологию удалённых коммуникаций.

ChipEXPO–2020 в «Сколково» – это не только выставка достижений науки и промышленности в микроэлектронике, разработке и производстве электронных компонентов, создании технологического оборудования и радиоэлектронных изделий различного назначения, но и новый шаг в формате выставки:

- технопарк инновационного центра «Сколково» – крупнейший технопарк в Европе, обладающий самой современной инфраструктурой;
- в технопарке доступно множество сервисов – от кафе-териев, дизайнерских и полиграфических экспресс-услуг, до станций подзарядки гаджетов, бесплатного высокоскоростного Интернета (100 Мбит) и команды волонтеров, готовых прийти на помощь по любым вопросам;
- качественный состав посетителей выставки: планируется участие представителей Правительства Российской Федерации, федеральных органов исполнительной власти, государственных корпораций и интегрированных структур;
- в число посетителей своих сотрудников добавляют более 250 технологических компаний, работающих в технопарке, будут приглашены посетить выставку и мероприятия деловой программы магистры и аспиранты университета «Сколтех», а также представители 2100 технологических стартапов, бизнесов, индустриальных компаний, институциональных и частных венчурных инвесторов Сколково.

Всё это позволяет утверждать, что ChipEXPO–2020 станет выставкой нового типа.

Пресс-релиз «ChipEXPO–2020»



Особенности применения кварцевых генераторов с высокой температурной стабильностью

Александр Котюков, Аркадий Никонов (nikonov@morion.com.ru),
Алексей Заславский (zaslavsky@morion.com.ru),
Юрий Иванов (ivanov-ua@morion.com.ru)

Современные термостатированные кварцевые генераторы могут обеспечивать очень высокую температурную стабильность частоты вплоть до $\pm 1 \times 10^{-11}$ в широком диапазоне температур ($-40 \dots +85^\circ\text{C}$). Столь малые величины изменения частоты требуют некоторых особенностей при измерении и, соответственно, при эксплуатации таких генераторов. В статье рассматриваются особенности эксплуатации подобных генераторов, методики измерения температурной стабильности, а также влияние других факторов на неё.

Одним из ключевых параметров кварцевых генераторов является температурная стабильность частоты. Существует несколько разных методов её обеспечения:

1. в простых (тактовых) кварцевых генераторах (КГ) температурная стабильность обеспечивается только самим кварцевым резонатором за счёт выбора угла среза кварцевого элемента. Температурная стабильность для таких генераторов может составлять $\pm(10 \dots 15) \times 10^{-6}$ в интервале температур $-40 \dots +85^\circ\text{C}$;
2. в термокомпенсированных кварцевых генераторах (ТККГ) присутствуют дополнительные элементы, которые формируют управляющее напряжение, компенсирующее зависимость выходной частоты от температуры. Температурная стабильность

для таких генераторов может составлять $\pm(1 \dots 3) \times 10^{-7}$ в интервале температур $-40 \dots +85^\circ\text{C}$;

3. в термостатированных кварцевых генераторах (ТСКГ) кварцевый резонатор и основная часть элементов находятся в термостате, поддерживающем постоянную температуру. Температурная стабильность для таких генераторов может составлять до $\pm(1 \dots 5) \times 10^{-11}$ в интервале температур $-40 \dots +85^\circ\text{C}$.

На графиках рисунка 1 представлена зависимость частоты от температуры для разных видов кварцевых генераторов.

Далее будут рассмотрены именно термостатированные генераторы, причём только самые высокостабильные.

Для начала рассмотрим детально базовую конструкцию термостатированных генераторов. Как уже было сказано, в подобных генераторах все чувствительные к изменению температуры элементы находятся внутри термоста-

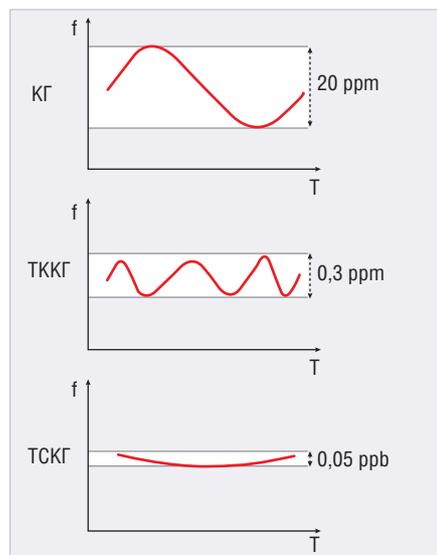


Рис. 1. Зависимость частоты от температуры для разных видов кварцевых генераторов

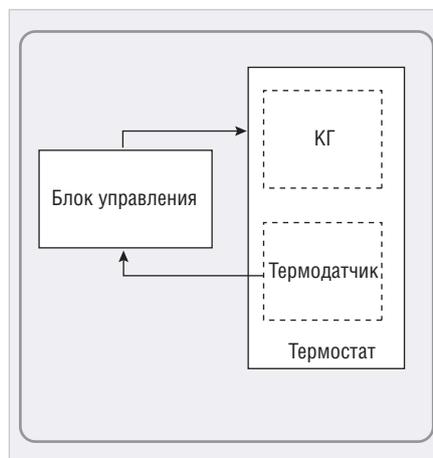


Рис. 2. Схема конструкции термостатированного генератора

та, в котором поддерживается постоянная температура. Схематически это можно представить следующим образом (см. рис. 2).

Температура внутри термостата устанавливается несколько выше (обычно на $5 \dots 15^\circ\text{C}$) верхней рабочей температуры эксплуатации генератора. Кроме того, она настраивается таким образом, чтобы температурная зависимость резонатора находилась в районе какого-то из его экстремумов (точки LTR и UTR на рисунке 3). Таким образом, обеспечивается минимальное изменение частоты кварцевого генератора от изменения температуры окружающей среды.

Необходимость поддержания высокой температуры термостатом приводит к следующим отличительным чертам термостатированных кварцевых генераторов:

- повышенный ток потребления при включении. Как только температура внутри термостата достигает заданного уровня, ток потребления существенно уменьшается;
- необходимость первоначального прогрева. Характеризуется точностью установления частоты в определённых пределах за фиксированное время. Обычно составляет от 2 до 5 мин при температуре $+25^\circ\text{C}$ с точностью до $\pm 2 \times 10^{-8}$.

Подобная базовая модель может обеспечить температурную стабильность от $\pm 1 \times 10^{-8}$ до $\pm 5 \times 10^{-10}$ в зависимости от конструкции. Существует несколько путей повышения температурной стабильности описанной конструкции:

1. использование двойного термостата. В подобных генераторах используется дополнительный термостат, внутрь которого помещается базовый термостат. Это достаточно эффективный путь, который обычно позволяет достичь стабильности до $\pm 1 \times 10^{-10}$. Однако такой вариант несёт в себе неизбежные издержки: относительно большие габариты и ограничение верхней рабочей температуры эксплуатации генератора из-за необходимости делать большую раз-

ницу между рабочей температурой и температурой термостата;

- использование дополнительной температурной компенсации. Итоговая зависимость частоты от температуры базовой конструкции обычно носит более или менее линейный характер, что дополнительно позволяет относительно просто её компенсировать. Из недостатков этого метода следует отметить довольно высокую крутизну итоговой зависимости частоты от температуры, что может нивелировать всё улучшение. Применение подобного метода к термостатированным генераторам обычно позволяет увеличить температурную стабильность до 5 раз;
- наиболее сложный, но дающий наилучшие результаты метод «вылизывания» базовой конструкции. Заключается он в тщательном расчёте и долгом многоитерационном процессе доработки конструкции конкретного типа генераторов для получения лучшей температурной стабильности. В частности, за счёт понижения температурных градиентов можно достичь температурной стабильности, получаемой у генераторов с двойным термостатированием, но при этом сохранив габариты и в особенности высоту базовой конструкции.

Для получения эксклюзивно высокой температурной стабильности, например до $\pm 1 \times 10^{-11}$, приходится в полной мере реализовывать все выше описанные меры улучшения температурной стабильности.

Как при эксплуатации, так и при измерении параметров генераторов с высокой температурной стабильностью могут возникать дополнительные факторы, влияющие на температурную стабильность, которые необходимо учитывать. Например, выходная частота кварцевых генераторов изменяется с течением времени. При этом крайне важно, сколько времени генератор находился во включённом состоянии. Так, для генераторов, включённых в течение нескольких недель, суточное изменение частоты будет составлять несколько единиц 10^{-11} , а для генераторов, включённых всего 1 день, эта величина уже будет несколько единиц 10^{-10} . Нетрудно заметить, что такой вклад будет заметен при измерении температурной стабильности, тем более когда она мала и сопоставима с таким уходом. Таким

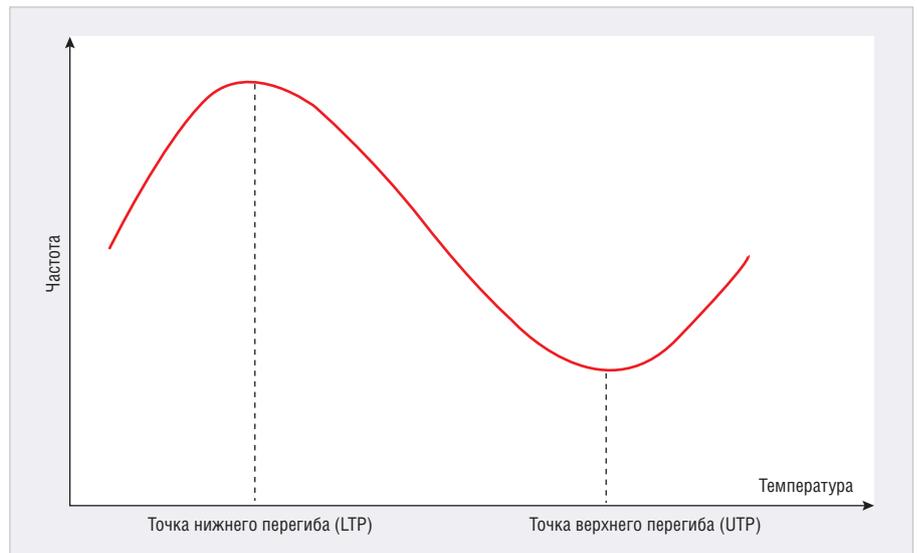


Рис. 3. Типовая зависимость частоты от температуры для кварцевого резонатора

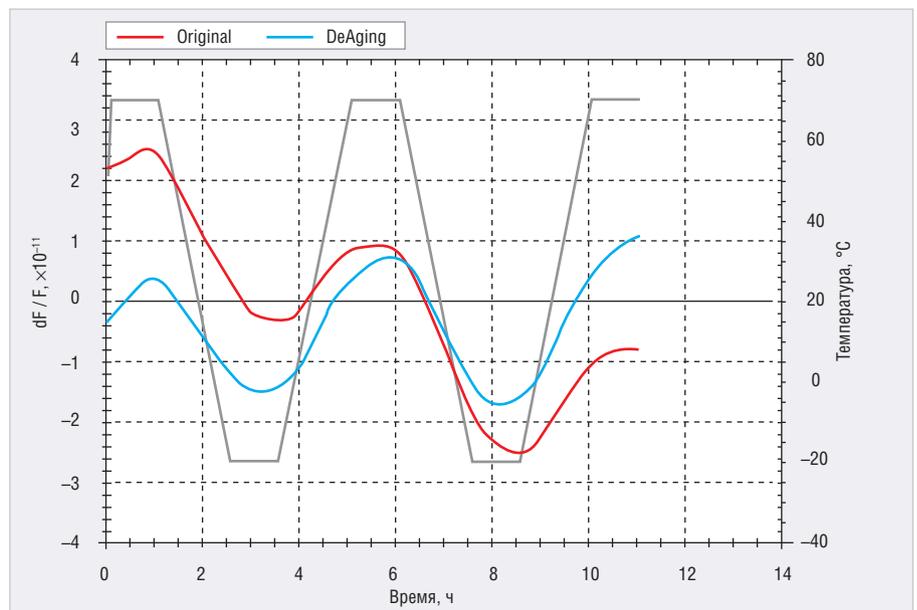


Рис. 4. Результат измерения температурной стабильности генератора ГК360-ТС производства АО «Морион»

образом, при оценке стоит учитывать дрейф частоты генератора. Сделать это довольно просто: необходимо выдержать генератор при некоторой постоянной температуре и фиксировать его частоту. Далее по полученным результатам можно построить модель ухода частоты с течением времени (для недолгих промежутков времени вполне хватит простой линейной модели). Обычно при испытаниях генераторов с очень высокой температурной стабильностью приходится делать несколько циклов нагрева/охлаждения, чтобы убедиться, что генератор удовлетворяет нормам по температурной стабильности. Влияние дрейфа частоты отчетливо видно на результатах испытаний

генератора ГК360-ТС производства АО «Морион» (см. рис. 4).

На рисунке 4 красным цветом показана исходная характеристика, снятая в процессе измерений. Видно, что она обладает линейным наклоном, связанным со старением генератора. Синим цветом показана эта же характеристика, но с вычтенным дрейфом.

Как уже было отмечено, если для повышения температурной стабильности используется дополнительная компенсация, то на итоговой характеристике могут присутствовать отдельные участки с сильной крутизной. Подобная ситуация несильно выражена для термостатированных кварцевых генераторов, но очень заметна в случае с рубидиевыми генераторами.

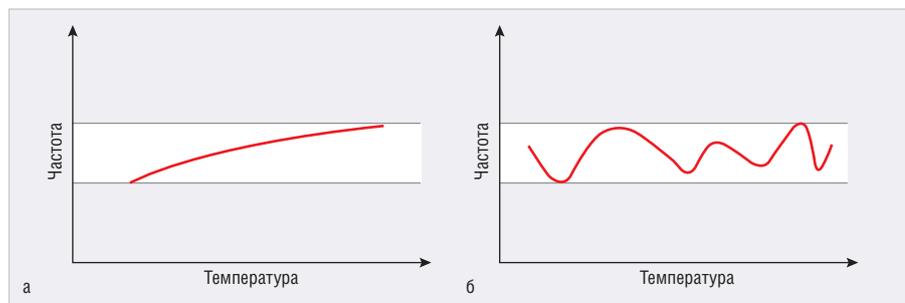


Рис. 5. Сравнение зависимости частоты от температуры для генераторов: а) с линейной температурно-частотной характеристикой (ТЧХ); б) с сильно меняющейся ТЧХ

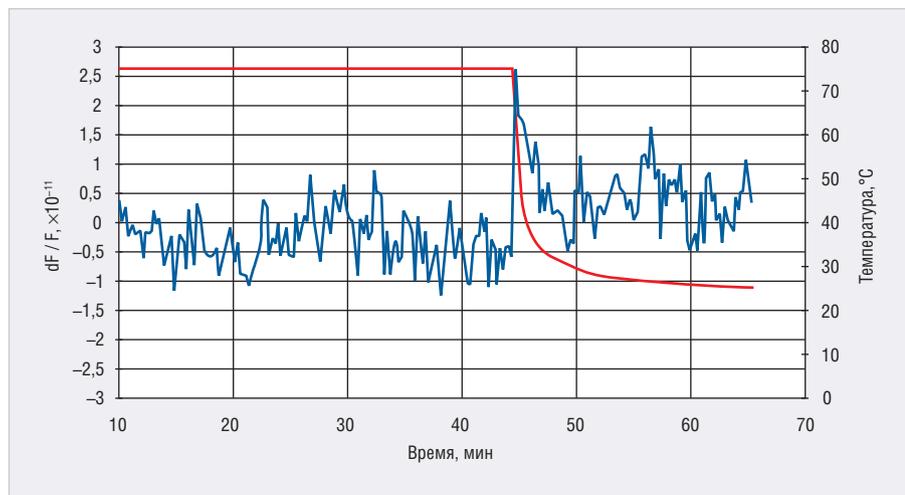


Рис. 6. Пример малой реакции на температурный удар для ГК360

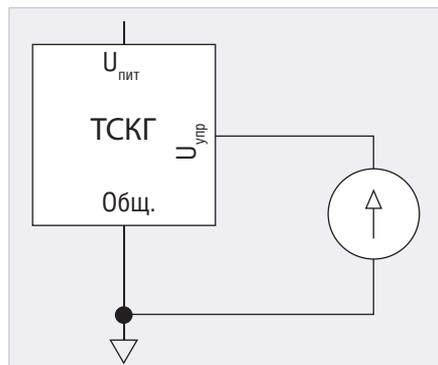


Рис. 7. Схема включения генератора с аналоговым управлением с общей землёй

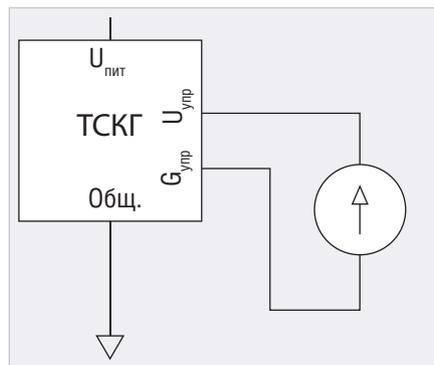


Рис. 8. Схема включения генератора с аналоговым управлением с отдельными землями

На рисунке 5 показаны две разные зависимости частоты от температуры. В первом случае (см. рис. 5а) при малом изменении температуры изменение частоты будет также пропорционально мало. Во втором случае (см. рис. 5б) при малом изменении температуры частота может измениться существенно больше, вплоть до значения температурной стабильности во всём интервале.

Также из-за компенсации или неудачной конструкции можно наблюдать большие изменения частоты, многократно превышающие норму при быстром изменении температуры.

У термостатированных генераторов с высокой температурной стабильностью вполне возможно наблюдать изменение формы и величины зависимости частоты от температуры при изменении их ориентации (см. рис. 6). Происходит это вследствие конвекции внутри объёма генератора. У правильно разработанного генератора такая зависимость должна быть сведена к минимуму и учтена при испытаниях.

Говоря о термостатированных генераторах сверхвысокой стабильности, отдельно стоит акцентировать внимание на проблемах, возникающих при подстройке частоты генератора

с помощью управляющего напряжения. Наличие этой функции напрямую влияет на стабильность генератора. Когда речь идёт о столь малых величинах нестабильности, вклад наличия перестройки становится особо остро заметен. Генератор без такой опции будет обладать большей температурной и кратковременной стабильностью, чем с ней. Например, температурную стабильность генератора без перестройки можно довести до $\pm 1 \times 10^{-11}$, тогда как с перестройкой эта величина уже будет $\pm 2 \times 10^{-11}$. Соответственно, при необходимости лучшей температурной стабильности предпочтение должно быть отдано системам, в которых допустимо применение генератора без возможности перестройки частоты.

Перестройка может обеспечиваться либо аналоговой цепью, либо цифровой. Генераторы с цифровым управлением содержат внутри себя ЦАП и управление частотой осуществляется подачей кода. Управление ЦАП возможно по протоколу I²C или SPI. При цифровом варианте управления деградация температурной стабильности минимальна, однако при изменении кода управления возможно ухудшение кратковременной нестабильности и фазовых шумов.

Ещё одним ограничением является минимальный фиксированный шаг перестройки, который зависит от разрядности ЦАП и для 20-битного ЦАП составляет от 5×10^{-13} до 10×10^{-13} .

В генераторах с аналоговым управлением для приведения частоты генератора к номиналу на вход управления необходимо подать управляющее напряжение (см. рис. 7).

На земляном выводе генератора возникает падение напряжения, зависящее от протекающего тока нагревательных транзисторов термостата. При таком подключении оно попадает в цепь управления и ухудшает температурную и кратковременную стабильность частоты.

Для уменьшения этого влияния необходимо уменьшить сопротивление (длину) общей цепи протекающих токов питания генератора и цепи управления. Кардинальным способом является использование разных земель (см. рис. 8). Но такой путь снижает унификацию генераторов и накладывает достаточно серьёзные ограничения на схемотехнику оборудования.

Ещё одним нюансом эксплуатации сверхвысокостабильных генераторов

являются применяемые материалы, т.к. при соединении разнородных проводников, спаи которых находятся при разных температурах, в цепи управления возникает термоЭДС, которая будет влиять на температурную стабильность частоты.

Чем выше температурная стабильность, тем сильнее будут влиять все вышеописанные явления.

Генераторы с высокой температурной стабильностью могут успешно применяться во многих областях, где необходима очень стабильная частота. Обладая меньшими габаритами и потреблением, они могут посоревноваться с рубидие-

выми генераторами в некоторых областях применения. Их зависимость частоты от изменения температуры гораздо более линейна и обладает меньшей крутизной. Таким образом, при небольших изменениях температуры окружающей среды она будет существенно выше, чем у рубидиевых генераторов. Единственно, в отличие от рубидиевых термостатированные кварцевые генераторы обладают большим старением, но в случае крайне малого изменения частоты при изменении температуры его влияние можно компенсировать.

В статье были рассмотрены особенности конструкции термостатиро-

ванных генераторов и методы улучшения температурной стабильности, а также приведены некоторые нюансы использования подобных генераторов.

Литература

1. *John R. Vig*. Quartz crystal resonators and oscillators: a tutorial, US Army. Communications-Electronics Research, Development & Engineering Center Fort Monmouth, NJ. USA. March. 2004.
2. *Kolyukov A., Ivanov Y., Nikonov A.* Precise Frequency Sources Meeting the 5G Holdover Time Interval Error Requirement. Microwave journal. May. 2018.



НОВОСТИ МИРА

ANSYS ПРИОБРЕЛА РЕШЕНИЕ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ КРЕМНИЕВОЙ ФОТОНИКИ LUMERICAL

Компания Ansys сообщила о приобретении Lumerical, лидера в области высокоэффективного моделирования кремниевой фотоники. Это позволит добавить передовые программные продукты для моделирования фотоники к мультифизическому портфолио Ansys и предоставить клиентам полный набор решений для вопросов, связанных с проектированием изделий следующего поколения.



Компания Lumerical разрабатывает программное обеспечение для моделирования на уровне компонентов, использующее многодисциплинарные рабочие процессы для моделирования оптических, электрических и тепловых эффектов на физическом уровне. Компания предоставляет решение для моделирования на системном уровне, с богатым набором аналитических возможностей для проектирования и оптимизации характеристик электрооптических устройств. Продукты Lumerical используются компаниями, разрабатывающими фотонные устройства, такими как Avalon Holographics, CompoundTek, LIGNETEC и Rockley Photonics.

Приобретение Lumerical является логичным продолжением реализации стратегии Ansys по внедрению инноваций и улучшений с перспективой на будущее. Кроме того, Ansys стремится расширять охват и пре-

доставлять технологии моделирования для всех сегментов промышленности, и технологии Lumerical открывают для Ansys индустрию фотоники.

Кремниевая фотоника – это расширяющийся рынок, и Lumerical, аналогично традиционной среде автоматизации проектирования электроники, предоставляет полный набор инструментов для проектирования и анализа компонентов фотонных интегральных схем и систем. Lumerical дополняет Ansys SPEOS, фактически выступая в качестве источника света для прогнозирования освещенности и оптических характеристик таких систем, как внутреннее освещение автомобиля.

«Фотоника представляет собой достаточно обширную совокупность различных рынков, так или иначе использующих фотонные технологии, – это и информационные технологии, биофотоника, оборона и безопасность, энергетика и освещение. Можно также отметить наличие существенной специализации стран на определенных сегментах рынка фотоники. Так, Южная Корея, Япония и КНР специализируются на рынках массовой продукции: производстве дисплеев, освещении и фотовольтаике. Сегменты коммуникаций, ИТ и машинное зрение развиваются в США и европейских странах. Высокий потенциал фотоники как для традиционных рынков (ИКТ, оборона/безопасность), так и формирующихся новых (биофотоника) вызвали пристальный интерес к данному направлению и в России, – комментирует Денис Хитрых, директор по маркетингу «КАДФЕМ Си-Ай-Эс». – Сегодня в России в данной области работает более 1000 организаций, при этом многие российские компании демонстрируют

высокую экспортную активность, что свидетельствует о наличии в нашей стране конкурентоспособных разработок. С другой стороны, российский рынок фотоники сегодня представляет собой крайне ограниченный сегмент мирового рынка, со специализацией в области безопасности и обороны. Использование современных компьютерных технологий таких как, Ansys, Lumerical DEVICE Suite и SYSTEM Suite на самом раннем этапе проектирования фотонных устройств позволит российским компаниям усилить конкурентоспособность разрабатываемых и выпускаемых на рынок изделий, и в полном объеме раскрыть свой экспортный потенциал».

С появлением приложений с 5G, а также автономных транспортных средств, организации будут вынуждены обрабатывать больший объем данных за более короткие сроки, чем когда-либо. Традиционные средства передачи данных будут заменены более эффективными оптическими сетями. Продукты Lumerical для моделирования нанофотонных устройств позволяют разработчикам решать самые сложные задачи фотоники, которые включают в себя взаимосвязанные оптические, электрические и тепловые эффекты. Решения Lumerical могут улучшить производительность архитектуры дата-центров, устранив узкие места в сети, потенциально сократив полную стоимость владения. Дополнительно приобретение Lumerical позволит клиентам Ansys прогнозировать поведение света в сложных фотонных структурах и системах.

Ожидается, что сделка не окажет существенного влияния на сводный финансовый отчет Ansys в 2020 году.

Пресс-релиз Ansys



Новинки от АО «Завод «Снежеть»: быстроразъёмные гидравлические соединители

Елизавета Матюхина (e.matyukhina@sneget.ru)

АО «Завод «Снежеть» – высокотехнологичное предприятие, разработчик и производитель соединителей специального и производственно-технического назначения – представляет новую линейку импортозамещающей продукции – быстроразъёмные гидравлические соединители.

АО «Завод «Снежеть» занимается разработкой и выпуском электрических соединителей с 1980 года. За последние годы предприятие оптимизировало свою производственную инфраструктуру и радикально обновило станочный парк, что позволило перейти к выпуску основной продукции по современным технологическим нормам. Система менеджмента качества сертифицирована на соответствие требованиям ГОСТ Р ИСО 9001-2015; ГОСТ РВ 0015-002-2012; ISO/TS 22163:2017.

Следуя потребностям рынка, в 2019 году завод в порядке импортозамещения начал серийное производство быстроразъёмных гидравлических соединителей (БРС) специального назначения – жидкостных соединителей серии СЖ.

Быстроразъёмное соединение – одно из самых удобных и эффективных приспособлений, используемых при соединении технических креплений оборудования и гидравлических, пневматических магистралей. Его основными назначениями являются оперативная сборка/разборка гидролиний, снятие и замена деталей гидравлических узлов и

систем без применения специальных инструментов или устройств и без потери рабочей жидкости в системе.

Конструктивно жидкостные соединители состоят из муфты и штекера (ниппеля). Муфта состоит из корпуса, механизма фиксации, обратного клапана, эластомерных уплотнителей, отдельного или интегрированного адаптера присоединения. Штекер имеет корпус, обратный клапан, отдельный или интегрированный адаптер присоединения и эластомерный уплотнитель соединительного элемента.

Принцип применения жидкостных соединителей (ЖС) изображён на рисунке 1.

Области применения жидкостных соединителей:

1. Оборонная и авиационная промышленность:

- охлаждение электроники;
- подача воздуха, пригодного для дыхания;
- подача гидравлической жидкости;
- контуры систем жизнеобеспечения экипажа;
- цепи замеров давления.

2. Альтернативные источники энергии:

- заправка транспортных средств природным или сжиженным нефтяным газом;
- заправка жидким или газообразным водородом;
- соединители для фотогальванических элементов солнечных батарей;
- системы охлаждения и гидравлики приводов ветряных станций.

3. Железнодорожный транспорт:

- соединительные системы для поездов, метро и трамваев;
- связь тележек, вагонов и локомотивов;
- замеры давления;
- опорожнение и заполнение вагонов-цистерн;
- тормозные системы;
- гидравлические системы;
- охлаждение электроники двигателей;
- опорожнение и заполнение масляных резервуаров.

4. Медицинская техника:

- подключение контуров с медицинскими газами (кислород, закись азота), воздух в машинах скорой помощи, палатах интенсивной терапии;
- подача растворов в гемодиализных установках;
- контуры охлаждения компьютерных томографов;
- подача растворов в аппаратах «искусственная почка».

5. Автомобильная промышленность:

- системы энергораспределения;
- смена инструментов для роботов (tool changer);
- подключение пневматических инструментов (болтовёртов, продувочных пистолетов, окрасочных пистолетов, шлифовальных машинок, дрелей и др.);
- заправка технологических жидкостей (тормозная, охлаждающая);
- заправка климатических установок (заправка хладагентом);
- стендовые и тестовые испытания узлов и агрегатов.

6. Транспортное машиностроение:

- стыковочные узлы морских и речных судов;

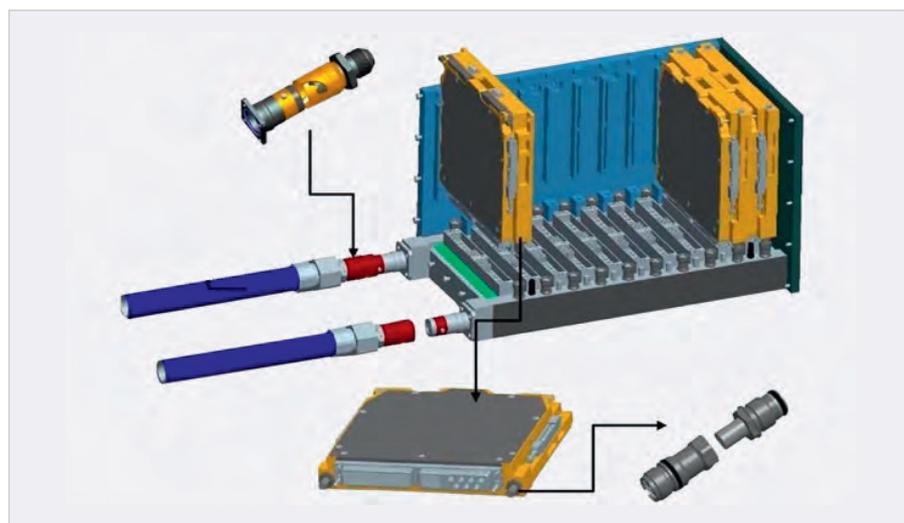


Рис. 1. Варианты применения быстроразъёмных гидравлических соединений

- опорожнение морских цистерн;
 - подключение систем охлаждения и гидравлики.
7. Химическая промышленность:
- отбор проб и образцов;
 - опорожнение и заполнение бочек;
 - забор топливно-энергетических ресурсов;
 - подача и транспортировка чистых газов;
 - сжатый воздух на установках технологического процесса.
8. Металлургическая промышленность:
- подведение газов к литейным ковшам;
 - подведение газов к узлу резки машины непрерывного литья заготовок;
 - гидравлика для домкратов;
 - подключение гидравлики на калибровочных стендах;
 - подача жидкости под высоким давлением в гидравлические цилиндры прокатных станков;
 - подача смазки подушек на прокатных станах.
9. Полимерная индустрия:
- соединение контуров терморегулирования пресс-форм для термопластавтоматов;

- подключение пневматических и гидравлических толкателей для пресс-форм.

10. Строительная индустрия:

- подача бетона, растворов;
- подключение пневматического инструмента.

Освоенные к настоящему времени в производстве БРС отличаются друг от друга используемым материалом, исполнением, комплектацией, формой, размером и типом клапана в зависимости от условий применения, таких как вид рабочего вещества (среды, энергоносителя), максимальное рабочее давление, диапазон рабочей температуры, условия эксплуатации. В связи с этим существует несколько классификаций быстроразъемных соединений.

Разновидности жидкостных соединителей

Выбор типа жидкостного соединителя зависит от требуемой эффективности теплоотвода, надёжности и ремонтнопригодности.

Размер соединителя выбирается в зависимости от потребляемой мощности устройства, значения максималь-

ной температуры, давления жидкости, коэффициента теплоотвода жидкости.

Для всех жидкостных соединителей применимы следующие значения рабочего давления: гидравлическое давление жидкости 2,5 бар, но не более 10 бар (1 МПа).

Рабочая температура жидкости варьируется для каждого отдельного вида исполнения соединителя. Выбор рабочей жидкости также зависит от конструктивных особенностей оборудования и используемых соединителей.

В зависимости от условий эксплуатации оборудования, а также для удобства обслуживания и ремонта может быть выбран любой вариант сочленения. Байонетное соединение рекомендовано для использования в авиационных приборах, «слепое сочленение» применяется для монтажа модулей внутри блоков без прямой видимости.

Вид монтажа зависит от конструкции оборудования, в котором будут применяться жидкостные соединители. Исполнение с квадратным фланцем рекомендовано для монтажа на корпус, штуцеры для внутриблочных модулей имеют резьбу на хвостовике.

Цветовая маркировка соединителей по требованию заказчика позво-

МЫ РАСТИМ БУДУЩЕЕ...





ЭЛЕКТРОННАЯ КОМПАНИЯ
Фаворит-ЭК

ЭЛЕКТРОННЫЕ КОМПОНЕНТЫ

Актуальный склад - смотрите онлайн



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



Рис. 2. Быстроразъёмные гидравлические соединители серии СЖ1



Рис. 3. Быстроразъёмные гидравлические соединители серии СЖ2

ляет обозначить соединители разных контуров охлаждения с разными жидкостями, например, соединители с более низкой температурой жидкости (на входе) рекомендуется обозначать жёлтым цветом, с высокой температурой (на выходе) – красным цветом.

Гидравлические разъёмы оснащаются хвостовиками различных типов: с внутренней/внешней конической и цилиндрической резьбой, наружной цилиндрической резьбой со скосом, безрезьбовыми. Модели с внешним типом резьбы предназначены в первую очередь для непосредственного соединения с гидравлическими агрегатами и оборудованием.

Материалы, применяемые в БРС серии СЖ

На длительность эксплуатации БРС большое влияние оказывают используемые материалы.

Корпус

Корпуса быстроразъёмных соединений, адаптеры, обратные клапаны и стопорные втулки производятся из различных металлов, таких как сталь, нержавеющая сталь, медь, алюминий, титан, обладающих характеристиками,

соответствующими конкретной области применения.

Для придания антикоррозийных свойств используются гальванизация, полировка, никелирование, хромирование, химическое осаждение никелевого покрытия, анодирование и нанесение твёрдых покрытий. Как пример, жидкостные соединители из алюминия для систем охлаждения электроники (анодирование внешних поверхностей с напылением твёрдых частиц на внутренней рабочей поверхности).

Пружины и шарики изготавливаются из нержавеющей стали из-за устойчивости материала к коррозии.

Уплотнители

В БРС используются кольцевые эластомерные уплотнители.

Характеристики эластомеров:

- низкая проницаемость для газообразных веществ;
- устойчивость к старению и износу;
- эластичность при низких температурах;
- упругость;
- обеспечение постоянного давления;
- устойчивость к высоким температурам и разбуханию.

Эластомеры обладают химической стойкостью к таким веществам, как

Таблица 1. Масса быстроразъёмных соединений СЖ1

Условный проход, мм	Масса муфт и штекеров, г, не более		
	Алюминий	Титан	Нержавеющая сталь
3	-	38	63
5	56	67	-
8	113	-	228
10	149	-	400
12	213	-	595
15	-	910	363
20	804,5	-	-

Таблица 2. Масса быстроразъёмных соединений СЖ2

Условный проход, мм	Масса муфт и штекеров, г, не более	
	Алюминий	Титан
3	35	52
5	59	86
8	88	135
12	321	437

масло, топливо, низкоконцентрированные кислоты и щёлочи, соляные растворы, вода различного качества, газы и растворители. К настоящему моменту разработано множество типов эластомеров, которые позволяют получить свойства, необходимые в конкретной области применения.

Нитрил-бутадиеновый каучук (нитрильное уплотнение) позволяет изменять свойства конечного материала уплотнительных колец в широком диапазоне посредством использования различных акрилонитрильных компонентов (содержания акрилонитрила).

Если указанные выше уплотнители не обладают достаточным сопротивлением к воздействию каких-либо веществ, используются материалы на основе этиленпропилендиен мономера – этиленпропиленовое уплотнение.

Сопротивление воздействию химических веществ фторсиликонового уплотнения почти не уступает соответствующему показателю ПТФЭ, но при



Рис. 4. Быстроразъёмные гидравлические соединители серии СЖЗ

Таблица 3. Масса быстроразъёмных соединений СЖЗ (исполнение корпуса 1 и 3)

Условный проход, мм	Масса муфт и штекеров, г, не более	
	Алюминий	Титан
3	8	10
5	25	38
8	45	62
12	140	175

этом обеспечиваются эластичные свойства, характерные для эластомеров.

Серийно выпускаемые жидкостные соединители

Жидкостные соединители типа СЖ1 с байонетным видом монтажа. ВЖАЯ.430420.004ТУ

Жидкостные соединители типа СЖ1 (см. рис. 2) широко применяются в разнообразных системах охлаждения для подсоединения шлангов к электротехнической аппаратуре, шлангов и каналов подачи охлаждающей жидкости между собой. Основными областями применения являются авионика, ПВО и гидролокация.

Преимущества:

- байонетный вид монтажа позволяет работать в условиях высоких вибраций;
- автоматическое уплотнение предотвращает утечки при размыкании;
- корпус из алюминия, нержавеющей стали или титанового сплава обеспечивает работоспособность в различных условиях окружающей среды, обеспечивая высокую абразивную износостойкость и коррозионную стойкость (см. табл. 1).

Жидкостные соединители типа СЖ2 быстроразъёмные с шариковым фиксатором. ВЖАЯ.430420.005ТУ

Жидкостные соединители типа СЖ2 (см. рис. 3) широко применяются в разнообразных системах охлаждения для

Таблица 4. Масса быстроразъёмных соединений СЖЗ (исполнение корпуса 2)

Условный проход, мм	Масса муфт и штекеров, г, не более	
	Титан	Нержавеющая сталь
3	18	29
5	46	77
8	91	151
12	217	364

межблочного соединения электротехнической аппаратуры. Основными областями применения являются наземный транспорт и аппаратура систем ПВО.

Преимущества:

- сочленение и запираение осуществляются с помощью быстроразъёмного механизма;
- автоматическое уплотнение для предотвращения утечки при размыкании;
- отсутствие утечек при нормальном сочленении;
- высокая абразивная износостойкость и коррозионная стойкость;
- корпус из алюминия, нержавеющей стали или титанового сплава для обеспечения работоспособности в различных условиях окружающей среды (см. табл. 2).

Жидкостные соединители типа СЖЗ с подключением «вслепую». ВЖАЯ.430420.006ТУ

Жидкостные соединители типа СЖЗ (см. рис. 4) широко применяются в разнообразных системах охлаждения для внутриблочного монтажа и реализации принципа быстрого сочленения модулей с контуром охлаждения.

Преимущества:

- автоматическое уплотнение для предотвращения утечки при размыкании;
- без запирающего механизма;
- отсутствие утечек при нормальном сочленении;



Рис. 5. Быстроразъёмные гидравлические соединители серии СЖ4

Таблица 5. Масса быстроразъёмного соединения СЖ4

Условный проход, мм	Масса муфт и штекеров, г, не более
	Нержавеющая сталь
4	95
6	147
8	267

- корпус из алюминия, нержавеющей стали или титанового сплава для обеспечения работоспособности в различных условиях окружающей среды (см. табл. 3 и 4);
- алюминиевый корпус с анодированием для высокой абразивной износостойкости и коррозионной стойкости;
- возможность радиального смещения для компенсации несоосности при сочленении.

Жидкостные соединители типа СЖ4 с быстроразъёмным лепестковым механизмом. ВЖАЯ.430420.004ТУ

Жидкостные соединители типа СЖ4 (см. рис. 5) широко применяются в разнообразных системах охлаждения в качестве штуцеров входа и выхода на корпусах аппаратуры наземных и мор-



Таблица 6. Сравнительные характеристики БРС серий СЖ

Характеристики соединений		Серия быстроразъёмных гидравлических соединителей			
		СЖ1	СЖ2	СЖ3	СЖ4
Номинальный диаметр, мм		3, 5, 8, 10, 12, 15, 20	3, 5, 8, 12	3, 5, 8, 12	4, 6, 8
Вид сочленения		Байонетное фиксирование	Быстроразъёмные соединения с шариковым фиксатором	Без запирающего механизма для соединения «вслепую»	Лепестковый механизм
Корпус		Алюминий, титан, нержавеющая сталь	Алюминий, титан	Алюминий, титан, нержавеющая сталь	Нержавеющая сталь
Основные параметры быстроразъёмных соединений	Рабочее давление, МПа	1,5–10,0	2–3	2–3	1,5
	Расход жидкости, л/мин	2,1–94,2	2,1–33,9	2,1–33,9	2,1–12,3
	Рабочая температура, °С	–55... +177			
	Среда применения	Тормозная жидкость, горячая вода, водяной пар, силиконовое масло, дистиллированная вода, нефтяное топливо, авиационный мазут, сильная кислота, сильная щелочь и другие растворы, азот, раствор антифриза			Дистиллированная вода, силиконовое масло, раствор антифриза, хладогент
	Максимальные утечки во время сочленения, см ³	0,02...0,2	0,02...0,05	0,02...0,05	0,3...3,0
	Покрытие	Анодирование и пассивирование			Пассивирование
	Уплотнение	Этиленпропиленовое, нитрильное, фторсиликоновое			Этиленпропиленовое, фторсиликоновое
Удар одиночного действия	Максимальное ускорение	15g полусинусоидальное			30g полусинусоидальное
	Длительность воздействия, мс	11			40
	Циклов на каждую ось	3			5
Случайная вибрация	Частота, Гц	15–2000			
	Ускорение/спектральная плотность ускорения	0,04 g ² /Гц			
Количество сочленений		500 циклов			

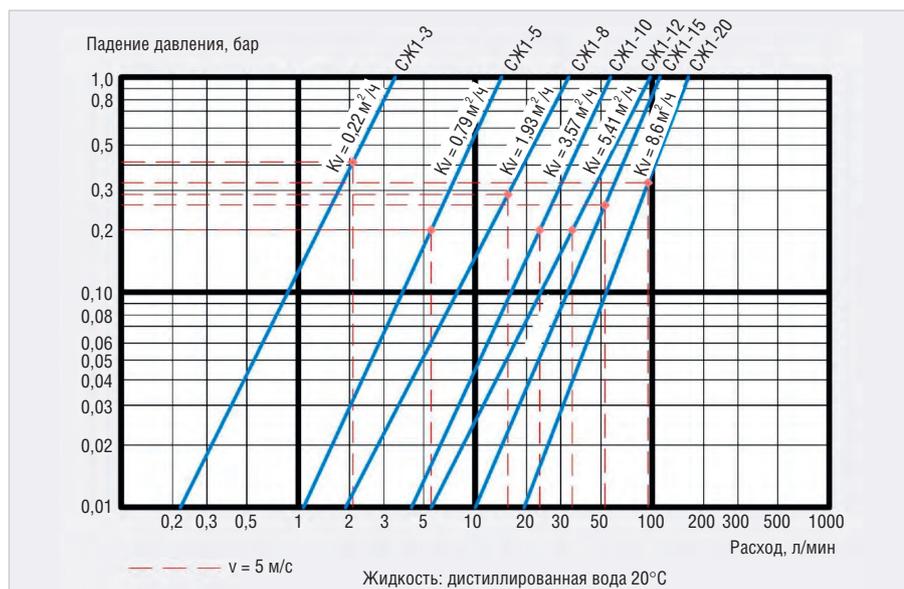


Рис. 6. Гидравлический расход и падение давления БРС на примере серии СЖ1

ских транспортных средств, высоко-мощных источников питания.

Преимущества:

- лепестковый механизм для быстрого сочленения и расчленения;
- автоматическое уплотнение для предотвращения утечки при размыкании;
- отсутствие утечек при нормальном сочленении;

- улучшенная конструкция внутреннего клапана для обеспечения максимального расхода жидкости;
- корпус из нержавеющей стали;
- маленький размер, удобное сочленение;
- легко монтируется, подходит для различных условий эксплуатации и требований по работоспособности (см. табл. 5).

В сводной таблице 6 приведены сравнительные характеристики БРС различных, освоенных в производстве серий СЖ.

Для получения эффективных гидравлических систем отправными показателями для расчётов служат давление энергоносителя и его расход в единицу времени. Исходя из этих показателей, а также с учётом типа жидкости (газа) и диапазона рабочих температур выбирается типоразмер БРС. Для облегчения задачи подбора БРС с достаточным проходным сечением производитель предоставляет графики потери давления для каждого из типов СЖ (см. рис. 6). При прохождении перемещаемого вещества через быстроразъёмное соединение неизбежно возникает потеря давления, которую чаще всего компенсируют увеличением проходного диаметра соединителя. Учёт гидравлических характеристик БРС позволяет обоснованно избежать применения соединителей избыточного сечения и веса.

Помимо перечисленных серийных БРС производитель имеет возможность разработать и изготовить соединители по требованиям и характеристикам, согласованным с заказчиком.



НОВОЕ ПОКОЛЕНИЕ ПРОГРАММИРУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ



- + Выходные мощности:
1,5 / 1,7 / 2,7 / 3,4 и 5 кВт
- + Выходное напряжение от 10 до 600 В
- + Выходной ток от 2,6 до 500 А
- + КПД до 92% на полной нагрузке
- + Управление: LAN, USB, RS-232/485
- + Вес менее 7,5 кг, высота модуля 1U для 19" стойки
(модель на 1,5 кВт имеет размер ½ 19" стойки)
- + GSP 10 кВт, GSP 15 кВт – готовые модули
с завода-изготовителя, состоящие из ведущего
модуля и одного или двух ведомых
- + Полный заводской контроль качества
и тестирование
- + Привлекательная цена
- + Управление: LAN, USB, RS-232/485,
Modbus-TCP



COM-HPC: НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ

Рифат Хакимов (IoT.Hardware@gmail.com)

В статье рассказывается о возможностях новой перспективной технологии COM-HPC, позволяющей реализовывать высокопроизводительные серверные и клиентские решения для самого широкого круга задач.

Введение

В начале этого года несколько компаний представили прототипы вычислительных модулей в новом форм-факторе COM-HPC, разработка которого ведётся консорциумом PICMG (PC Industrial Computer Manufacturers Group).

COM-HPC представляет собой следующее поколение COM-модулей, которые предназначены в основном для построения высокопроизводительных систем и дополняют уже существующую линейку стандартов COM Express. COM-HPC не заменяет собой, а расширяет существующий ряд модулей COM Express новыми решениями, которые движутся в направлении консольных Edge-серверов (граничные вычисления – это парадигма распределённых вычислений, осуществляемых в пределах досягаемости конечных устройств) и более многофункциональных Edge-клиентских решений – компьютеров, которые всё чаще используются в качестве распределённых систем в промышленных приложениях для ответственных применений в расширенном температурном диапазоне. В новом стандарте определены два типа модулей: Server (см. рис. 1) и Client (см. рис. 2), которые в стандарте COM Express rev.3 были представлены как TYPE7 и TYPE6 соответственно. Теперь модуль COM-HPC Server принято называть Server-on-Module (Сервер-на-модуле), а модуль COM-HPC Client – Computer-on-Module (Компьютер-на-модуле).

В консорциум PICMG входят ключевые компании отрасли, например производители полупроводников Intel и соединителей Samtec, что даёт уверенность в возможности использования стандарта в будущем с новыми поколениями процессоров с ещё более производительными интерфейсами.

Актуальность и перспективность технологии COM-HPC

Необходимость в новой спецификации, дополняющей COM Express, легко объяснить. В результате цифровой трансформации растёт спрос на встраиваемые компьютеры с ещё большей производительностью. Для нового класса встраиваемых Edge-серверов требуется практически неограниченная масштабируемость. Однако недостаточное количество интерфейсов, при наличии 440 контактов в разъёмах стандарта COM Express, является ограничением для мощных Edge-серверов. Производительность разъёма COM Express также медленно приближается к предельному значению, хотя легко справляется с пропускной способностью 8 Гбит/с для интерфейса PCIe Gen3.

Всё более мощные вычислительные средства необходимы там, где невозможно использовать облачные вычисления, например для использования в автономных транспортных средствах при обработке данных с камер и

датчиков в реальном режиме времени. Для обработки данных с камер и датчиков используются сложные алгоритмы глубокого обучения, при этом требуется большое количество параллельных вычислений. Чаще всего для таких задач используется GPGPU (англ. General-purpose computing on graphics processing units – неспециализированные вычисления на графических процессорах), заменяя или работая совместно с FPGA-решениями. При работе с высокопроизводительными вычислителями возникает потребность в высокоскоростном обмене данными, поэтому для повышения производительности в модулях COM-HPC увеличено количество линий PCI Express, что даёт возможность увеличить количество плат расширения с ускорителями вычислений.

Вычислительные системы с мощным CPU совместно с GPGPU и/или FPGA, позволяющие производить параллельные вычисления, востребованы в медицине для визуализации данных и диагностики болезней. Также они используются в системах видеонаблюдения и многочисленных системах контроля на производстве. Современные автоматизированные производства нуждаются в более производительных возможностях сетевого взаимодействия, поскольку станков, сборочных линий и другого производственного оборудования, взаимодействующего по сети, становится всё больше. Всё это увеличивает потребность встраиваемых систем в высокоскоростных интерфейсах для реализации современных производительных Интернет-решений, чувствительных к реальному времени, включая, в том числе поддержку стандарта TSN (TSN – стандарт передачи данных в реальном



Рис. 1. Модуль COM-HPC (Adlinktech)

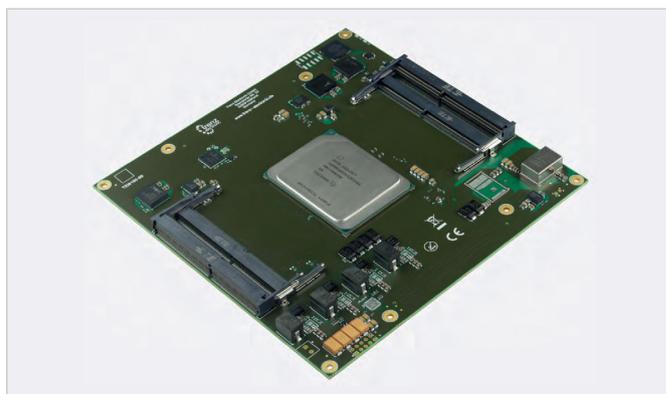


Рис. 2. Модуль TEI0180 (Trenz Electronic)

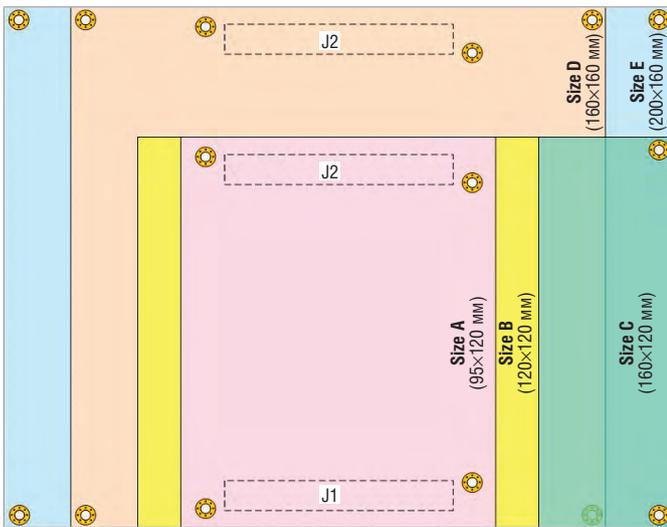


Рис. 3. Типоразмеры модулей COM-HPC



Рис. 4. Разъёмы socket-plug производства Samtec для межплатного соединения

масштабе времени в детерминированных сетях Ethernet). Кроме того, при консолидации множества задач в одной вычислительной системе возникает необходимость в использовании гипервизора и виртуальных машин, так как параллельно с прикладными задачами производится предварительная обработка данных в системах технического зрения и глубокого обучения, функционируют брандмауэр и система обнаружения вторжения – всё это увеличивает требования к системе. Модули COM-HPC могут применяться для промышленных систем хранения данных при использовании высокопроизводительных накопителей, выполненных по технологии NVMe (NVMe – протокол доступа к твердотельным накопителям, подключённым по шине PCI Express), в промышленных серверах и оборудовании 5G для наружного размещения.

Решения COM-HPC

Стандарт COM-HPC удовлетворяет всем вышеперечисленным требованиям: возможность сетевого обмена со скоростью до 100 Гбит/с, возможность увеличения производительности до 32 Гбит/с для шины PCI Express 4-го и 5-го поколений, а также наличие до восьми разъёмов DIMM и высокоскоростных процессоров с мощностью более 200 Вт.

На модулях COM-HPC Server-on-Modules возможно размещение массивов оперативной памяти до 1 Тб на восьми разъёмах DIMM. Кроме того, они будут содержать до восьми каналов Ethernet 25 Гбит/с и поддерживать до 64 каналов интерфейса PCI Express 4-го или 5-го поколений. Таким образом, общая производительность ввода-вывода достигнет 256 Гбит/с. Для такой высокой производительности,

Интерфейсы COM-HPC

COM-HPC Server	
J1	J2
17× PCIe	48× PCIe
4× ETH KR	
8× USB 2.0	
4× USB 3.x	
2× USB 4	
2× SATA	
eSPI, SMBus, I ² C, IPMB, UART, GPIO, MISC	4× ETH KR
Питание +12 В ±5%	
RSVD	RSVD

запроектированной внутри Edge-сервера, необходимы соответствующего уровня высокопроизводительные интерфейсы ввода-вывода, способные передавать данные на скорости до 28 Гбит/с. Дополнительно среди 800 контактов будет предусмотрено размещение до двух высокоскоростных интерфейсов USB 4.

Кроме вышеуказанных интерфейсов модуль COM-HPC в зависимости от типа содержит интерфейсы USB 2.0, USB 3.0, SATA III, CSI, DP/HDMI/LVDS, I²S/Soundwire, а также поддерживает eSPI, 2× SPI, SMB, 2× I²C, 2× UART и 12 GPIO для обеспечения интеграции простых периферийных устройств и стандартных коммуникационных интерфейсов, например в целях обслуживания. Назначение интерфейсов в зависимости от типа модуля указано в таблице.

Так как модули могут иметь различный набор компонентов, зависящий от производительности и назначения, стандарт COM-HPC определил пять типоразмеров плат. На рисунке 3 показаны разме-

COM-HPC Client	
J1	J2
17× PCIe	32× PCIe
8× USB 2.0	2× CSI2/3
4× USB 3.x	2× USB 3.x
2× USB 4	2× USB 4
2× SNDW/DMIC	
I ² S/SNDW	
2× SATA	DDI
2× DDI	
eDP/DSI	
eSPI, SMBus, I ² C, IPMB, UART, GPIO, MISC	4× ETH KR
Питание +12 В ±5% или в диапазоне от +8 В до 20 В	
RSVD	RSVD

ры, расположение разъёмов и крепёжных отверстий для всех типов плат. Клиентские платы имеют размеры: 95×120 мм (Size A), 120×120 мм (Size B) и 160×120 мм (Size C). Серверные платы имеют размеры: 160×160 мм (Size D) и 200×160 мм (Size E).

Стандарт определяет обязательное наличие двух разъёмов: J1 (Primary connector) и J2 (Secondary connector) для модулей серверного типа. Модули типа Клиент могут быть как с одним J1, так и с двумя разъёмами – J1 и J2. Разъёмы гарантированно способны передавать сигнал со скоростью 32 Гбит/с. На рисунке 4 представлен разъём, используемый для межплатного соединения.

Благодаря тому, что соединение между платами имеет высоту не более 10 мм, возможно проектировать достаточно тонкие модульные конструкции. Становится возможным конструировать как модули с низким профилем на базе GPGPU, FPGA или DSP, так и процессорные серверные модули, что, в свою очередь, даёт возможность для размещения

их в блочных корпусах (rackmount) высотой 1U и 2U. Соответствующие решения для всех трёх вариантов модулей уже разрабатываются, так что COM-HPC представляет собой уже стандарт, описывающий модули не только для встраиваемых Edge-серверных процессоров, но и для модулей расширения на базе GPGPU, FPGA или DSP.

Новшеством в модулях COM-HPC является встроенный интерфейс управления системой, предназначенный для мониторинга и управления аппаратными функциями серверных платформ независимо от процессора, BIOS или операционной системы. Благодаря этому инструменту COM-HPC будет предлагать реальные функции Edge-сервера, которые могут быть расширены за счёт применения подходящих контроллеров управления платами серверного класса (VMC) на платах-носителях. В зависимости от обстоятельств, для выполнения этих задач может использоваться как обычный микроконтроллер со специализированной прошивкой (firmware), так и специализированные микросхемы, используемые в высокопроизводительных серверах, с соответствующим программным обеспечением.

Новый стандарт COM-HPC предоставляет возможность разрабатывать модули с графическими процессорами или микросхемами FPGA. Для использования этих модулей в качестве плат расширения предусмотрены сигналы внешней синхронизации, соответствующие стандарту PCI Express. Применение такого решения позволит отказаться от использования райзеров (riser), которые предназначались для установки плат под углом в 90 градусов, например ускорителей вычислений на GPU или FPGA, выполненных в формате AIC (Add-In Card). Уменьшение количества разъёмов улучшает надёжность системы, а уменьшение количества переходов сигнала с платы

на плату – целостность сигналов. Альтернативное решение – графические карты на платах формата MXM3 – имеют только 314 контактов против 2×400 в COM-HPC. Большое количество контактов делает возможным использование большого количества линий в интерфейсах, что приводит к увеличению пропускной способности интерфейса.

Стандарт COM-HPC не ограничивает количество применяемых модулей в одной вычислительной системе, что позволяет размещать на одной плате-носителе несколько модулей COM-HPC одного или разных типов. Таким образом можно разрабатывать многопроцессорные и/или гетерогенные вычислители. Благодаря наличию высокоскоростных интерфейсов, таких как 10GBase-KR и PCIe, можно организовать эффективное сетевое взаимодействие между модулями, используя соединения точка-точка, или более сложное взаимодействие с использованием, например, PCIe Switch.

Закключение

Совокупность всех перечисленных функций и возможностей ставит встраиваемые серверы на один уровень с серверами, используемыми в центрах обработки данных, но по сравнению с традиционными решениями у COM-технологии есть преимущество. Как правило, для повышения производительности необходимо заменить всю вычислительную систему вместе с шасси или по крайней мере всю системную плату. Некоторые поставщики даже разработали собственные модули для замены процессора, но это не даёт преимуществ перед открытым стандартом. Теперь ситуация может измениться с появлением новых модулей COM-HPC серверного класса и теми возможностями, которые они предоставляют. Благодаря модулям COM-HPC, обновление

систем, построенных на Edge-серверах, будет стоить гораздо меньше, поскольку необходимо заменить лишь небольшой компонент, а не всю систему.

Представленная технология COM-HPC – это идеальная возможность для всех будущих Edge-проектов, позволяющая снизить капитальные затраты следующего поколения устройств и повысить окупаемость инвестиций за счёт продления срока действия первоначальных инвестиций в Edge-серверы. Подтверждением сказанному служат работающие системы, разработанные в 2000 году и до сих пор поддерживаемые производителями оборудования.

Интеграторы, имеющие соглашение о неразглашении с одной из компаний, участвующих в разработке новой спецификации, уже сейчас могут разрабатывать подходящие конструкции платы-носителя. Новая спецификация станет доступна в качестве открытого стандарта только после официального релиза.

Членами подкомитета PICMG COM-HPC являются компании Acromag, Adlink, Advantech, AMI, Amphenol, congatec, Elma Electronic, Emerson Machine Automation Solutions, Ept, Fastwel, GE Automation, HEITEC, Intel, Kontron, MEN, MSC Technologies, N.A.T., nVent, Samtec, Seco, TE Connectivity, Trenz Electronic, University Bielefeld, VersaLogic Corp.

Литература

1. COM-HPC Overview. URL: <https://www.picmg.org/com-hpc-overview/>.
2. COM-HPC: a new PICMG Computer-on-Module for High Performance Edge Computing. URL: <https://www.adlinktech.com/en/COM-HPC>.
3. COM-HPC Rings in Good Tidings for the World of Edge Server Designs. URL: <https://www.embedded-computing.com/guest-blogs/com-hpc-rings-in-good-tidings-for-the-world-of-edge-server-designs>. 

НОВОСТИ МИРА

Продажи полупроводниковой продукции в мае выросли, несмотря на пандемию

Ассоциация полупроводниковой промышленности (Semiconductor Industry Association, SIA) обнародовала свежую статистику по мировому рынку полупроводниковой продукции, который, как и другие сегменты IT-отрасли, испытал на себе влияние нового коронавируса.

Сообщается, что в мае 2020 года в глобальном масштабе было реализовано полупрово-

дниковых изделий на сумму в \$34,97 млрд. Это на 1,5% больше по сравнению с апрельским результатом, когда отгрузки в денежном выражении равнялись \$34,43 млрд. В годовом исчислении зафиксирован 5,8-процентный рост: в мае 2019-го объём отрасли составлял \$33,04 млрд.

Если рассматривать отдельные регионы, то в мае продажи выросли в годовом исчислении на 25,5% на американском рынке, на 4,9% – в Китае и на 1,5% – в Японии. При этом в Европе зафиксировано 12,9-процентное снижение поставок.

По прогнозам аналитиков SIA, в текущем году в целом объём мирового рынка полупроводниковой продукции достигнет \$426 млрд. Если эти ожидания оправдаются, отрасль покажет рост на 3,3% по сравнению с 2019-м, когда был зафиксирован результат в \$412,3 млрд.

В 2021 году прогнозируется дальнейший рост: отгрузки в денежном выражении могут увеличиться на 6,2%.

3DNews со ссылкой на SIA



ЗАО «НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ФИРМА «ДОЛОМАНТ»

ОТВЕТСТВЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА
ДЛЯ ЖЕСТКИХ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

2020

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

Измерения фазовых шумов импульсных сигналов с использованием анализаторов фазового шума R&S FSWP

Часть 2

Кирилл Румянцев (kirill.rumyantsev@rohde-schwarz.com),
Николай Лемешко (nlem83@mail.ru)

В статье рассматриваются вопросы измерения фазовых шумов сигналов с импульсной модуляцией, широко применяемых в радиолокации.

В первой части были проанализированы их спектральные особенности и теоретические ограничения, определяемые импульсным режимом работы устройств, рассмотрен метод цифровой фазовой демодуляции с кросс-корреляционной обработкой.

Во второй части рассматриваются функциональные особенности анализаторов R&S FSWP. Авторы расскажут, как проводили измерения фазового шума сигнала с импульсной модуляцией с учётом десенсбилизации, а также измерения для импульсно модулированной несущей на анализаторе R&S FSWP. Также будет представлен анализ амплитудной и фазовой стабильности сигналов с импульсной модуляцией.

Функциональные особенности анализаторов R&S FSWP

Анализатор R&S FSWP [3] – это полнофункциональный и комплексный анализатор фазового шума с кросс-корреляционной обработкой. FSWP позволяет проводить измерения фазового и амплитудно-модулированного шума как непрерывных, так и импульсных сигналов на частотах до 50 ГГц. Помимо измерений фазового шума анализатор FSWP, оснащённый опцией B1, позволяет проводить полноценный анализ сигналов и спектра с полосой частот цифрового анализа до 320 МГц.

Анализатор R&S FSWP позволяет выполнить большинство измерений, просто подключив сигнал к анализатору и нажав на кнопку выбора режима измерений. После завершения измерений можно ото-

бразить на экране кривые для фазового и амплитудного шумов, это также верно и для случая измерения фазового шума в импульсном режиме. В случае импульсной модуляции несущей анализатор автоматически измеряет частоту несущей, длительность импульса и частоту повторения импульсов, а затем конфигурирует анализатор для проведения измерений без вмешательства пользователя.

Как и другие системы с кросс-корреляцией, анализатор R&S FSWP разделяет входной сигнал и подаёт его на два независимых измерительных канала обработки, однако дальнейшая обработка выполняется по существенно отличающимся принципам.

На рисунке 11 показана упрощённая блок-схема анализатора R&S FSWP. На этой схеме можно чётко различить

два кросс-корреляционных канала с соответствующими гетеродинами и опорными генераторами, показанными слева. После разветвителя сигнал для каждого канала проходит через полосовой фильтр и подаётся на квадратурный смеситель. Аналоговый квадратурный смеситель с помощью сверхмалощумящего опорного генератора переносит сигнал на низкую или нулевую промежуточную частоту, в зависимости от измеряемой отстройки частоты. Сигналы с выходов квадратурных смесителей каналов 1 и 2 подаются либо на малощумящий усилитель, либо на усилитель-ограничитель и затем на соответствующий АЦП с частотой дискретизации 100 млн отсчётов/с. Сигналы с выходов всех четырёх АЦП затем подаются на ПЛИС и программное обеспечение на ПК для дальнейшей обработки. Комплексные низкочастотные сигналы с каждого канала (I и Q) оцифровываются, затем на ПЛИС выполняется их цифровая обработка в реальном времени.

На рисунке 12 показан принцип обработки сигнала на ПЛИС для одного канала. Сигналы I и Q после оцифровки и последующего выравнивания (эквализации) подаются на цифровой преобразователь с понижением частоты, который формирует поток I-Q-данных для дальнейшей обработки. Комбинация аналогового квадратурного смесителя и цифрового эквалайзера обеспечивает подавление паразитной амплитудной модуляции более чем на 40 дБ, в отличие от 15...30 дБ, характерных для стандартных аналоговых систем ФАПЧ, таким образом, снижая вероятность коллапса взаимного спектра [4]. Коллапс взаимного спектра может возникнуть, если амплитудный шум появляется на обоих входах анализатора кросс-корреляционного спектра и оказывается инвертированным по фазе из-за неидеальности смесителей, которые используются в качестве фазовых детекторов.

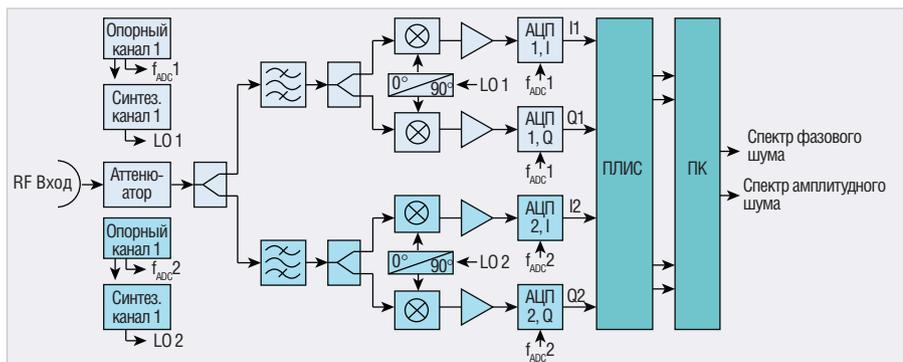


Рис. 11. Блок-схема радиотракта анализатора R&S FSWP

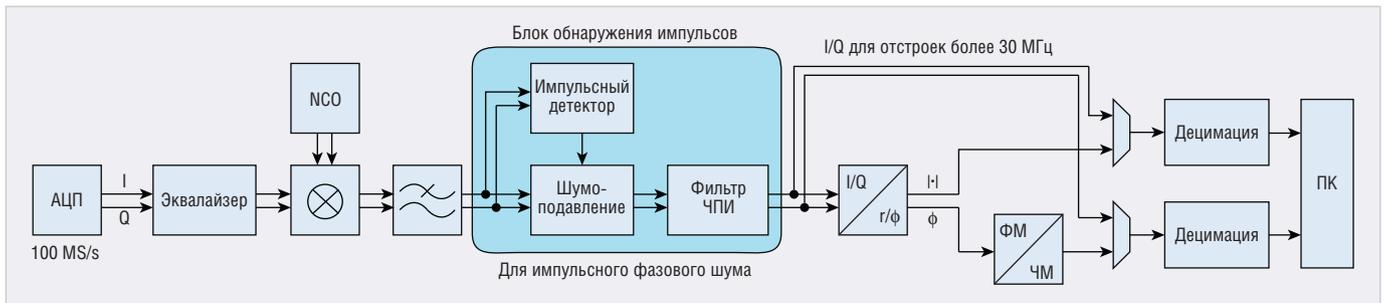


Рис. 12. Обработка сигнала на ПЛИС анализатора R&S FSWP

Цифровой преобразователь с понижением частоты позволяет получить точные I- и Q-сигналы, которые не искажены типичными помехами I-Q демодулятора, такими как I-Q дисбаланс или квадратурные ошибки. После цифрового преобразователя с понижением частоты сигнал проходит через фильтр низких частот (ФНЧ), чтобы устранить высокочастотные гармоники, возникшие после смесителя. После этого сигнал подаётся на импульсный детектор и цепь шумоподавления, которые используются в случае измерения параметров импульсной несущей. Этот процесс будет более подробно описан в следующих параграфах. Для непрерывных несущих сигнал подаётся на цифровой частотный демодулятор, который заменяет традиционный фазовый детектор систем с ФАПЧ опорного генератора.

Цифровой демодулятор передаёт информацию о низкочастотном дрейфе цифровому преобразователю с понижением частоты для коррекции дрейфа сигнала испытуемого устройства (ИУ) и формирует кратковременные флуктуации частоты, обрабатываемые ПК посредством быстрого преобразования Фурье (БПФ) в спектральную плотность флуктуаций частот $S_f(f)$, которую можно легко преобразовать в спектральную плотность флуктуаций фазы $S_\phi(f)$ и фазовый однополосный шум. Кроме того, параллельно с ЧМ-демодулятором работает цифровой АМ-демодулятор, что позволяет проводить одновременные измерения амплитудного и фазового шума.

Стоит отдельно отметить, что упомянутая выше возможность одновременного измерения амплитудного и фазового шума ИУ без применения отдельных или внешних амплитудных детекторов является очень важной и уникальной особенностью конструкции прибора R&S FSWP, дающей возможность измерения таких шумовых параметров без дополнительной перекоммутации.

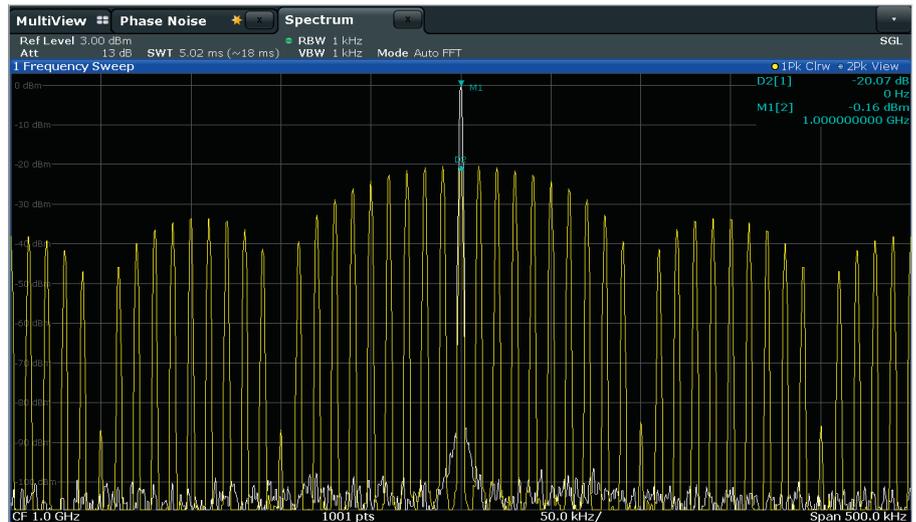


Рис. 13. Спектр непрерывной несущей (белая кривая) и спектр той же самой несущей с импульсной модуляцией (жёлтая кривая)

Измерение фазового шума сигнала с импульсной модуляцией с учётом десенсibilизации

Существует ряд проблем, усложняющих измерения фазового шума для импульсно-модулированной несущей: отсутствие уникальной информации о фазовом шуме для отстроек частоты, превышающих $F/2$, необходимость использования фильтра низких частот с частотой среза $F/2$. Имеются также проблемы, связанные с импульсной модуляцией опорного источника, необходимой для минимизации перегрузки малошумящего усилителя. Дополнительной сложностью является десенсibilизация (просадка амплитуды импульса). Все эти факторы оказывают негативное влияние на точность измерения фазового шума.

На рисунке 13 показан спектр непрерывной несущей (синяя кривая) и спектр той же самой несущей с импульсной модуляцией (жёлтая кривая). Следует обратить внимание, что центральная линия спектра импульсного сигнала на 20,07 дБ меньше, чем у непрерывного сигнала. Десенсibilизация импульса возникает из-за того, что импульс-

ная модуляция несущей распределяет энергию несущей по широкой полосе частот. Разницу в мощностях несущей модулированной и непрерывной сигналов часто называют коэффициентом десенсibilизации импульса, который составляет $20\lg(\tau F)$. Для спектра импульсного сигнала, изображённого на рисунке 13, длительность импульса составляет 10 мкс, период повторения импульса – 100 мкс, таким образом, десенсibilизация равна 20 дБ.

При измерениях фазового шума импульсная модуляция в данном примере снижает мощность несущей на 20 дБ, приближая её к уровню собственных шумов анализатора. Теоретически нижний порог измерения фазового шума ограничен тепловым шумом. Тепловой шум при комнатной температуре равен -174 дБмВт/Гц. Так как фазовый шум и шум амплитудной модуляции вносят равный вклад в тепловой шум, вклад фазового шума в тепловой шум составляет -177 дБмВт/Гц, т.е. он на 3 дБ меньше, чем полная мощность теплового шума. Если мощность сигнала несущей мала, например -20 дБмВт, предел, до которого можно измерить фазовый шум, – это разница между мощностью сигнала несущей и

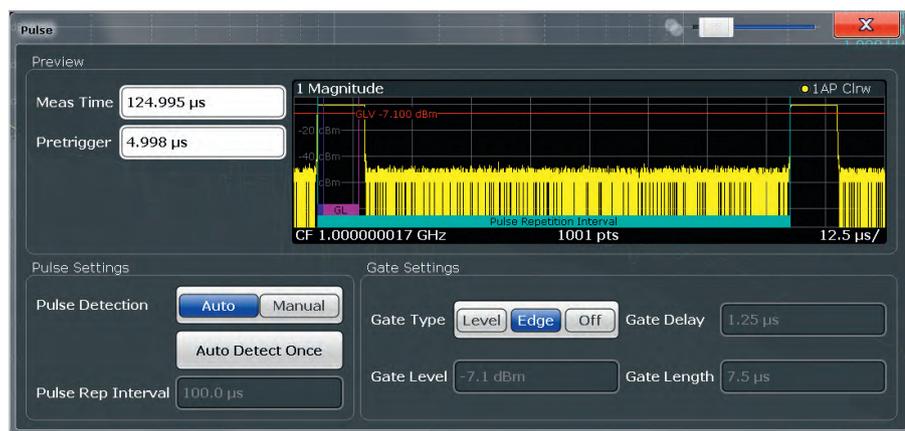


Рис. 14. Меню конфигурации Pulse config анализатора R&S FSWP

вкладом фазового шума в тепловой шум, т.е. для рассматриваемого примера это –157 дБн/Гц. Повышение мощности сигнала позволяет измерить фазовый шум до более низкого уровня. Таким образом, десенсibilизация импульса снижает чувствительность измерения фазового шума.

Измерения для импульсно-модулированной несущей на анализаторе R&S FSWP

Приведённое описание десенсibilизации импульса необходимо для пояснения важного различия между анализатором R&S FSWP и классическими системами измерения фазового шума. После цифровой обработки, пояснённой блок-схемой на рисунке 12, отсчёты импульсного сигнала поступают в программное обеспечение анализатора R&S FSWP, в котором используются специальные алгоритмы обнаружения импульса для установки маркеров начала и конца каждого импульса.

Маркеры импульсов используются блоком обнаружения импульсов, показанным на рисунке 12, для автоматического определения длительности и периода повторения импульсного модулирующего сигнала. Длительность импульса используется для установки параметров стробирования по импульсу, таким образом, анализатор R&S FSWP обрабатывает информацию о фазовом шуме только во время появления импульса. Так как для измерения фазового шума вблизи несущей необходимо очень высокое разрешение по частоте, анализатор должен использовать длительное время записи (во много раз больше, чем период повторения импульсов) для обработки сигнала. Используя стробирование по фронту, он выполняет точное стробирование во времени и вычисляет коэффициент заполнения

на основе длительности строба и периода сигнала. Так как блок шумоподавления полностью обнуляет сигнал между импульсами, компенсируется половина потерь из-за десенсibilизации импульса. Кроме того, зная коэффициент заполнения импульсного сигнала, схема цифровой обработки сигналов анализатора R&S FSWP может использовать усиление для компенсации оставшейся части потерь из-за десенсibilизации импульса. Для получения оптимальной производительности измерений фазового шума импульсной несущей необходимо использовать запуск по фронту (Edge), как это показано на рисунке 14. На этом рисунке показан экран конфигурации измерения импульсных сигналов на анализаторе R&S FSWP.

В данном меню (см. рис. 14) можно включить автоматическое или ручное обнаружение импульсов. По умолчанию используется автоматический режим. В этом режиме анализатор автоматически обнаруживает импульсы и центрирует временной строб в пределах 75% центральной части импульса. Временное стробирование можно отключить с помощью переключателей Gate Type или переключить в режим запуска по уровню (Level), в котором можно задать требуемый уровень стробирования. Наконец, в режиме ручного обнаружения импульсов можно задать задержку и длительность строба для измерения на конкретном участке импульса. На графике в верхней части меню задержка строба отображается синим маркером (линией) в нижней левой части импульса и помечена как GD. Область GL отображает время, в течение которого срабатывает строб, и анализатор R&S FSWP проводит измерения фазового шума.

Для измерения фазового шума обычно необходимо использовать сотни импульсов. Отсюда можно сделать

вывод, что предпочтительнее использовать сигналы с постоянной частотой повторения импульсов. Опытные пользователи могут, при желании, вручную изменить задержку и длительность строба для измерения фазового шума в конкретной области импульса. Но если строб выйдет за пределы импульса, к результатам измерения будет добавлен дополнительный шум, что ограничит технические характеристики анализатора.

Ещё один важный аспект – это требуемая для измерения фазового шума минимальная длительность импульса. Как следует из схемы (см. рис. 11), после квадратурного смесителя расположены четыре аналогово-цифровых преобразователя с частотой дискретизации 100 млн отсчётов/с. Для измерения фазового шума с помощью анализатора FSWP необходимо по крайней мере десять отсчётов на импульс; таким образом, минимальная длительность импульса составляет 100 нс.

Большинство систем измерения фазового шума на основе ФАПЧ обладают достаточно серьёзными ограничениями на минимальный коэффициент заполнения из-за десенсibilизации импульса. Анализатор R&S FSWP не настолько чувствителен к минимальному коэффициенту заполнения и остаётся способным выполнять точные измерения с коэффициентом заполнения менее 1%.

На рисунке 12 синим прямоугольником выделен блок обработки сигналов, предназначенный для измерения импульсных несущих. На основе маркеров начала и конца импульсов, полученных в программном обеспечении, детектор импульсов формирует стробы для блока шумоподавления. Блок шумоподавления обнуляет сигнал за пределами длительности импульса, что позволяет полностью устранить весь широкополосный шум между импульсами, тем самым расширив динамический диапазон измерений.

Далее следует блок IQ/LP. Это цифровой ФНЧ, вычисляемый на программируемой логической интегральной схеме (ПЛИС), для подавления частотных составляющих, лежащих за пределами F/2, которые не содержат уникальной информации о фазовом шуме. Такой подход обеспечивает преимущество анализатора R&S FSWP по сравнению с большинством систем измерения фазового шума, в которых пользователь должен сам определить значение

и выбрать подходящий фильтр. Обычно подходящий фильтр не реализован в измерительной системе, поэтому приходится использовать внешний фильтр.

Анализатор FSWP позволяет значительно упростить этот процесс, благодаря автоматическому формированию подходящего фильтра цифровыми методами, что освобождает пользователя от необходимости проделывать всю эту работу самостоятельно. Кроме того, на результаты измерения не влияют внешние фильтры и фазовые детекторы, которые являются дополнительным источником помеховых сигналов и шумов. Ещё одним важным преимуществом анализатора R&S FSWP является основанное на цифровой обработке сигналов обнаружение импульсов и их обработка, которая позволяет стробировать импульсы и проводить измерения в центральной части импульса, без необходимости иметь дело с переходными процессами, а также компенсировать потери от десенситизации импульса, о чём уже говорилось.

Можно привести пример измерения фазового шума импульсной несущей с помощью анализатора FSWP. Как и раньше, будет использоваться импульс длительностью 10 мкс, который уже упоминался в этой статье.

На рисунке 15 показаны результаты одновременного измерения фазового и амплитудного шумов на анализаторе R&S FSWP. Результаты полного измерения фазового шума импульсного сигнала получены менее чем за 1 минуту после простой установки параметров.

Анализ амплитудной и фазовой стабильности сигналов с импульсной модуляцией

Чем выше амплитудная и фазовая стабильность в рамках радиолокационного импульса, тем больше информации может извлечь РЛС при анализе принятого сигнала. При этом проведение измерений стабильности с требуемым уровнем чувствительности всегда было сложным и дорогостоящим процессом. Расширение R&S FSWP-K6P опции анализа импульсных сигналов FSWP-K6 [5], предназначенное для аппаратно-программной платформы анализатора R&S FSWP, делает эти измерения простыми, а интерпретацию и анализ данных более понятными и наглядными.

В рабочем режиме РЛС принимает отражённые сигналы не только от целей, которые должны быть обнаружены, но и от прочих окружающих объ-



Рис. 15. Результаты измерения фазового и амплитудного шумов импульсной несущей с помощью анализатора R&S FSWP



Рис. 16. Внешний вид установки для измерения амплитудной и фазовой стабильности импульсов и оценки уровня шума, вносимого услителем мощности (с порта генератора прибора R&S FSWP подаётся импульсный сигнал, который анализируется на выходе усилителя, подключённого к входному порту)

ектов: деревьев, зданий и даже волн на водной поверхности. Эти случайные отражённые сигналы играют роль пассивных помех, не представляют интереса для операторов РЛС и ухудшают рабочие характеристики системы. Однако обработка сигналов в современных локаторах может обнаруживать и подавлять нежелательные отражения, сравнивая, например, фазы и амплитуды последовательных отражённых сигналов и отображая только движущиеся цели. Чем выше фазовая и амплитудная стабильность передаваемых импульсов, тем точнее будут результаты обработки сигнала. При наличии высокостабильного рабочего сигнала можно предполагать, что любые изменения фазы и амплитуды связаны с целью, а не с нестабильно-

стью в передающей системе. Поэтому знание фазовой и амплитудной стабильности передаваемых импульсов имеет важнейшее значение при оценке чувствительности РЛС. Точное измерение параметров импульсов необходимо для того, чтобы до максимума повысить общую чувствительность системы и обеспечить обнаружение целей с небольшим значением эффективной площади рассеяния (ЭПР), таких, например, как малоразмерные беспилотные летательные аппараты.

В сравнении с предшествовавшими реализациями систем оценки стабильности импульсных сигналов, современное решение, основанное на применении анализатора фазовых шумов FSWP, выглядит существенно проще (см. рис. 16). Опция FSWP-K6P специально предна-

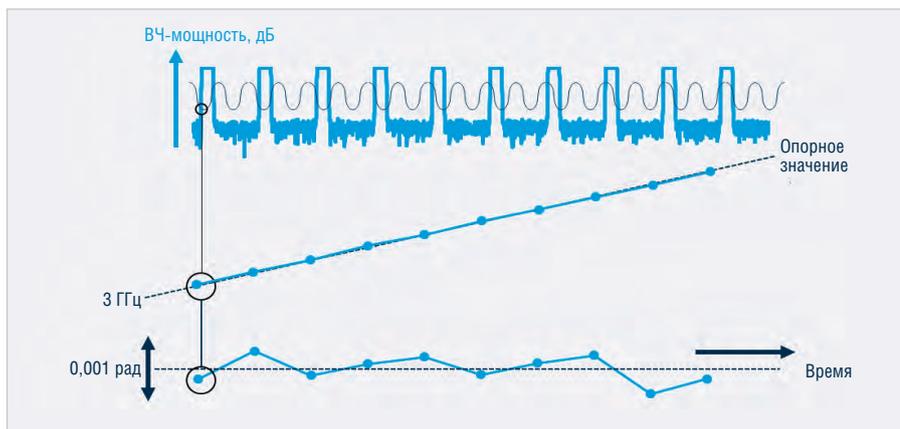


Рис. 17. Пример анализа отклонения фазы от импульса к импульсу относительно опорного значения

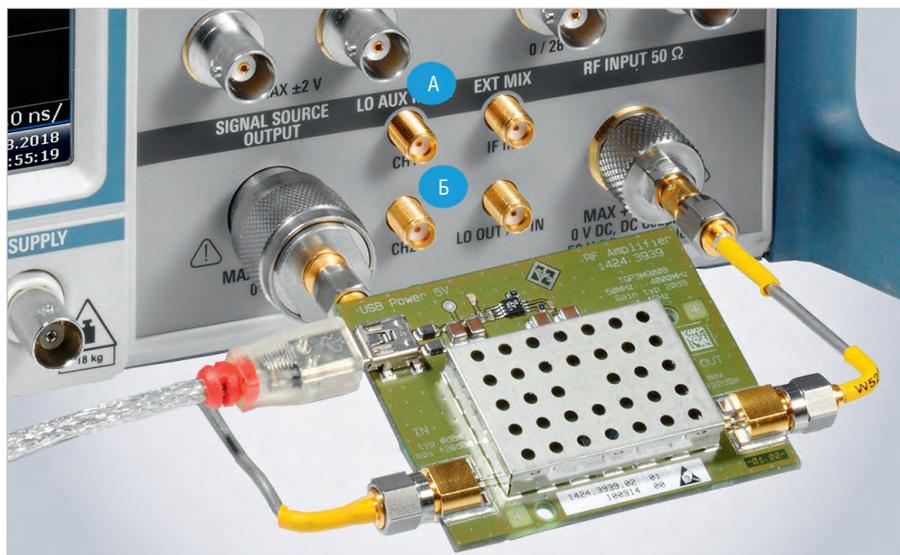


Рис. 18. Вид передней панели прибора R&S FSWP, оснащённого входами для внешнего гетеродина (входы типа SMA обозначены символами А и Б)

значена для определения характеристик стабильности импульсов. Данное программное расширение использует преимущества аппаратного обеспечения анализатора R&S FSWP, которое имеет более низкий уровень собственного шума и измеряет стабильность фазы и амплитуды с более высокой чувствительностью, чем обычный анализатор спектра. Встроенный в анализатор источник сигналов (опция R&S FSWP-B64) может генерировать тестовые сигналы – периодические импульсы и импульсные последовательности с параметрами, определяемыми пользователем. Сигнал поступает на вход ИУ, например усилителя, и измеряется на выходе, подключённом к приёмному тракту прибора. Поскольку фазовый шум в импульсах, подаваемых со встроенного генератора, и шум гетеродина в R&S FSWP идентичны, т.к. сигнал генерируется в обоих случаях одним источником, и коррелированы, данный фазовый шум может быть эффективно подавлен так, как это было описано выше, и оста-

нется только изменение фазы, вызванное ИУ. Такое измерение «вносимого» шума обеспечивает чувствительность более 80 дБ при анализе импульсной фазовой и амплитудной стабильности последовательности импульсов.

Мерой фазовой стабильности или фазовой стабильностью в общем случае считается отклонение фазы импульса от опорной фазы относительно 1 рад. Опорная фаза рассчитывается как среднее значение фазы в импульсе или усреднённое значение по всем импульсам последовательности. Фазой импульса может считаться любой отсчёт в импульсе, если производится анализ изменения фазы внутри импульса, или усреднённое значение фазы по всему импульсу, если сравнение идёт с другими импульсами последовательности.

Данный параметр задаётся пользователем при измерении в настройках трассы. Схематичная иллюстрация определения фазовой стабильности приведена на рисунке 17.

Значение фазовой стабильности в дБ рассчитывается по формуле:

$$\text{Фазовая стабильность} = 10 \lg \left(\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^{N-1} (\theta_{i+1} - \theta_i)^2 \right),$$

где θ_i – фаза в точке измерения i -го импульса из N заданных импульсов.

Среднее отклонение фазы между импульсами порядка 0,1 мрад соответствует значению –80 дБ. Аналогично характеризуется и амплитудная стабильность.

Возвращаясь к возможностям измерительной установки, стоит отметить, что R&S FSWP позволяет использовать в качестве рабочего сигнала и гетеродина как внутренний, так и внешний источники. Внешний источник удобно использовать в тех случаях, когда встроенный генератор не подходит для конкретной задачи, например, когда требуется использование специальной формы сигнала или более высокого уровня мощности на входе усилителя. Тогда пользователь может подключить к R&S FSWP свой собственный генератор, используя входы для внешнего гетеродина на передней панели (см. рис. 18).

На передней панели прибора имеются два входа. Они предназначены для подачи сигнала на оба тракта кросс-корреляционной обработки. Здесь важно подчеркнуть, что при измерении вносимых фазовых шумов сигнал тракта ИУ и тракта гетеродина исходит от одного источника, и кросс-корреляционная обработка обеспечивает дополнительное подавление внутренних шумов прибора, не связанных с сигналом гетеродина. Это шумы внутренних усилителей и аналого-цифровых преобразователей.

Вместе с тем поскольку в задаче измерения импульсной стабильности фактически происходит сравнение фазы импульса до ИУ и после него, то кросс-корреляционная обработка не применима. Поэтому используется только один вход – А. Высокая же чувствительность установки обеспечивается квадратурным преобразованием, как было упомянуто выше.

В реальных задачах тестирования РЛС редко используются периодические импульсы. В основном работа ведётся с импульсными последовательностями (см. рис. 19) и сложными импульсами. Исходя из этого, возможность создания последовательностей импульсов (пачек) также должна присутствовать в измерительной установке. Встроенный в анализатор R&S FSWP

источник сигнала позволяет создавать пачки импульсов в различной последовательности и с различным заполнением. При этом здесь также может быть востребована возможность использования пользовательского (внешнего) источника сигнала.

Во время практических испытаний, помимо выбора типа тестового сигнала, пользователь может использовать различные тракты прибора R&S FSWP. По умолчанию опция FSWP-K6 использует тракт встроенного анализатора спектра (опция R&S FSWP-B1). В данном случае пользователю будет доступна ширина рабочей полосы захвата до 320 МГц (при наличии опции FSWP-B320). Однако для получения максимальной чувствительности установки целесообразно использовать аппаратное оснащение именно измерителя фазовых шумов, где реализован режим с самыми низкими шумами при оцифровке сигнала. Тогда появляется возможность выбора типа измерений – источника (абсолютные) или измерения вносимого шума (относительные). Переключение между двумя трактами осуществляется из меню настройки сбора данных (см. рис. 20).

В конечном итоге результаты измерения могут быть представлены для каждого из захваченных (записанных в память) импульсов индивидуально. Диаграмма стабильности импульса отображает отклонение амплитуды и/или фазы от среднего значения для каждого отсчёта внутри импульса. Также в меню настройки трассы пользователь может выбрать иной режим отображения стабильности, соответствующий его индивидуальной задаче. Это может быть отображение отклонения от среднего по всей последовательности (пачке), между двумя соседними импульсами относительно среднего по последовательности или трёхмерная картина отклонений каждого импульса пачки в привязке к полному количеству таких пачек (см. рис. 21). Такое многообразие статистической обработки позволит пользователю взглянуть на картину стабильности под различными углами.

На рисунке 21 приведён пример результатов измерения стабильности импульсного сигнала, где в качестве исследуемого устройства используется пассивный аттенуатор. Слева – трёхмерное отображение отклонения фазы от среднего значения для каждого импульса для всех записанных в память последовательностей (ось X – позиция

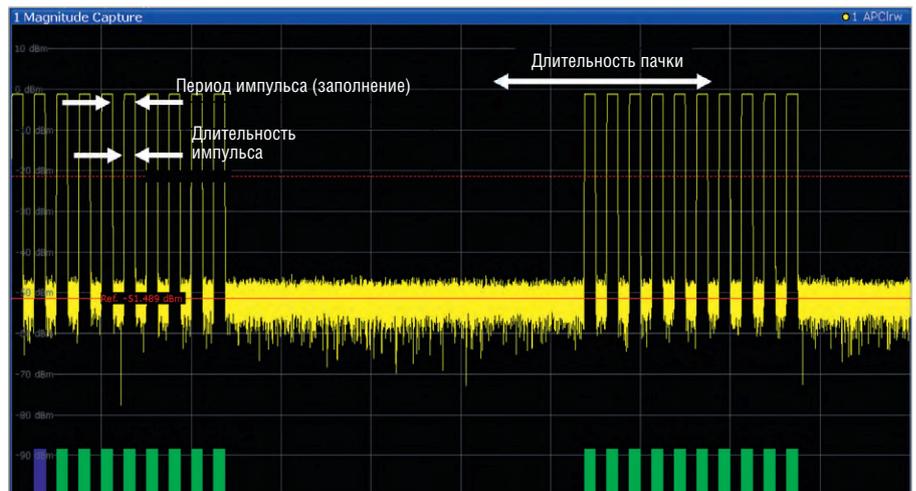


Рис. 19. Пример анализируемого сигнала, представленного последовательностью из 10 импульсов, с длительной паузой перед следующей аналогичной последовательностью (используется встроенный источник сигнала)

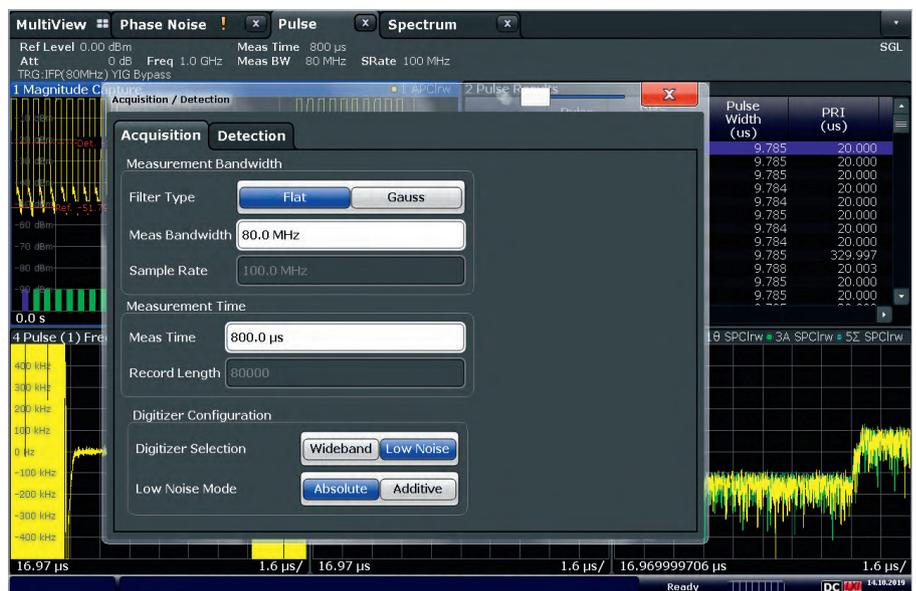


Рис. 20. Меню выбора режима измерения и тракта (Wideband – широкополосный тракт; Low noise – тракт с низким уровнем шума; Absolute – измерения источника (абсолютные); Additive – измерения вносимого шума (относительные))

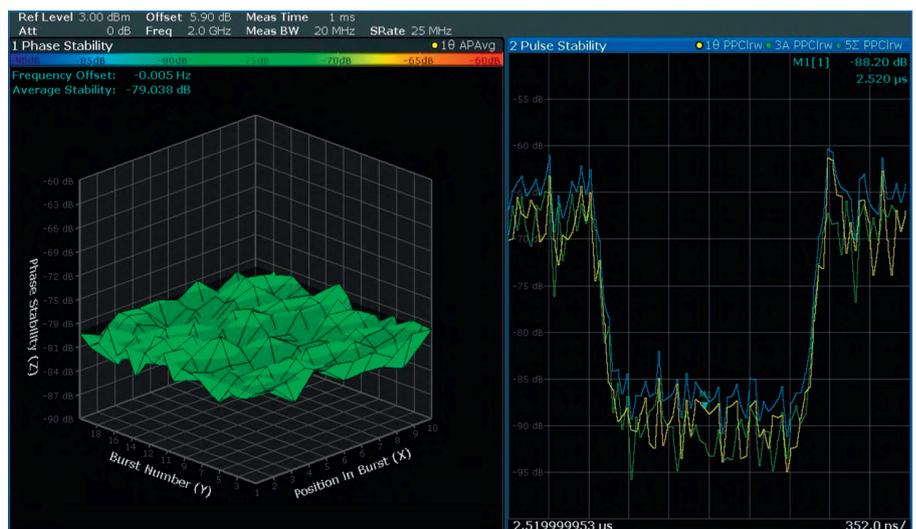


Рис. 21. Измерение стабильности от импульса к импульсу при работе в режиме импульсной последовательности

импульса в последовательности, ось Y – номер последовательности, ось Z – номинал отклонения фазы относительно 1 рад в дБ). Наблюдаемые отклонения характерны для нестабильностей, вызванных температурными эффектами. Справа – наблюдение фазовых отклонений внутри импульса, рассчитанных от импульса к импульсу относительно среднего по всей выборке (синяя кривая). Аналогичным образом показаны амплитудные отклонения (жёлтая кривая). Суммарные отклонения – амплитуда плюс фаза (голубая кривая). Различия в номиналах абсолютных значений графиков слева и справа связаны с различиями в статистической обработке и расчёте средних значений.

Заключение

В современных задачах разработки РЛС и систем связи требуется глубокий уровень понимания всех этапов работы устройства наряду с возможностью

прецизионной оценки параметров как всего модуля в целом, так и отдельных его элементов. Именно при выполнении столь сложных задач на помощь инженерам приходит R&S FSWP. Разработчики R&S за счёт перехода к полностью цифровой обработке сигналов максимально упростили процедуру предварительной настройки и управления прибором, предоставляя при этом возможность проводить такие нетривиальные измерения, как анализ фазовых шумов в импульсном режиме или анализ амплитудной и фазовой стабильности импульсных сигналов.

В дополнение к описанному выше следует отметить, что анализаторы R&S FSWP работают примерно в 100 раз быстрее предыдущего поколения анализаторов фазового шума, построенных на методике фазового детектора.

Литература

1. Kay Gbeen. Pulsed phase noise measurements. 2016. URL: <https://>

scdn.rohde-schwarz.com/ur/pws/dl_downloads/dl_application/application_notes/1ef94___/1EF94_1e_Pulsed_Phase_Noise_Meas.pdf.

2. Ширман Я. Д., Багдасарян С. Т., Маляренко А. С. и др. Радиоэлектронные системы. Основы построения и теория. Под ред. Ширмана Я. Д. Радиотехника. М. 2007. С. 512.

3. Руководство по эксплуатации анализатора фазовых шумов R&S FSWP (англ.). URL: https://scdn.rohde-schwarz.com/ur/pws/dl_downloads/pdm/cl_manuals/user_manual/1177_5633_01/FSWP_UserManual_en_11.pdf.

4. Nelson C. W., Hati A., Howe D. A. A collapse of the cross-spectral function in phase noise metrology. Rev. Sci. Instrum. Vol. 85. 2014.

5. Руководство по эксплуатации опции FSWP-K6 (англ.). URL: https://scdn.rohde-schwarz.com/ur/pws/dl_downloads/pdm/cl_manuals/user_manual/1177_5662_01/FSWP_K6_PulseMeasurements_UserManual_en_05.pdf.



НОВОСТИ МИРА

За срыв проекта ФАС лишила «Ангстрем» гражданского госзаказа до 2022 года

Как выяснили в CNews, зеленоградскому микроэлектронному предприятию «Ангстрем» не удалось оспорить решение ФАС, в соответствии с которым оно оказалось в Реестре недобросовестных поставщиков. Это не позволит компании, чьим бенефициаром принято считать экс-министра связи Леонида Реймана, в ближайшие полтора года участвовать в тендерах госорганов (по 44-ФЗ).

В «чёрном списке» «Ангстрем» оказался ещё в январе 2020 г. после того, как Минпромторг признал его уклонившимся от заключения контракта по итогам тематического тендера министерства на выполнение микроэлектронной опытно-конструкторской работы. В соответствующем протоколе министерства говорится, что в срок, предусмотренный законом о контрактной системе (упомянутый 44-ФЗ), «Ангстрем» не направил заказчику проект контракта, «подписанный лицом, имеющим право действовать от имени такого победителя».

Не согласившись с включением в Реестр, «Ангстрем» в начале февраля 2020 г. обратился с иском к ФАС в Арбитражный суд Москвы. Из опубликованной в картотеке

судебных дел резолютивной части решения служителей Фемиды следует, что в удовлетворении иска компании было отказано. Содержание использованных в суде аргументов предприятия в публичном доступе пока не представлено.

На обжалование вынесенного решения у «Ангстрема» есть месяц. Напомним, Реестр недобросовестных поставщиков представляет собой два регулярно обновляемых списка подрядчиков, тем или иным образом серьёзно проштрафившихся на госзакупках: отдельный список для компаний, провинившихся перед госорганами (министерствами, ведомствами и пр.), и отдельный – для организаций, проштрафившихся перед компаниями с госучастием (такими как Сбербанк, «Ростелеком», «Почта России» и пр.).

«Ангстрем» оказался в первом из этих списков – на стандартный срок в два года, то есть до января 2022 г. Теоретически для компании это могло бы означать полный крах, так как в соответствии с последним из её публичных годовых отчётов в 2018 г. доля продукции с военной приёмкой в объёме продаж «Ангстрема» на внутренний рынок составила 96,6%. То есть компания преимущественно живёт за счёт заказов Минобороны или его структур.

С одной стороны, не вполне понятно, обязано ли министерство в рамках госзаказа ориентироваться на Реестр,

а с другой – за «Ангстремом» остаётся право контрактироваться с компаниями с госучастием (по 223-ФЗ) и тем более с коммерческими структурами, поэтому новые военные заказы он теоретически может получать через посредников.

Тематикой проблемного тендера Минпромторга было заявлено выполнение опытно-конструкторской работы «Разработка и освоение производства радиационно-стойкого симметричного N-канального полевого транзистора с напряжением пробоя сток-исток не менее 20 В и током утечки затвора не более 1 нА» (шифр «Сила-17-Т»).

Тендер был запущен в конце ноября 2019 г. в формате конкурса с начальной ценой контракта в 114,6 млн руб. «Ангстрем» стал победителем без снижения цены лота, хотя его ближайший конкурент – воронежский завод полупроводниковых приборов «Сборка» – попросил за свои работы всего 90 млн руб.

Не сумев подписать контракт с «Ангстремом», Минпромторг в конце марта 2020 г. перезапустил тендер с начальной ценой контракта в 122,1 млн руб. В середине июня победителем была признана «Сборка» с ценовым предложением в 91,6 млн руб. Исполнение подписанного с предприятием контракта рассчитано на срок до 28 февраля 2023 г.

«Время электроники»
со ссылкой на CNews

НОВОСТИ МИРА

Соединитель HARTING T1 Industrial для технологии SPE был удостоен награды German Innovation Award 2020

Соединитель HARTING T1 Industrial для однопарного Ethernet (SPE) был удостоен престижной награды German Innovation Award 2020, которую компания HARTING получает уже второй год подряд.

В 2019 году награда German Innovation Award была присуждена компании HARTING за соединитель ix Industrial для построения компактных решений с технологией Ethernet.

Для коллектива специалистов, которые проделали колоссальную работу на пути создания соединителя для однопарного Ethernet как стандартного компонента в соответствии с IEC 63171-6, эта награда является весомым признанием их усилий, а также серьезной мотивацией для будущих проектов. При создании нового решения для однопарного Ethernet цель состояла не только в разработке продукта, особое внима-

ние было уделено эффективной интеграции комплексной концепции и международной стандартизации продукта, а также его широкому коммерческому внедрению.



«Предлагая промышленные соединители T1 Industrial для подключения на производственной площадке, мы делаем значительный шаг вперед с точки зрения доступности технологии SPE конечным пользователям. Эта награда стала существенным стимулом для продолжения развития наших решений, расширения портфолио продуктов и дальнейшей

разработки новых индивидуальных и перспективных решений IIoT для наших заказчиков», – отмечает Ральф Кляйн (Ralf Klein), исполнительный директор HARTING Electronics.

Компания HARTING Technology Group понимала широкие возможности SPE уже на раннем этапе и разработала оптимальную инфраструктуру для всех пользователей, внедряющих технологии I4.0 и IIoT. Компания HARTING принимала активное участие при создании унифицированного промышленного стандарта SPE, занимала лидирующее положение в процессе разработки стандартов, стандартизации соединительного компонента согласно IEC 63171-6, а также в процессе добавления ссылок на этот стандарт в международные стандарты для кабельных соединений ISO/IEC 11801 и TIA TR 42.7.

На протяжении 75 лет инновации играют ключевую роль в деятельности Technology Group, этот факт ещё раз подтверждает престижная награда German Innovation Award.

www.HARTING.com

smiths interconnect

ВАША БЕЗОПАСНОСТЬ — НАША ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

SpaceNXT™ Aurora серия

Hypertac® — гиперболическая форма контакта

KA серия

Разъемы для космической, авиационной, медицинской техники и железнодорожного транспорта

- Высокоскоростные разъемы
- QuadraX/Twinax
- Разъемы на печатную плату
- Кабельные сборки
- Высокочастотные разъемы
- Оптические соединители
- Соединители с подпружиненными контактами

PROCHIP
POWERED BY PROSOFT

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР

АКТИВНЫЙ КОМПОНЕНТ ВАШЕГО БИЗНЕСА

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

Подавление радиопомех в бортовых системах электропитания на основе ограничителя выбросов напряжения

Анатолий Миронов (maapwr@rambler.ru)

В статье описывается структура бортовой системы электропитания повышенной надёжности и помехоустойчивости на основе ограничителя выбросов напряжения, исследуются особенности помехоподавления в статическом и динамическом режимах работы, предельные уровни электрических воздействий.

Вопросы электромагнитной совместимости (ЭМС) радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) стоят всегда на первом месте при разработке систем вторичного электропитания (СВЭП) летательных аппаратов (ЛА). В статье рассматривается один из аспектов ЭМС СВЭП – повышение надёжности систем авиационного бортового электропитания посредством оптимизации структуры и способов решения вопросов подавления радиопомех.

Традиционным способом решения задач ЭМС считается установка на входе (а иногда и на выходе) СВЭП соответствующих фильтров радиопомех (ФРП). Такой способ приемлем, когда нижняя граница спектра радиопомех находится на частотах 100...150 кГц. В настоящее время это значение снизилось до 10 кГц. Кроме того, авиационная бортовая сеть постоянного тока напряжением 27 В по ГОСТ Р 54073-2010 имеет переходные отклонения (выбросы) до 81 В длительностью до 1 с! Здесь уже не поможет никакой ФРП.

В материалах [1–3] рассматривается структура СВЭП на основе ограничителя выбросов напряжения (ОВН), которая решает эффективно вышеперечисленные задачи.

Классификация ОВН, особенности их структуры, схемотехники и алгоритмы работы подробно рассмотрены в технической и патентной литературе [1–4]. По способу работы в режиме ограничения напряжения ОВН можно условно разделить на ОВН с непрерывным принципом работы в режиме ограничения и ОВН с импульсным принципом работы в режиме ограничения – импульсные ОВН [1]. Там же показано, что для нормализации значительной мощности наиболее перспективны ОВН импульсного типа. Далее речь пойдёт только об ОВН импульсного типа.

На рисунке 1 графически демонстрируется алгоритм работы ОВН серии МДН (изготовитель – ООО «АЭИЭП», г. Москва) при переходных процессах, возникающих в сети электропитания ЛА.

В нормальном режиме работы сети электропитания, когда входное напряжение находится в диапазоне 17...36 В, ОВН работает в установившемся режиме – выходное напряжение практически повторяет входное. Падение напряжения на ОВН не превышает 300 мВ при номинальном выходном токе, что соответствует максимальному КПД прибора – более 99%. Выброс входного напряжения с амплитудой 81 В ограничивается на выходе ОВН на уровне 37 В, безопасных для работы потребителей Пп. При этом ОВН переходит в импульсный режим работы с КПД преобразования не менее 95%. Перегрева силовых элементов ОВН не происходит, поэтому длительность перегрузки значения не имеет.

При построении бортовой СВЭП она обычно «набирается» из модулей питания (МП) необходимой мощности и выходного напряжения. Для удовлетворения требований по уровню помех на входе устанавливаются соответствующие фильтры. В СВЭП на основе ОВН необходимость во входных фильтрах отпадает, т.к. их функции берёт на себя ОВН. Основное назначение ОВН – ограничение выброса входного напряжения. Остальные полезные возможности ОВН даются разработчику СВЭП «в придачу и бесплатно». Сложность СВЭП при этом не возрастает, массогабаритные и удельные характеристики не ухудшаются, а функциональные возможности существенно расширяются. Типовая функциональная схема бортовой СВЭП на основе ОВН представлена на рисунке 2 [5].

При построении СВЭП модуль ОВН включается на входе один на всю систему электропитания. СВЭП на рисунке 2 состоит из двух подсистем с одной и двухканальными модулями питания МП1–МПn и МП(n+1)–МП(n+k), которые подключены к выходам соответственно ОВН1 и ОВН2. Каждая из подсистем управляется блоком управления (БУ). Нагрузкой МП являются потребители П1–Пn, которые могут получать электропитание и управление как от «своего» ОВН, так и от обоих (потребитель П2).

Рассмотрим подробнее особенности ОВН как устройства помехоподавления.

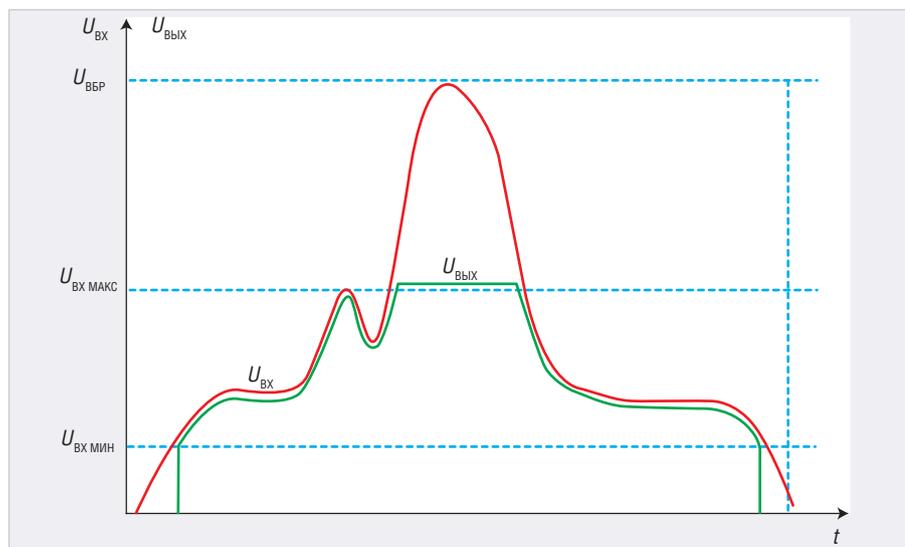


Рис. 1. Графическая интерпретация алгоритма работы ОВН

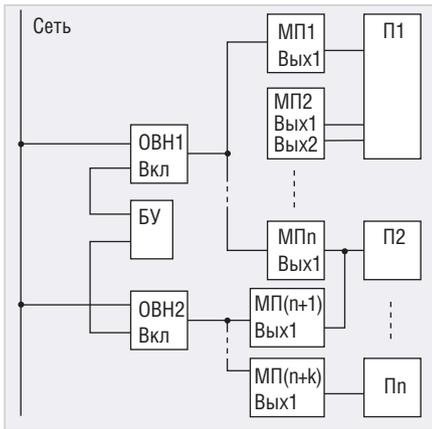


Рис. 2. Функциональная схема СВЭП

на основе ОВН (ОВН – ограничитель выбросов напряжения, БУ – блок управления, МП – модуль питания, П – потребитель)

В установленном режиме работы ОВН серии МДН представляет собой, по существу, фильтр, управление включением которого может осуществляться по выводу ВКЛ маломощным ключом (маломощным транзистором, контактами реле, выходом цифровой ИМС). Сглаженная частотная характеристика коэффициента ослабления $K_{осл}$ ОВН серии МДН с максимальным выходным током 5 А показана на рисунке 3.

Наибольшее ослабление (вплоть до 60 дБ) собственно ОВН имеет в диапазоне 75...400 кГц, где располагаются первые, наиболее мощные гармоники модулей питания СВЭП. ОВН, таким образом, является эффективным фильтром помех от СВЭП в бортовую сеть и обратно. Со снижением частоты фильтрующие свойства ОВН уменьшаются. На частотах в несколько килогерц его вообще как фильтр рассматривать нельзя. Однако это не является препятствием для его применения, т.к. современные МП работают на частотах от 100 кГц и выше и на частотах в несколько кГц помехи не генери-

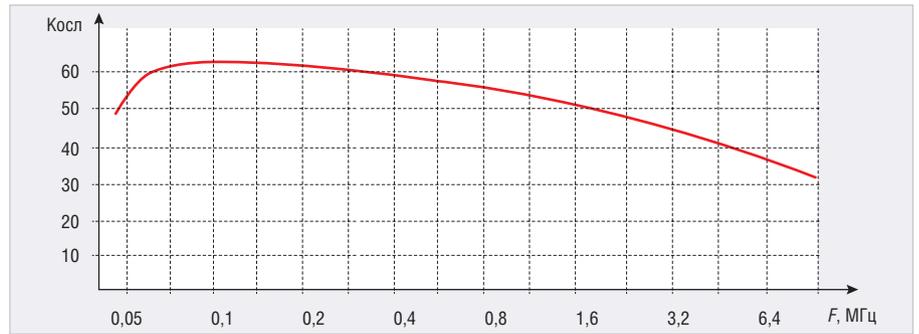


Рис. 3. Частотная зависимость коэффициента ослабления $K_{осл}$ ОВН серии МДН

руют. Помехи этого диапазона проходят через ОВН без ослабления, но значительно ослабляются узлами и блоками МП, так что на выходе МП, у потребителей Пп, низкочастотные составляющие помех также отсутствуют.

В динамическом же режиме работы (режиме ограничения входного напряжения) ОВН продолжает оставаться эффективным фильтром вплоть до самых низких частот. На рисунке 4 показан результат помехоподавления ОВН в режиме ограничения выходного напряжения. Здесь и далее оранжевым цветом показаны осциллограммы входного напряжения, зелёным цветом – выходного. Испытательная установка накладывает периодическую помеху частотой в несколько килогерц и амплитудой около 50 В на выброс входного напряжения. При подключении генератора помех к ОВН уровень помехи на входе последнего уменьшается более чем вдвое – происходит первичная фильтрация на входном конденсаторе ОВН. При этом на выходе ОВН амплитуда пульсаций составляет около 1 В на активной нагрузке. Подключение на выход ОВН модулей питания уменьшает амплитуду помехи ещё вдвое – работает входной фильтр МП. Однако и этого уже не требу-

ется, т.к. МП активно подавляет помеху такого уровня на входе.

Аналогичные результаты в режиме ограничения получаются при подаче на вход ОВН помехи частотой в единицы – сотни герц. На рисунке 5 показан результат помехоподавления в частотном диапазоне 5...100 Гц. В этом случае входной конденсатор и внутренний фильтр ОВН практически не работают – слишком низкая частота. Помехоподавление осуществляется активной фильтрацией схемы ОВН. На выходе ОВН амплитуда пульсаций также составляет около 1 В на активной нагрузке.

В режиме ограничения выходного напряжения ОВН можно рассматривать как эффективный фильтр с нижней частотой помехоподавления $f_H = 0$. В самом деле, выброс входного напряжения 81 В в соответствии с ГОСТ Р 54073-2010 имеет продолжительность 1 с (условно – половина периода), что соответствует частоте $f = 0,5$ Гц! На рисунке 6 показаны осциллограммы работы ОВН в режиме ограничения и одновременно фильтрации входного напряжения, имитирующего напряжение в реальной бортовой СВЭП.

Амплитудное значение выброса входного напряжения достигает 51 В, длитель-

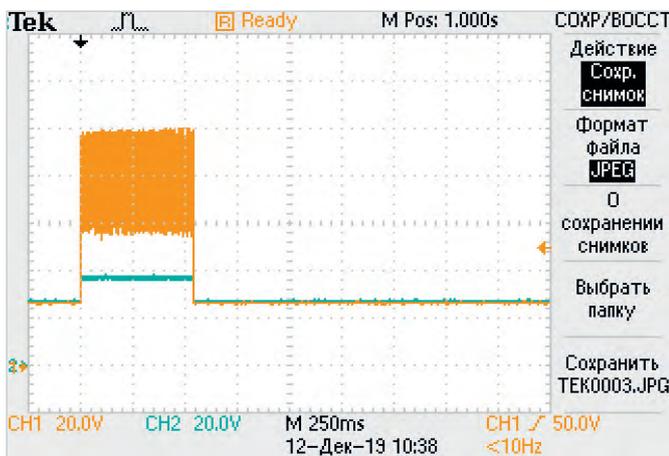


Рис. 4. Подавление помех частотой 5...30 кГц при работе ОВН в режиме ограничения выходного напряжения

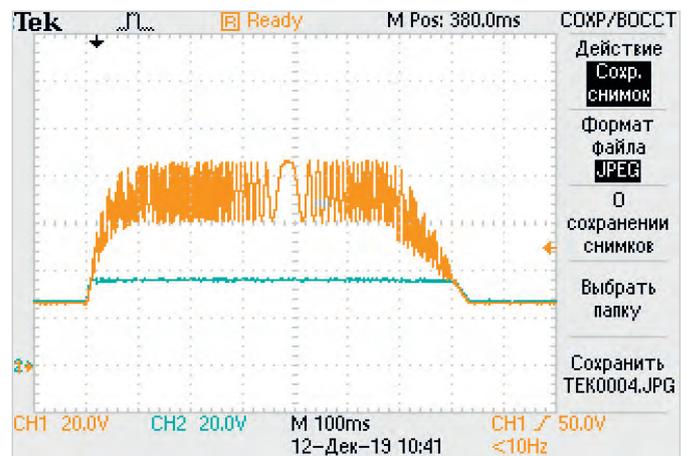


Рис. 5. Подавление помех частотой 15...100 Гц при работе ОВН в режиме ограничения выходного напряжения



Рис. 6. Переходный процесс в бортовой СВЭП с выбросом 51 В и коммутационными помехами

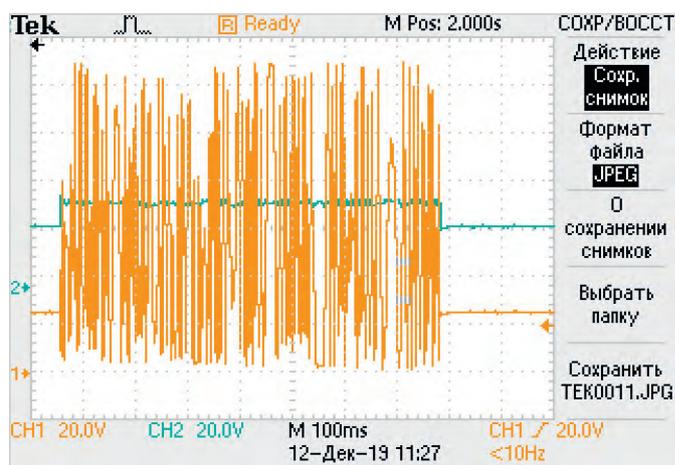


Рис. 7. Переходный процесс на выходе ОВН с входной импульсной помехой

ность переходного процесса около 2 с. Нарастание и спад напряжения сопровождаются высокочастотными коммутационными помехами. Однако ОВН эффективно сглаживает их, фиксируя выходное напряжение на уровне около 37 В.

Для исследования предельных возможностей ОВН в динамическом режиме испытательной установкой на входе была сгенерирована импульсная низкочастотная помеха с амплитудой около 70 В (см. рис. 7)!

Входной конденсатор ОВН в этом режиме также практически не работает. Помехоподавление осуществляется активной фильтрацией схемы ОВН. На выходе ОВН амплитуда пульсаций также около 2 В на активной нагрузке. Подключённые к ОВН МП СВЭП уверенно фильтруют помехи такой амплитуды.

Итак, хотя основное назначение ОВН – ограничение низкочастотного выброса входного напряжения, СВЭП с ним в составе по сравнению с традиционными получает ещё ряд полезных качеств, а именно:

- в установившемся режиме работы ОВН представляет собой эффективный помехоподавляющий фильтр, коэффициент ослабления которого в диапазоне частот 50...300 кГц достигает 60 дБ;
- наличие входных конденсаторов позволяет улучшить качественные показатели входной сети и повысить уровень помехоподавления ОВН;
- мгновенное значение тока через ОВН ограничено, что защищает потребителей Пп от неограниченных входных токов при запуске;
- при отказе одного из модулей МП, подключённых к ОВН, типа «КЗ по входу», ОВН квалифицирует это как короткое замыкание по выходу и переходит в режим релаксации. Средний ток в режиме релаксации, протекающий через прибор, не превышает (0,1...0,2) от максимального выходного тока. Этот режим работы безопасен для ОВН, и он может работать в нём длительное время без опасности перегрева, защищая при этом входную сеть от перегрузки.

Таким образом, применение ОВН в составе бортовых СВЭП эффективно решает проблемы ЭМС и попутно повышает надёжность и безопасность ЛА.

Литература

1. *Миронов А. А.* Ограничители напряжения – эффективный способ повышения надёжности и помехоустойчивости бортовой РЭА. Научно-технический сборник «Электрическое питание». Сборник докладов научно-технической конференции. М., 2006 С. 44–48.
2. *Миронов А. А.* Ограничитель напряжения. Патент РФ на полезную модель № 46594, 2005 г.
3. *Миронов А. А., Затулов С. Л.* Расширение функциональных возможностей ограничителей выбросов напряжения для бортсетей. Электропитание. 2015. № 2. С. 54–58.
4. *Миронов А. А., Затулов С. Л.* Ограничитель выбросов напряжения. Патент РФ на полезную модель № 153770, 2015.
5. *Миронов А. А., Инякин Е. С.* Применение ограничителей выбросов напряжения для нормализации параметров авиационной бортсети. Аэрокосмическое приборостроение. 2020. № 3. С. 13–26. ©

НОВОСТИ МИРА

SYNAPTICS ПОКУПАЕТ ЧАСТЬ АКТИВОВ BROADCOM

Компания Synaptics объявила о подписании окончательных соглашений, в соответствии с которыми она приобретёт у Broadcom определённые активы и права на производство, связанные с бизнесом Wireless IoT. Сумма сделки – \$250 млн.

В соответствии с условиями соглашений Synaptics приобретёт определённые права на существующие продукты Broadcom для Wi-Fi, Bluetooth и GPS/GNSS, бизнес на рынке IoT,

а также на будущие устройства, разработанные в соответствии с имеющимся планом в расчёте на современные узлы техпроцесса.

Покупатель рассчитывает, что данное приобретение дополнительно укрепит его позиции на быстрорастущем потребительском рынке IoT. Говоря точнее, в Synaptics ожидают, что сделка добавит приблизительно \$65 млн к текущему годовому объёму продаж и обеспечит значительный потенциал роста выручки.

Ожидается, что сделка, одобренная советом директоров Synaptics, будет завершена в пер-



вом квартале 2021 финансового года при соблюдении обычных условий закрытия. Synaptics рассчитывает профинансировать сделку за счёт наличных денежных средств, не прибегая к дополнительным источникам финансирования.

iXBT со ссылкой на Synaptics

НОВОСТИ МИРА

**KEYSIGHT TECHNOLOGIES
ПРИОБРЕТАЕТ КОМПАНИЮ
EGGPLANT**

Компании Keysight Technologies, Inc. и Eggplant, специализирующаяся в области цифровой автоматизации, сообщили о завершении сделки по приобретению Eggplant компанией Keysight у The Carlyle Group.

Eggplant – ведущий поставщик услуг по автоматизации проведения испытаний и анализа программного обеспечения с использованием технологий искусственного интеллекта (ИИ). Созданная Eggplant платформа Digital Automation Intelligence позволяет проводить тестирование любых цифровых технологий на любых устройствах, в любых браузерах и операционных системах, на всех уровнях – от пользовательского интерфейса до интерфейсов прикладных программ (API) и баз данных.

Цифровая революция привела к экспоненциальному росту объёмов и стоимости программного обеспечения. Для создания интеллектуальных и взаимосвязанных продуктов необходимы миллионы строк программного кода. Чтобы сохранить конку-

рентоспособность, компании должны ускорять процессы цифровой трансформации, не прекращая поддержку разработанных ранее платформ. Постоянно растущие масштабы тестирования цифровых продуктов приводят к усложнению задач и увеличению времени вывода продукта на рынок.

Используя технологии искусственного интеллекта и инструменты анализа для автоматизации испытаний, Eggplant способствует повышению качества и ускорению программных разработок, тем самым увеличивая конкурентоспособность компаний и дифференциацию рынка. Eggplant предоставляет услуги тестирования для организаций из целого ряда отраслей (часть из которых совпадает с базой клиентов Keysight) и открывает новые рынки сбыта для технологий тестирования программного обеспечения.

Целью объединения Keysight и Eggplant является совместная разработка инновационных продуктов для автоматизации испытаний программного обеспечения как на физическом уровне, так и на уровне приложений и протоколов. В результате сделки обе компании получают доступ к новым измеритель-



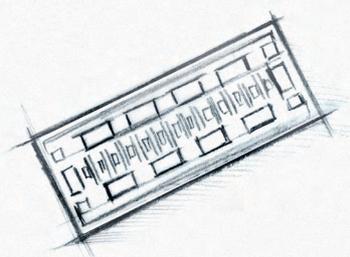
ным технологиям, что позволит расширить и дифференцировать свой ассортимент решений для тестирования.

Стоимость сделки составила \$330 млн. Прибыль Eggplant за 2019 год составила \$38 млн. Президент компании Джон Бейтс присоединится к команде ведущих менеджеров Keysight под руководством Сун Чай Гуи, президента группы промышленных цифровых решений компании Keysight.

Пресс-релиз Keysight Technologies

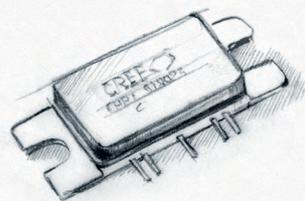


НОВЫЕ МОЩНОСТИ — НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ



Кристаллы СВЧ-транзисторов GaN/SiC

- Диапазон частот: DC...6,0 ГГц
- Выходная мощность: 8, 15, 30, 40 Вт
- Типовое усиление: 15–17 дБ
- Рабочее напряжение: 28, 40, 50 В



Широкополосные GaN HEMT-транзисторы общего назначения

- Диапазон частот: L, S, C, X
- Выходная мощность: 800 Вт – L-диапазон, 180 Вт – S-диапазон, 6 Вт – X-диапазон
- Типовое усиление: 13–20 дБ
- Рабочее напряжение: 28, 40, 50 В



LDMOS-транзисторы

- Диапазон частот: 400...1400 МГц, 420...960 МГц, 700...2200 МГц, 1800...2000 МГц, 2000...2200 МГц, 2300...2400 МГц, 2500...2700 МГц
- Выходная мощность: до 600 Вт
- Типовое усиление: 16–30 дБ
- Рабочее напряжение: 28, 30, 48, 50 В



ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР

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

Рисунки

Устойчивость источников питания микропроцессорных устройств релейной защиты к мощным наносекундным импульсам

Владимир Гуревич (vladimir.gurevich@gmail.com)

В статье приведены результаты измерений степени затухания различных типов высококачественных двухкаскадных электромагнитных фильтров и определены два наилучших типа. Представлены результаты испытаний микропроцессорных реле защиты (МУРЗ) с источниками питания типа 316NN63, снабжённых одним из лучших типов фильтров. Показано, что использование в электроэнергетике таких фильтров, включаемых перед источниками питания высокочувствительной электронной аппаратуры, может существенно повысить её помехоустойчивость.

Введение

Результаты испытаний источников питания микропроцессорных реле защиты (МУРЗ) на устойчивость к мощным наносекундным импульсам (Electrical Fast Transient – EFT) были подробно описаны автором в [1]. В результате этих исследований выяснилось, что большинство типов МУРЗ, участвовавших в испытаниях, подтвердили полную устойчивость ко всем типам испытательных воздействий. За исключением одного.

Этим исключением оказался МУРЗ типа REC316 производства компании АВВ с источником питания типа 316NN63. В этом устройстве частично выключались некоторые выходные напряжения и, соответственно, некоторые внутренние модули уже при амплитуде стандартного EFT, начиная с 1 кВ, с последующим автоматическим возвратом в нормальное состояние через

несколько секунд после прекращения воздействия тестовых импульсов. При этом светодиодные индикаторы на передней панели продолжали фиксировать изменение состояния МУРЗ, произошедшее под влиянием тестового импульса.

Попытка повышения помехоустойчивости этого МУРЗ с помощью специального внешнего фильтра типа FN 2090-3-06, включённого перед источником питания, не увенчалась успехом.

Постановка задачи

Номенклатура электромагнитных фильтров, представленных на рынке, довольно широка: наряду с самыми простыми и дешёвыми встречаются достаточно продвинутые двухкаскадные фильтры с хорошими характеристиками и невысокой ценой. Такие высококачественные фильтры предла-

гаются на рынке по цене \$10...40 и даже ниже (китайского производства).

Проблема выбора заключается в том, что различные производители используют различные методики и аппаратуру для измерения параметров фильтров, иногда приводят в спецификации чисто рекламные, а то и просто ошибочные сведения (с чем уже пришлось столкнуться автору).

Поэтому возникла задача произвести сравнительные испытания лучших образцов фильтров наиболее известных производителей по одной и той же методике и на одном и том же оборудовании, после чего испытать МУРЗ типа REC316 с источником питания типа 316NN63 совместно с лучшим образцом фильтра. Этот МУРЗ с указанным типом источника питания является хорошим индикатором на воздействие FET, поэтому по его реакции можно судить об эффективности фильтров.

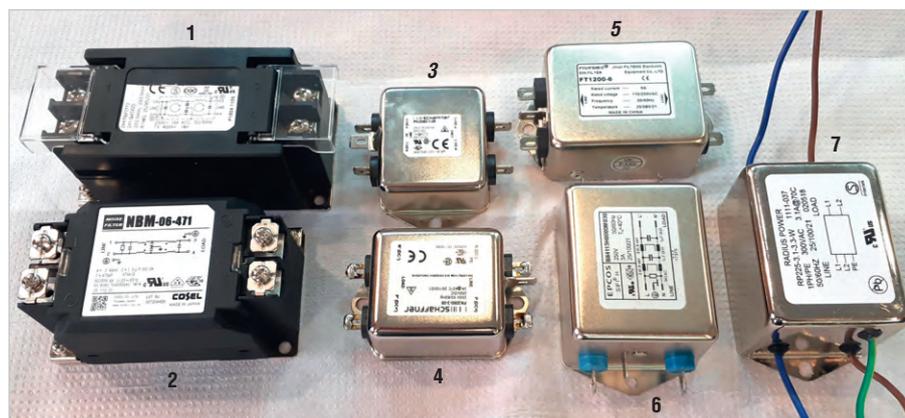


Рис. 1. Двухкаскадные ЭМС LC-фильтры различных типов с улучшенными характеристиками: 1 – 62-MTB-060-4-21 (API Technologies); 2 – NBM-06-471 (Cosel); 3 – FN2090-1-06 (Schafner); 4 – FN2060-3-06 (Schafner); 5 – FT1200-6 (Jinan Filtecm Electronic Equipment); 6 – B84113H0000M030 (Epcos); 7 – RP225-3.1.3.3-W (Radius Power)



Рис. 2. Измерение затухания фильтра в дифференциальном режиме с помощью векторного анализатора цепей типа PLANAR TR1300/1, подключаемого к фильтру с помощью коаксиального кабеля типа RG58C с волновым сопротивлением 50 Ом

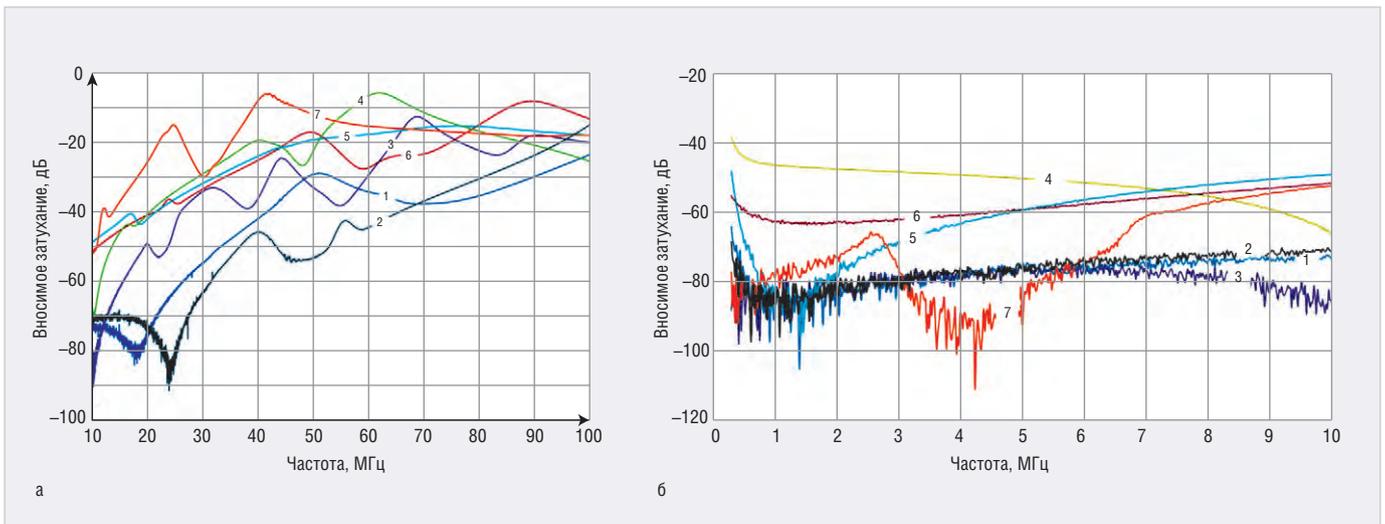


Рис. 3. Затухание, вносимое ЭМС-фильтрами различных типов, в частотных диапазонах: а) 10...100 МГц; б) 0,3...10,0 МГц

Результаты исследования

Для реализации поставленной задачи были приобретены двухкаскадные фильтры, предоставленные автору различными компаниями (см. рис. 1).

Измерения степени вносимого затухания проводились с помощью векторного анализатора цепей типа PLANAR TR1300/1 и соответствующего программного обеспечения для компьютера, совместно с которым работает этот анализатор (см. рис. 2).

Результаты измерения затухания, вносимого различными фильтрами ЭМС, представлены на графиках рисунков 3.

Как видно из полученных результатов, лучшими параметрами в требуемом частотном диапазоне – от 100 кГц до 100 МГц [2] – обладают фильтры типов 62-МТВ-060-4-21 и NBM-06-471, при этом фильтры последнего типа в три раза дешевле фильтров типа

62-МТВ-060-4-21, поэтому совместно с МУРЗ были испытаны именно эти два типа фильтров.

С помощью векторного анализатора цепей PLANAR TR1300/1 были измерены характеристики затухания, вносимого собственным источником питания типа 316NN63, а затем и последовательно соединёнными фильтрами этого источника питания и одного из дополнительных внешних фильтров (см. рис. 4).

Полученные характеристики затухания представлены на рисунке 5.

Для второго из исследованных фильтров (типа 62-МТВ-060-4-21) получены очень похожие характеристики, поэтому приводить их здесь нет смысла.

Из полученных результатов можно видеть, что существенное влияние дополнительный внешний фильтр, даже очень качественный, оказыва-

ет лишь в довольно узком частотном диапазоне (примерно от 1 до 20 МГц), и этот частотный диапазон находится далеко от частотного диапазона источника наносекундных импульсов, поэтому, на первый взгляд, вряд ли стоит ожидать изменения реакции МУРЗ на такие импульсы при использовании в качестве дополнительного даже лучшего из испытанных фильтров. Тем не менее такие испытания были проведены, и они опровергли эти ожидания (см. рис. 6).

Объяснить это можно тем обстоятельством, что параметры импульса, поступающего на вход фильтра, состоящего из набора индуктивностей и ёмкостей, существенно изменяются. В результате оказывается, что эффективность таких фильтров высока даже для очень коротких импульсов наносекундного диапазона.

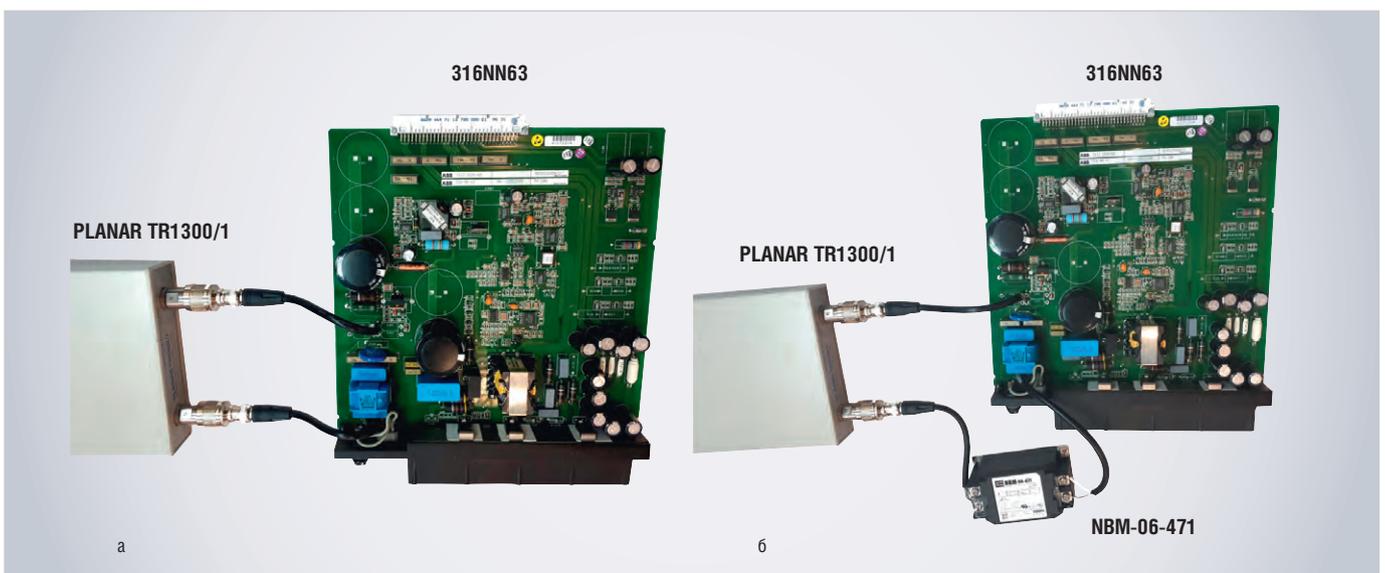


Рис. 4. Измерение затухания, вносимого собственным фильтром источника питания 316NN63 (а) и дополнительным внешним фильтром типа NBM-06-471, соединённым последовательно с 316NN63 (б)

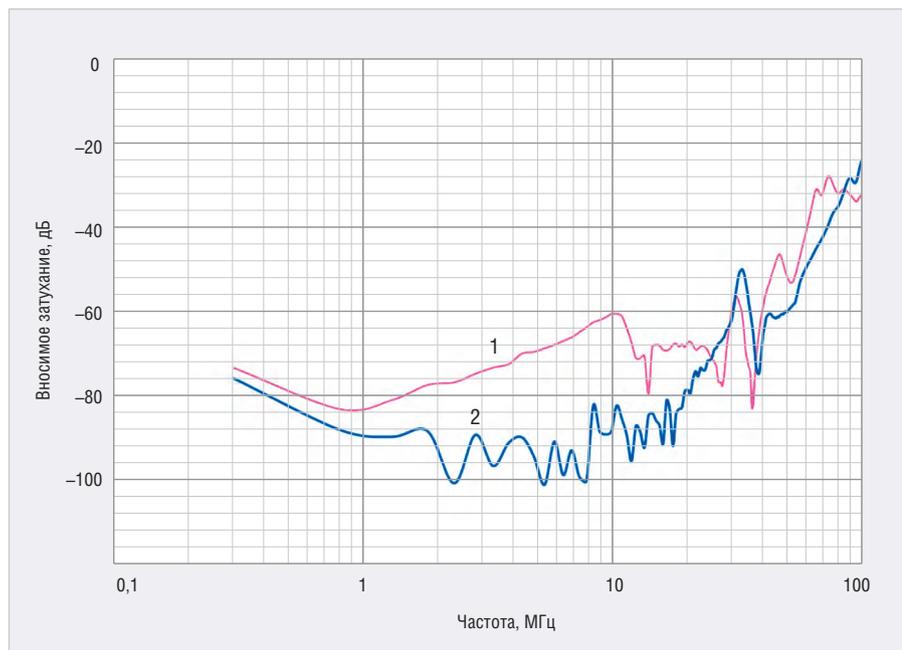


Рис. 5. Характеристики затухания: 1 – вносимого собственным фильтром источника питания 316NN63; 2 – соединёнными последовательно дополнительным внешним фильтром NBM-06-471 и собственным фильтром источника питания

При испытании МУРЗ с источником питания типа 316NN63 было установлено, что сбои в работе реле возникают:

- при подаче на вход источника питания импульса FET [1] с амплитудой 1 кВ и более;
- при подаче на вход источника питания с последовательно включённым фильтром типа NBM-06-471 импульса FET [1] с амплитудой более 2,6 кВ;
- при подаче на вход источника питания с последовательно включённым фильтром типа NBM-06-471 и варистором на его входе импульса FET [1] с амплитудой более 4 кВ.

Таким образом, проведённые исследования подтвердили эффективную работу фильтра выбранного типа в отличие от ранее использовавшихся фильтров [1], особенно совместно с варистором на входе (при предыдущих испытаниях с менее эффективными фильтрами влияние варистора не было отмечено).

Выводы

Отобранные в результате проведённого исследования электромагнитные фильтры определённых типов, включаемые перед источником питания МУРЗ и снабжённые варисторами на входе, могут существенно повысить устойчивость особо чувствительной электронной аппаратуры к мощным наносекундным импульсам (EFT), а также к ЭМИ ЯВ.

При этом отобранные типы фильтров не являются очень дорогими (\$1,5...2, тыс.) и громоздкими, предназначенными для ЭМИ ЯВ, они характеризуются вполне доступными ценами (\$40) и небольшими размерами. Такие фильтры с варисторами могут быть рекомендованы для широкого применения в электроэнергетике в случае проблем с помехоустойчивостью аппаратуры, а также для защиты от ЭМИ ЯВ.

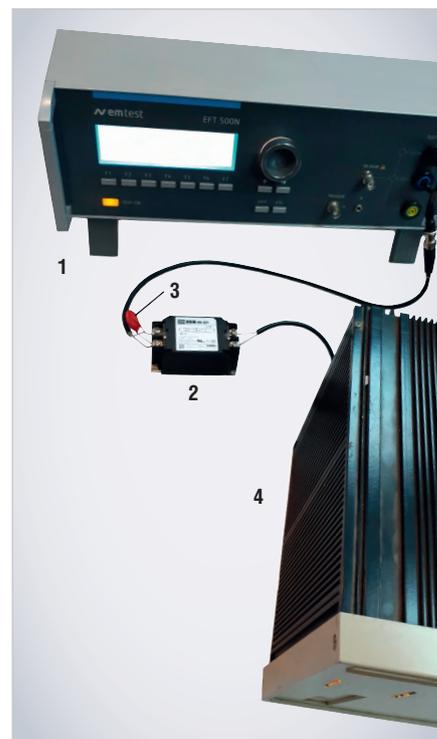


Рис. 6. Испытания устойчивости МУРЗ с источником питания типа 316NN63 и последовательно включённым внешним фильтром типа NBM-06-471 к мощным наносекундным импульсам (1 – генератор наносекундных импульсов типа EFT500N8; 2 – фильтр типа NBM-06-471; 3 – варистор; 4 – МУРЗ типа REC316 производства АББ)

Литература

1. Гуревич В. И. Устойчивость микропроцессорных устройств релейной защиты к мощным наносекундным импульсам. Релейная защита и автоматизация. 2019. № 2. С. 24–30.
2. IEC 61000-2-9 Electromagnetic compatibility (EMC). Part 2: Environment. Section 9: Description of HEMP environment. Radiated disturbance. Basic EMC publication. 1996.
3. Гуревич В. И. Электромагнитный импульс высотного ядерного взрыва и защита электрооборудования от него. М.: Инфра-Инженерия. 2019. 516 с.

НОВОСТИ МИРА

5G ждёт

Поддержка телеком-отрасли пока откладывается: Минкомсвязь предложила урезать финансирование инфраструктурных проектов из национальной программы «Цифровая экономика» до 2024 г. на 26,4 млрд руб. и в том числе – сэкономить 2 млрд рублей, которые должны были пойти на расчётку частот для 5G.

Тем временем связь пятого поколения находит всё больше применений в мире. Специалисты ICT.Moscow проанализировали новые кейсы, о которых писали СМИ в 2019 – первой половине 2020 года. При исследовании новых практик применения 5G удалось выявить следующее:

- 5G активно применяется вместе с другими передовыми технологиями (дополнен-

ной и виртуальной реальностью, блокчейном, ИИ и др.);

- всё чаще пилотирование 5G происходит на базе существующих инфраструктурных хабов, доминирует принцип интегрированности;
- всё заметнее становится активное участие городов и государств в пилотировании и внедрении 5G.

Редакция ICT.Moscow

НОВОСТИ МИРА

ВЕДУЩИЕ ЧИПМЕЙКЕРЫ НАРАСТИЛИ ВЫРУЧКУ НА ФОНЕ СПАДА В ПОЛУПРОВОДНИКОВОЙ ОТРАСЛИ

Вопреки негативным тенденциям на рынке, связанным с последствиями COVID-19, выручка ведущих мировых чипмейкеров в январе-марте 2020 года выросла на 2,1%, сообщают аналитики Omdia. По данным специалистов, позитивной динамике способствовал спрос на компьютерные и серверные комплектующие, усилившийся с началом пандемии.

Десятка крупнейших производителей полупроводников в минувшей четверти заработала \$63,6 млрд. Для сравнения, кварталом ранее их оборот составлял \$62,2 млрд. Примечательно, что полупроводниковый рынок в целом в тот же период продемонстрировал отрицательную динамику. Мировые продажи чипов в январе-марте упали до \$110,1 млрд, тогда как в октябре-декабре показатель достигал \$112,3 млрд.

«Многие из ведущих чипмейкеров выиграли благодаря высокому спросу на ПК и серверы, который спровоцировали ограничительные меры из-за COVID-19», – отметил аналитик Omdia Рон Элвангер (Ron

Ellwanger). Микросхемы для обработки данных стали единственной полупроводниковой категорией, где специалисты зарегистрировали рост по сравнению с предыдущей четвертью. Прибавка в выручке составила чуть меньше 1%.

Существенный вклад в рост выручки ведущих полупроводниковых компаний внесли производители памяти Samsung, SK Hynix и Micron. В сумме продажи у них увеличились на 1,1%. Позитивной динамике способствовал высокий спрос на микросхемы NAND flash, используемые в твердотельных накопителях SSD. По данным Omdia, реализация флэш-памяти увеличилась почти на 7% по сравнению с заключительным кварталом 2019 года.

Среди отдельных чипмейкеров самый впечатляющий рост показали поставщик мобильных процессоров Qualcomm и китайский разработчик SoC HiSilicon. У Qualcomm выручка поднялась на 14,6%, до \$4,05 млрд, а у HiSilicon продажи увеличились более чем на 40%, до \$2,8 млрд.

Специалисты отметили, что прогрессу у Qualcomm способствуют предпринимаемые Китаем меры по развитию

5G-инфраструктуры в стране и увеличению продаж 5G-смартфонов. Что касается компании HiSilicon, которая является дочерней структурой Huawei, то она растёт вопреки санкциям Вашингтона и последствиям торговой войны США и КНР.



Интересно, что у лидера полупроводниковой отрасли Intel выручка сократилась в поквартальном выражении, несмотря на востребованность компьютерных чипов в рассматриваемый период. Аналитики объяснили это тем, что спрос вырос, прежде всего, на более доступные по цене микропроцессоры и чипсетов, поэтому оборот Intel уменьшился почти на 2% – до \$19,5 млрд.

Снижение по сравнению с предыдущим кварталом зафиксировано также у Broadcom, Texas Instruments и Nvidia.

DailyComm





Вся суть в размере!

Компактный поворотный переключатель

77-й серии




- 25 000 циклов переключения
- Соответствует: MIL-DTL-3786, MIL-STD-20
- Высота выступающей части с задней стороны панели — 4,5 мм



ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР

АКТИВНЫЙ КОМПОНЕНТ ВАШЕГО БИЗНЕСА

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



Обзор САПР для проектирования и моделирования СВЧ-электроники Cadence AWR Design Environment 15

Александр Акулин (akulin@pcbsoftware.com)

Программное обеспечение Cadence® AWR Design Environment®, включающее в себя инструменты AWR® Microwave Office®, AWR Visual System Simulator™ (VSS), AWR AXIEM® и AWR Analyst™, представляет собой полноценную платформу для радиочастотной/микроволновой связи, предназначенную для инженеров, занимающихся разработкой коммуникационной и радиолокационной электроники следующего поколения.

Чтобы удовлетворить потребность в увеличении скорости передачи данных и пропускной способности телекоммуникационных устройств, разработчики передовых коммуникационных, аэрокосмических и автомобильных приложений используют всё более широкую полосу пропускания, спектр миллиметровых волн и пространственную эффективность за счёт применения систем с множественными выходами (ММО) и фазированных антенных решёток (ФАР) с управлением лучом. В связи с растущей потребностью в малых габаритах и снижении стоимости устройств продолжают развиваться интерфейсные ВЧ-компоненты (высокочастотные) и компоненты миллиметрового спектра, которые идут в ногу с новыми системными требованиями, а также с требованиями вспомогательных технологий и соображениями габаритов/стоимости.

Инженерные группы, занимающиеся решением задач по обеспечению производительности, интеграции, стоимости и размеру устройств, стремясь удовлетворить всё более сложные требования к продукту, сталкиваются с требованиями сокращения времени выхода на рынок. Компании, пытающиеся вывести новые телекоммуникационные продукты на рынок, нуждаются в лучшей в своём классе технологии моделирования и автоматизации проектирования, чтобы точно прогнозировать нюансы работы более сложных микросхем высокой степени интеграции и подсистем, предназначенных для широкополосного и миллиметрового спектров. Кроме того, поскольку эти продукты разрабатываются внутри компании совместно различными командами инженеров с использованием нескольких инстру-

ментов проектирования, программное обеспечение (ПО) ВЧ-проектирования должно обеспечивать совместимость с более широким классом САПР электроники, используемых при разработке электронных систем со смешанным сигналом.

Чтобы обеспечить успешность и увеличить эффективность разработки продукта, это ПО должно предлагать автоматизацию, которая поддерживает техническую производительность наряду с плавно интегрированными схемным, системным и электромагнитным (ЭМ) моделированием, синтезом и оптимизацией. Эти возможности встроены в ПО Cadence® AWR Design Environment®, включающее в себя инструменты AWR® Microwave Office®, AWR Visual System Simulator™ (VSS), AWR AXIEM® и AWR Analyst™, и обеспечивают надёжную и полную платформу для радиочастотной/микроволновой связи, предназначенную для инженеров, занимающихся разработкой коммуникационной и радиолокационной электроники следующего поколения.

С выходом версии 15 (v15) программного продукта AWR Design Environment компания Cadence занялась разработкой и интеграцией радиочастотных и микроволновых технологий с помощью стратегии Intelligent System Design™, которая предоставляет вычислительные возможности программного обеспечения для всех элементов проекта электронной системы. В основе этой стратегии лежит совершенство проекта, что включает в себя оптимизированный портфель инструментов САПР с лучшими в своём классе радиочастотными, микроволновыми схемами и схемами миллиметрового диапазона, системным и электромагнитным

анализом, IP для проектирования полупроводниковых компонентов, корпусов и печатных плат, а также масштабируемый доступ в облаке.

Преимущества релиза AWR v15

Новый релиз AWR Design Environment v15 (см. рис. 1) предлагает новые и улучшенные технологии, которые обеспечивают более высокую эффективность проектирования и успешность проекта с первой итерации для инженерных команд, разрабатывающих и интегрирующих микросхемы по технологии III-V и кремниевые (Si) интегральные схемы (ИС), мультитехнологические модули и сборки печатных плат. Производительность инженеров повышается благодаря новым методам анализа, более быстрым и высокопроизводительным технологиям моделирования, экономии времени при автоматизации проектирования и наличию испытательных стендов, совместимых со стандартом 5G New Radio (NR), которые поддерживают проектирование усилителей мощности и антенн/антенных решёток, моделирование ЭМ и интеграцию ВЧ-/микроволновых структур в гетерогенных технологиях.

В таблице представлены основные нововведения AWR Design Environment v15.

Среда проектирования и возможности автоматизации

Новый функционал среды проектирования помогает отдельным инженерам и командам разработчиков более эффективно вводить данные о конструкции, отображать информацию и управлять проектами (см. рис. 2). Разработчики могут корректировать цели оптимизации непосредственно на графиках, прокладывая в реальном времени интеллектуальные цепи (iNets), совместимые с правилами проектирования, импортировать шаблоны проектов на основе Gerber-файлов в среду проектирования AWR для ЭМ-анализа и в целом получают больше пользовательских возможностей для выполнения задач проектирования.

С учётом увеличивающихся размера и сложности электронных систем РЧ (радиочастотных) и смешанных сигналов, новая, более быстрая прокладка цепей и возможность трёхмерной визуализации в AWR v15 позволяют пользователям мгновенно увеличивать и уменьшать масштаб или вращать большие конструкции, чтобы осматривать физический проект под любым углом без какого-либо запаздывания. Печатные платы большого размера, импортированные в виде файлов IPC-2581 или ODB++ из САПР Cadence Allegro® PCB Designer или других САПР печатных плат, можно легко проверить визуально перед редактированием и подготовкой к ЭМ-анализу с помощью мастера редактирования печатных плат.

Кроме того, версия v15 программного обеспечения AWR расширяет поддержку интеграции РЧ-/СВЧ-компонентов в мультитехнологические системы. Файл определения процесса слоя (LPF) в AWR Microwave Office определяет уровни обработки и параметры для проекти-

рования физического макета. Для анализа неоднородных подложек и многокристалльных модулей, использующих различные полупроводниковые процессы и ламинаты, ПО AWR Design Environment поддерживает несколько определений процессов в рамках одного иерархического проекта. Собственные блоки LPF с описанием параметров каждого техпроцесса позволяют различным процессам самостоятельно определять единицы измерения, наиболее подходящие для данной технологии (например, мил или микрон).

Моделирование и проектирование усилителей мощности

Чтобы удовлетворить требования к полосе пропускания, системы 5G объединяют непрерывный и прерывистый спектры на частотах ниже 6 ГГц и используют преимущества доступной полосы пропускания на частотах миллиметровых волн. Это усложняет задачу разработчиков ВЧ-усилителей,

Основные нововведения AWR Design Environment v15

Интерфейс / автоматизация	Схемный анализ	ЭМ-анализ	Системный анализ	Топология
Построение контуров load-pull на прямоугольных графиках. Измерения при помощи шаблонов цепей. Добавление целей оптимизации прямо на график. Редактирование осей прямо на графике. Цветовая кодировка маркеров. Группировка уравнений.	Ускоренный анализ устойчивости. Низкочастотный load-pull анализ с двухтоновым возбуждением. Интеграция калькулятора линий передачи. Синтез цепей согласования с компонентами библиотек поставщиков.	Ускоренная и более точная адаптивная сетка. AXIEM DC для расчёта на постоянном токе. Измерения пиковых характеристик антенн.	Предустановленные тестовые схемы 5G NR. Поддержка шин MIMO для ФАР. Блок алгоритмов линеаризации усилителей (DPD).	Трассировка iNets в реальном времени с учётом DRC. Поддержка мультиразмерных проектов. Режим ввода «2 клика». Изменение размеров объектов в окне их параметров. Импорт топологии плат на основе Gerber-файлов для ЭМ-анализа.

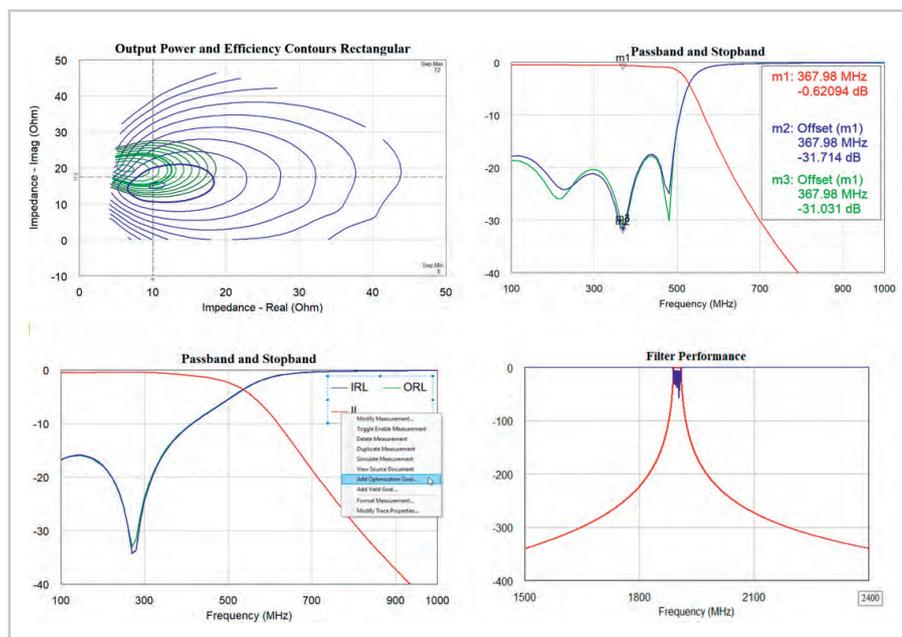


Рис. 2. Улучшенное отображение данных с новыми типами графиков и управлением



Рис. 1. Платформа AWR Design Environment: 1.1, 1.2) тестовые схемы, поэлементный анализ тракта, анализ спуров, 1.3) линейный/нелинейный анализ и оптимизация, 1.4, 1.5) экстракция S-параметров и визуализация полей

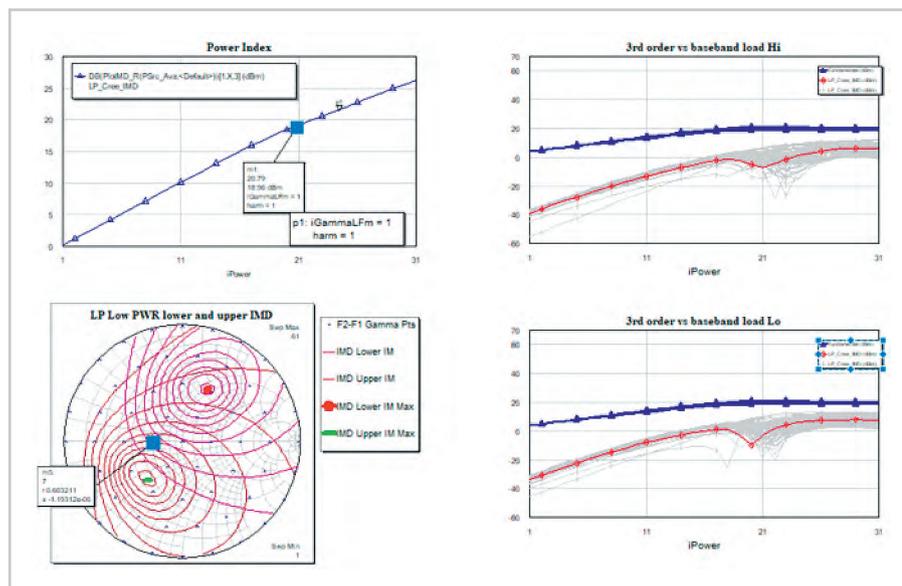


Рис. 3. Алгоритм load-pull поддерживает оптимизацию импеданса в основной полосе для сокращения эффектов интермодуляции

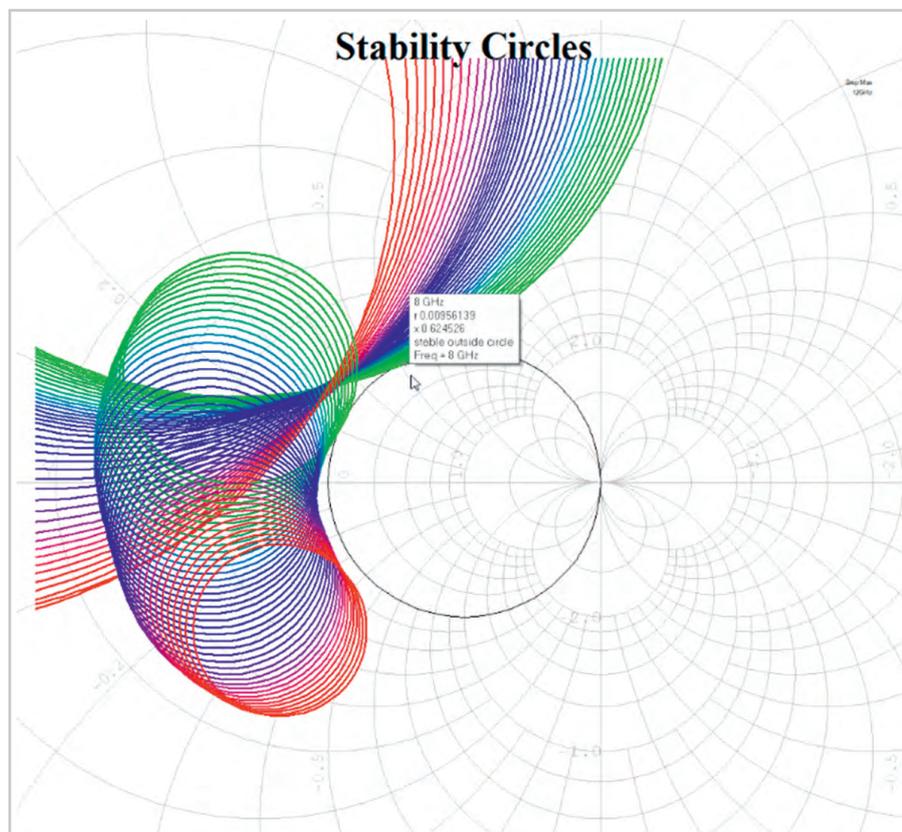


Рис. 4. Нелинейный анализ и оптимизация устойчивости ускоряется благодаря новому методу огибающей усиления контура

которым необходимо решать проблемы линейности и эффективности при высоких соотношениях пиковой мощности к средней мощности (PAPR).

В широкополосных усилителях изменение импеданса нагрузки по ширине полосы сигнала может влиять на линейность устройства, приводя к уровням интермодуляционных искажений (IMD), которые асимметрично изме-

няются внутри полосы сигнала. Эта проблема, связанная с т.н. «эффектами памяти», обычно решается с помощью обходных конденсаторов, чтобы терминировать импеданс в основной полосе коротким замыканием.

Тем не менее качество усилителя может быть улучшено с помощью альтернативных способов обеспечения импеданса в основной полосе. Напри-

мер, некоторые разработчики усилителей показали значительные улучшения линейности в случае, когда используются активные архитектуры работы схемы в основной полосе, такие как отслеживание огибающей (ET).

Версия 15 программного обеспечения AWR позволяет проектировщикам оптимизировать линейные характеристики усилителей с помощью анализа нагрузки в основной полосе сигнала при работе с двухтоновым возбуждением. Разработчики могут построить результаты IMD и точки пересечения третьего порядка (IP3) в зависимости от импеданса на частоте F2-F1, непосредственно исследуя результаты интермодуляции в зависимости от подаваемой входной мощности.

Анализ методом изменяемой нагрузки (load-pull) поддерживает настройку импеданса на 4-й и 5-й гармониках (см. рис. 3), а также предоставляет возможность генерировать контуры на прямоугольных графиках для улучшенной визуализации характеристик в зависимости от импеданса нагрузки.

Транзисторы, разработанные для конструкций усилителей в миллиметровом диапазоне, имеют высокий коэффициент усиления на низких частотах, что делает их более склонными к потенциальным паразитным колебаниям. Анализ стабильности имеет решающее значение для проектирования и оптимизации усилителя, особенно для устройств с высоким коэффициентом усиления.

Обычно используемые коэффициенты K и μ , полученные из моделирования линейных цепей, могут достаточно точно предсказать, является ли двухпортовая схема безусловно устойчивой, но они не могут обнаружить неустойчивость для многоступенчатых усилителей или параллельно подключённых устройств. Преодолеть эти ограничения позволяют другие методы анализа стабильности, такие как NDF (Normalized Determinant Function) и методы усиления контура, однако основным их недостатком является большой объём необходимых вычислений, существенно замедляющий процесс оптимизации.

Было показано, что метод огибающей для анализа усиления контура (см. рис. 4) позволяет сократить время моделирования с нескольких часов до секунд, что делает его идеальным методом для решения задач оптимизации при расчёте устойчивости усилителей.

Версия 15 программного обеспечения AWR поддерживает этот метод с предоставлением модуля кода огибающей усиления контура и блока уравнений, которые могут быть легко применены к новым проектам усилителей.

Поддержка анализа устойчивости методом огибающей контура даёт разработчикам следующие преимущества:

- оценку устойчивости и запас по устойчивости каждого устройства в усилителе;
- входные и выходные согласования применяются аналитически, что увеличивает скорость анализа;
- требуется меньше комбинаций оценки фазы, что увеличивает скорость анализа;
- в связи с повышением скорости становится возможной оптимизация запаса по фазе для каждого устройства в усилителе.

Синтез ускоряет разработку СВЧ

Характеристический импеданс и электрическая длина (задержка) линий передачи представляют собой два важных конструктивных параметра, используемых для управления частотно-зависимой характеристикой цепи пассивных РЧ-/СВЧ-цепей, таких как четвертьволновые трансформаторы, делители/сумматоры мощности Уилкинсона, гибридные ответвители, фильтры и др.

Используя среду проектирования AWR v15, разработчики могут напрямую синтезировать физические атрибуты (ширину, длину) этих микрополосковых, полосковых или копланарных волноводных структур для данной подложки на основе требуемых электрических характеристик.

Аналогичным образом электрические характеристики могут быть рассчитаны непосредственно из физических свойств одиночной или подсоединённой линии передачи, размещённой на схеме (см. рис. 5). Синтез параметров модели схемы обеспечивает важные данные для формирования точного расположения этих линий передачи без необходимости запуска калькулятора линии передачи и без нужды вручную передавать результаты расчёта в диалоговое окно свойств линии передачи.

Дальнейшее расширение синтеза в качестве мощного средства проектирования – «расширенный мастер синтеза цепей» – ускоряет разработку цепей согласования импеданса для сложных

широкополосных и многоканальных усилителей и межкаскадных схем согласования, позволяя пользователям синтезировать схемы оптимального согласования напрямую, используя компоненты из библиотеки поставщиков компонентов для поверхностного монтажа, встроенной в AWR Microwave Office. Эта функция также поддерживает модели из библиотек техпроцессов (PDK), тем самым расширяя возможности синтеза согласующих цепей на схемы усилителей на основе монолитных микроволновых интегральных схем (ММИС) и на другие конструкции на основе ММИС.

ЭМ-моделирование и антенны

В целях повышения скорости и объёма ЭМ-анализа интегральных схем (ИС), корпусов и печатных плат, технология построения сетки и решателя AWR AXIEM претерпела несколько ключевых улучшений. Это привело к повышению качества разбиения сетки для обеспечения более быстрого времени моделирования и увеличения доступного объёма расчётов благодаря сокращённой сетке (см. рис. 6).

AWR Design Environment v15 теперь может автоматически обнаруживать и удалять проблемные элементы сетки с помощью алгоритма надёжной корректировки граней с большим соотношением сторон (HARF). Программное обеспечение поддерживает разрешение металлов и диэлектриков в субнанометровом

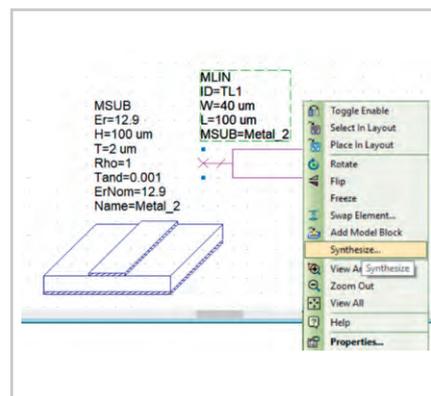


Рис. 5. Синтез электрических/физических параметров линий передачи доступен непосредственно на компоненте схемы

масштабе (нм) по оси Z (предварительно округляя до ближайшего нм), чтобы обеспечить более быстрое моделирование многослойных ИС-структур с субнанометровыми слоями (к примеру, МДМ-конденсаторов).

Как большие печатные платы, так и кремниевые компоненты на кристалле могут содержать производственные элементы, которые не влияют на функциональность ВЧ, но могут замедлить ЭМ-анализ, увеличивая общий объём расчётной задачи. В AWR Design Environment v15 правила предварительной обработки формы объекта были расширены таким образом, чтобы лучше соответствовать особенностям процессов производства кремниевых ИС (т.е. обрабатывать большее количество металлических слоёв) и объём

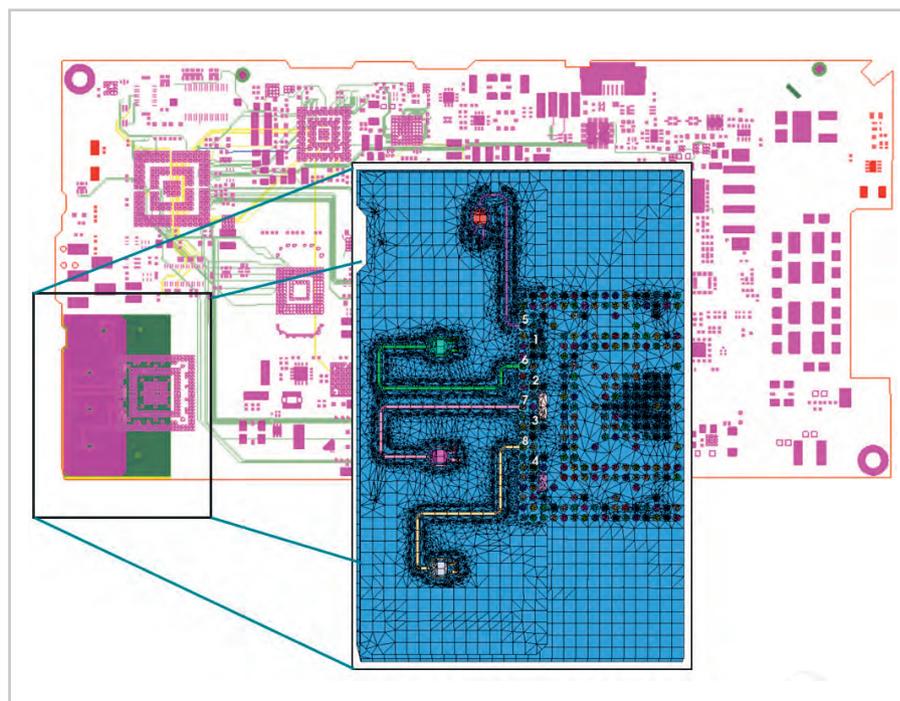


Рис. 6. Усовершенствованная сетка и алгоритмы расчёта позволяют быстрее моделировать большие задачи

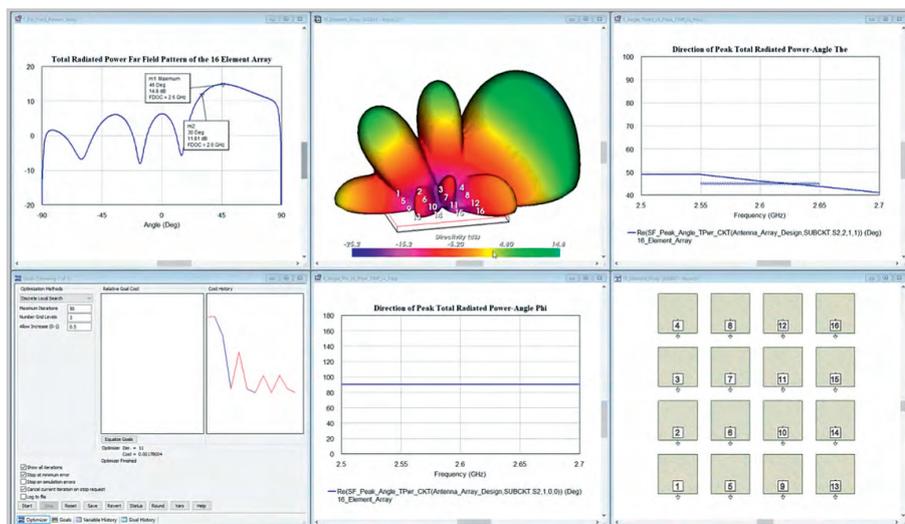


Рис. 7. Измерения пиковых характеристик антенны поддерживают оптимизацию направленности антенны и отображение зависимостей от переменных параметров

двинуть массивы отверстий на пользовательских слоях, а также внутри и за пределами указанной области.

Кроме того, в усовершенствованных решателях AWR AXIEM DC (используемого для определения низкочастотных характеристик, например анализа цепей смещения) используется новая технология разреженных симметричных матриц, что приводит к экономии времени и памяти в 10...100 раз.

ПО AWR Design Environment позволяет пользователям анализировать различные показатели эффективности антенны, такие как общая мощность или мощность в определённой поляри-

зации на некотором «срезе». Версия 15 программного обеспечения представляет новый класс измерений пиковых показателей антенны, который позволяет разработчикам легко устанавливать цели оптимизации и переменные для управления характеристиками антенны (см. рис. 7).

Например, разработчик антенны может легко изменить конструкцию фазированной решётки с помощью программного обеспечения AWR AXIEM или Analyst, изменяя ориентацию центрального лепестка диаграммы направленности на некоторый заданный угол. Кроме того, пользователи теперь могут

строить пики диаграммы направленности антенны для параметров E-Phi, E-Theta, E-LHCP, E-RHCP и общей мощности излучения в зависимости от частоты качания непосредственно из диалоговых окон измерения и оптимизации. Доступны как статически управляемые, так и схемно-управляемые вариации этих измерений.

Разработчики антенн теперь могут напрямую моделировать нагрузку антенны, согласовывать схемы и моделировать частотно-зависимые компоненты непосредственно в моделях Analyst. Такие компоненты, как резисторы, катушки индуктивности, конденсаторы (RLC) и согласующие цепи, встроенные в антенну, могут быть промоделированы без необходимости использования дополнительных портов и совместного моделирования цепей. Частотно-зависимые компоненты при моделировании антенны также могут использоваться для проектирования реконфигурируемых или более широкополосных антенн.

Библиотека 5G NR (New Radio) и модели цифрового предсказания

Библиотека 5G NR предлагает простые в настройке источники и приёмники сигналов, которые можно использовать для оценки РЧ-компонентов или РЧ-линий с использованием измерений на системном уровне (см. рис. 8). Новые

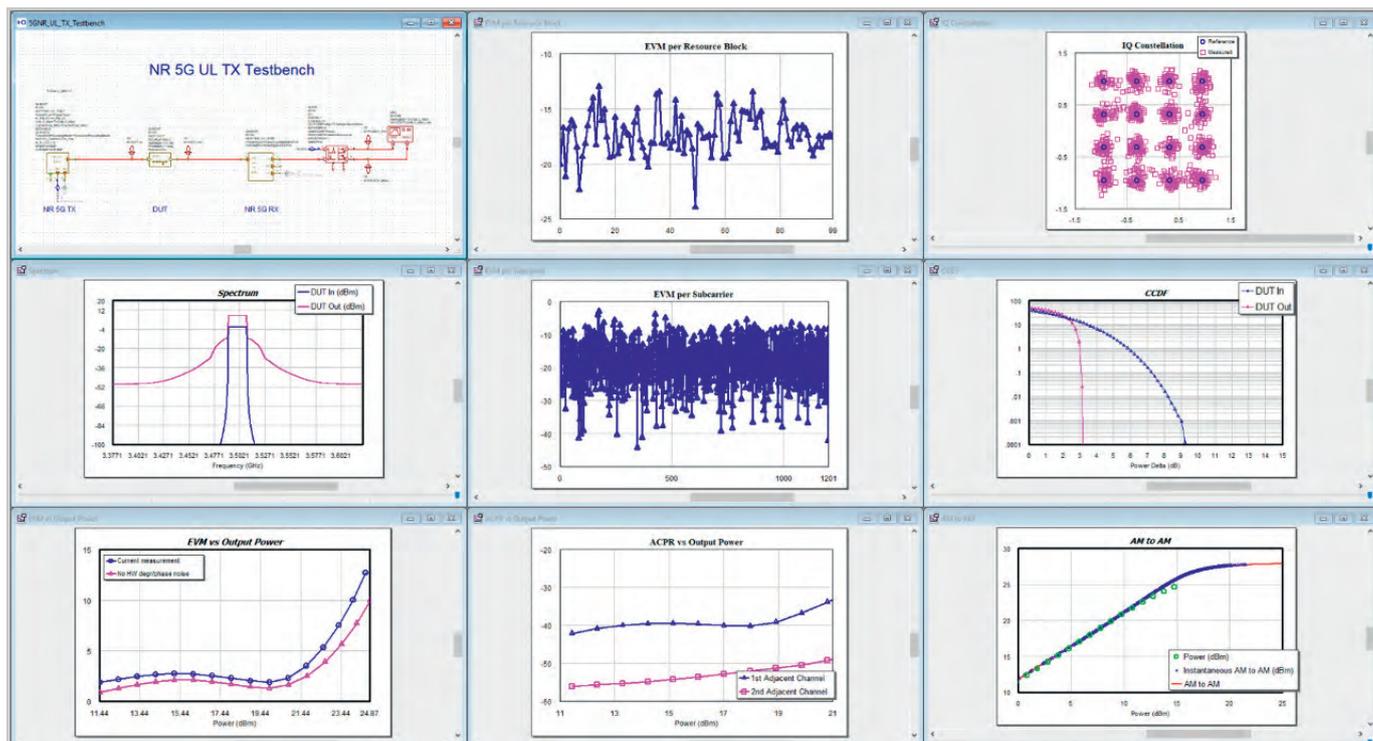


Рис. 8. Библиотеки 5G NR и тестовые модели для устройств приёма/передачи и верификации РЧ-трактов

испытательные стенды ускоряют процесс разработки и оценки компонентов благодаря предварительно настроенным блокам 5G NR для передачи и приёма (TX и RX) и измерениям, поддерживающим функциональность TX/RX как для нисходящей линии связи, так и для восходящей.

Гибкие конфигурации сигналов позволяют задать переменную мощность сигнала, несущую частоту, схему модуляции и кодирования (MCS), ширину полосы и расстояние между поднесущими, чтобы удовлетворить требованиям, определённым в спецификациях для полосы частот ниже 6 ГГц (FR1), а также для полосы миллиметрового диапазона (FR2).

Испытательные стенды приёмника 5G NR включают в себя предварительно настроенные измерения чувствительности, такие как частота битовых ошибок (BER), частота ошибок по блокам (BLER) и пропускная способность. Новые испытательные стенды 5G NR TX поддерживают моделирование передатчика и проверку устройства с различными предварительно сконфигурированными измерениями для анализа показателей эффективности, таких как дополнительная функция накопленного распределения (CCDF), AM/AM и AM/PM, спектр, модуль вектора ошибок (EVM), коэффициент мощности по смежному каналу (ACPR), сигнальное созвездие I-Q и многие другие параметры.

Тестовые модели нисходящей линии связи, определённые как для полосы ниже 6 ГГц (FR1), так и для полосы миллиметрового диапазона (FR2), предоставляют сигналы NR 5G для выполнения измерений, таких как, например, мощность базовой станции, нежелательные излучения, побочные излучения, интермодуляция, EVM для различных типов модуляции, включая квадратурную фазовую манипуляцию (QPSK), 16-, 64- и 256-квадратурную амплитудную модуляцию (QAM). Примеры проектов, которые доступны через «Базу знаний» AWR, содержат передатчики и приёмники NR 5G, настроенные в соответствии с «проектом партнёрства третьего поколения» (3GPP) TS 38.141, раздел 4.9.2, включают предварительно сконфигурированные системные диаграммы и соответствующие графики результатов и готовы для моделирования.

AWR Design Environment v15 также включает в себя новый блок цифро-

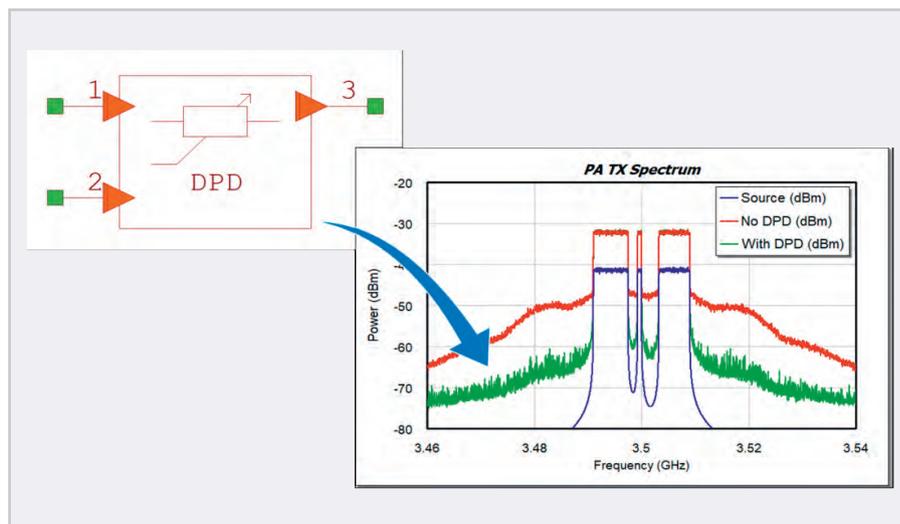


Рис. 9. Блок цифровых предискажений (DPD) поддерживает несколько алгоритмов линейризации усилителей

го предискажения (DPD), представляющий алгоритмы для линейризации нелинейных усилителей (см. рис. 9). Этот блок DPD поддерживает такие модели, как многочлен с памятью о предыстории, обобщённый многочлен с памятью, динамическое уменьшение отклонения второго порядка (DDR-2) и таблицы поиска. Чтобы продемонстрировать новую модель, был создан пример проекта (доступный из базы знаний AWR) с использованием драйвера, питающего усилитель мощности, реализованный в программном обеспечении AWR Microwave Office. Подсхема AWR Microwave Office возбуждается в программном обеспечении системного проектирования AWR VSS сигналом ортогонального мультиплексирования с частотным разделением (OFDM) на частоте 3,5 ГГц, настроенным для имитации многопользовательской работы.

Модель блока DPD использует сигнал обратной связи с выхода устройства, который вместе с исходным сигналом используется для первоначальных вычислений по выбранному алгоритму, а затем для инкрементальных обновлений. Блок предлагает различные решатели, которые можно использовать для начальной настройки DPD. Результаты сравнивают производительность устройства «с» и «без» DPD, показывая улучшения в восстановлении спектра, искажении диаграммы созвездия I-Q и дополнительной функции накопленного распределения CCDF. Также имеются опции коммерчески доступных решений DPD, позволяющие пользователям запускать в симуляциях те же алгоритмы, что и в лаборатории.

Заключение

ПО AWR Design Environment v15 вносит новые, усовершенствованные инструменты радиочастотного и микроволнового проектирования и моделирования в портфель решений САПР компании Cadence. Усовершенствованная система проектирования оптимизирует производительность и эффективность проектирования за счёт сокращения ручного труда при поддержке взаимодействия нескольких инструментов.

Новые возможности моделирования схем обеспечивают быстрый и строгий анализ нелинейной устойчивости для многоступенчатых и сбалансированных усилителей, а также изменение нагрузки в видео-полосе для оптимизации согласования низкочастотного импеданса, для уменьшения интермодуляционных искажений. Инструмент синтеза схем поддерживает разработку схем импедансов с использованием компонентов от поставщика и комплектов PDK, а также нового интегрированного калькулятора линий передачи и возможностей синтеза, запускаемого непосредственно из схемы.

Надёжные механизмы моделирования быстрее вычисляют большие структуры, используя ЭМ-анализ с улучшенной сеткой и умной обработкой геометрии для характеристики кристалла, корпуса и печатной платы. Предварительно сконфигурированные 5G NR-совместимые испытательные стенды предоставляют пользователю источники сигналов и измерения для проверки усилителя мощности и РЧ-тракта.



Учёт геометрической неоднородности поверхности проводника при проектировании печатных плат

Игорь Зырин (igor.zyrin@altium.com)

В статье рассмотрены методы учёта геометрической неоднородности поверхности проводника, которые позволят выполнить точный расчёт характеристик линий передачи для высокоскоростных и высокочастотных устройств. Рассмотрены возможности САПР Altium Designer и ядра Simbeor для расчёта электромагнитных полей, позволяющие учесть геометрическую неоднородность поверхности проводников.

Введение

Первые радиоэлектронные устройства работали на частотах, при которых ток протекал по всему сечению проводника. Достаточно было рассчитать волновое сопротивление линии передачи, после чего результат работы таких линий был предсказуем. Потери, возникающие в линии передачи, описывались через тангенс угла диэлектрических потерь основания и определялись значением проводимости материала.

С развитием радиоэлектроники, технологии и повышением рабочей частоты было замечено, что сигналы во время прохождения по металлическим проводникам подвергаются дополнительным искажениям и затуханиям, и расчётные значения потерь сигнала на этапе проектирования схемы не совпадали с реальными значениями потерь.

При проектировании высокоскоростных или высокочастотных устройств разработчик для снижения потерь

в проводниках должен стремиться снизить длину последних и их влияние друг на друга, используя современные методы [1, 2]. Для оценки падения мощности сигнала при передаче необходимо проводить анализ целостности сигналов [3] в специализированном программном обеспечении (ПО) [4]. В процессе анализа разработчики аппаратуры зачастую упускают дополнительные потери мощности сигнала, возникающие вследствие неоднородной поверхности проводника.

Микрополосковая линия передачи

Для понимания необходимости учёта неоднородности поверхности при расчёте потерь электрической энергии сигналов в проводниках необходимо разобраться в принципах работы линий передачи. Рассмотрим распространение типичного электромагнитного импульса по медной микрополос-

сковой линии. С одной стороны линии передачи возбудим электромагнитный импульс сигналом $V(0, t)$ (см. рис. 1).

На нижней стороне (со стороны опорного слоя) сигнальной трассы будет образовываться повышенная поверхностная плотность заряда, равная: $\sigma_{e,s} = \epsilon_2 \times E_{2,x}$ и пониженная плотность заряда на плоскости земли. По мере продвижения плотности заряда вдоль трассы будет нарастать напряжённость магнитного поля ($\vec{H}_2 = \sigma_{e,s} \times c_2 \times \hat{a}_y = \epsilon_2 \times E_{2,x} \times c_2 \times \hat{a}_y = \hat{a}_y \times E_{2,x} / \eta_2$) в распространяющейся среде [5].

При отсутствии неоднородности поверхности затухание сигнала в данной линии передачи обусловлено только потерями в диэлектрике.

Наличие неоднородности поверхности проводника приводит к неоднородности и искажению электромагнитного поля (см. рис. 2). Однако линии передачи без неоднородности технологически недостижимы. К примеру, неоднородность поверхности медного проводника на стеклотекстолите с усиленной степенью адгезии представляет собой «снежные комы» (см. рис. 3).

Исследования в этой области показали, что повышение рабочей частоты приводит к существенному влиянию эффектов неоднородности поверхности проводника, при увеличении рабочей частоты влияние только усиливается [6]. По причине отсутствия во времена становления радиоэлектроники современных инструментов контроля, таких как электронно-лучевой микроскоп, была выбрана гипотетическая и упрощённая модель неоднородности поверхности проводника в виде прямоугольных и треугольных канавок, бесконечно распространяющихся вдоль проводника.

На сегодняшний день все методы учёта неоднородности делятся на три основных типа: поправочные или корректирующие коэффициенты, эффективные параметры и полноволновые модели.

Методы учёта помех

Самым распространённым способом учёта потерь в линии передачи является использование эффективного тангенса угла диэлектрических потерь [7]. Данный подход позволяет проводить грубый учёт

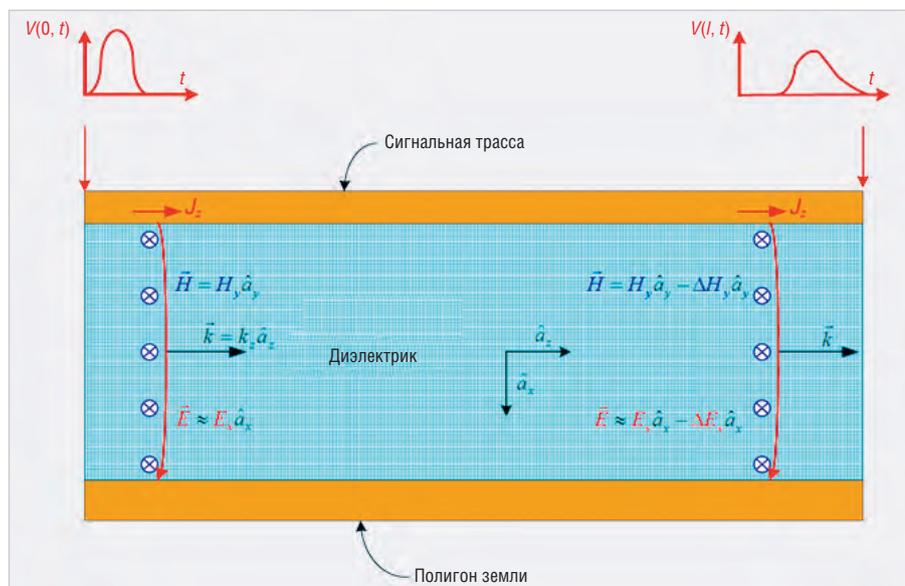


Рис. 1. Интенсивность электрического и магнитного полей и их распространение по микрополосковому волноводу

вносимых помех. С увеличением рабочей частоты проектируемого устройства, когда скин-эффект становится сопоставим по глубине проникновения электрического поля с размером неоднородности поверхности, используют дополнительный способ учёта потерь протекания сигнала по проводнику, чаще всего используется корректирующий коэффициент Хэммерстада, который позволяет представить поверхность проводника в виде зубчатой (пилообразной) последовательности (см. рис. 4).

Однако корректирующие коэффициенты не позволяют получить физическую картину затухания сигнала при его распространении по проводнику при достижении порога частот, зависящего от метода и конкретной математической модели.

При необходимости проектирования устройств, работающих в области частот порядка 60 ГГц, применяются полноволновые способы моделирования распространения электромагнитной волны по линии передачи с детальной прорисовкой поверхности проводника [8]. Такой метод требует значительных затрат времени на создание трёхмерной модели линии передачи, а также вычислительных ресурсов и времени на проведение расчётов.

Математические модели для расчёта корректирующих коэффициентов

Первые методы учёта неоднородности поверхности заключались в том, чтобы скорректировать расчётное значение импеданса линии передачи по следующей формуле:

$$Z_{rough} = Z_{smooth} \times \left(\frac{P_{rough}}{P_{smooth}} \right) = Z_{smooth} \times K,$$

где переменная K является поправочным коэффициентом, описывающим неоднородность поверхности. Рассчитывается переменная K различными математическими моделями.

Одним из первых способов учёта неоднородности поверхности проводников на низкотемпературной керамике является модель поправочного коэффициента Хэммерстада [9].

Модель Хэммерстада описывает неоднородность поверхности пилообразно вдоль поверхности проводника. Когда глубина поверхностного слоя значительно больше высоты неоднородности поверхности, то неоднородность не вносит существенных искажений. Когда глубина поверхностного слоя меньше, чем высота неоднород-

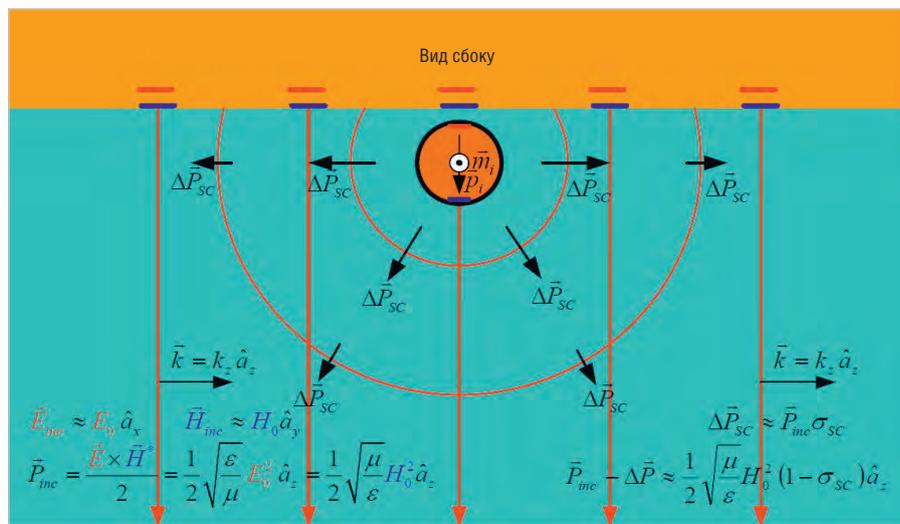


Рис. 2. Электрический и магнитный дипольные моменты, индуцирующие электромагнитную волну при её распространении вне медного «снежного кома»

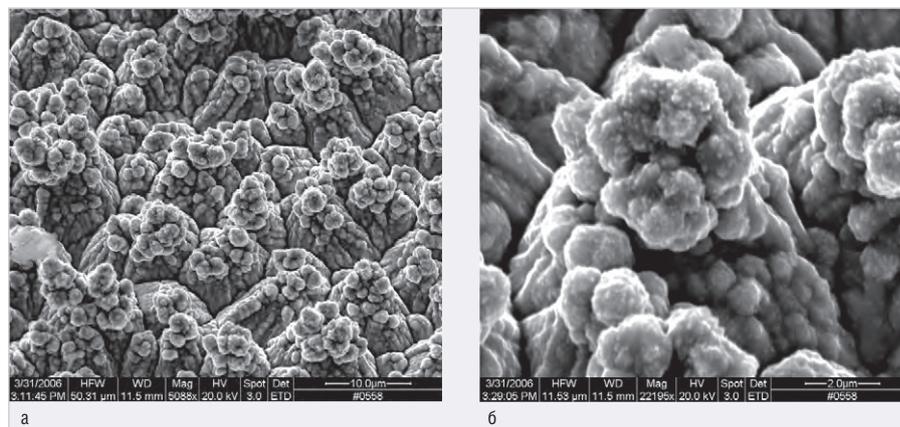


Рис. 3. SEM-фотографии обратной стороны медного проводника под углом 30°: а) увеличение в 5000 раз; б) увеличение в 22 000 раз

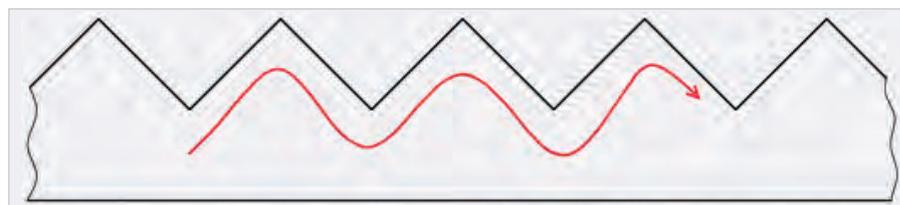


Рис. 4. Пилообразный профиль модели Хэммерстада

ности поверхности, то электрический ток протекает по пути, повторяющему рисунок неоднородности (см. рис. 4).

Расчёт корректирующего коэффициента Хэммерстада выполняется по следующей формуле:

$$K = 1 + \left(\frac{2}{\pi} \times \arctan \left[1,4 \times \left(\frac{\Delta}{\delta} \right)^2 \right] \right).$$

Для применения данного метода необходимо знать значение эффективной (среднеквадратической) высоты неоднородности H_{RMS} [10].

Со временем разработчики заметили, что результаты вычислений (при расчёте потерь мощности) по моде-

ли Хэммерстада имеют значительные погрешности относительно реальных измерений. Модель неоднородности Хэммерстада имеет максимальное увеличение длины пути протекания тока не более чем в 2 раза от идеального. Однако на практике неоднородность может проявляться как потеря мощности более чем в 2 раза. При достижении скорости шины передачи данных уровня 8 Гбит/с данная модель не позволит предсказать уровень вносимых потерь и работоспособность шины [11].

Например, при измерении производительности линии передачи на высоких частотах, потери в линии передачи

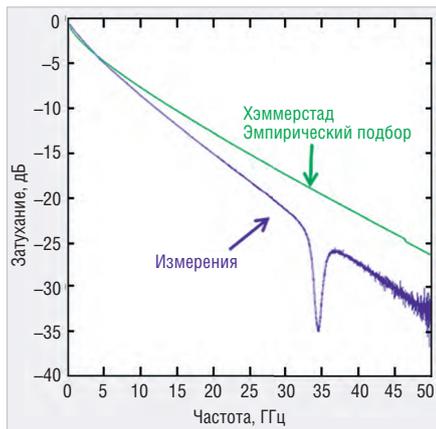


Рис. 5. Разница между предсказанными потерями по методу Хэммерстада и результатами измерений

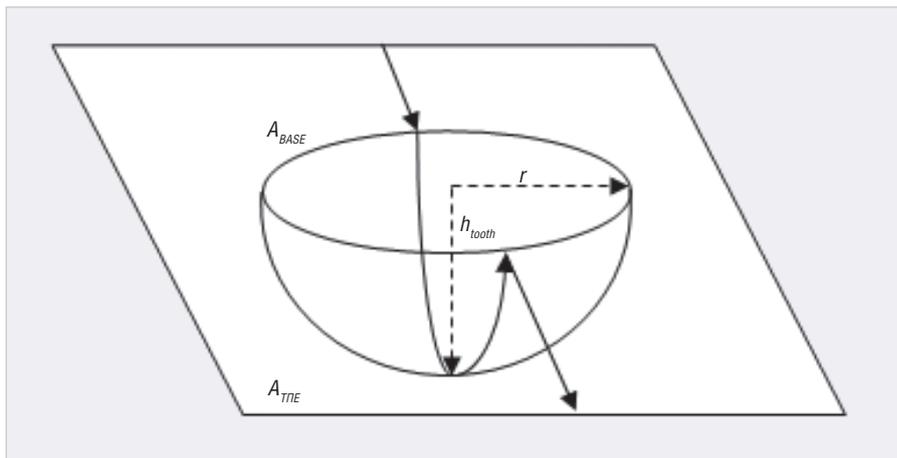


Рис. 6. Модель Холла

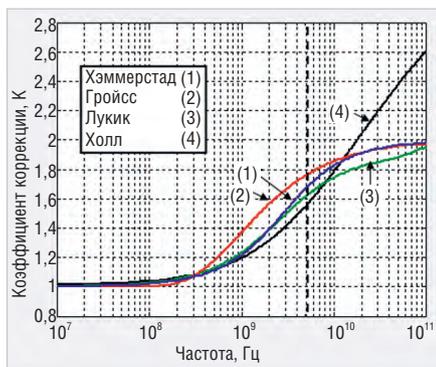


Рис. 7. Сравнение современных поправочных коэффициентов для неоднородности поверхности высотой 1 мкм на медном проводнике

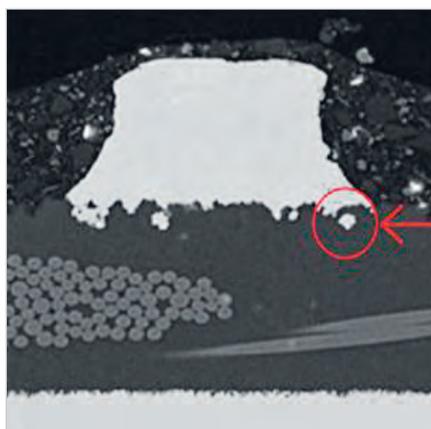


Рис. 8. Поперечное сечение медного проводника

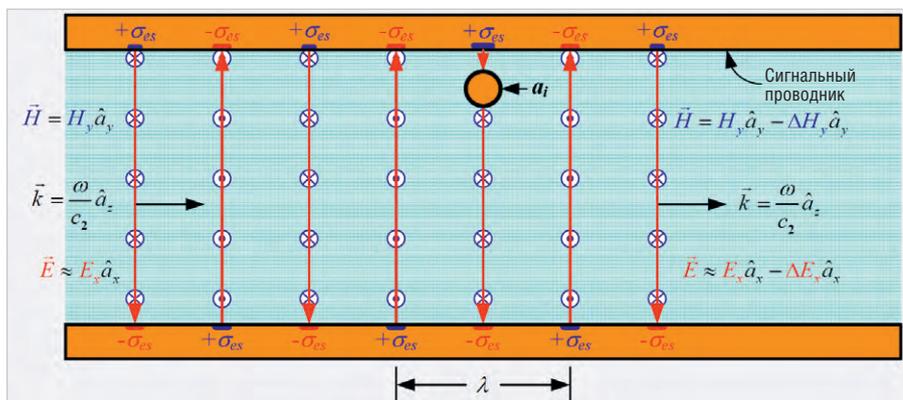


Рис. 9. Поперечное сечение периодической электромагнитной волны и её столкновение с изолированным «снежным комом» под медной сигнальной трассой

оказались больше, чем это было предсказано с помощью формулы Хэммерстада (см. рис. 5). Также было замечено, что с ростом частоты уровень расхождения математической модели и измерений возрастает [12].

Модель Groiss [13] – ещё одна модель, подобная модели Хэммерстада с небольшими модификациями, которая позволяет получить коэффициент коррекции. Использование данной модели позволяет получить схожие с моделью Хэммерстада результаты. Модель Groiss используется в

коммерческих продуктах, выполняющих полноволновые вычисления, такие как Ansys High Frequency Structure Simulator (HFSS) и Simbeor.

Далее были предприняты попытки разработать методы учёта неоднородности поверхности, позволяющие повысить точность предсказываемых потерь в проводнике.

Модель Холла аппроксимирует неоднородность поверхности (приближает) к серии полушарий, выступающих из поверхности проводника (см. рис. 6).

Данная модель также актуальна только на частотах, при которых глубина поверхностного слоя меньше радиуса полушария.

Впоследствии модель Холла стала называться полусферической (Hemispherical) [14]. Данная модель позволяет рассчитать дополнительный коэффициент затухания на частотах до 30 ГГц [15]. Полусферическая модель труднее для реализации, так как требует дополнительных геометрических факторов, таких как высота и среднееквадратичное значение радиуса полушарий, что позволяет добиться более точных результатов. Вычисление корректирующего коэффициента выполняется по следующей формуле:

$$K = 1 + e^{\left(-\left(\frac{s}{2\Delta}\right)^{1.6}\right)}$$

Также Холл предложил несколько альтернативных вариантов для учёта неоднородности поверхности проводников, например заменить параметр проводимости на параметр учёта неоднородности. Предлагается пересчитывать её с использованием эффективной глубины поверхностного слоя, как правило, обратно пропорциональна квадратному корню из частоты. Холл предлагает сделать пропорцию немного большей, чем 1/2, для увеличения потерь мощности. Ещё одно предложение заключается в том, чтобы использовать в расчётах эффективный тангенс угла диэлектрических потерь и ставить его значение выше, чем фактическое значение тангенса используемого материала. Однако все эти методы основаны на предположениях, и непонятно, как вычислять коэффициенты отклонений. Полученные значения будут действовать только в узком диапазоне частот, для которых данные предположения были выполнены.

С появлением высокопроизводительной электронной вычислительной техники Милан Лукич (Milan V. Lukic) предложил

создавать компьютерно-генерируемые аналитические уравнения, которые бы имитировали результаты полноволнового моделирования [16]. Уравнения, полученные данным способом, точны для диапазона более высоких частот. Однако, как говорилось ранее, данная модель имеет все недостатки использования полноволновых решателей. В своей работе Лукич представил метод, позволяющий имитировать с помощью полноволнового решения только поверхность. Он сравнивал различные типы неоднородности: пирамидальные, полусферические, кубические. Однако Лукич не показывал, как использовать его метод для применения к реальным образцам и материалам.

Если сравнить все вышеперечисленные методы вычисления поправочного коэффициента для имитации дополнительного затухания, то можно заметить: результаты будут схожи, за исключением небольших отклонений (см. рис. 7). С появлением современных средств измерений стало возможно детально изучить поверхность проводника, так были получены фотографии поперечного сечения (см. рис. 8).

Хурей выполнил анализ среза и заметил, что из всех вариантов ближе всех к истине оказалась модель Холла, которая имитировала поверхности в виде полусфер. Однако в полусферической модели не учитывались случаи «снежных комов». Хурей совместно с Холлом определил уровень неоднородности поверхности медного проводника на основании снимка, полученного методом сканирующей электронной микроскопии (см. рис. 3) [5].

После анализа полученных снимков была создана новая модель учёта неоднородности поверхности – модель Холла-Хурей [17]. В общем виде она моделирует поперечное сечение проводника в виде сфер, расположенных на полусферах.

Рассмотрим, как подобные медные сферы, или, как их называет Хурей, «снежные комы», влияют на распространение электромагнитной волны. Расположим одну такую сферу увеличенного радиуса на пути распространяющейся электромагнитной волны (см. рис. 9). По рисунку видно, что интенсивность поля существенно меняется.

Далее рассмотрим, как электрическое и магнитное поля воздействуют на изолированный «снежный ком» и последующую генерацию электрического дипольного момента и магнитного дипольного момента с получением рассеяния электромагнитного поля вне сферы (см. рис. 2).

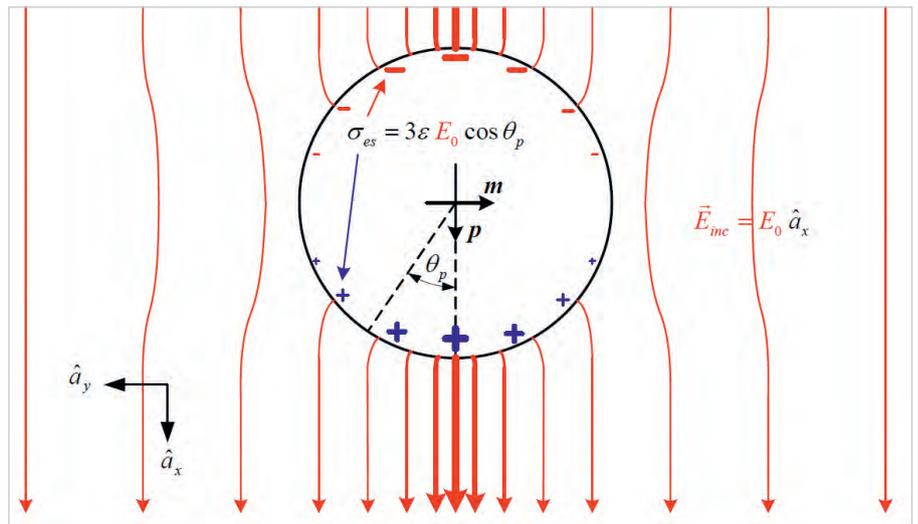


Рис. 10. Вид сзади напряжённости электрического поля и то, как оно индуцирует электрический дипольный момент $\vec{p} = 4\pi \times \epsilon \times a_i^3 \times E_0 \times \hat{a}_x$ в проводящей среде

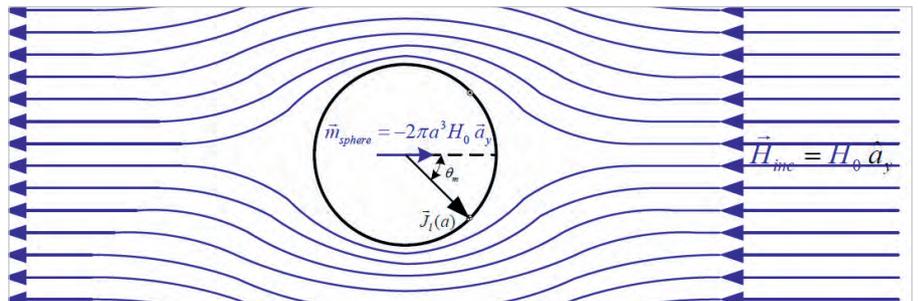


Рис. 11. Вид сзади напряжённости магнитного поля и то, как оно индуцирует магнитный дипольный момент $\vec{m}_i = -2\pi \times a_i^3 \times H_0 \times \hat{a}_y$ в идеальной проводящей сфере

На рисунке 10 видно, как вокруг сферы вследствие её заряда индуцируется электромагнитная волна. Далее Хурей описал, как периодические колебания в линии передачи вызывают переизлучение от сферы, и представил рассеиваемую мощность, построив поперечное сечение рассеяния σ_{sc} .

Падение напряжённости магнитного поля индуцирует также и магнитный момент в идеальной проводящей сфере (см. рис. 11).

Расчёт электромагнитного поля микрополосковой линии передачи и получение её коэффициента передачи с учётом потерь мощности можно выполнить полноволновым методом. В этом методе расчёта линии передачи без трёхмерной прорисовки неоднородностей необходимо провести расчёт электромагнитных полей и добавить фактор неоднородности поверхности. Таким образом, итоговое расчётное уравнение импеданса линии передачи будет выглядеть так:

$$factor = \frac{P_{rough}}{P_{smooth}} = 1 + \frac{3}{2} \times \frac{N \times 4\pi \times \alpha^2}{A_f} \times \frac{1}{1 + \frac{\delta}{\alpha} + \frac{\delta^2}{2 \times \alpha^2}}$$

где переменная *factor* является коэффициентом неоднородности поверхно-

сти; $\delta = \sqrt{\frac{2}{\omega \times \mu \times \sigma}}$ – толщина поверхностного слоя; P_{rough} – потери мощности на неоднородной поверхности; P_{smooth} – потери мощности на гладкой поверхности; $\frac{N \times 4\pi \times \alpha^2}{A_f}$ – поверхностное соотношение Холла-Хурей (sr).

Для использования данной формулы необходимо знать три переменных: A_f – площадь элементарной ячейки; N – количество узелков на ячейку (в модели представлены сферами); a – средний радиус одной сферы.

На данный момент метод Холла-Хурей является самым точным способом учёта потерь мощности в линии передачи на СВЧ ИС из стеклотекстолита с медными проводниками. Экспериментально было определено, что данная модель соответствует реальным потерям на частотах до 50 ГГц [5].

Для использования модели Хурей во временной области Бракен сделал её модификацию для применения в программных средствах расчёта электромагнитных полей. Особое внимание он уделил тому, чтобы граничная функция импеданса имела причинно-следственную связь при моделировании во временной области.

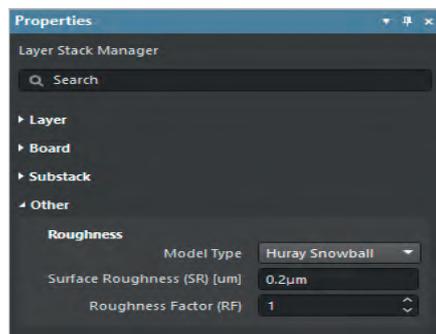


Рис. 12. Группа параметров Roughness

Учёт геометрической неоднородности поверхности в Altium Designer с использованием Simbeor

В Altium Designer, начиная с версии 19, включено ядро Simbeor от компании Simberian для расчёта электромагнитных полей, которое позволяет учитывать геометрическую неоднородность поверхности с помощью различных математических моделей: Modified Hammerstad; Huray Snowball; Modified Groiss, Hemispherical, Huray-Bracken.

Для разных моделей используются различные функции учёта неоднородностей $F(SR, \delta_s)$ (см. таблицу).

Для всех моделей в качестве исходных данных требуется наличие двух параметров:

1. $RF > 1$ – коэффициент неоднородностей: максимальное увеличение потерь мощности вследствие влияния неоднородностей;
2. SR – параметр неоднородностей поверхности, который определяет размер неоднородности в микрометрах. Для модели Хурей он будет определять диаметр «снежного кома».

Для учёта геометрической неоднородности поверхности в Altium Designer необходимо выбрать тип математической модели (model type), ввести параметр неоднородности поверхности (RF) и коэффициент неоднородности (SR) в группе параметров **Roughness** в менеджере структуры слоёв (Layer Stack Manager) в панели Properties в разделе **Other** (см. рис. 12).

Заключение

Учёт геометрической неоднородности поверхности при работе с высокоскоростными и высокочастотными конструкциями печатных плат позволит более точно смоделировать распространение сигнала по линии передачи и избежать проблем с целостностью сигналов на стадии проектирования.

Функции учёта неоднородности поверхности в Simbeor

Функция	Математическая модель
$F_h(\Delta_i, \delta_i) = \frac{2}{\pi} \cdot \arctan \left[1.4 \left(\frac{\Delta_i}{\delta_i} \right)^2 \right]$	Hammerstad (RF=2) и Modified Hammerstad (RF)
$F_g(\Delta_i, \delta_i) = \exp \left[- \left(\frac{\delta_i}{2 \cdot \Delta_i} \right)^{1.6} \right]$	Groiss (RF=2) и Modified Groiss (RF)
$F_{hs}(r_i, \delta_s) = \frac{2}{\pi^2 r_i^2 \mu f \delta_s} \cdot \operatorname{Re} \left[\eta \frac{3\pi}{4k^2} (\alpha(1) + \beta(1)) \right] - \frac{1}{2}$	Hemispherical
$F_{hur}(r_i, \delta_s) = \left(1 + \frac{\delta_s}{r_i} + \frac{\delta_s^2}{2r_i^2} \right)^{-1}$	Huray snowball
$F_{hb}(r_i, \delta_s) = \left(1 + (1-j) \frac{\delta_s}{2r_i} \right)^{-1}$	Huray-Bracken

Ядро Simbeor, встроенное в Altium Designer, позволяет учитывать геометрическую неоднородность поверхности при расчёте параметров линий передач с помощью различных математических моделей.

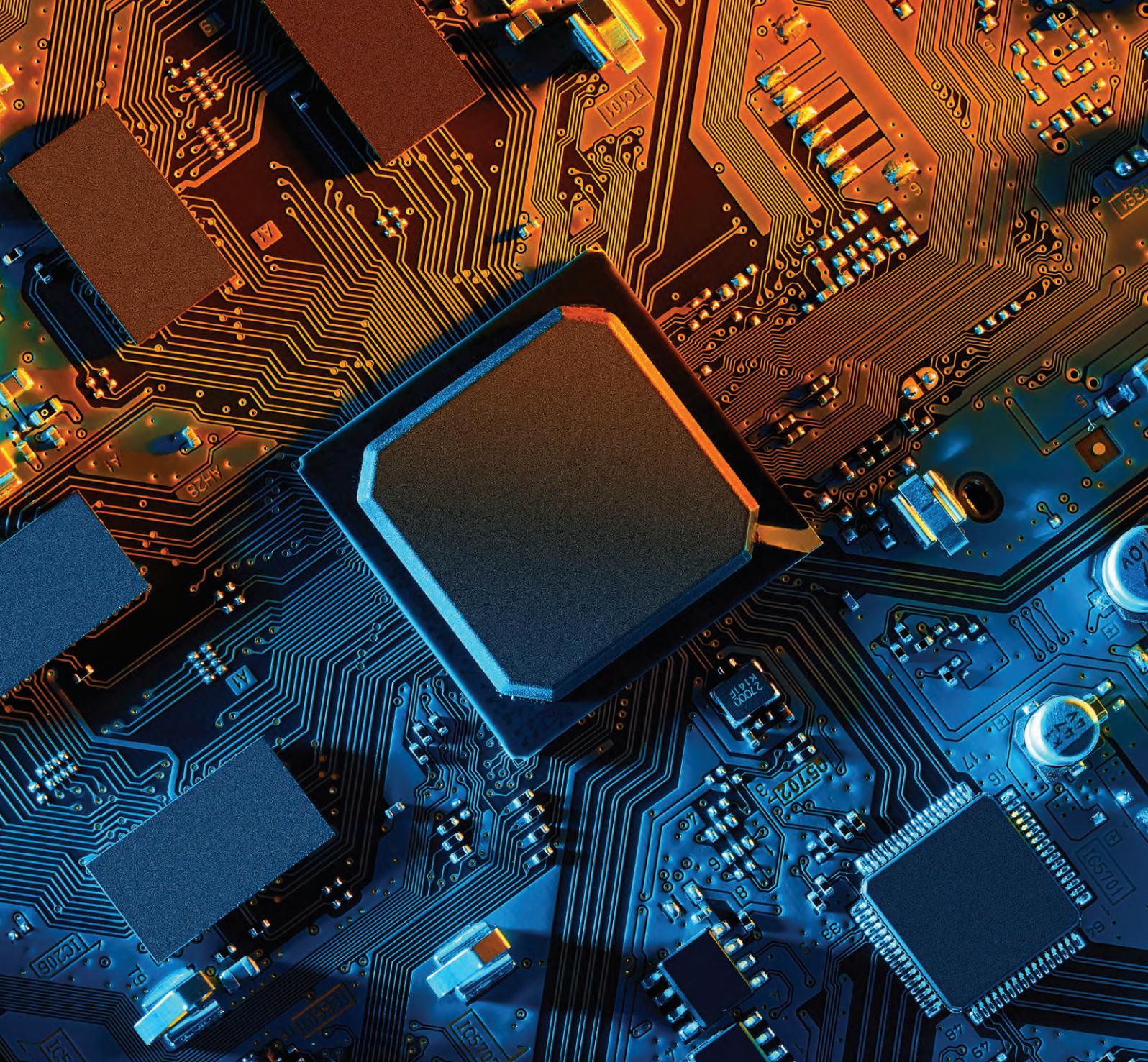
Литература

1. Зырин И. Д., Карабан В. М. Методы снижения паразитной связи между проводниками. Технологии электромагнитной совместимости. 2013. № 3 (46). С. 68–78.
2. Зырин И. Д., Карабан В. М., Морозов Е. А. Инновационный подход к трассировке печатных проводников. Материалы 17-го Международного молодёжного форума «Радиоэлектроника и молодёжь в XXI веке». Сб. материалов форума. Харьков: ХНУРЭ. 2013. Т. 2. С. 123–124.
3. Зырин И. Д., Суницов С. Б., Морозов Е. А., Карабан В. М. Анализ целостности сигналов универсального электронного модуля бортовой РЭА космического назначения. Известия высших учебных заведений. Физика. Т. 54. 2011. № 10/2. С. 91–96.
4. Зырин И. Д., Карабан В. М. Алгоритм трансляции топологического рисунка из Altium Designer в Siwave. ANSYS Advantage Ru. Электроника. 2012. № 18.
5. Huray P. G., Pytel S. G., Hall S. H., Oluwafemi F., Mellitz R. I., Hua D. and Ye P. Fundamentals of a 3-D «Snowball» Model for Surface Roughness Power Losses. 11th Annual IEEE SPI Proceedings. May 13-16. 2006. P. 121–124.
6. Morgan S. Effect of Surface Roughness on Eddy Current Losses at Microwave. Journal of Applied Physics. 1949. № 20. P. 352–362.
7. Кечиев Л. Н. Проектирование печатных плат для цифровой быстродействующей аппаратуры. Москва: ООО «Группа ИДТ». 2007. 616 с.
8. Зырин И. Д., Карабан В. М. Влияние шероховатости поверхности керамики марки GREEN TAPE 951 и серебряной пасты

6148 фирмы DU PONT на параметры сигнала микрополосковой линии передачи. Доклады XII Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных «Молодёжь и современные информационные технологии». Томск. 2014. Т. 1. С. 246–247.

9. Hammerstad E., Jensen O. Accurate models for microstrip computer aided design. Microwave symposium Digest. 1980 IEEE MTT-S International. Washington, DC, USA. 1980. P. 407–409.
10. Hammerstad E., Bekkadal F. Microstrip Handbook. Trondheim: ELAB-report, STF44, 1975.
11. Hall S. Modeling Requirements for Transmission Lines in Multi-Gigabit. Electrical Performance of Electronic Packaging. IEEE 13th Topical Meeting. 2004. P. 67–70.
12. Oluwafemi O. Surface Roughness and its Impact on System Power Losses. Columbia: Univ. of South Carolina, 2007.
13. Groiss S., Bardi I., Biro O., Preis K. and Richter K. R. Parameters of lossy cavity resonators calculated by the finite element method. IEEE Transactions on Magnetics. 1996. № 32. P. 894–897.
14. Hall S., Pytel S., Huray P., Hua D., Moonshiram A., Birst G. and Sijercic E. Multigigahertz causal transmission line modeling methodology using a 3-D hemispherical surface roughness approach. Microwave Theory and Techniques. IEEE Transactions. 2007. Vol. 55. N. 12. P. 2614–2624.
15. Xiao M. A. Modeling of conductor surface roughness effect. Urbana: University of Illinois at Urbana-Champaign. 2014.
16. Lukić M. V., Filipovic D. S. Modeling of 3-D Surface Roughness Effects With Application to u-Coaxial Lines. IEEE Transactions on Microwave. Theory and Techniques. № 55. 2007. P. 518–525.
17. Yumbui C. Method for modeling conductor surface roughness. Metod US 8,527,246 B1. Sep 3. 2013.





Electronics Lifecycle
Management

Altium

- Поставка САПР Altium Designer, Altium Concord, PDN Analyzer
- Техническая поддержка и Обучение
- Внедрение

www.elm-c.ru



ООО "ЭЛМ" официальный дистрибьютор Altium Limited

Тел. +7 (495) 005-51-45 Email: info@elm-c.ru www.elm-c.ru

Реклама

Проектирование устройств из нескольких электронных модулей

Роман Дьяков (r.dyakov@glavkon.com)

Современные инструменты класса ECAD на сегодняшний день закрывают большинство потребностей разработчиков электронных устройств. Однако в проектировании изделий, содержащих в своём составе несколько связанных печатных узлов, зачастую возникают проблемы, до недавнего времени остававшиеся без внимания разработчиков средств проектирования.

Введение

Ни для кого не секрет, что время и средства, потраченные на разработку трёх изделий с одним печатным узлом в своём составе, как правило, меньше, чем на разработку одного устройства с тремя печатными узлами. Дело в том, что при таком проектировании необходимо учитывать гораздо больше нюансов, таких как соединение узлов между собой, их взаимное расположение, расположение деталей корпуса относительно узлов.

Раньше для того, чтобы убедиться, отсутствуют ли пересечения в сборочной модели, верно ли назначены цепи в соединителях печатных узлов, разработчикам приходилось использовать либо дополнительные средства проектирования (CAD), либо скрупулёзно заниматься сверкой цепей по электрическим схемам. Обнаружение ошибок на поздних этапах проектирования приводит к дополнительным итерациям доработок, в итоге – увеличение себестоимости изделия и затягивание сроков его выхода на рынок.

Инструмент Multi-board Design

Для решения подобных задач в ПО Altium Designer, начиная с версии 18.0, запрограммирован специальный инструмент – Multi-board Design. Рассмотрим применение функционала Multi-board Design на примере проектирования GSM-модуля сигнализации (см. рис. 1), состоящего из двух печатных узлов и корпуса. Оба узла являются самостоятельными проектами со своими электрическими схемами. Они будут дочерними для многомодульного проекта.

Задание логической структуры устройства

Создание многомодульного проекта начинается с задания логической структуры изделия. Для этого необходимо создать проект Multi-board (*.PrjMdb) и добавить в него документ схемы Multi-board (*.MdsDoc), как показано на рисунке 2.

Связь между дочерними схемами задаётся размещением соответствующих модулей (объектов Module) на схе-

ме и соединением их входов (объектов Module Entry) с помощью виртуальных соединений и/или проводников. Поместив модули на общую схему с помощью соответствующей команды в меню Active Bar, следует выполнить команду *Design-Update from child projects*. Данная операция создаёт объекты типа «Соединение» для каждого разъёма из схемы дочерних проектов. Важно, чтобы в дочерних схемах у разъёмов, участвующих в межплатном соединении, в свойствах был создан параметр с именем «System» и значением «Connector».

После этого необходимо задать связь между разъёмами печатных узлов в общей схеме. Для этого следует использовать одну из команд меню Place – *Direct connection / Wire / Cable / Harness*, в зависимости от типа соединения. В итоге общая схема с модулями дочерних проектов и межсоединениями должна выглядеть, как на рисунке 3.

Важное преимущество подобного подхода – возможность оперативно и безошибочно изменять адресацию цепей в межплатных соединениях. Это особенно удобно в случае одновременного проектирования дочерних печатных плат. За этот функционал отвечает инструмент Connection Manager (см. рис. 4), расположенный в меню Design.

Если изменить адресацию цепей в Connection Manager, то эти изменения будут транслированы в дочерние проекты. Тем самым исключается необ-



Рис. 1. Печатные узлы проекта Multi-board Design

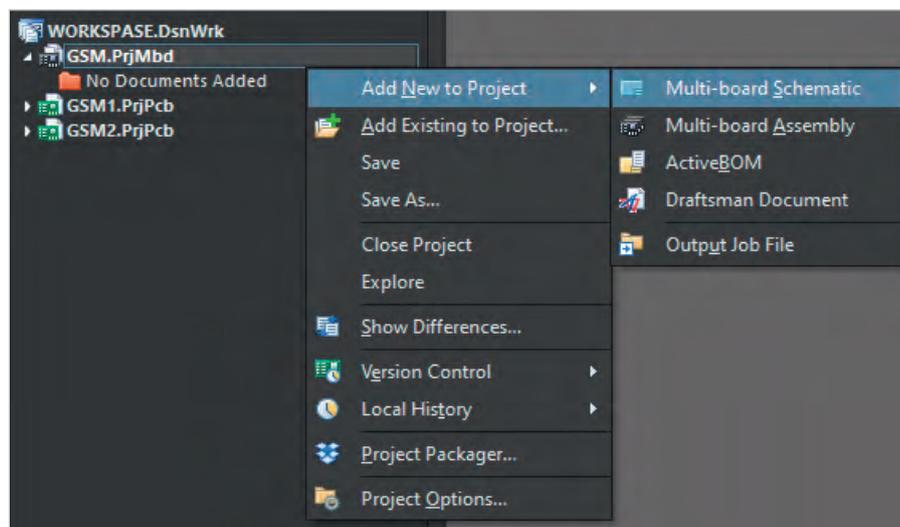


Рис. 2. Добавление схемы верхнего уровня

ходимость вручную изменять цоколёвку разъёмов во всех дочерних схемах. Также предусмотрена возможность выгрузить таблицу соединений в виде таблицы Microsoft Excel.

После того, как логическая структура изделия создана, можно приступать к созданию сборки изделия.

Создание физической сборки составного устройства

Создание сборки многомодульного устройства начинается с добавления в проект сборки Multi-board (*.MbaDoc) (см. рис. 5). Вставка моделей дочерних узлов производится с помощью команды *Design-Insert PCB part*. Предусмотрена вставка как отдельных файлов печатных узлов (*.pcb), так и файлов других многомодульных сборок. Таким образом, структура сборки верхнего уровня может быть иерархической и состоять из нескольких подборок. Такой подход может быть применён в случае одновременного проектирования составной конструкции несколькими разработчиками. Для взаимодействия с CAD-системами используется нейтральный формат STEP.

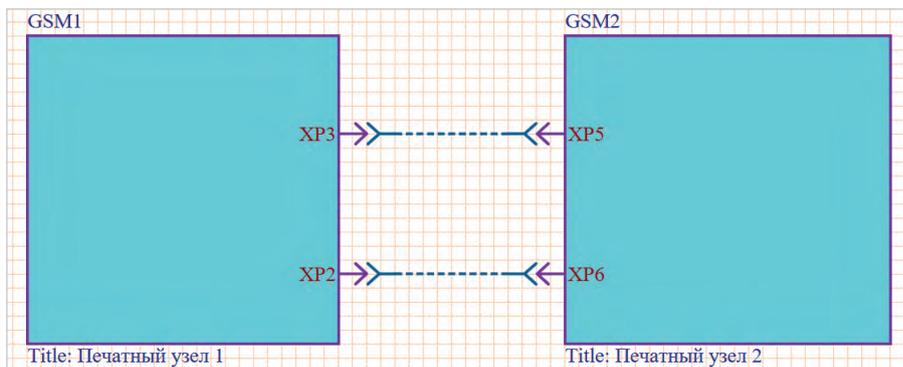


Рис. 3. Схема верхнего уровня с дочерними модулями

Перед началом создания механических зависимостей и совмещения деталей рекомендуется зафиксировать один из объектов, принятый в качестве базового. Делается это кликом правой кнопки мыши (ПКМ) по базовому объекту и включением параметра *Lock Selected Part*. Таким объектом, например, может быть деталь корпуса или один из печатных узлов.

Совмещение объектов производится с помощью зависимостей типа *Plane-to-Plane* и *Axis-to-Axis*. Механизм работы зависимостей аналогичен принципам работы в большинстве CAD-систем,

поэтому процесс совмещения довольно прост. Стоит отметить, что механика использования зависимостей в Multi-board непрерывно расширяется в каждой новой версии Altium Designer.

После завершения сборки следует воспользоваться полезной функцией проверки касания/пересечения объектов, запускаемой командой *Tools-Check Collisions*. При обнаружении нарушений проблемные касания/пересечения будут подсвечены в рабочей области цветом (см. рис. 6) и выведены в виде списка с описанием во вкладке Messages. Также в любой момент можно отслеживать пере-

Glavkon

Мы делаем сложное простым

Помогаем машиностроительному сектору сокращать затраты на НИОКР и улучшать качество выпускаемой продукции за счет внедрения современных информационных технологий.

glavkon.com

+7 812 922 28 98
info@glavkon.com
youtube.com/glavkon

```

73
74 width = (string) line.Attribute("width");
75 temp = typeof(DraftmakerSettings).GetProperty
76 (temp, "Name");
77 helper.Placeline(x0 + x1, y0 + y1);
78
79
80 var a = 1;
81
82 (Exception e)
83
84 log.Error(e);
85
86
87
88
89 texts = (IEnumerable) xDoc.XPathEvaluate("//*[text()='']");
90 foreach (var txt in texts.Cast<XmlElement>())
91
92 try
93 {
94 var x1 = MMSToCoord(txt.Attribute("x"));
95 var y1 = MMSToCoord(txt.Attribute("y"));
96 var x2 = MMSToCoord(txt.Attribute("x2"));
97 var y2 = MMSToCoord(txt.Attribute("y2"));
98
99
100
101
102
103
104
105
106
107
108
109
110
111
112
113
114
115
116
117
118
119
120
            
```

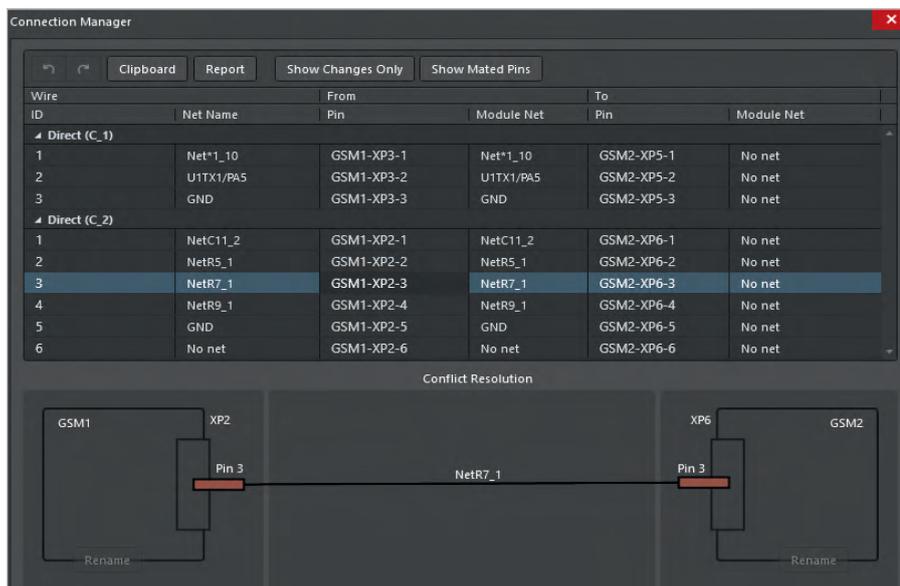


Рис. 4. Окно инструмента Connection Manager

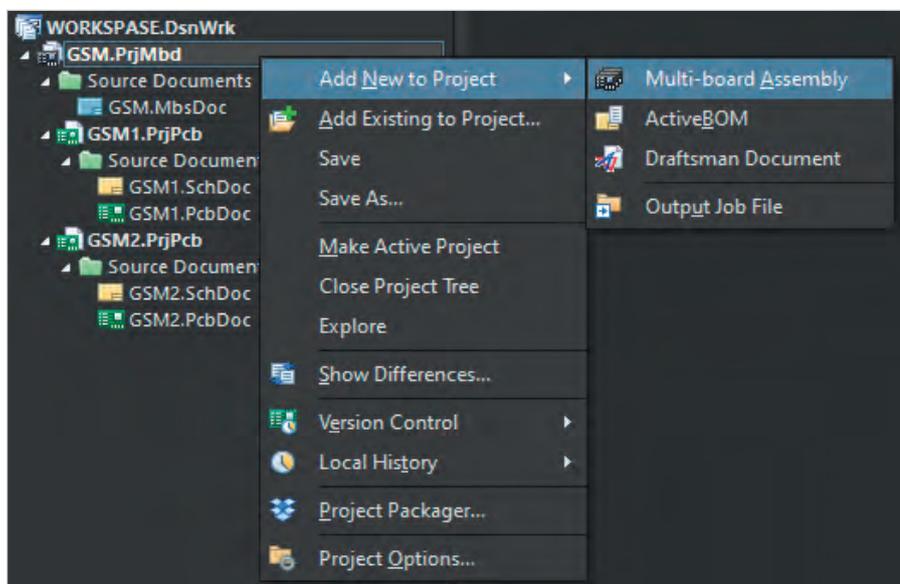


Рис. 5. Добавление сборки составного устройства

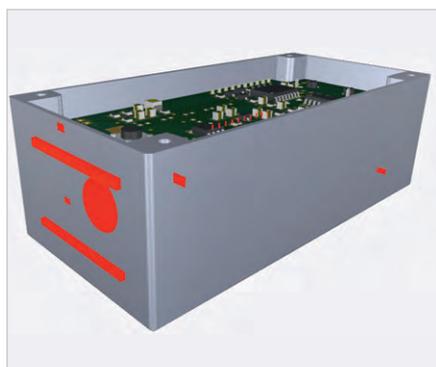


Рис. 6. Отображение найденных геометрических пересечений

сечения объектов визуально с помощью инструмента Toggle Section View (разрез).

Производить изменения в дочерних узлах можно не только в самих файлах *.pcb, но и прямо из окна Multi-board.

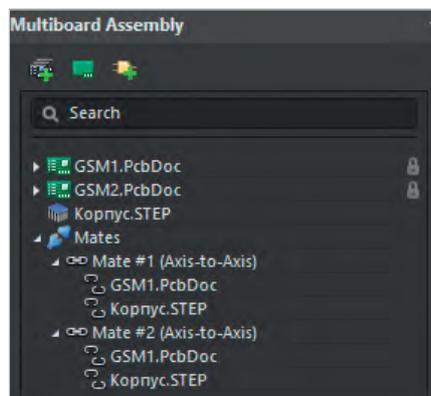


Рис. 7. Панель инструментов Multi-board Assembly

Для этого используйте команду *Edit Selected Part* из контекстного меню, выделив выбранный модуль. В данном режиме доступно перемещение компонентов по поверхности платы.

Все изменения, произведённые в этом режиме, после сохранения будут продублированы в дочерних платах.

При работе с Multi-board (*.MbaDoc) становится доступной новая панель инструментов Multi-board Assembly (см. рис. 7), структура которой представляет из себя дерево построений со списком моделей и зависимостей, аналогично классическим CAD-приложениям.

Одной из важных особенностей работы в Multi-board является возможность отслеживания изменений в дочерних проектах и обновление их в сборке верхнего уровня. Делается это простой командой *Update Selected Part/Update All Parts* в контекстном меню при нажатии ПКМ на любой из моделей в зависимости от того, требуется выполнить обновление конкретного узла или же всех, входящих в сборку.

Заключение

Разработчики систем ECAD непрерывно совершенствуют инструменты разработки, расширяя функционал и охватывая новые этапы проектирования изделий. Компания Altium предоставляет инженерам новую возможность повысить качество проектирования продуктов новым расширением Multi-board Design. Одним из немаловажных аспектов является то, что инструмент поставляется в составе стандартного ПО Altium Designer, не требует отдельной покупки лицензий и установки дополнительных программ, вместе с этим являясь максимально нативным инструментом, бесшовно встроенным в привычный интерфейс Altium Designer. А регулярно дополняемые инструкции [1] позволят пользователям без особых усилий освоить интерфейс инструмента.

Использование инструмента Multi-board Design позволяет значительно повысить качество проектирования многомодульных устройств за счёт средств программного и визуального контроля. Функционал Multi-board Design позволяет ПО Altium Designer называться комплексной системой проектирования электронных устройств.

Литература

1. Документация Altium Designer. URL: <https://www.altium.com/ru/documentation/altium-designer/designing-systems-with-multiple-boards-ad>.
2. Youtube канал Altium Russia. URL: https://www.youtube.com/channel/UCvZ_kyV4ATrQfjmtVpuj0LQ.

НОВОСТИ МИРА

**В Совфеде заявили
о разрушении базы
российской промышленности**

Прорыва в развитии российской промышленности, которого требуют майские указы президента Владимира Путина, не происходит. Об этом заявил глава экономического комитета Совета Федерации Андрей Кутепов в ходе встречи с министром промышленности и торговли Денисом Мантуровым.

«Очевидно, что прорыва в промышленности нет ни по каким отраслям, – констатировал сенатор, обращаясь к главе Минпромторга. – По государственным программам и нацпроектам переносятся показатели и сроки выполнения. Счётная палата отмечает отсутствие стратегии, с которой нужно согласовывать все программы и нормативные документы в сфере промышленности и торговли» (цитата по РИА Новости).

«Экспорт падает, в сфере станкостроения рынок обеспечивается только на 20% поставками отечественных предприятий, тяжёлая доступность средств», – перечислил Кутепов претензии к Мантурову.

«Пристального внимания», подчеркнул он, требует научное обеспечение деятельности промышленного комплекса. При этом компонентная отрасль – база промышленного производства, которая должна обеспечивать заводы деталями для сборки готовой продукции, по словам Кутепова – «разрушена».



В результате промышленность работает в режиме отвёрточной сборки, закупая готовые комплекты и детали за рубежом и обеспечивая лишь минимальную добавленную стоимость продукции.

Так, в России отсутствует собственная промышленная база для серийного производства микроэлектроники, жаловался в декабре 2019 г. вице-премьер Юрий Борисов. В критической зависимости от иностранных поставщиков находится фармацевтика, говорила ранее спикер СовФеда Валентина Матвиенко: «приходится закупать сырьё (субстанции) в Китае».

Происходящее в промышленности, по мнению Кутепова, – это результат «разброса» в функциях и компетенциях Минпромторга, который совмещает в себе 25 советских министерств и регулирует одновременно все отрасли – от лёгкой до авиационной, а также ещё и торговлю.

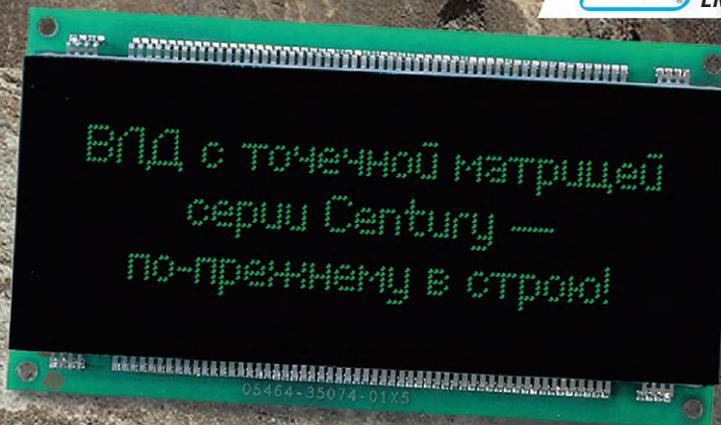
«Всё это может вести к внутриведомственному конфликту», – предупредил сенатор. Выходом, по его словам, могло бы стать создание ещё одного ведомства, которому были бы переданы функции курирования торговли.

Как сообщил сенаторам Мантуров, в первом квартале обрабатывающая промышленность в РФ прибавила 3,8%, но в апреле уже просела на 10%, в мае – на 7,2%.

www.finanz.ru

**ВАКУУМНО-ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЕ ДИСПЛЕИ
ДЛЯ ЖЁСТКИХ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ**

- Яркость 600 кд/м²
- Угол обзора 150°
(конусный)
- Встроенные контроллеры управления
- Символы высотой 5 и 9 мм
- Вибрации от 10 до 500 Гц
- Удары до 20 г
(по каждой оси)
- Ресурс от 40 000 до 100 000 часов
- Диапазон рабочих температур -40...+85°C



ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР

(495) 234-0636
INFO@PROSOFT.RU

WWW.PROSOFT.RU



Реклама

Как сохранить доминирование США в полупроводниках?

Иван Покровский (pokrov@arpe.ru)

Примерно год назад американская ассоциация Semiconductor Industry Association (SIA) выпустила перечень мер, которые обеспечат устойчивое лидерство США в полупроводниковой промышленности. По сути, это открытое обращение американских компаний к своему государству [1].

Весьма интересный материал, который полезно рассмотреть от противного. Развернув эти меры в противоположную сторону, получим рекомендации: что делать другим странам, заинтересованным в преодолении технологической зависимости от США.

В обращении три раздела:

1. лидерство в инвестициях;
2. приток талантов;
3. свободный доступ к мировому рынку для американских компаний, исключив вмешательства других государств в регулирование торговли, участие государств в локализации цепочек поставок, трансфере технологий, также исключив финансовую под-



держку национальных чемпионов, но обеспечивая защиту американской интеллектуальной собственности во всём мире.

Американские полупроводниковые компании инвестировали в R&D около \$36 млрд в 2017 году, а государство инвестировало в исследования в области полупроводниковых технологий только \$1,5 млрд. В обращении предлагается расширить государственные инвестиции в фундаментальные исследования в 3 раза. США боятся, что Китай и другие страны за счёт концентрации государственных инвестиций смогут составить им конкуренцию. Ровно это и нужно делать России: согласовывать с Китаем и другими странами совместные инвестиционные программы, рассчитанные на совместное развитие и использование технологий.

В американских институтах в области электроники и электротехники в 4 раза больше студентов из других стран, чем студентов из США. В обращении предлагается снять все барьеры, которые мешают закреплению иностранных студентов в США, а также снять ограничения, которые препятствуют перетоку выпускников из университетов других стран. Подчеркивается, что приток талантов должен быть обеспечен увеличением объёма инвестиций в исследования и разработки.

Полупроводниковые компании США обеспокоены успехами Китая в подготовке кадров и предлагают привлечь лучшие умы из других стран на работу в американских компаниях. В конкуренции за таланты у США огромное преимущество. Выручка на человека в полупроводниковой промышленности США составляет более \$500 тыс. в год, что позволяет платить самые высокие вознаграждения за работу. Что можно противопоставить этому?

Более интересные задачи и большую степень свободы для талантливых учёных и предпринимателей. И это не про госкорпорации!

Самое большое внимание в обращении уделяется обеспечению свободного доступа американских компаний к мировому рынку, а также защите американской интеллектуальной собственности. Больше всего американские компании боятся нерыночных методов, которые используют другие страны.

Естественно, в открытой конкуренции у мелких национальных компаний нет шансов против глобальных американских корпораций. Поэтому они считают, что необходимо исключить участие других государств в локализации цепочек поставок, включая меры таможенного регулирования, исключить требования по локализации цифровой инфраструктуры и данных, а также исключить государственное субсидирование расходов и финансовую поддержку национальных чемпионов.

К нерыночным и нечестным методам отнесено централизованное планирование развития промышленности. Исчерпывающий рецепт для конкурирующих стран: всё это и нужно делать, причём совместно!

Особое внимание уделяется защите интеллектуальной собственности, которая названа в докладе «кровью полупроводниковой промышленности». В обращении предлагается запретить поддержку трансфера технологий, расширить меры защиты и увеличить наказание за нарушения интеллектуальной собственности американских компаний.

Адекватным ответом других стран может быть развитие и совместное использование открытых технологий, а также выход из международных торговых соглашений, которые не соответствуют собственным национальным интересам.

Литература

1. WINNING THE FUTURE. A Blueprint for Sustained U.S. Leadership in Semiconductor Technology. April 2019. URL: <https://www.semiconductors.org/wp-content/uploads/2019/04/FINAL-SIA-Blueprint-for-web.pdf>.



18 - я МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА ЭЛЕКТРОНИКИ

ChipEXPO-2020

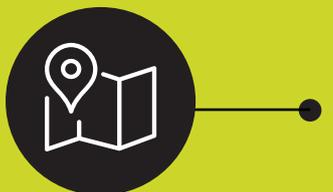
КОМПОНЕНТЫ | ОБОРУДОВАНИЕ | ТЕХНОЛОГИИ

ВЫСТАВКА ПРОЙДЕТ

15-17.09

В ТЕХНОПАРКЕ ИННОВАЦИОННОГО ЦЕНТРА

СКОЛКОВО



ТЕМАТИЧЕСКИЕ ЭКСПОЗИЦИИ:

- Экспозиция Департамента радиоэлектронной промышленности Минпромторга России, включая:
 - экспозицию предприятий, являющихся изготовителями изделий, включенных в единый реестр российской радиоэлектронной продукции (Постановление Правительства РФ №878),
 - экспозицию разработок, созданных в рамках государственной программы «Развитие электронной и радиоэлектронной промышленности на 2013–2025 годы» (Постановление Правительства РФ №109),
 - экспозицию разработок, обеспечивающих выполнение приоритетных национальных проектов.
- Дивизионы кластера «Радиоэлектроника» ГК «Ростех»
- Стартапы в электронике
- Квалифицированные поставщики ЭКБ
- Консорциумы и дизайн-центры по электронике
- Участники конкурса «Золотой Чип»
- Корпорация развития Зеленограда

ОФИЦИАЛЬНАЯ ПОДДЕРЖКА:



Реклама

ОРГАНИЗАТОРЫ:

ЗАО «ЧипЭКСПО» Москва, 121351, ул. Ярцевская, д.4. Тел.: +7 (495) 221-50-15
E-mail: info@chipexpo.ru <http://www.chipexpo.ru>

КОМПЛЕКСНЫЕ ПОСТАВКИ
**ВЫСОКОНАДЕЖНОЙ
КОМПОНЕНТНОЙ БАЗЫ**
ОТЕЧЕСТВЕННОГО
И ИМПОРТНОГО
ПРОИЗВОДСТВА



ПОСТАВКА
МАТЕРИАЛОВ
ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ
ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ
СОВМЕСТИМОСТИ



РАЗРАБОТКА
**КОМПЛЕКСОВ
ИМИТАЦИИ
БОРТОВОЙ СЕТИ**
ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ



ПРОВЕДЕНИЕ
**ИСПЫТАНИЙ
НА ЭМС**



ПОСТАВКА
ОБОРУДОВАНИЯ
ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ
ИСПЫТАНИЙ

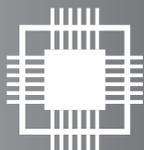


СЕРВИСНОЕ
ОБСЛУЖИВАНИЕ
ПОСТАВЛЯЕМОГО
ОБОРУДОВАНИЯ



**АТТЕСТАЦИЯ
ИСПЫТАТЕЛЬНОГО
ОБОРУДОВАНИЯ**

ПО ГОСТ Р 8.568
ГОСТ РВ 0008-002



РАЗРАБОТКА И
**ПРОИЗВОДСТВО
КОРПУСОВ**
ДЛЯ МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ

ТЕСТПРИБОР



ПРОВЕДЕНИЕ
СЕРТИФИКАЦИОННЫХ
ИСПЫТАНИЙ
ЭКБ

ПРОИЗВОДСТВО
КЕРАМИЧЕСКИХ ПОДЛОЖЕК
ДЛЯ ЭЛЕКТРОННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ



АО «ТЕСТПРИБОР»



125480, г. Москва,
ул. Планерная, д. 7А



+7 (495) 657-87-37



tp@test-expert.ru



www.test-expert.ru