

СОВРЕМЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

7

2020

ОБЗОР РЫНКА ИМПОРТА КОНДЕНСАТОРОВ В РОССИИ

В номере:

Российские
производители ЭК
на гражданском рынке

Миниатюризация систем
производства

Внедрение инноваций
в приложения IoT

Мультифизическое
моделирование при
проектировании ПП ЭУ

Патриарх отечественной
полупроводниковой
электроники

Об искусственном
интеллекте
и цифровизации
«сверху»

и многое другое...



Поверьте и настройте Ваши СИ в ЦСМ **Keysight**



Ваши технические системы, критически важные для решения ответственных задач, должны обеспечивать безотказную работу в любых условиях. Именно поэтому Центр Сервиса и Метрологии Keysight получил аккредитацию на право поверки СИ и готов обеспечивать комплексное ТО измерительных приборов Keysight, Agilent, HP.

Оригинальные запчасти, автоматизированные ПО для проведения полного тестирования, калибровки и настройки СИ по методике завода-изготовителя, опытный персонал - все это позволяет выполнять полное обслуживание СИ в соответствии с требованиями завода-изготовителя максимально качественно и в сжатые сроки. Будьте уверены в точности Ваших измерений и надёжности Вашей продукции!

Аттестат Аккредитации ООО «Кейсайт Текнолоджиз» (ЦСМ Keysight) на право поверки СИ № RA.RU.310579 от 02.02.2015

80
лет

опыта в электронных
измерениях

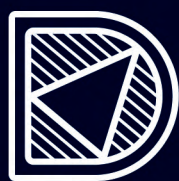
50
лет

сотрудничества и
инноваций в России

www.keysight.com/find/poverka

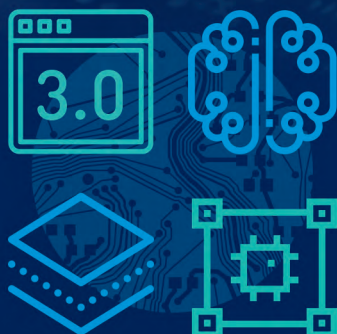


KEYSIGHT
TECHNOLOGIES



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
после короткой регистрации
www.aremex.ru/download-or-buy



Подайте заявку на очную или онлайн-презентацию новых
возможностей САПР Delta Design 3.0 для разработчиков
вашего предприятия на сайте www.aremex.ru

MARKET

- 4 Russian Market News**
- 10 The Capacitor Market in Russia**
Part 2
Ilya Lebedev
- 16 The Promotion of Russian Electronic Components Manufacturers in the Civil Market**
Ilya Lebedev

MODERN TECHNOLOGIES

- 22 The Miniaturization of Manufacturing Systems: Is There a Lower Limit for Scaling?**
Jakob Dück
- 26 The Innovating of IoT Applications: Exploring the Top Five Challenges Using Five Core IoT Principles**
Sook Hua Wong

ELEMENTS AND COMPONENTS

- 30 The Tunable Bandpass Filters**
Irina Zabegailo, Alexander Tyumentsev, Andrey Yakovlev

DEVICES AND SYSTEMS

- 34 The TDK Lambda's Modern AC/DC Power Supplies**
Yuri Petropavlovsky
- 40 Modern Approach to the Signal Generation for Testing Radar Receiving Devices with the Expected Electromagnetic Environment**
Nikolay Lemeshko, Alexander Patshin

DESIGN AND SIMULATION

- 48 The Application of Multiphysics Simulation in the Design of the PCB**
Alexander Akulin
- 58 Creating a Padstack from the STEP Model in Cadence Allegro**
Alexander Akulin
- 62 Designing the Digital Microcircuit Model with Altium Designer**
Part 1
Yuri Legan

PAGES OF HISTORY

- 70 The Patriarch of Russian Semiconductor Electronics**
Vladimir Bartenev

COMPETENT OPINION

- 76 About the Artificial Intelligence and Digitalization "From Above"**
Aslanbek Shogenov

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, Ю. В. Широков

Вёрстка А. М. Бабийчук

Обложка Д. В. Юсим

Распространение С. Ю. Ченурова (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**БЕСПЛАТНАЯ ПОДПИСКА ДЛЯ СПЕЦИАЛИСТОВ**

на электронную версию журнала. Условие сохранения такой подписки – своевременное её продление каждый год.

ПЛАТНАЯ ПОДПИСКА НА ПЕЧАТНУЮ ВЕРСИЮ С ГАРАНТИРОВАННОЙ ДОСТАВКОЙ

- 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 7/2020

РЕКЛАМОДАТЕЛИ

EREMEX (Delta Design)	1
HARTING	8
JTAG	29
Keysight Technologies . . 2-я стр. обл.	
LiteMAX	5, 32
LUMINEQ	24–25
Micrometals	33
Raystar Optronics	7
RF Core	69
TDK-Lambda	47
XP Power	6, 8, 45
Авантикс	5
ВЗПП-С	79
ДОЛОМАНТ	80
НИФРИТ	4, 9
ОНИИП	31
ПЛАНАР	3-я стр. обл.
Роде и Шварц	4-я стр. обл.
СИММЕТРОН	35
ТЕСТПРИБОР	14–15
ЭЛЕКОНД	13
ЭЛМ (ALTIUM)	4, 63
ЭРКОН	6, 73

РЫНОК

- 4** Новости российского рынка
- 10** Рынок конденсаторов в России
Часть 2
Илья Лебедев
- 16** Продвижение российских производителей электронных компонентов на гражданском рынке
Илья Лебедев

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

- 22** Миниатюризация систем производства: существует ли нижний предел масштабирования?
Якоб Дюк
- 26** Внедрение инноваций в приложения IoT: исследование пяти главных проблем с помощью пяти основных принципов IoT
Сук Хуа Вонг

ЭЛЕМЕНТЫ И КОМПОНЕНТЫ

- 30** Перестраиваемые полосовые фильтры
Ирина Забегайло, Александр Тюменцев, Андрей Яковлев



ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

- 34** Современные AC/DC источники питания компании TDK-Lambda
Юрий Петропавловский
- 40** Современный подход к формированию сигналов для тестирования приёмных устройств радиолокационных систем с учётом предполагаемой электромагнитной обстановки
Николай Лемешко, Александр Патшин

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И МОДЕЛИРОВАНИЕ

- 48** Применение мультифизического моделирования при проектировании печатных плат электронных устройств
Татьяна Колесникова
- 58** Создание посадочного места из модели STEP в САПР Cadence Allegro
Александр Акулин
- 62** Разработка модели цифрового компонента в Altium Designer
Часть 1
Юрий Леган

СТРАНИЦЫ ИСТОРИИ

- 70** Патриарх отечественной полупроводниковой электроники
Владимир Бартенев

КОМПЕТЕНТНОЕ МНЕНИЕ

- 76** Об искусственном интеллекте и цифровизации «сверху»
Асланбек Шогенов

Новости российского рынка

АКЦИЯ

Купи СЕЙЧАС, плати ПОТОМ!

С начала 2020 года человечество столкнулось с глобальной угрозой – пандемией вирусной пневмонии Covid-19. На протяжении 3 месяцев предприятия, компании и люди были изолированы друг от друга, что в значительной степени сказалось на малом и среднем бизнесе. Более 70% микропредприятий малого и среднего бизнеса столкнулись с экономическими трудностями. При этом актуальной задачей остаётся использование современных программных решений для проектирования электронных изделий.

В текущих экономических условиях компания Altium, ведущий мировой разработ-

чик в области проектирования электронных устройств, и ООО «ЭЛМ», официальный дистрибьютор компании Altium на территории РФ, объявляют о начале действия мер поддержки малых и средних предприятий.

Для всех организаций, входящих в реестр среднего и малого предпринимательства, предоставляется уникальная возможность приобрести бессрочную полнофункциональную лицензию Altium Designer 20 с рассрочкой на 6 месяцев.

После первого платежа в размере 69 000 руб. покупатель получает лицензию и может приступить непосредственно к работе в актуальной версии Altium Designer 20.

В рамках поставки покупатель гарантированно получает:

- бессрочную лицензию Altium Designer On-Demand Perpetual Commercial License: AD2020 Single Site;
- техническую поддержку и обновление Altium Designer в течение 12 месяцев с момента приобретения;
- доступ к Altium365 – единственной в мире облачной платформе для проектирования и передачи в производство печатных плат. Эта платформа доступна из Altium Designer и с любого устройства, подключённого к Интернету;
- будущий релиз Altium Designer 21.

Предложение действительно до 25 декабря 2020 года.

Подробную информацию об Altium Designer и Altium365, а также о специальных предложениях можно получить на сайте <https://www.altiumdesigner-20.ru>, отправив запрос по адресу info@elm-c.ru или позвонив по телефону +7 (495) 005-5145.



СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

НОВОЕ ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ EA BATTERY SIMULATOR

Специалисты из EA Elektro-Automatik разработали ПО для моделирования свинцово-кислотных и литий-ионных батарей.

Симулятор батарей EA Battery Simulator (EABS) – это программа для Windows с графическим интерфейсом, созданная для контроля всех двунаправленных устройств серий EA-PSB 9000 и EA-PSB 10000. Двунаправленная способность этих устройств, которая позволяет им работать как источ-

ник энергии или как потребитель, является существенной для такого моделирования.

Программа используется для моделирования свинцово-кислотных и литий-ионных батарей, включая их электрические и химические характеристики при заряде и разряде. Это достигается внедрением таблиц со значениями и наборов параметров, которые разрабатывались в сотрудничестве с известным институтом Fraunhofer (Германия). Переключаемые профили батарей, которые можно редактировать для соответствия целевому применению, определяют не только базовые параметры батареи, такие как ёмкость, внутреннее сопротивление и состояние заряда, но также и параметры тестирования, например окружающую температуру.

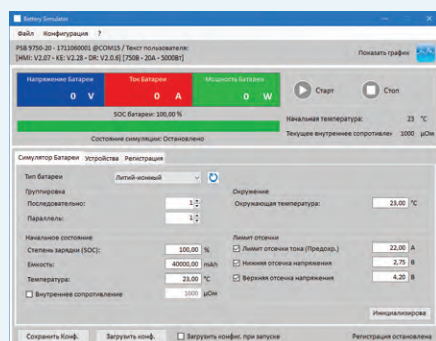
Физическое моделирование выполняется источником питания, контролируемым почти полностью автоматически программой во время хода теста. Пользователь также может активировать запись данных в файлы событий и визуализировать их в цветном графическом окне.

Основные функции симуляции:

- источник питания может заменить широкий спектр батарей благодаря большим диапазонам напряжения и тока;
 - моделирование литий-ионных и свинцово-кислотных батарей, а также других типов батарей может быть добавлено с обновлениями;
 - симуляция и расчёт специфических значений батареи: напряжения, тока, заряда/разряда, внутреннего сопротивления, температуры корпуса и состояния заряда;
 - моделирование батареи имеет огромное преимущество при разработке и конечном испытании, например, батарейных зарядок и систем управления батареями или батарей различных видов (заряд/разряд).
- Программа является опционально доступной и требует приобретения лицензии в виде USB-носителя как ключа (требуется свободный USB-порт). Драйверы и документация прилагаются.

www.niphrit.ru

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



ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

АДВАНТИКС И МЦСТ СТАЛИ СТРАТЕГИЧЕСКИМИ ПАРТНЁРАМИ ДЛЯ РАСШИРЕНИЯ РЫНКА НАДЁЖНЫХ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ РЕШЕНИЙ ДЛЯ ЦИФРОВИЗАЦИИ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

ООО «Адвантикс», российский производитель вычислительной техники в промышленном исполнении, и АО «МЦСТ», разработчик новейших отечественных микропроцессоров «Эльбрус», заключили соглашение о стратегическом сотрудничестве с целью развития отечественных решений для цифровизации промышленности. В частности, планируется совместная работа над расширением линейки промышленных компьютеров AdvantiX «Брусника».

«Адвантикс» развивает линейку доверенных вычислительных платформ «Брусника» почти 2 года. В начале 2019 года был выпущен промышленный безвентиляторный компьютер AdvantiX ВКП-В2/ЭЛ4С на базе отечественного процессора «Эльбрус-4С» для монтажа в 19-дюймовую стойку.

Это первое безвентиляторное решение формата 2U промышленного исполнения на рынке систем на базе архитектуры

«Эльбрус». В компьютере AdvantiX ВКП-В2/ЭЛ4С используется система кондуктивного охлаждения, разработанная и реализованная специалистами компании «Адвантикс». В дальнейшем семейство «Брусника» пополнилось системами с воздушным охлаждением ВКП-В2/ЭЛ8С на базе 4-ядерного процессора «Эльбрус-4С» и ВКП-В2/ЭЛ8С на базе 8-ядерного ЦПУ «Эльбрус-8С».

Новый этап сотрудничества с АО «МЦСТ» позволит компании «Адвантикс» оперативно разработать более производительные безвентиляторные решения на базе процессора «Эльбрус-8СВ» для ответственных применений, которые востребованы для широкого круга задач, где необходимо уверенно работать с критически важной информацией.

Новые устройства займут нишу надёжной отечественной вычислительной техники, т.к. все ключевые компоненты, как программные, так и аппаратные, разработаны силами специалистов российских компаний. В разработках по данному направлению «Адвантикс» фокусируется на промышленном исполнении компьютеров, которые призваны расширить использование отечественных процессоров семейства «Эльбрус» для



эльбрус ADVANTIX МЦСТ эльбрус

различных промышленных и критически важных применений, в том числе в сфере транспорта, энергетики и нефтегазового сектора.

«Соглашение о стратегическом сотрудничестве с АО «МЦСТ» – важный шаг для нашей компании. Мы сможем расширить линейку компьютеров на базе отечественных процессоров «Эльбрус», предлагая своим заказчикам надёжное российское решение. Наши клиенты смогут приобрести безвентиляторные системы для решения своих ответственных задач и уверенно работать с информацией, не беспокоясь о её возможной утечке», – комментирует начальник отдела промышленных компьютеров ООО «Адвантикс» Дмитрий Кабачник.

www.advantix-pc.ru
Тел.: +7 (495) 232-1693

ИНТЕГРИРОВАННОЕ РЕШЕНИЕ LITEMAX НА БАЗЕ INTEL® SDM

Цифровые вывески стали эффективным средством делового общения. По мере того как цифровые вывески становятся тоньше и энергоэффективнее, скорость вычислений становится всё более критичным фактором.

Интеллектуальный дисплейный модуль Intel® – Intel® SDM – это масштабируемое, проверенное на будущее решение «подключи и пользуйся» для цифровой рекламы. В его конструкции отсутствует корпус, поэтому его можно полностью интегрировать в визуальные приложения IoT, требующие минимального пространства и максимальной производительности.

Модули интеллектуального дисплея ASDM-APL5 / APL6 от Litemax оснащены встроенным процессором Intel® ATOM® / Pentium® / Celeron® (кодовое название «Озеро Аполлон») и изящным модулем «всё в одном», что делает устройство более тонким.

ASDM-APL5 / APL6 может быть легко подключён к дисплею с поддержкой SDM через высокоскоростной коннектор PCIe, который поддерживает дисплеи с разрешением 4K и имеет встроенные USB 3.0, HDMI 1.4, DisplayPort 1.2, Serial TX / RX и сигналы I²C.



Также компания Litemax разработала полную линейку интегрированных дисплеев с Intel® SDM. Размер дисплея от 32 до 85", качество видео FHD или 4K. Дисплеи характеризуются хорошей читаемостью при солнечном свете.

Основные характеристики ASDM-APL5 / APL6:

- модуль Intel® Smart Display может быть совершенно различных размеров;
- процессор Intel® ATOM® / Pentium® / Celeron® (Apollo Lake SoC);
- M.2 2230 (E-Key) ×1;
- USB 3.0 ×2; LAN ×1; COM ×1 и аудио ×1 (для ASDM-APL5);

- HDMI 1.4 ×1, DP1.2 ×1 (через разъём Edge).

Особенности SDM Ready Display:

- конструкция слота Slideway, совместимая с Intel® SDM-S и SDM-L;
- размер дисплея от 32 до 85";
- высокая яркость;
- подходит для круглосуточной работы.

Комплексные решения Litemax SDM – это качество промышленного класса, а высокая совместимость предоставляет простое, но мощное решение, отвечающее разнообразным требованиям клиентов.

www.prochip.ru
Тел.: (495) 232-2522

ЭЛЕМЕНТЫ И КОМПОНЕНТЫ

Новинка: мощные СВЧ-поглотители (аттенюаторы) ПР1-25 с естественным охлаждением мощностью 150 Вт

АО «НПО «ЭРКОН» разработало новые СВЧ-поглотители (аттенюаторы) типа ПР1-25 с естественным охлаждением, предназначенные для работы в качестве аттенюаторов в непрерывном и импульсном режимах в цепях постоянного и переменного тока.

Основные характеристики:

- номинальная мощность рассеяния: 150 Вт в непрерывном режиме;
- мощность рассеяния: до 3000 Вт в импульсном режиме;
- ряд значений номинального ослабления: 3; 6; 10; 20 и 30 дБ;
- допустимое отклонение ослабления: $\pm 0,5$ и ± 1 дБ;
- коэффициент мощности: 0,0005 дБ/дБ/Вт;
- диапазон рабочих частот: 0–6 ГГц;
- КСВН в рабочей полосе частот: не более 1,35;
- максимальная рабочая температура окружающей среды: $+125^{\circ}\text{C}$.

Миниатюрные СВЧ чип-поглотители типа ПР1-1 предназначены для непрерывного режима работы в качестве аттенюаторов в составе полосковых гибридных интеграль-

ных схем в цепях постоянного и переменного тока. Категория качества «ВП».

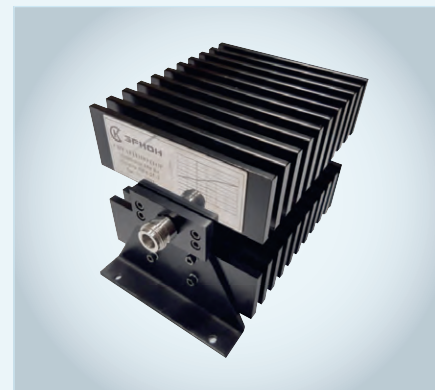
Основные характеристики:

- габариты: $2 \times 2 \times 0,9$ мм;
- номинальная мощность рассеяния: 0,5 Вт;
- ряд значений номинального ослабления: 0,5; 1; 2; 4; 8; 16 и 32 дБ;
- температурный коэффициент сопротивления: $\pm 300 \times 10^{-6}^{\circ}\text{C}^{-1}$;
- диапазон рабочих частот: 0–18 ГГц;
- КСВН: не более 1,15 (до 1,2 ГГц), не более 1,5 (до 18 ГГц);
- диапазон рабочих температур окружающей среды: $-60 \dots +125^{\circ}\text{C}$;
- минимальная наработка: 20 000 ч ($P \leq P_{\text{ном}}$, $t \leq +70^{\circ}\text{C}$);
- срок сохраняемости: 15 лет.

Специальные СВЧ-резисторы типа С6-8 (чип-поглотители) – планарные резисторы с двухсторонним нанесением резистивного слоя предназначены для эксплуатации в электрических цепях сверхвысокочастотной аппаратуры.

Основные характеристики:

- номинальная мощность рассеяния (вмонтированных в аттенюатор): 1,0 Вт;
- номинальное сопротивление входа/выхода (при подключённой нагрузке $50 \pm 0,05$ Ом): 50 Ом;
- температурный коэффициент сопротивления: $\pm 300 \times 10^{-6}^{\circ}\text{C}^{-1}$ (в диапазоне температур $+20 \dots +85^{\circ}\text{C}$);



- предельная рабочая частота: 18 ГГц;
- КСВН: не более 1,5 (до 8,9 ГГц), не более 1,6 (до 18 ГГц);
- ряд значений номинального ослабления: 1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10; 15; 20; 30; 40; 50 и 60 дБ;
- габаритные размеры: $11 \times 5 \times 0,75$ мм (1–5 дБ), $11 \times 9 \times 0,75$ мм (6–20 дБ), $11 \times 11,5 \times 0,75$ мм (30 дБ), $11 \times 14,2 \times 0,75$ мм (40 дБ), $11 \times 16,9 \times 0,75$ мм (50 дБ), $11 \times 19,4 \times 0,75$ мм (60 дБ);
- диапазон рабочих температур окружающей среды: $-60 \dots +85^{\circ}\text{C}$;
- минимальная наработка: 40 000 ч ($P \leq P_{\text{ном}}$, $t \leq +70^{\circ}\text{C}$);
- срок сохраняемости: 25 лет.

www.erkon-nn.ru

Тел.: +7 (831) 202-2552

3-ваттные DC/DC-преобразователи в компактном корпусе SIP4

Компания XPower начала производство нерегулируемых 3-ваттных преобразователей напряжения серии ITR03. Выполненные в компактном герметичном корпусе SIP4 они применяются в портативном промышленном и лабораторном оборудовании.

Модули серии ITR03 обеспечивают значительное повышение удельной мощности по сравнению с выполненными аналогичным образом 2-ваттными модулями серии IL, а также снижение себестоимости по сравнению с модулями питания серии IR более чем на 20%.

Предлагаются модели для работы от сетей постоянного напряжения с тремя диапазонами напряжения питающей сети 4,5...5,5 В (для номинального напряжения 5 В), 10,8...13,2 В (для номинального напряжения 12 В) и 21,6...26,4 В (для номинального напряжения 24 В).

Анонсируемые преобразователи напряжения обеспечивают электрическую проч-



ность изоляции 3 000 В (переменный ток) между первичной и вторичной цепью. Одноканальные модели обеспечивают выходные напряжения 5; 9; 12 и 15 В.

DC/DC-преобразователи серии ITR03 соответствуют требованиям следующих стандартов: EN55032 Class B, устанавливающий требования к кондуктивным помехам и помехам излучения при установлен-

ных внешних фильтрующих компонентах; EN6100-4-2, 3, 4, 4, 6, 8, устанавливающий требования стойкости к импульсным напряжениям (с установленными внешними компонентами).

Среднее время наработки между отказами (MTBF) составляет более 6,5 млн ч, рассчитанное по MIL-HDBK-217F для рабочей температуры $+25^{\circ}\text{C}$ при применении в стационарном наземном оборудовании. С высоким значением удельной плотности мощности (59 В/дюйм^3) при конвекционном отводе тепла преобразователи напряжения характеризуются широким диапазоном рабочих температур (от -40 до $+100^{\circ}\text{C}$), с полной мощностью в нагрузке до температуры $+85^{\circ}\text{C}$.

Модули выполнены в чёрном пластиковом корпусе, герметизированном эпоксидным компаундом класса возгораемости UL94V-0. Габаритные размеры корпуса формата SIP4 $11,8 \times 9,66 \times 7,5$ мм. Модули поставляются в стандартных тубах в количестве 40 штук в упаковке.

www.prosoft.ru

Тел.: (495) 234-0636

5-дюймовые цветные TFT-модули с широким диапазоном рабочих температур

Компания *Raystar Optronics* представляет 5-дюймовые цветные активно-матричные дисплейные модули с горизонтальной ориентацией (формат экрана 16:9) изображения ряда **RFF500F-AWW-LNN** с разрешением 800×480 точек.

Функции управления TFT-модулями осуществляет микросхема драйвера ST7262 через последовательный интерфейс LVDS (по умолчанию VESA). Типичное значение контрастности – 1000:1, яркость – 500 кд/м².



Если требуется интерфейс RGB, возможно выбрать модель **RFF-500F-AWW-DNN**.

Анонсируемые дисплеи воспроизводят цвета при углах обзора 160° в горизонтальной и вертикальной плоскостях благодаря технологии планарной адресации IPS (In Plane Switching). Дисплейные модули способны функционировать в диапазоне температур от –30 до +80°C (диапазон температур хранения от –30 до +80°C).

Для упрощения ввода данных и взаимодействия с пользователем предлагаются модели дисплеев с установленными резистивными или проекционно-емкостными сенсорными экранами.

www.prosoft.ru
Тел.: (495) 234-0636

2,7-дюймовые графические OLED-дисплеи с ёмкостным сенсорным экраном

Компания *Raystar Optronics, Inc* представляет графические OLED-дисплеи серии **REX012864Q-CTP** с размером экрана 2,7", обеспечивающие разрешение 128×64 пикселей, снабжённые ёмкостным сенсорным экраном для достижения простоты интерфейса пользователя.



Предлагаемые дисплеи управляются микросхемой драйвера-контроллера

SSD1309DZ, который обеспечивает обмен данными через стандартные параллельные интерфейсы микропроцессоров типа 8080/6080 в 8-битовом режиме и последовательные интерфейсы I²C и 4-проводной SPI.

Для работы логической схемы дисплея требуется напряжение питания от 2,8 до 3,3 В (типичное значение 3 В). Напряжение питания индикатора – 13 В, коэффициент мультиплексирования строк 1/64 (где 64 – число адресуемых строк). Кристалл микросхемы драйвера-контроллера размещён непосредственно на подложке дисплея, применяется способ компоновки элементов «кристалл на стекле» (Chip-on-Glass, COG), позволяющий уменьшить габариты, вес и стоимость дисплейного модуля.

Для управления ёмкостным сенсорным экраном через интерфейс I²C применяется микросхема GT911.

Габаритные размеры дисплейного модуля 74,8×44,16×3,66 мм; рабочая площадь экрана 61,41×30,69 мм.

Дисплеи, изготовленные по технологии COG, широко применяются в портативных



измерительных приборах, медицинском оборудовании, бытовых приборах, системах связи, торговых терминалах и др.

В настоящее время предлагаются модели со свечением экрана жёлтого, белого, зелёного и небесно-голубого цветов. Яркость дисплея с жёлтым цветом свечения экрана – 80 кд/м², с белым цветом – 70 кд/м². Диапазон рабочих температур от –30 до +80°C.

www.prochip.ru
Тел.: (495) 232-2522

4-дюймовый TFT-дисплейный модуль повышенной яркости с соотношением сторон 1:1

Компания *Raystar Optronics, Inc* представляет 4-дюймовый TFT-модуль **RFA6400E-AWH-MNN** квадратной формы с разрешением 480×480 точек.

Дисплейный модуль поддерживает последовательный интерфейс MIPI DSI (две линии), характеризуется широким углом обзора (160°) в горизонтальной и вертикальной плоскостях, благодаря технологии планарной адресации IPS (In Plane Switching).



Контраст изображения 800:1 и яркость свечения экрана 1000 кд/м² позволяют считывать изображения при ярком внешнем освещении.

Работой дисплея управляет встроенная микросхема драйвера-контроллера ST7701S. Напряжение питания интерфейсной части от 2,5 до 3,6 В (типичное значение 2,8 В). Дисплейные модули способны функционировать в широком диапазоне температур – от –30 до +80°C (температура хранения от –30 до +80°C).

www.prochip.ru
Тел.: (495) 232-2522

РАЗЪЁМ HAN® 1A ОТ HARTING ПОЛУЧИЛ ПРЕМИЮ iF DESIGN AWARD 2020

HARTING Technology Group выиграла в международном конкурсе дизайна iF DESIGN AWARD 2020 в категории «Электрический разъём» со своей новой серией соединителей Han® 1A.



iF Design Awards – международный конкурс дизайна, существующий более 60 лет и ежегодно выбирающий образцы исключительного дизайна в области промышленного (iF product design award), коммуникационного (iF communication design award) и упаковочного (iF packaging design award) дизайна.

Han® 1A покорила жюри из 78 членов, состоящее из независимых экспертов со всего мира, благодаря своей уникальной компактной модульной системе вставок и аксессуаров для питания, передачи данных и сигналов, которые могут быть использованы для внутреннего и наружного применения (IP20 / IP65). Конкурс был напряжённым: было подано 7298 заявок из 56 стран в надежде получить знак качества.

Серия соединителей Han® 1A может применяться в различных областях, начиная с машиностроения и робототехники, логистики, железнодорожного транспорта, а также в других сферах, где требуются небольшие, очень гибкие и доступные по цене соединительные решения.

Краткий обзор преимуществ разъёмов Han® 1A компании HARTING:

- занимает на 30% меньше места по сравнению с Han® 3A: компактный разъём для питания, который можно установить в полевых условиях;
- гибкость в использовании: передача данных, сигналов и питания при помощи 12 контактов, размещённых в миниатюрном корпусе;
- универсальность: модульная система вставок и аксессуаров для внутреннего и наружного применения (IP20 / IP65);
- меньше времени на установку: быстрое соединение с помощью технологии Snap-in, винты не требуются;

- минимальный необходимый инвентарь: чётко структурированная система соединителей, основанная на нескольких основных компонентах.

В области машиностроения и робототехники Han® 1A может быть легко использован для эффективного подключения инструментов и модулей, включая нагревательные или охлаждающие устройства, вентиляторы, клеммы управления, осветительные системы, приводы и вибрационные конвейеры. Учитывая его модульную конструкцию и диапазон различных применений, Han® 1A подходит для различных задач, где требуется питание для нескольких небольших приводов, датчиков и устройств.

Han® 1A можно применять на железнодорожном транспорте, так как этот разъём изготовлен и протестирован в соответствии со стандартами EN 45545-2, R22-24, HL1-3, IEC 61373 - Cat. 2.

Модульная система вставок и аксессуаров может использоваться для внутренних и наружных применений (IP20 / IP65): дверных систем, освещения, фар, громкоговорителей, экранов, табло и сигнальных ламп, кнопок, дворников или генераторов сигналов и многого другого.

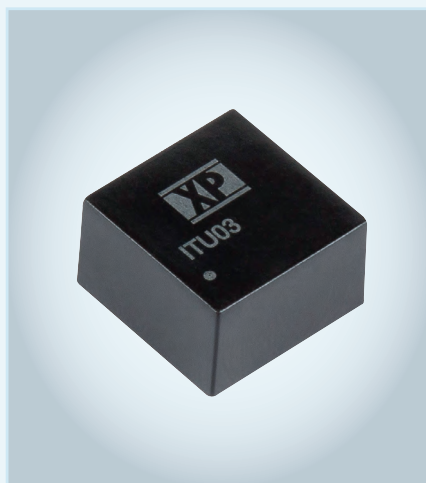
На картинке представлен блок питания с Han® 1A.

www.prochip.ru
Тел.: (495) 232-2522

3-ВАТТНЫЕ DC/DC-ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ С ШИРОКИМ ДИАПАЗОНОМ ВХОДНОГО НАПЯЖЕНИЯ (4:1) В КОРПУСЕ DIP8

Компания XP Power предлагает 3-ваттные преобразователи напряжения серии ITU03 с широкой кратностью перекрытия диапазона входного напряжения (4:1). Представленные приборы особенно хорошо подходят для применения в портативном оборудовании с батарейным питанием, где они могут обеспечивать напряжение на постоянной нагрузке при различных состояниях разряда/заряда батареи. Применения не ограничены только портативным оборудованием, модули серии ITU03 могут быть использованы для обеспечения стабилизированного источника для нагрузки от шины постоянного напряжения, где требуется небольшое значение мощности.

Серия ITU03 является вариантом исполнения в корпусе формата DIP8 преобразователей серии ITP03 в корпусе SIP6. Приборы обеих серий имеют вход дистанционного управления для одноканальных мо-



делей, но, кроме того, серия ITU03 предлагает эту функцию и для двухканальных моделей. Модули серии ITU03 совместимы с выводами с серией WRB (Mornsun) и серией TDL3 (Traco).

Одно- и двухканальные модели допускают работу в широком диапазоне входного напряжения: 4,5...18 В (для номинального напряжения 12 В); 9...36 В (для номинального напряжения 24 В); 18...75 В (для номинального напряжения 48 В). Обеспе-

чиваются стабилизированные выходные напряжения 3,3; 5; 12 и 15 В и ± 5 , ± 12 и ± 15 В. Двухканальные модули могут также применяться для формирования одноканального напряжения 24 и 30 В. При активном сигнале запрета входной ток в режиме простоя 2,5 мА.

Стандартное значение диэлектрической изоляции между входными и выходными цепями имеет значение 1600 В (постоянный ток). Все модули оснащены защитой от короткого замыкания с автоматическим восстановлением нормального режима работы.

С конвекционным отводом тепла модули серии ITU03 характеризуются широким диапазоном рабочих температур – от -40 до $+80^{\circ}\text{C}$, полная мощность в нагрузке обеспечивается до температуры $+70^{\circ}\text{C}$. Значение удельной плотности мощности составляет 31 Вт/дюйм^3 . Модули выполнены в чёрном пластиковом корпусе, герметизированным эпоксидным компаундом класса возгораемости UL94V-0. Габаритные размеры корпуса формата DIP8 $14 \times 14 \times 8,1 \text{ мм}$.

www.prosoft.ru
Тел.: (495) 234-0636



ОНЛАЙН КАТАЛОГ



30 кВт в одном устройстве

Новые источники питания и электронные нагрузки
постоянного тока высотой в 4U

EA-PSI 10 000 4U — источники питания

EA-PSB 10 000 4U — двунаправленные источники питания

EA-ELR 10 000 4U — электронные нагрузки

Напряжение до

2 000 вольт*

Ток до

1 000 ампер*

Мощность

30 000 ватт

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



Рынок конденсаторов в России

Часть 2

Илья Лебедев (ilja78@commarketru.com)

Это вторая часть обзора рынка импорта конденсаторов в России, в которой, как и обещано, мы разберём рынок конденсаторов не в целом, а по его составным частям.

Прежде всего, коротко выделим ключевые тезисы из первой части статьи [1]:

1. согласно данным из аналитического отчёта компании «Raumanok Publications, Inc» за 2018 год, объём пассивного потребления компонентов в мире определяется конденсаторами, которые составляют 53% от всех пассивных компонентов, в штучном выражении;
2. Китай и азиатские рынки для конденсаторов оцениваются в \$14 115 млн за 2018 финансовый год. Японский рынок конденсаторов оценивается в \$2725. Европейский рынок конденсаторов оценивается в \$2847. Конденсаторные рынки Северной и Южной Америки оцениваются в \$2864 млн;

Таблица 1. ТОП импорта по брендам за 2019 год

№	Производитель	Объём продаж, \$
1	TDK (EPCOS)	10 127 483
2	MURATA ELECTRONICS CO. LTD	7 338 729
3	AVX CORPORATION	7 049 687
4	YAGEO CORPORATION	6 301 647
5	VISHAY	5 898 488
6	SAMSUNG	5 556 892
7	KEMET	3 412 862
8	AMERICAN TECHNICAL CERAMICS	2 395 105
9	PANASONIC	2 359 468
10	ELECTRONICON KONDENSATOREN GMBH	2 158 968
11	HITANO ENTERPRISE	1 406 136
12	API TECHNOLOGIES	1 401 488
13	UNITED CHEMI-CON	1 386 337
14	TEAPO ELECTRONIC	1 089 647
15	NICHICON	1 083 871
16	EXXELIA S.A.S	1 013 847
17	WALSIN	933 476
18	RTR ENERGIA S.L.	795 806
19	JIaweicheng ELECTRONIC	789 823
20	MAXWELL TECHNOLOGIES	763 863
21	FENGHUA	742 297
22	WÜRTH ELECTRONIC CO. LTD.	732 536
23	SAMWHA	711 704
24	JB CAPACITORS COMPANY	707 213

Таблица 2. Структура импортёров по сумме импорта

Объём продаж, \$	Импортёры	Сумма, \$ млн
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

3. в 2019 году через таможенную Российскую Федерацию официально было пропущено всех разновидностей конденсаторов по таможенному коду 8532* на сумму \$99 млн;
4. импорт в Россию по брендам представлен в таблице 1;
5. структуру импортёров можно посмотреть в таблице 2.

Итак, продолжим рассмотрение структуры импорта в Россию более подробно в соответствии с таможенными кодами, приведёнными в таблице 3. Как было сказано в первой части статьи, официально было импортировано всех разновидностей конденсаторов, по таможенному коду 8532*, на сумму в \$99 млн.

Автор взял на себя смелость немного скорректировать эти данные. Например, удалил бренд TOYOTA и SKODA с описанием «для производства автомобилей», ABB AUTOMATION с описанием «сервисная замена», ООО «Самсунг Электроникс Рус Калуга», LG ELECTRONICS и ООО «ЛГ Электроникс Рус» – компании, конденсаторы которых идут на собственное производство. Отгрузки осуществляются напрямую закупочными отделами этих компаний по международным договорам. 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 конденсаторы этим предприятиям напрямую в России. Если вычесть объёмы поставок вышеуказанных предприятий, то у нас остаётся \$89,5 млн.

Конденсаторы керамические

Конденсаторы постоянной ёмкости керамические, однослойные и многослойные ввозятся по двум кодам: 8532240000 и 8532230000. Общий импорт по брендам представлен в таблице 4

Удивительно, но три лидера имеют сопоставимые объёмы продаж. Ценообразование SAMSUNG и YAGEO примерно одинаково, а вот MURATA серьёзно дороже, поэтому в штуках продажи керамических конденсаторов MURATA не больше, чем у SAMSUNG и YAGEO. В таблице 5 дана структура импортёров в зависимости от суммы импорта.

Как написано в одном из импортных отчётов, керамические конденсаторы – это кровь любой платы. По ТОП-10 электронных дистрибьюторов, продающих керамические конденсаторы, сразу видно тех, кто озабочен поставками клиенту целой спецификации, а кто стратегией максимального удовлетворения клиента. 90% всех продаваемых керамических конденсаторов производится в этих пяти странах (см. табл. 6), что не удивительно, если проанализировать составляющие:

1. у American Technical Ceramics (ATC) почти всё производство приходится на США. США – одна из немногих стран, которая сохранила производство керамических конденсаторов, хотя сама компания ATC явля-

Таблица 3. Структура импорта конденсаторов в Россию

Код ТН ВЭД	Объём продаж, \$	Описание
8532240000	31 947 236	Конденсаторы постоянной ёмкости керамические многослойные
8532220000	21 435 392	Конденсаторы постоянной ёмкости алюминиевые электролитические
8532250000	12 147 424	Конденсаторы постоянной ёмкости с бумажным или пластмассовым диэлектриком
8532210000	11 418 395	Конденсаторы постоянной ёмкости танталовые
8532290000	4 378 863	Прочие конденсаторы постоянной ёмкости
8532100000	4 212 990	Конденсаторы постоянной ёмкости для электрических цепей с частотой 50/60 Гц и рассчитанные на реактивную мощность не менее 0,5 квар (конденсаторы силовые)
8532230000	3 079 554	Конденсаторы постоянной ёмкости керамические однослойные
8532300000	854 473	Конденсаторы переменной ёмкости или подстроечные
Общий итог	89 474 327	

Таблица 4. Импорт керамических конденсаторов по брендам в 2019 году

Производитель	Объём продаж, \$
MURATA ELECTRONICS CO. LTD	7 073 347
SAMSUNG	5 504 522
YAGEO CORPORATION	5 280 919
AMERICAN TECHNICAL CERAMICS	2 390 533
AVX CORPORATION	2 001 408
TDK (EPCOS)	1 551 488
API TECHNOLOGIES	1 278 358
KEMET	9 91 702
WALSIN	9 28 682
VISHAY	7 72 477
HITANO ENTERPRISE	7 35 572
FENGHUA	6 14 787
WÜRTH ELECTRONIC CO. LTD.	5 76 278
FAITHFUL LINK INDUSTRIAL CORP	445 718
PROSPERITY DIELECTRICS CO. LTD	412 730
Общий итог	35 026 790

ется дочерним предприятием AVX, которая, в свою очередь, является дочерней компанией японского гиганта Кюосега;

2. немецкие подразделения TDK (EPCOS) не делают керамику в Германии, а почти всё делают в Японии и Китае, хотя отгрузка по большей части идёт из Европы.

Получается, что российский рынок керамических конденсаторов, по месту расположения штаб-квартиры компании, делят три страны: Япония, Тайвань и Корея. Но большая часть производств этих компаний локализована в Китае.

Танталовые конденсаторы

Танталовые конденсаторы ввозятся по коду 8532210000. Общий ввоз по брендам представлен в таблице 7.

Тройка лидеров держит почти 82% рынка импорта.

В таблице 8 дана структура импортёров в зависимости от суммы импорта.

Конденсаторы постоянной ёмкости алюминиевые электролитические

Конденсаторы алюминиевые ввозятся по коду 8532220000. Общий ввоз по брендам представлен в таблице 9.

В таблице 10 дана структура импортёров в зависимости от суммы импорта.

Конденсаторы силовые

Конденсаторы силовые ввозятся по коду 8532100000. Общий ввоз по брендам представлен в таблице 11. На самом деле данная таблица не полная, так как бренд HITACHI из таблицы 9 по большей части поставляет силовые конденсаторы. Пошлины везде нулевые, видимо импортёры возят как удобно.

Таблица 5. Структура импортёров по сумме импорта

Объём продаж, \$	Импортёры	Сумма, млн \$
Больше 1 млн	7	12
100 тыс. – 1 млн	57	16
10 тыс. – 100 тыс.	151	5,5

Таблица 6. Страна происхождения керамических конденсаторов

Страна происхождения товара	Объём продаж, \$
Китай (CN)	11 158 428
Япония (JP)	6 443 083
Тайвань (Китай) (TW)	5 574 825
США (US)	4 168 656
Южная Корея (KR)	2 667 225

Таблица 8. Структура импортёров по сумме импорта

Объём продаж, \$	Импортёры	Сумма, млн \$
Больше 1 млн	1	1,7
100 тыс. – 1 млн	31	6,5
10 тыс. – 100 тыс.	83	2,6

Таблица 9. Импорт алюминиевых конденсаторов по брендам в 2019 году

Производитель	Объём продаж, \$
TDK (EPCOS)	3 900 834
PANASONIC	1 582 115
UNITED CHEMI-CON	1 336 750
TEAPO ELECTRONIC	1 079 848
NICHICON	1 067 475
YAGEO CORPORATION	1 016 549
JIAWEICHENG ELECTRONIC	789 802
VISHAY	762 078
MAXWELL TECHNOLOGIES	664 782
HITANO ENTERPRISE	646 013
SAMWHA	628 440
HUNAN AIHUA GROUP CO. LTD	543 678
KENDEIL SRL	462 340
JB CAPACITORS COMPANY	436 975
HITACHI AIC INC.	435 806

Так что, данную таблицу как полный срез рынка расценивать нельзя.

В таблице 12 дана структура импортёров в зависимости от суммы импорта.

Конденсаторы переменной ёмкости или подстроечные

Конденсаторы переменной ёмкости или подстроечные ввозятся по коду 8532300000. Общий ввоз по брендам представлен в таблице 13.

Таблица 7. Импорт танталовых конденсаторов по брендам в 2019 году

Производитель	Объём продаж, \$
AVX CORPORATION	4 015 730
VISHAY	3 545 440
KEMET	1 859 373
SANYO JAYA COMPONENTS	546 366
PANASONIC	303 904
EXXELIA S.A.S	170 270
GUANGDONG HOTTECH	91 509
KYOCERA GROUP COMPANY	87 773
SAMWHA	80 952
ETOP INTERNATIONAL LIMITED	74 987

Таблица 10. Структура импортёров по сумме импорта

Объём продаж, \$	Импортёры	Сумма, млн \$
Больше 1 млн	4	5,3
100 тыс. – 1 млн	43	12,1
10 тыс. – 100 тыс.	98	3,1

Таблица 11. Импорт конденсаторов силовых по брендам в 2019 году

Производитель	Объём продаж, \$
RTR ENERGIA S.L.	795 806
TDK (EPCOS)	740 111
ELECTRONICON KONDENSATOREN GMBH	518 621
ZEZ SILKO S.R.O.	413 396
ALPES TECHNOLOGIES (GROUP LEGRAND)	316 378
CONDIS SA	279 820
AVX CORPORATION	263 529
INTERNATIONAL CAPACITORS SA	132 008
GRUPPO ENERGIA S.R.L	124 475
VISHAY	103 955

Таблица 12. Структура импортёров по сумме импорта

Объём продаж, \$	Импортёры	Сумма, млн \$
Больше 1 млн	0	0
100 тыс. – 1 млн	11	3,1
10 тыс. – 100 тыс.	26	0,8

Конденсаторы постоянной ёмкости с бумажным или пластмассовым диэлектриком

Эта группа конденсаторов ввозится по коду 8532250000. Общий ввоз по брендам представлен в таблице 14.

Прочие конденсаторы постоянной ёмкости

Эта группа конденсаторов ввозится по коду 8532290000. Общий

Таблица 13. Импорт конденсаторов переменной ёмкости или подстроечных по брендам в 2019 году

Производитель	Объём продаж, \$
API TECHNOLOGIES	1 274 574
MURATA ELECTRONICS CO. LTD	489 695
VISHAY	354 264
SCHLÜMBERGER	238 818
CLEVO CO.	53 175
TDK (EPCOS)	44 339
YAGEO CORPORATION	43 521
CONDUCTIVE CONTAINERS INC	40 193
JIANGSU SUMEC ELECTRONICS CO. LIMITED	36 312
SAMSUNG	33 404

Таблица 14. Импорт конденсаторов с бумажным или пластмассовым диэлектриком по брендам в 2019 году

Производитель	Объём продаж, \$
TDK (EPCOS)	3 699 039
ELECTRONICON KONDENSATOREN	1 633 544
VISHAY	610 011
AVX CORPORATION	586 119
WIMA	346 425
HENGYI ELECTRICAL CO. LTD	322 188
GRUPPO ENERGIA S.R.L	280 617
HUA JUNG COMPONENTS	280 117
JB CAPACITORS COMPANY	250 835
KEMET	230 542

Таблица 15. Импорт конденсаторов, не входящих в другие коды по брендам в 2019 году

Производитель	Объём продаж, \$
CUSTOM ELECTRONICS INC.	263 167
SUZHOU SHINY ELECTRONICS CO. LTD.	262 309
EXXELIA S.A.S	254 208
PANASONIC	246 515
TDK (EPCOS)	229 133
NINGBO HAILIDA ELECTRICAL EQUIPMENT CO. LTD.	200 301
AVX CORPORATION	162 838
MURATA ELECTRONICS CO. LTD	137 009
TUSONIX	136 384
LS MTRON	131 827

Таблица 16. Объёмы выручки отечественных производителей конденсаторов в 2018 году

	Выручка в 2010 г. млн. руб.	Выручка в 2010 г. млн. \$	Выручка в 2018 г. млн. руб.	Выручка в 2018 г. млн. \$	%	Прибыль, млн. руб.	Рентабельность
ОАО «Электонд»	1 032,0	34,0	3 450,0	41,7	0,8	125,0	3,6
ОАО «Завод «Мезон»	214,0	7,0	590,0	7,5	0,8	119,0	20,2
АО «НЗР «Оксид»	210,0	6,9	432,0	6,2	0,9	18,0	4,2
АО «НИИ «Гириконт»	304,0	10,0	1200,0	10,5	0,6	175,0	14,6
ЗАО «Воронежский конденсаторный завод»	н/д	н/д	143,0	1,1	0,5	0,0	0,0
ОАО «Завод «Реконт»	311,0	10,2	476,0	3,8	0,5	25,0	5,3
ООО «СКЗ»	н/д	н/д	76,0	1,1	0,9	0,0	0,0
ООО «КЗК»	н/д	н/д	153,0	1,9	0,8	7,0	4,6
Завод «Нюкон»	н/д	н/д	84,0	1,3	1,0	9,7	11,5
ОАО «Кулон»	н/д	н/д	200,0	2,5	0,8	0,0	0,0
ОАО «Поликонт»	н/д	н/д	610,0	7,8	0,8	0,0	0,0
ПАО «НЗК»	н/д	н/д	71,0	0,2	0,2	2,0	2,8
ООО «СКЗ «КВАР»	н/д	н/д	554,0	7,0	0,8	5,6	1,0
АО «Электроинтер»	н/д	н/д	213,0	2,7	0,8	18,0	8,5
Итого			8 252,0	95,4			

Примечание: выручка в 2018 году взята из годовых отчётов или приведена на основании бухгалтерской отчётности за 2018 год. Это полный объём выручки. Многие предприятия зарабатывают деньги на разработках, сдаче помещений в аренду, производстве различных изделий, не относящихся к конденсаторам. При отсутствии информации о выручке приходящейся на конденсаторы, был установлен показатель 0,8. Если в колонке % вы видите значение 0,5 или 0,8, значит, по мнению автора, 50 и 80% выручки приходится на продажу конденсаторов. Колонка «Рентабельность» показывает отношение прибыли к выручке. Если сложить выручку всех заводов, то получится \$95 млн.

Таблица 17. Загруженность отечественных производств

Изделия	Существующие производства, млн шт.	Потенциальная мощность, млн шт.
Керамические конденсаторы	10	15
Танталовые конденсаторы	0,73	1,2
Конденсаторы с органическим диэлектриком	1	1,3...1,5

ввоз по брендам представлен в таблице 15.

Если привести данные по импорту к показателям мировых продаж конденсаторов по группам в 2018 году (из первой части статьи), то получится срез импорта в Россию, в млн долларов (см. рис.). Единственное отличие от мировых показателей – существенно

меньшая доля керамических конденсаторов. Предположительно, прежде всего это связано с отсутствием производства потребительской электроники: сотовых телефонов, планшетов и т.д.

А что в России?

Из годовых отчётов производителей и информации Интернета был составлен список производителей конденсаторов в 2018 году. На внутреннем рынке основными игроками являются:

- ОАО «Завод «Мезон», г. Санкт-Петербург;
- ОАО «Электонд»;
- АО «Новосибирский завод радиодеталей «Оксид»;
- АО «НИИ «Гириконт», г. Санкт-Петербург;
- ЗАО «Воронежский конденсаторный завод»;
- ОАО «Завод «Реконт», г. Санкт-Петербург;

- ООО «Северо-Задонский конденсаторный завод», г. Донской;
- ООО «Кузнецкий завод конденсаторов»;
- Завод «Нюкон»;
- ОАО «Кулон»;
- ОАО «Поликонт»;
- ПАО «НЗК»;
- ООО «СКЗ «КВАР»;
- АО «Электроинтер».

Объёмы их выручки даны в таблице 16.

Согласно данным Федеральной службы государственной статистики, средние цены на конденсаторы электрические в 2018 году составили 406 рублей. Либо, по среднему курсу 2018 года (62,9 руб) — это 6,4 американских доллара за штуку. Общее количество произведённых электрических конденсаторов в России равно 26,9 млн штук. Умножая, получаем порядок в \$172 млн. Итак, уважаемые читатели, разными способами мы получили 2 раз-

личных оценки – \$95 и 172 млн; какая из них более правильная – решать вам.

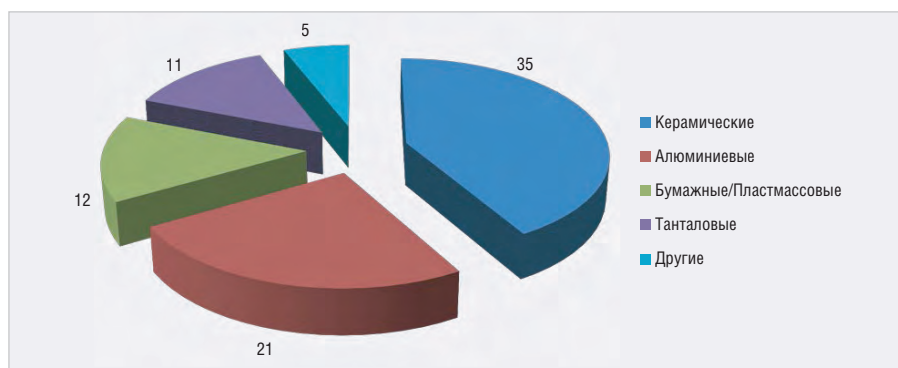
С другой стороны, цифра 26,9 млн тоже вызывает вопросы, так как, например, в годовом отчёте за 2017 год АО НИИ «Гириконд» написано: «Тем не менее, в последние годы в новой электронной аппаратуре сохраняется практически полное доминирование современных керамических конденсаторов разработки и производства АО «НИИ «Гириконд».

Существующие и планируемые на ближайшие годы производственные мощности

Текущая загрузка составляет 60–65% (см. таб. 17).

В отчёте завода «Кулон» сказано, что только производство керамических конденсаторов составило 17,5 млн в год. В отчёте ОАО «Элеконд» написано, что всех конденсаторов за 2018 год реализовано более 5,3 млн шт.

Так как керамические конденсаторы – это кровь любой платы, есть сильные сомнения в том, что объёмы производств керамики в России в целом упали. В сумме эти три завода уже делают 35 млн конденсаторов. Да, конечно, разница между керамическим чип-конденсатором



Срез импорта в Россию, в млн \$

и силовым – как между огнём и водой, но Росстат тоже не пишет, что имеет в виду только алюминиевые конденсаторы. Да и средняя цена конденсатора косвенно говорит, что Росстат обобщает данные по всем типам конденсаторов.

С другой стороны, несмотря на то, что заводы делают керамику и танталы, можно смело утверждать, что производственного рынка керамики и тантала в России практически нет.

Заключение

В заключение можно сказать, что достоверных сведений по отечественному рын-

ку в этой сфере (как и во многих других) нет. Во многом такая ситуация является следствием закрытости российских производителей, не желающих делиться цифрами, а также не вполне корректных методов сбора рыночной статистики. От этого страдают как сами производители, так и продавцы конденсаторов. Автор надеется, что эта статья поможет вам хотя бы на качественном уровне сориентироваться в данном вопросе.

Литература

1. Лебедев И. Рынок конденсаторов в России. Современная электроника. 2020. № 6



ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО

ЭЛЕКОНД

**оксидно-электролитические
алюминиевые конденсаторы**
K50-15, K50-17, K50-27, K50-37, K50-68, 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, K50-99, K50-100, K50-101, K50-102, K50-103

объемно-пористые танталовые конденсаторы
K52-1, K52-1М, 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, K52-29, K52-30

**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),
K53-79(чип), K53-80(чип), K53-82

ионисторы (суперконденсаторы)
K58-26, K58-27, K58-28, K58-29, K58-33

**накопители электрической энергии
на основе модульной сборки суперконденсаторов**
МИК, МИЧ

КОНДЕНСАТОРЫ

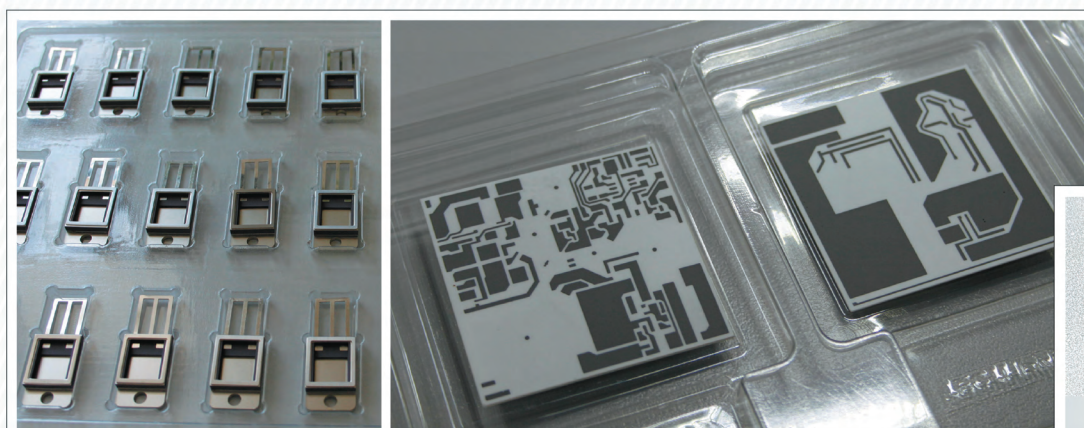
разработка и производство

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

Высококачественные покрытия Ni, Au производства АО «ТЕСТПРИБОР»

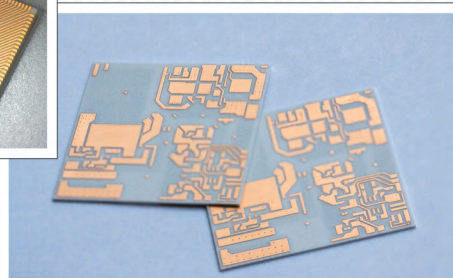
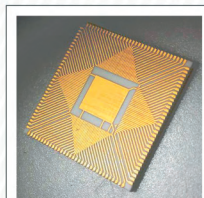
Различные металлические покрытия, выполненные электрохимическим, химическим и другими способами находят активное применение при производстве широкого спектра изделий микроэлектроники.



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



Изделия с покрытием черный никель



Изделия с покрытием химическим и иммерсионным золотом



Основания металлокерамических и металlostеклянных корпусов с гальваническим золотым покрытием

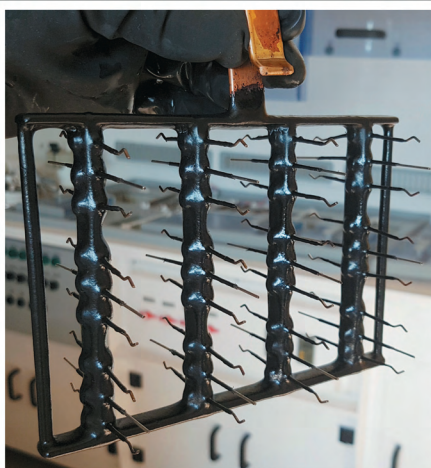
Производство компании «ТЕСТПРИБОР» в рамках освоения различного рода экспериментальной и серийной продукции владеет следующими технологиями нанесения покрытий:

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

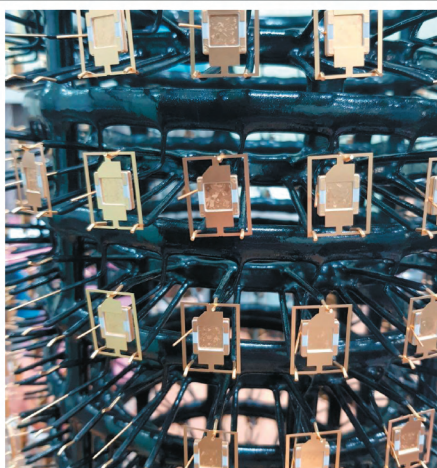
Важным фактором успеха при выполнении покрытия электрохимическим методом является грамотно спроектированная оснастка, позволяющая:

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

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



для лабораторной установки



для частичного покрытия или нанесения покрытия разной толщины на одно изделие



для электрохимического никелирования и золочения в серийном режиме

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

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

Продвижение российских производителей электронных компонентов на гражданском рынке

Илья Лебедев (ilja78@commarketru.com)

После прочтения этой статьи читатели разделятся на две категории. Сторонники открытого рынка воскликнут: «Вот он их припечатал!» Приверженцы закрытого рынка выскажутся примерно так: «Ещё одна заказная статья про то, что всё плохо!» Автор надеется, что в итоге многие подумают примерно так, как выразился один топ-менеджер из отрасли: «Статья вполне отвечает ситуации». Автор не ставил задачи показать, что всё плохо, а просто описал реальность и показал, почему многое не получается.

На сайтах российских производителей часто пишут (в итоговых годовых отчётах это почти обязательный пункт), что увеличение процента выпускаемой гражданской продукции является приоритетным направлением.

Для объективности изложения автор настоящей статьи часто связывается с отечественными производителями. Многие просто не отвечают. Иные говорят, что готовы посодействовать, и пропадают, но временами случаются интересные казусы. Однажды автор задал два вопроса руководителю высшего звена предприятия с оборотом в 3 млрд рублей: кто является ближайшим конкурентом предприятия среди российских производителей, имеется ли у предприятия презентация для клиентов. Руководитель ответил так: «К сожалению, ваши вопросы затрагивают определённую область деятельности предприятия, являющуюся коммерческой тайной».

Невероятно, с каких это пор общая презентация для клиентов является частью коммерческой тайны? Ответ прост. Предприятие почти всю продукцию отгружает на закрытый рынок, и это, несомненно, накладывает отпечаток. Никакие указания Минпромторга про увеличение доли гражданской продукции не смогут эту ситуацию переломить. Может, поэтому у наших предприятий и не получается успешно выходить на гражданский рынок.

Лучше всего об этом сказала Алёна Фомина, генеральный директор АО «ЦНИИ «Электроника»: «Сложившаяся исторически модель формирования основной части спроса государством не позволила заложить

продуктовый, коммерческий образ мышления и задать конкурентные преимущества в условиях открытого рынка». Вступительное слово г-жи Фоминой к исследованию «Диверсификация: не альтернативный, а единственный путь» [1] заставило автора статьи взглянуть на институт по-другому. Комментарии различных специалистов из исследования свидетельствуют о том, что руководители ЦНИИ отлично понимают, насколько тяжкое наследие лежит на предприятиях закрытого рынка, и что это наследие не позволяет развиваться на гражданском рынке.

Так как административные органы в электронной промышленности и большей части предприятий, работающих на закрытом рынке, являются подразделениями огромной корпорации под названием «государство», руководители института вынуждены жить в условиях дипломатического взаимодействия.

Например, какой-нибудь инженер из «Энергомеры» написал производителю запрос: «Пожалуйста, пришлите мне...», сразу в ответ получил: «А это коммерческая тайна». Такой образ мышления. Там [на Западе – прим. ред.] ведь так не ответишь, там клиенту не скажешь, что это коммерческая тайна. Клиент пожмёт плечами и пойдёт приобретать конденсатор в Samsung, в корпоративной презентации которого написано больше информации, чем в годовом отчёте отечественного предприятия за последние 10 лет. На сайте любого европейского производителя представлено больше маркетинговой

информации, чем на 10 сайтах российских заводов.

Автор просмотрел около 25 сайтов российских производителей и ни на одном не нашёл презентацию компании, сводных листов или чего-то похожего. Доходит до смешного. В одной статье автор привёл сравнение цен на самые недорогие реле одного российского производителя и средние цены на американские. Через несколько дней после публикации страницу отключили. Как наши производители собираются работать на гражданском рынке? С точки зрения закрытого рынка, всё логично и правильно, но неужели они действительно думают, что на гражданском рынке никто не знает цен своего конкурента?

Ситуацию прокомментировал один из владельцев дистрибьюторской компании: «Реализация товара – неотъемлемая часть производства. Российские производители не разделяют производство и сбыт. В понимании менеджмента функции сбыта и производства неотделимы. Нет понимания рыночной ситуации. Философия такая: будет зафиксировано в плане – купят, не будет в плане – не купят».

Первое, что хочется посоветовать российским производителям электронных компонентов: отправить своего сотрудника на 6 месяцев поработать менеджером в «Промэлектро-нику», «Симметрон», «Элитан», «Радикс». Эти компании работают на гражданском рынке. Надо учиться с ними работать, понимать, как эти компании функционируют, изучать их методы продвижения, продаж, анализа рынка, поиска ниш для развития. А ещё лучше во все компании отправить по менеджеру на стажировку, в идеале – заодно и руководителей. Второй совет: для работы на гражданском рынке нужно создавать структуры, которые никогда не работали на закрытом рынке. Да так, чтобы они ещё и на другой улице располагались. Нанятых людей сразу отсекают от текущего отдела продаж. Не получится рабо-

тать на гражданском рынке людям, у которых большая часть продаж, мотивации и успешности идёт через закрытый рынок.

В целом гражданский и государственный рынки работают настолько по разным правилам, что по сравнению с ними огонь и вода кажутся близкими родственниками.

Почему автор рекомендует устроиться именно в «Промэлектронику», «Симметрон», «Элитан» или «Радикант»? Да, есть и десятки других, каждая компания со своими особенностями. Дистрибьюторский рынок очень чётко делится на дистрибьюторов, которые работают только на открытом или закрытом рынке. Если дистрибьютор гражданский, то он просто не связывается с закрытыми рынками. Он может продавать туда через других брокеров, но сам не стремится к этому. С другой стороны, дистрибьюторы закрытого рынка, такие как «Миландр-ЭК», «Золотой Шар», «ДОН», «Экситон», могут продавать и на гражданском рынке, но не как профильные игроки. Это прекрасные стабильные компании, профессионалы закрытого рынка, обладающие максимальными инженерными и коммерческими компетенциями, но они же не могут работать на гражданском рынке по правилам закрытого рынка – это невозможно. В основном у упомянутых компаний имеются следующие характерные черты:

1. более 70% продаж компании приходится на продукцию для производителей специальной, военной, космической техники;
2. компоненты российского производства составляют от 70% объёма продаж компании.

Бывают более тесные связи. По данным Центра современной электроники, компания «Золотой Шар» является акционером завода конденсаторов «Электонд» и обеспечивает половину продаж. Причём «Золотой Шар» – единственный дистрибьютор «Электонда». По сути, это даже не дистрибьютор, а своего рода дополнительный отдел продаж. Причём этот момент автор оценивает как положительный.

Клиентами дистрибьюторов закрытого рынка в массе своей являются клиенты закрытого же рынка. Исключения есть, но их буквально один-два – рынки разные, дистрибьюторы разные, правила игры тоже разные.

Для сравнения: отсутствие дистрибьютора на сайтах производителей электронных компонентов в Европе или Америке – это, скорее, исключение, чем правило. У российских производителей отсутствие внятной дистрибьюторской политики считается, скорее, правилом, чем исключением.

Отсутствие гражданских дистрибьюторов – это ошибка российских компаний. Исключение составляют только работа по госзаказам или очень узкие ниши. Например, компания «Монокристалл» – лидер на мировом рынке искусственных сапфиров для светодиодов и экранов. «Монокристаллу» удалось даже стать прямым поставщиком Apple. У компании мировая известность, конкурентный по ценам и характеристикам продукт. У «Монокристалла» в России и мире клиентов очень мало, ей не нужны дистрибьюторы и продвижение. Другой пример – производитель процессоров «Эльбрус». Компания медленно, но верно продвигает продукцию на гражданском рынке. Получится у «Эльбруса» закрепиться на рынке или нет, точно неизвестно. «Монокристалл» выпускает высокотехнологичную продукцию, но сырьевую, непосредственно для производства. «Эльбрус» пока ещё на пути становления.

Есть предприятия, ориентированные на экспорт. Например, АО «Протон-Электротекс» – российский лидер проектирования и производства силовых полупроводниковых приборов (диодов, тиристоров и IGBT-модулей), который также производит охладители, силовые сборки и измерительное оборудование. Как сообщили автору, 70% продукции идёт на экспорт. Производят товары мирового уровня из зарубежной компонентной базы. Есть попытки наладить сбыт и на российском рынке, но здесь требования ограничены использованием отечественной компонентной базы. Сразу начинаются явные проблемы: резкое удорожание продукта, увеличение сроков. Обратная сторона медали – процедуры, которые «Протон-Электротекс» сильно пугают как уже гражданскую компанию. Зато сразу видно, что компания работает на гражданском рынке, у них солидный дистрибьюторский пул, в котором есть и зарубежные партнёры.

Если у вас тысячи потенциальных клиентов, а известность или продажи на гражданском рынке почти

нулевые? Статистика компаний-производителей, которые работают на гражданском рынке, доказывает, что дистрибьюторы нужны. Например, одна отечественная компания, занимающаяся разработками в области маломощных беспроводных сетей, сообщила: «Примерно 50% продаж приходится на дистрибьюторов. Но главное – это количество новых клиентов, 90% из которых приходят от дистрибьюторов». Они этим гордятся, не скрывая цифры за завесой «коммерческой тайны». Кто из российских компаний может похвастаться тем, что 90% новых клиентов приходят к ним без их особых рекламных усилий?

Конечно, даже на гражданском рынке есть исключения. Например, в компанию, в которой работал автор статьи, обратился производитель катушек индуктивности, предложил стать дистрибьютором. Ознакомившись с ценой и качеством продукции, компания автора согласилась. Каково же было удивление, когда в первом же проекте, в который внедрили катушки, производитель стал совершать поставки напрямую. Бывший партнёр так и не смог объяснить, что это ему даёт и зачем ему это нужно. Производитель катушек просто искренне не понимал, от чего он отказывается. На этом сотрудничество закончилось.

Первое, что приходит в голову, – отсутствие у наших производителей последовательной политики в дистрибуции собственной продукции. Редко какой российский производитель психологически выдерживает факт, что гражданский дистрибьютор – это не просто посредник. Да, если вы пустите дело на самотёк, то, скорее всего, так и получится. В европейских компаниях существуют специальные технологии, правила, люди, целые отделы для сотрудничества, помощи и контроля за дистрибьюторами. В России производители предпочитают продавать компоненты напрямую, а вот зарубежные производители даже в домашнем регионе предпочитают работать через дистрибьюторов.

Иногда закрытая система сама начинает работать против себя. Например, в 2017 году вышло указание НУВП 251-5-1448 от 22.02.2017 о поставках ЭКБ, которое рассылалось по представительствам военной приёмки и трактовалось как указание по работе только с предприятиями-изго-



Рис. 1. Причины, препятствующие развитию производства гражданской продукции

товителями. При этом прямого запрета этот документ не содержал. Военная приёмка имеет солидную власть над производителями и потребителями, однако на это не могут повлиять ни те, ни другие. Многим покупать напрямую экономически невыгодно.

Что означает размещение заказа на российском предприятии? Это почти всегда стопроцентная предоплата, сроки производства немаленькие, при этом часто срываемые. Когда клиент покупает у дистрибьютора, он сразу платит деньги и получает заказ. Когда клиент покупает у производителя, он сразу платит деньги, а заказ получает через пару месяцев. Это замороженные финансы. Всё это приводит к сужению каналов поставок и невозможности дать адекватное конкурсное предложение.

Сужение канала поставки ведёт к другой очень серьёзной проблеме. Например, если потребитель создаёт опытный образец и ему для этого нужно несколько десятков позиций из электронной компонентной базы отечественного производства (ЭКБ ОП), то из-за ограничений в партии их очень сложно купить. Преимущество получает иностранная ЭКБ. Можно попробовать взять где-то остатки, но, с точки зрения учёта компонентов, это может вызвать риски с приёмкой и не всегда соответствовать правилам.

Отдельная большая тема – отсутствие цифровых моделей для САПР. До означенного ранее ограничивающего постановления отечественными производителями совершались попытки начать работать среди дистрибьюторов. Нашим [закрытым – прим. ред.]

предприятиям катастрофически не хватает информации и опыта работы на гражданском рынке. Функция дистрибьютора – доносить до предприятий обратную связь от гражданского рынка: что, почём и как. Автор уверен, что наши предприятия искренне хотят продавать свою продукцию, многие готовы меняться, вопрос только в том, кто им подскажет, как это осуществить.

Россия в работе с гражданскими дистрибьюторами сильно отстаёт. Особенность нашего рынка в том, что почти все российские производители концентрируют внимание на крупных заказчиках. Военная сфера – это, по сути, один крупный заказчик. Отечественные производственники забывают, что национальное производство хоть и слабое (по сравнению с мировым), но не мёртвое. В России существует более 3000 мелких и средних разработчиков и производителей продукции гражданского назначения, они не могут покупать товарную спецификацию в сотнях разных мест.

Задача глобального дистрибьютора – создать «универсам», в котором всё можно купить в одном месте. Один руководитель департамента закупок очень крупной IT-компании в беседе с автором статьи посетовал: «Сейчас у нас около 20 поставщиков, хотим сократить до 10, но не получается».

Отказываясь от понятной и последовательной дистрибуционной политики, российские производители добровольно отдают рынок, даже если предлагают вполне конкурентные цены.

Рынок России уникален. Россия – одна из немногих стран, где власть принадлежит местным компаниям-

дистрибьюторам. Дистрибуцией электронных компонентов на российском рынке занимаются более 50 компаний, не считая региональных дилеров. Это уникальное преимущество для российских производителей, которое они просто не осознают.

А ведь обратная сторона медали гораздо хуже. Будут ли Arrow, AVNET, ТП и другие поставлять через свою сеть на российский рынок продукцию российских же производителей? Никогда. Если они решатся и получают нужные условия для выхода на наш рынок, отечественным производителям просто не с кем будет договариваться.

Можно сделать конкурентный товар по характеристикам и цене. Вопрос в том, как его продвигать и продавать. Если почитать годовые отчёты российских производителей, работающих на государственном рынке, то почти во всех из них главной проблемой в налаживании выпуска гражданской продукции указывается недостаточное стимулирование государством импортозамещения.

Как будто государство сможет заменить хороший продукт и грамотный маркетинг парой законов. Ни в одном из отчётов не прописана ни одна внутренняя причина. Как производители представляют стимулирование рыночной конкуренции? Запретом употреблять импортные аналоги? Вряд ли это сделает нашу электронную промышленность мировым лидером. Если отменить НДС для таких предприятий, с существующими бизнес-технологиями они всё равно не смогут увеличить долю на гражданском рынке.

АО «ЦНИИ «Электроника» проводило опрос, на который большинство предприятий отвечало вполне честно (см. рис. 1).

Для гражданского специалиста особенно заметен пункт про потенциально низкий спрос. Возьмём для примера керамические конденсаторы. Да, наши заводы такие конденсаторы для гражданского рынка не делают, но это не значит, что на них нет спроса. В Россию в 2019 году ввезено керамических конденсаторов на \$35 млн. Спрос есть на всё. Несомненно, здесь большая конкуренция.

На гражданском рынке меньшая маржинальность, хотя применительно к России это не всегда верно. Например, один известный производитель на 3 млрд руб. выручки получил 125 млн руб. прибыли. 90% продаж приходит-

ся на закрытый рынок. Стоит посчитать маржинальность. В десятке годовых отчётов указывается прибыль в этих пределах. Закрытый рынок несёт в себе и большие издержки, и первый пункт рисунка 1 это показывает. Автор полагает, что не все директора ответили на этот вопрос открыто.

Другая проблема: на сайтах российских производителей нет статей-сравнений их продукции с импортными аналогами, нет текстов, расписывающих новинки, какими насыщены отраслевые журналы, в которых рассказывается о превосходстве импортной компонентной базы. А как без этого российские разработчики узнают о новинках? Автор статьи во время продвижения одного американского бренда, специализирующегося на разъёмах, за один только год провёл 18 маркетинговых мероприятий: писал новости и статьи, предоставлял образцы, заполнял параметрический поиск, рисовал баннеры и организовывал семинары. Вот так продвигают продукцию – фанатично и долго.

И снова слово предоставляется генеральному директору АО «ЦНИИ «Электроника»: «Отдельно стоит обратить внимание на необходимость создания сопутствующих сервисов на базе выпускаемой продукции в целях максимизации прибыли и расширения потребительской аудитории».

Выпуск продукта – это успех разработчиков и производителей. Полная загруженность производственной линии – это успех всего предприятия, включая отделы маркетинга и продаж.

Главный вопрос: как загрузить производственную линию на 100%? При подготовке статьи о российском рынке реле автор настоящей статьи выделил три фактора:

1. на рынке реле мощностью более 60 В властвуют электротехнические компании. На электротехническом рынке есть несколько мощных российских брендов, которые не имеют своих заводов, т.е. работают по фаблесс-технологии;
2. в отчёте одного российского производителя изложено: «Производительность цеха, созданного для выпуска импортозамещающих компонентов для поверхностного монтажа, недостаточна и составляет около 10% от проектной мощности». Понятно, что 10% – это убыточная линия производства;

3. в разговоре с представителем одной известной зарубежной компании выяснилось, что в производстве диодов корпусирование составляет 90% себестоимости.

Эти три фактора оформились в идею. Зачем покупать производственную линию под нулевые продажи, когда можно выбрать один из путей для расширения линейки продукции:

1. изготавливать в Азии под своим брендом готовый продукт;
2. заказывать полуфабрикат, а корпусированием заниматься уже в России.

Стоит просчитать объёмы реального безубыточного производства, подготовить почву, и когда продажи выйдут на уровень рентабельности, запустить реальное производство в России на самом современном оборудовании. Удастся выйти на рентабельность через год – хорошо, через 10 лет – нормально, через 25 лет – всё равно лучше, чем иметь производственную линию, загруженную на 10%. Это далеко не новость, только единицы действительно пробуют работать по-другому. Например, в готовом отчёте одного российского производителя открыто написано: «Продажа изделий партнёров – N%». Бренд «изделий партнёров» автор статьи нашёл на сайте этого же производителя.

Есть и другая проблема. Рассказывает генеральный директор ООО «ПСБ технологии» А. Б. Соболев: «Вопрос с электронной компонентной базой не так однозначен. Сегодня отечественные компоненты используются довольно редко, в основном это ЭКБ для изделий ответственного применения. Закупка компонентов, произведённых в России, тоже часто создаёт проблемы: на складах, как правило, их нет, изготовления по заказу приходится долго ждать».

В подтверждение этих слов ни на одном из просмотренных автором сайтов российских производителей не были указаны изделия в наличии на складе или хотя бы сроки производства. Нет даже стандартной базовой цены. Нет cross-reference search, когда вы, например, можете вбить в строку поиска «конденсатор EPCOS» и получить аналог российского производства. Всё это можно узнать только по запросу. Обычный рядовой инженер или закупщик без труда найдёт на сайте иностранного производителя или российского дистрибьютора

эту информацию. В России почему-то эти данные являются частью коммерческой тайны. Это напоминает китайских менеджеров, которые на объяснение, что в России никто не работает без прайсов, пишут: «Клиент должен прислать мне то, что он хочет». Ничего клиент не хочет и не должен. Его каждый день осаждают десятки менеджеров по продажам от российских дистрибьюторов. И у каждого продавца есть на руках цены, образцы, каталоги, презентации. Каждый готов ответить на любой вопрос, если это поможет заключить сделку. И никаких госзакупок и знаний № 223-ФЗ [2], всё это просто лишний балласт информации на гражданском рынке.

Всё то же самое автор статьи говорит и иностранным представителям, когда они просят прислать им запросы, убеждая, что дадут лучшие цены. Здесь приходится отвечать так: «У меня 7500 складских позиций, 50 поставщиков в системе, рост продаж выше среднего. Какие запросы? Какая ручная работа? Один раз я вам пришлю запрос. Хорошо, пришлю 10 запросов, один-два окажутся положительными. Зачем мне потеря времени при эффективности ниже 20%?»

Вот в этом и проблема: российские производители на гражданском рынке требуют огромной ручной работы при неизвестном результате. И главное, ведь есть правильные идеи, верное направление, параметрический поиск по конденсаторам на сайте завода «Электонд» [3]. Стоит ознакомиться с материалами на сайте АО «Завод Атлант» [4]: раздел «Продукция», затем – «Автомобильные колодки». Наименования импортных аналогов указаны в каталоге. Вот только сделано полдела: сам сайт крайне неинформативен. Автор 8 лет занимался продвижением ТУСО и не знал, что в России делают аналоги.

Автору статьи объяснил участник рынка: «Отсутствие информации об импортных аналогах связано с банальной боязнью отечественных производителей, что они подкажут, какой иностранный компонент покупать». На взгляд автора, проблема глубже, поскольку отечественного производителя защищает перечень компонентов и закон № 223-ФЗ, а на гражданском рынке и защищать нечего, там почти нулевая доля. Тем не менее такова обрат-



Рис. 2. Наиболее эффективные меры стимулирования производства гражданской продукции, по мнению респондентов

ная сторона коммерческой тайны и неинформативных сайтов.

Все помнят замечательную идею отраслевой торгово-информационной площадки «ЭКБ МАРКЕТ» с интересными перспективами по функционалу [5]: «Это первая торгово-информационная онлайн-площадка отечественной электронной компонентной базы. Площадка предоставит удобный и простой доступ к базе отечественных компонентов, упростит заказ партий любого объёма, будет способствовать сокращению сроков поставки, обеспечивать поиск и параметрическое сравнение компонентов по ключевым техническим характеристикам, а также сделает удобным их применение при проектировании и производстве аппаратуры благодаря наличию конструкторских библиотек для САПР. Торгово-информационная площадка «ЭКБ МАРКЕТ» уже получила поддержку Аппарата Правительства, Минпромторга, Минобороны, Росстандарта, Российской академии наук, госкорпораций «Роскосмос», «Ростех» и ряда других министерств и ведомственных организаций».

Разработчики действительно старались сделать онлайн-площадку идеальной, однако после 2 лет работы её закрыли. Почему при такой мощной поддержке, после освоения средств площадку закрыли? И зачем прикрывать подобное благое начинание? Просто подарите базу данных сайта тому, кто готов продолжать.

Теперь хватит о негативном прошлом, поговорим о настоящем. При написании статьи автор нашёл список бывшего в употреблении оборудования одного известного российского завода.

В нём 182 наименования, 95% оборудования – 60–80-х годов прошлого века. На дворе 2020 год, а его только сейчас продают как бывшее в употреблении. Нужно понимать, что такая ситуация копилась годами, что это прямое наследие 90-х, которые можно смело назвать «десятилетием потерянных технологий». Эти годы предприятия не смогут наверстать.

Большинство выживших с советских времён производств обременены со стороны государства обязанностью содержать «мобилизационные фонды», то есть содержать мощности, которые могут потребоваться государству в «особой ситуации». Пусть эти мощности устаревшие, убыточные и неэффективные, они нужны: «Проектная мощность рассчитана на выпуск продукции в условиях особого периода».

Обычно подобные предприятия имеют большие неосновные расходы, тысячи квадратных метров площадей. Иногда такого рода излишки даже вредят производству. Одно такое предприятие в черте города получает 90% своих доходов от сдачи помещений, и у него прямо написано в годовом отчёте: «Не планируется развитие и расширение производства, главная задача – аренда». Такие мобилизационные предприятия легко получают недорогие кредиты на развитие, но вследствие отсутствия опыта продаж их производственные линии фатально недозагружены. Поэтому российские производители компонентов всеми силами держатся за госзаказы. Им экономически выгодно работать только на спецзаказчика.

Цена одного и того же компонента для спецприменения и на коммерче-

ском конкурентном рынке различается в 100 раз. Такое ценообразование не российская особенность. То же самое можно увидеть в США. Если сравнить цену диода MIL JANTX с точно таким же без JANTX, то цена будет разниться в 100 раз. Военные покупают резисторы по цене в 10–20 раз выше – это нормально. Военное ценообразование совсем другое.

Иногда можно встретить в СМИ информацию о том, что российские производители электронных компонентов занимают 40% отечественного рынка, однако в подобных статьях демонстрируется лишь срез рынка по деньгам. В реальности доля наших производителей в количественном отношении едва достигает 10%. Это такая лёгкая и неспециальная манипуляция в пользу российской промышленности, получаемая благодаря разным подходам в формировании гражданского и закрытого рынков.

Сложно даже представить, сколько заводу нужно выпускать гражданской продукции, чтобы содержать весь свой балласт. Если выпускать на этом же предприятии, этим же оборудованием, с этим же персоналом, этими же технологиями такое же гражданское изделие, то для получения сопоставимого объёма выручки нужно будет нарастить физический объём производства в несколько раз.

А теперь представьте: вы выпускаете 100 тыс. диодов за 1 млн руб. или 1 млн диодов – за 100 тыс. руб. И вся эта военная и гражданская продукция выпускается на одном заводе, имеет одну бухгалтерию, один отдел продаж и даже одну столовую на всех. Любой менеджер по продажам понимает, что лучше продать десять диодов за тысячу рублей, чем тысячу – за десять.

Система будет работать только в том случае, если гражданская линия по выпуску и продажам будет полностью юридически отдельной, свободной от всех обязательств материнской компании. По сути, такое юрлицо должно работать по принципу бесфабричной модели, заказывать у материнской компании только производство.

Выпуск гражданской продукции в физических объёмах 10–20 штук, эквивалентных по цене одной штуке спецпродукции, не вписывается в бизнес-процессы предприятия. Поэтому когда такой завод пытается

нарастить выпуск гражданской продукции, это рушит его экономику и производство. Встаёт вопрос о приоритетах, ответ на который очевиден любому топ-менеджеру: кормят лишь специзделия.

Именно с этой особенностью и связано падение доли гражданской продукции на российских заводах в последние годы. Когда стоит выбор между гражданским направлением или направлением специзделий, неизменно выигрывает последнее. Желание оставаться в зоне гарантированного комфорта неизменно убивает любые стимулы для выхода на открытый рынок.

Сейчас доля госзаказа у большинства просмотренных автором предприятий превышает 90%. По сути, такие предприятия уже не смогут вернуться на «гражданку» – просто не захотят. Это правда, от которой никуда не деться, её надо признать как факт и учитывать при принятии законов, стимулировании.

Автор уверен: часть директоров заводов были бы не прочь юридически развести свои предприятия (через выделение дочерних фирм) по двум направлениям, но сделать это технологически непросто. Процесс требует большого терпения, обновления персонала и главное – психологической ломки. Это не просто разделение, а создание совершенно нового бизнеса, с нуля и с неопределённым результатом.

Как быть с предоставлением интеллектуальной собственности для гражданского производства? Основной объём интеллектуальной собственности на этих предприятиях принадлежит не предприятию, а заказчику. Технические условия для компонентов и вся производственная документация разработаны заводом, но по госконтракту и в интересах госзаказчика завод не имеет права по этой документации изготавливать гражданские изделия без согласия владельца документации (интеллектуальной собственности). Вопрос коммерциализации интеллектуальной собственности, созданной по госконтрактам, тоже причина отсутствия прогресса в деле конверсии заводов ВПК.

В США, например, именно за счёт этого и растёт сегмент хайтек. По госзаказам ведутся технологические разработки и выпуск изделий. Затем предприятие имеет право бесплатно использовать всю созданную

интеллектуальную собственность для выпуска коммерческой гражданской продукции. Поэтому гражданские производители заинтересованы братья за «военку», чтобы на государственных деньгах совершить технологический рывок, с помощью которого потом можно зарабатывать на гражданском рынке.

По поводу особенностей наших опытно-конструкторских работ владелец одной компании сказал следующее: «Деньги выделяются именно на ОКР, а не на создание серийного продукта. Деньги платятся за разработку продукта, иногда – за научные исследования. Это традиционно считается поддержкой государством предприятий, причём это мнение предприятий. Парадокс, но это так. Предприятия разрабатывают и выпускают образец, закрывают тему, потом кладут образец на полочку, вносят в список – всё по правилам. Когда обращаешься к ним за продукцией, которая к тому же имеется в разрешённом списке, тебе говорят следующее: «Да, мы готовы сделать, но нам нужны деньги на освоение производства». Это не вина самих предприятий: как задача сформулирована, так она и выполняется. Предприятия просто этим пользуются. Повторюсь, это не вина предприятий, деньги выделяются на разработку, в задании нет чёткого пункта об обязательном производстве».

В России разработано огромное количество аналогов импортных изделий в рамках бюджетного финансирования, но реально выпускаются единицы. Точки роста и базовые технологии позволяют, особенно в «пассиве», делать достойные аналоги, движение есть, но результаты не соответствуют ожиданиям. Требуется внутренний анализ, прежде всего – от самих предприятий и чиновников, честный и беспринципный, без параллельной реальности.

Подведём предварительный итог. Что необходимо в первую очередь сделать предприятиям, если они хотят работать на гражданском рынке:

1. юридическое отделение, отдел продаж, бухгалтерия, склады;
2. продажа партнёрских товаров под своим брендом, развитие бренда;
3. узнаваемость;
4. составить таблицу: маркетинг, продажи, продукция – что есть у конкурентов;
5. открытость;

6. научиться работать с дистрибьюторами, создать правила сотрудничества;
7. продвижение;
8. снижение себестоимости, контроль расходов.

Каждый пункт будет делиться на десятки подпунктов, а те – ещё на десятки, под каждое предприятие. По первому пункту есть особенность, которую рекомендуется проанализировать владельцам предприятий. Посмотрите на рисунок 1. Только 11% респондентов ответили, что компания и бизнес-процессы заточены под оборонный (закрытый) рынок. Реально этот процент гораздо выше, просто почти все директора считают это, как само собой разумеющееся. Для них не существует другого рынка и других бизнес-процессов.

А теперь посмотрите на рисунок 2. Заметили любопытный факт? Никто не написал, что нужно менять бизнес-процессы, стимулировать изнутри, даже те из 11%, которые честно пишут про свою сконцентрированность. Никто ведь не утверждал, что стимулирование является прерогативой только одного государства. Вопрос общий. Но психологически слово «стимулирование» все ассоциируют с государством: субсидирование, приоритизация, налоги. Хотя насчёт льготного кредитования автор полностью согласен.

В первой редакции настоящей статьи доверенный редактор заметил автору: «Вы называете этот рынок закрытым. Это не так: он не закрытый, а регулируемый». Впредь автор будет называть его именно так.

Литература

1. Исследование «Что сдерживает диверсификацию радиоэлектроники?» ЦНИИ «Электроника» совместно с журналом «Электроника: НТБ» и компанией GfK Rus. URL: <http://semiexpo.ru/docs/DeversificationA4-rassilka.pdf>.
2. Федеральный закон № 223-ФЗ от 18.07.2011 «О закупках товаров, работ, услуг отдельными видами юридических лиц». URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_116964/.
3. Официальный сайт завода «Электонд»: <https://www.elecond.ru/>.
4. Официальный сайт ПАО «Завод Атлант»: <http://zavodatlant.ru/2019/12/11/avtomobilnye-klemmy-i-kolodki-tip-kalina/>.
5. URL: https://www.soel.ru/novosti/2019/ekb_market_god_spustya/.



Миниатюризация систем производства: существует ли нижний предел масштабирования?

Якоб Дюк (Jakob.Dueck@HARTING.com)

В целях минимизации количества используемых материалов и сокращения затрат продолжается миниатюризация оборудования и других средств производства. Эта тенденция наблюдается во всём мире. Но до какого предела можно увеличивать компактность отдельных функций и продолжать миниатюризацию, сохраняя рентабельность? Исходя из опыта и тесного сотрудничества с заказчиками самого широкого круга отраслей промышленности, компания HARTING как производитель промышленных соединителей делится практическими рекомендациями и опытом. Это позволяет производителям и пользователям систем производства в полной мере раскрыть гигантский потенциал миниатюризации.

Существует множество примеров последовательной миниатюризации технических систем. Например, закон Мура гласит, что количество транзисторов в интегральных схемах удваивается каждые 18 месяцев. В наши дни это означает, что в одной микросхеме умещается примерно 35 млрд транзисторов. Другим наглядным примером может служить смартфон. За прошедшие 20 лет он эволюционировал из мобильного телефона в профессиональное многофункциональное устройство с интегрированными функциями связи, навигации и развлекательными приложениями. Тенденция «уплотнения» функций и технических характеристик уже положила начало новым техническим дисциплинам: там, где грань между электроникой и механикой становится всё более размытой, можно говорить о мехатронике. Впрочем, тот факт, что миниатюризация технических систем является глобальной тенденцией, можно наблюдать не только в сфере потребительских товаров. Например, тяжёлая ракета-носитель Falcon производства компании SpaceX (в настоящее время мощней-

шая ракета-носитель в мире) является сверхкомпактной в сравнении с ракетой-носителем «Сатурн V», применявшейся в программе «Аполлон». Компания SpaceX обеспечивает сохранение энергии и других ресурсов, а также возможность частичного повторного использования.

Но есть ли смысл в современной тенденции миниатюризации для систем производства в целом? Эта тенденция в любом случае оказывает лишь ограниченное влияние на промышленные станки и агрегаты, поскольку:

- в отличие от типовых микропроцессорных интегральных схем и смартфонов они устанавливаются и эксплуатируются в промышленных условиях;
- они потребляют значительно меньше энергии в сравнении с такими масштабными системами, как ракеты-носители.

Цель теряет важность, когда приходит понимание, что миниатюризация является не целью как таковой, а скорее, средством достижения цели. С технической точки зрения, любое решение для повышения экономичности и эффективности включает-

ся в миниатюризации. Миниатюризация обеспечивает снижение объёмов производства и расхода необходимых материалов и приводит к оптимизации использования энергии, трудовых и прочих ресурсов.

Миниатюризация возможна при условии обеспечения требуемых функциональных характеристик и сохранения конструктивного исполнения модулей оборудования, компонентов и последовательностей процесса производства.

Следовательно, настоящая цель миниатюризации – экономия материальных и энергетических ресурсов. Чтобы правильно и в полном объёме оценить затраты на миниатюризацию систем производства и её экономические выгоды, необходимо учитывать как мнение производителей станков и агрегатов, так и мнение конечных заказчиков или эксплуатационных организаций. При выработке системно-ориентированного подхода можно руководствоваться методикой анализа затрат на срок службы (LCC), разработанной Союзом машиностроителей Германии (VDMA). Кроме того, процедуру можно сделать целенаправленной, соответствующей разделам руководства VDI 4800 BLATT 1 («Измерение и оценка эффективности ресурсов» от февраля 2016 года).

В статье приводится описание стандартов и методов такого анализа и вытекающих из них практических мер. Примеры особенно успешных компаний показывают, что такие методы анализа должны включать в себя ведение систематизированного перечня возможностей. Наконец, практическая реализация мер обеспечит конкурентные преимущества и последующее развитие в течение срока службы системы производства.

Компания HARTING – один из ведущих в мире поставщиков решений в области соединений, без которых не обойтись в современных технологиях устройств управления, приводов, ЧМИ и обмена данными в системах производства.

Матрица трёх уровней инноваций

	Соединения для Ethernet	Соединения для передачи сигналов	Электрические соединения
Уровень 1	HARTING RJ45 VarioBoot	Модуль Han® Full с высокой плотностью расположения контактов	Защищённый модуль Han E®
Уровень 2	HARTING ix Industrial	Стандартный экранированный модуль Han®	Экранированные электрические модули Han®
Уровень 3	HARTING T1 SPE Industrial	Модуль Han® ID для шины CAN	Модуль Han® для защиты от перепадов напряжения

Роль соединений в процессе миниатюризации не следует недооценивать, что наглядно подтверждает следующий пример. Когда компания Intel в конце 1970-х годов разработала микропроцессор 8086, количество транзисторов достигало в среднем 5-значного количества. Технология соединения на базе 40 контактов с двухрядным расположением (корпус типа DIP) полностью удовлетворяла требованиям.

Всего 10 лет спустя для микропроцессора 80486, в котором насчитывался примерно миллион транзисторов, в качестве соединителей, обеспечивающих полный спектр функциональных возможностей компьютерных систем, потребовались уже корпуса с матричным расположением выводов (PGA), рассчитанные на более чем 100 контактов.

Кроме того, конструктивное исполнение соединителей сыграло решающую роль в успехе многих серий микропроцессоров и отдельных их версий. Как и в технологиях интегральных схем, плотность расположения и степень интеграции модулей и блоков оборудования в технологиях производства неуклонно растёт, поэтому происходит оптимизация конструктивного исполнения соединителей. Исходя из опыта, приобретённого в тесном сотрудничестве с заказчиками из широкого круга отраслей промышленности, компания HARTING может предоставить соответствующие рекомендации.

На основании этого можно выделить следующие решающие этапы внедрения инноваций (классифицированные согласно затратности):

- оптимизация посредством увеличения компактности, упрощения конструкции, минимизации затрат на материалы и использования передовых материалов в изготовлении существующих компонентов, модулей и систем в целом на базе непрерывно развивающихся технологий производства оборудования с использованием высокоточных инструментов и методов систем автоматизированного проектирования (CAE);
- миниатюризация компонентов, блоков и модулей оборудования за счёт объединения двух и более функциональных блоков, ранее работавших отдельно, таким образом, увеличивается степень интеграции этих блоков;
- применение инновационных технологий и/или сочетание существующих и новых технологий для про-

Уровень инновации	Данные / Ethernet	Сигнальный интерфейс	Интерфейс электропитания
1 Оптимизация	 HARTING VarioBoot R45	 Han® Full High Density Module	 Han E® Protected Module
2 Комбинация	 HARTING ix Industrial®	 Han® Shielded Module basic	 Han® Shielded Power Module
3 Инновация	 HARTING T1 Industrial	 Han® ID CAN Module	 Han® Surge Protection Module

Миниатюризация производства

изводства компонентов, блоков и модулей с целью обеспечения значительной экономии материалов и затрат или повышения производительности до уровня, не доступного в текущих условиях.

Повышение компактности и оптимизации является неотъемлемой частью повседневной деятельности предприятий машиностроения, потому не требует дополнительных пояснений. Однако разъяснений на конкретных примерах требуют два более сложных фактора.

Приведённые далее примеры наглядно продемонстрируют инновационные результаты объединения функциональных блоков, ранее работавших отдельно:

- в случае шпинделей станков все механические элементы двигателя привода (ось, подшипники, зажимы для инструмента и т.д.) имеют исполнение, предусматривающее интеграцию в оборудование без дополнительной адаптации. При этом обеспечивается возможность интеграции дополнительных элементов, способных выдерживать нагрузки, действующие на оборудование. В то же время все необходимые элементы электропоезда с серводвигателем, то есть обмотки электродвигателя и различные датчики, адаптируются непосредственно к самому блоку;
- роботизированные системы захвата с возможностью интеграции различными методами, в зависимости от задачи и сложности выполняемых системой функций, предназначенные для выполнения конкретных задач и при этом обеспечивающие адаптивность настройки и установки. Существует множество систем, обладающих как высокой степенью ин-

теграции, так и широкими функциональными возможностями.

Третий этап внедрения инноваций зачастую сопровождается высокими затратами и является наиболее ресурсоёмким. Однако при этом на третьем этапе можно осуществлять наиболее значительные шаги по внедрению передовых технологий.

В качестве последнего примера стоит привести транспортные системы с высокой степенью интеграции, на базе технологии линейных двигателей с отдельными направляющими, независимым электронным управлением и собственным профилем перемещения. Их применение позволяет внедрять новые концепции в системы производства, работающие с последовательностями синхронизированного перемещения заготовок.

Исходя из успеха заказчиков в сфере машиностроения, можно обозначить общие процедуры и выработать рекомендации по этапам реализации, необходимым для достижения требуемой экономии материалов и миниатюризации систем производства. Как правило, рекомендуется оценивать потенциал рентабельности и миниатюризации отдельных модулей оборудования или всей системы в целом, используя упомянутые ранее стандарты и методы оценки (например, методику анализа на основе срока службы, разработанную VDMA [1], или руководству VDI 4800 ЛИСТ 1 [2]).

Рекомендуется проводить следующие процедуры:

- предусмотреть отдельную систему вывода в соответствии с модулями, блоками и функциями оборудования, приоритизировать их в соответствии с одной из рекомендованных систем. Цель заключается в установ-



Производственная линия

лении более высокого приоритета для элементов, составляющих наиболее высокую долю в материальных или финансовых затратах на систему. Таким образом, обеспечивается возможность определить компоненты с наиболее высоким потенциалом снижения затрат;

- посредством экспертного анализа зачастую можно определить

менее очевидные потенциальные возможности для оптимизации системы.

Оценка систем с наиболее высоким потенциалом снижения затрат должна выполняться с точки зрения других факторов, а именно:

- ключевых функций, которые отражают основную сферу деятельности производителя;

- базовых функций (например, систем передачи данных), которые охватывают всю систему в целом;
- дополнительных или вспомогательных функций, которые соответствуют общему уровню технологий и представляют для производителя второстепенную важность.

На заключительном этапе специалисты должны произвести оценку приме-

LUMINEO

POWERED BY ВЕНЕК

ДИСПЛЕИ ДЛЯ

от -50°C

Реклама

ProSoft®
WWW.PROSOFT.RU

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР

нимости трёх этапов внедрения инноваций с точки зрения миниатюризации всех приоритетных элементов оборудования.

Результаты оценки должны быть представлены в виде предельно абстрактной матрицы. Преимуществом в данном случае является то, что создаётся матрица результатов, которая обеспечивает возможность оценить применимость, технические риски и потенциальное сокращение расходов. Это позволяет проанализировать систему в целом и обосновать дальнейшие конкретные шаги по осуществлению миниатюризации и последующему проектированию. Сравнение построенной матрицы с результатами стандартных промежуточных оценок обеспечивает возможность эффективной корректировки и прозрачного представления целей, достигнутых на этапе проектирования.

В процессе целенаправленной оптимизации расхода материалов и миниатюризации компонентов систем производства раскрываются огромные возможности снижения затрат. Всего несколько изменений и корректировок позволит производителям разра-

ботать более «прозрачное» оборудование, оптимальное с точки зрения затрат и требований, а конечный пользователь достигнет значительной экономии энергии и ресурсов.

Компания HARTING Technology Group следует тренду миниатюризации в машиностроении, предоставляя решения для реализации любых соединений в современных промышленных системах управления, приводов, ЧМИ, а также технологий взаимодействия производственных систем. Решающим фактором является то, что миниатюризация не ограничивает функциональность. Такие же три уровня внедрения инноваций можно увидеть в продуктах и решениях для промышленных соединений, которые в зависимости от уровня миниатюризации и степени интеграции подходят для решения соответствующих задач.

Не существует нижнего предела для миниатюризации, по крайней мере применимого к соединениям. В конце концов не соединения, а функциональность и размер системы являются основополагающими принципами миниатюризации, в том числе и

в технологиях промышленного производства. Многолетняя работа компании HARTING подтверждает, что оптимальных результатов масштабирования в области машиностроения можно достичь только в случаях, когда обеспечивается выполнение требований производителей машиностроительного оборудования и учитывается практический опыт производителей соединителей для различных сфер промышленного применения. В результате вырабатываются инновационные решения, которые открывают перспективы для будущего развития и позволяют обеспечить адаптивность, техническую и экономическую эффективность.

Литература

1. Bode M., Bötting F., Geibödörfer K. Rechenbuch der Lebenszykluskosten. VDMA publishing house.
2. Resource Efficiency. Methodological Foundations, Principles and Strategies. VDI 4800. 2016. P. 1. URL: <https://www.vdi.de/richtlinien/details/vdi-4800-blatt-1-ressourceneffizienz-methodische-grundlagen-prinzipien-und-strategien>.



ЖЁСТКИХ УСЛОВИЙ

до +85°C



Основные свойства электролюминесцентных дисплеев

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

Области применения

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

LUMINEO
POWERED BY BEPЕQ

МОСКВА
(495) 234-0636
info@prosoft.ru

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

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



Реклама

Внедрение инноваций в приложения IoT: исследование пяти главных проблем с помощью пяти основных принципов IoT

Сук Хуа Вонг (sook-hua_wong@keysight.com)

В статье рассказывается о важности Интернета вещей (Internet of things, IoT), связанных с этой технологией пяти основных принципах решения технических проблем и общих требованиях при проектировании IoT-устройств.

Интернет вещей (IoT) быстро развивается. По данным IoT Analytics [1], количество подключённых устройств в 2019 году превысило первоначальные прогнозы на 14% и достигло 9,5 млрд. Три основных причины: взрывной рост количества бытовых приборов, гораздо большее, чем ожидалось, число сотовых IoT/M2M-соединений и значительное увеличение объёма подключённых устройств в Китае благодаря правительственным инициативам.

Экспоненциальный рост продолжится в течение следующих нескольких лет. К 2025 году количество подключённых устройств достигнет 28 млрд. Соответствующие технологии уже интегрированы в электронику и предметы одежды. На каждого жителя Земли будет приходиться 26 «умных» предметов [2]. 75% автомобилей будут иметь оборудование для соединения с Интернетом [3]. Прогнозируется, что к 2025 году доходы, связанные с применением IoT в здравоохранении, превысят \$135 млрд [4].

IoT разносторонне развивается: от потребительских приложений, таких как устройства для умного дома и носимая электроника, до критически важных приложений, обеспечивающих общественную безопасность, промышленную автоматизацию, реагирование на чрезвычайные ситуации, а также работу беспилотных транспортных средств и Интернета медицинских вещей (IoMT). Для таких приложений важны удобство применения, низкая стоимость, длительное время работы устройств от батареи и широкодоступная инфраструктура общего пользования, позволяющая улучшить функциональную совместимость, взаимную связь между устройствами, мониторинг и управление различными ответственными устройствами и системами в режиме реального времени.

По мере распространения критически важных приложений устройства и системы IoT должны становиться всё более надёжными, чтобы выдерживать жёсткие условия эксплуатации.

Большому потенциалу сопутствуют большие проблемы

IoT приносит выгоду потребителям и создаёт новые бизнес-возможности для предпринимателей. Однако для этого требуются надёжное оборудование и стабильная инфраструктура.

Система экстренного реагирования. Что случится, если беспроводной датчик, контролирующий давление в магистральном газопроводе, выйдет из строя из-за перебоя в электроснабжении? Газопровод может взорваться, если своевременно не отреагировать на увеличение давления.

Цифровое здравоохранение. Устройства удалённого мониторинга пациентов позволяют осуществлять наблюдение вне больницы, что расширяет возможности медицинского обслуживания и снижает стоимость оказания медицинской помощи. Однако сами устройства должны работать в любых условиях, например на переполненном стадионе или труднодоступном для передачи сигналов подземном складе. Приём сигнала через бетонные конструкции и помехи от окружающих устройств не должны влиять на нормальную работу устройства мониторинга.

Умный счётчик. На каждом удалённом объекте могут быть установлены сотни тысяч крошечных интеллектуальных счётчиков, которые должны бесперебойно собирать и передавать данные о потреблении ресурсов коммунальным службам. Любой сбой в работе такого счётчика приведёт к ошибкам в контроле потребления, вызовет потерю доходов и потенциально ухудшит репутацию коммунальной компании.

Подключённый автомобиль. Подключённый автомобиль, показанный на рисунке 1, – чрезвычайно удобная вещь. Но он также подвергает нас различным рискам. Если при создании системы беспроводной связи не была обеспечена достаточная безопасность, то хакер сможет одним нажатием кнопки найти и незаметно угнать машину.



Рис. 1. Автомобиль оснащён интерактивной приборной панелью, которая имеет доступ в Интернет и общается с другими подключёнными устройствами

Инженеры и конструкторы, работающие над этими критически важными системами или устройствами, сталкиваются с серьёзными техническими проблемами. Они должны принимать важные решения по проектированию и испытаниям, а также идти на компромиссы, начиная с ранней стадии разработки и заканчивая окончанием производства.

Решение технических проблем с помощью пяти основных принципов IoT

Решение многосторонних технических проблем в устройствах и системах IoT на протяжении всего жизненного цикла продукта требует комплексного подхода. Проблемы, которые необходимо учитывать при проектировании, можно обобщить с помощью пяти принципов IoT (см. табл.).

1. Коммуникация

Коммуникация – это возможность обеспечить бесперебойный двусторонний поток информации для устройств, инфраструктуры, облака и приложений. Достижение качественной системы обмена сообщениями является одной из главных проблем, с которой сталкиваются инженеры, потому что система беспроводной связи очень сложна, а высокая загрузка спектра ещё больше усложняет работу. Ожидается, что критически важные устройства IoT будут надёжно работать без сбоев даже в самых сложных условиях. Быстрое развитие стандартов беспроводной связи усугубляет ситуацию, и поэтому инженеры вынуждены постоянно решать возникающие проблемы, чтобы идти в ногу с новейшими технологиями и обеспечивать бесперебойную работу устройств по всей экосистеме IoT.

Решение проблем взаимной коммуникации требует тщательного выбора конструкторских и испытательных решений, которые должны быть очень гибкими, легко конфигурируемыми и модернизируемыми для удовлетворения будущих потребностей. Решение должно быть достаточно гибким, чтобы тестировать устройства с поддержкой большого числа радиоформатов, иметь доступ к характеристикам устройства в реальных рабочих режимах, а также поддерживать тестирование по радиоэфиру в режиме сигнализации без необходимости использования специального драйвера чипсета тестируемого устройства. Предпочтительно, чтобы

система была также простой, недорогой и могла использоваться как в исследованиях и разработках, так и на производстве для повышения эффективности и сведения к минимуму проблем корреляции измерений на различных этапах проектирования. Спрос на устройства IoT будет расти в геометрической прогрессии. Производителям необходимо иметь хорошо масштабируемую, экономичную и надёжную производственную испытательную систему, которая легко справляется с растущими объёмами выпуска, обеспечивая при этом высокое качество продукции.

2. Бесперебойность

Бесперебойность связана с надёжностью работы и увеличением срока службы батареи устройства. Время работы от батареи – один из наиболее важных факторов для устройств IoT. Длительный срок службы батареи является гигантским преимуществом бытовых устройств IoT. От промышленных устройств обычно ожидают срока службы в 5 или 10 лет. Для медицинских устройств, таких как кардиостимулятор, срок службы может стать вопросом жизни и смерти пациента. Об отказе батареи не может быть речи.

Для удовлетворения требования к длительному сроку службы батареи конструкторам интегральных схем (ИС) необходимо разработать ИС с режимом глубокого сна, в котором потребляется очень малый ток, понижается тактовая частота и сокращается набор команд. Также следует реализовать возможность работы при низком напряжении батареи. Группы стандартов беспроводной связи, такие как NB-IoT, LTE-M, LoRa и Sigfox, определяют новые режимы работы с низким энергопотреблением. Эти режимы предлагают ограниченное время активной работы при сохранении низкого энергопотребления. Разработчики, интегрирующие в конечный продукт компоненты измерения, обработки, управления и связи, должны знать, как ведут себя периферийные устройства, как они потребляют энергию. Обладая этими знаниями, можно оптимизировать микропрограммное и программное обеспечение продукта, упростить эксплуатацию и снизить потребляемый ток. Все эти действия требуют эффективных измерительных инструментов, которые предоставят данные для глубокого анализа энергопотребления устройства.

Пять основных принципов решения технических проблем IoT

Коммуникация	IoT-устройства должны подключаться к другим IoT-устройствам, облачным средам и оборудованию по всему миру.
Бесперебойность	Для успешной работы устройства должны иметь батареи с длительным сроком службы.
Соответствие	IoT-устройства должны соответствовать международным нормативным документам.
Совместимость	IoT-устройства должны стабильно взаимодействовать в переполненной среде IoT.
Кибербезопасность	Данные должны быть защищены от киберугроз.

3. Соответствие

Понятие «соответствия» заключается в том, чтобы устройства IoT отвечали требованиям стандартов радиосвязи и другим международным нормативным документам перед тем, как будут представлены на рынке. Есть две основные категории испытаний на соответствие: испытания на соответствие стандартам радиосвязи и совместимости несущих, а также испытания на соответствие нормативным требованиям. В последнюю категорию входят измерения радиочастотных характеристик, проверка электромагнитной совместимости и измерение удельного коэффициента поглощения электромагнитной энергии (SAR). Инженеры-проектировщики часто пытаются соблюсти жёсткие сроки вывода продукции на рынок и обеспечить беспрепятственный выход на мировой рынок, соблюдая при этом новейшие нормативные требования. Частые обновления нормативных документов усложняют ситуацию ещё больше. Примеры требований соответствия нормативным документам приведены на рисунке 2.

Снизить риск непрохождения тестирования на соответствие и не срывать график выпуска продукции проектировщики могут с помощью вложения средств в собственные решения по тестированию. Таким образом можно будет проверять устройство на каждом этапе проектирования и исправлять проблемы на ранних стадиях. При выборе системы предварительного тестирования необходимо учитывать, какое оборудование будет использоваться в испытательной лаборатории в процессе финальных испытаний на соответствие. Это поможет обеспечить корреляцию измерений и снизить риск непрохождения тестов. Испытания на

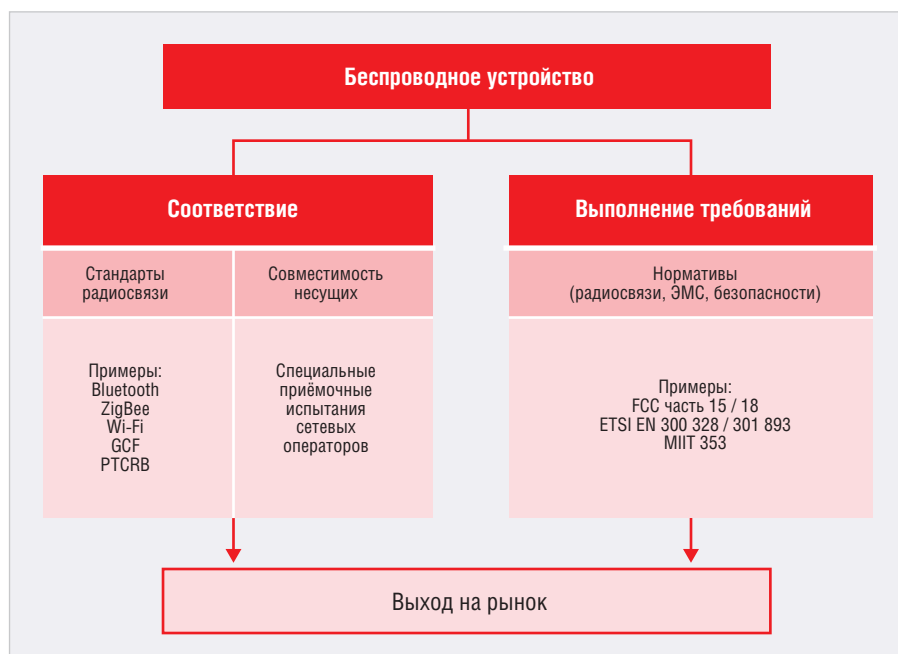


Рис. 2. Требования к устройствам IoT, соблюдение которых необходимо проверять

соответствие стандартам – очень сложная задача, занимающая много времени. На её выполнение вручную уходят дни и недели. Выбор автоматизированной системы тестирования поможет сэкономить время и ускорить вывод продукции на рынок.

4. Совместимость

Совместимость – способность беспроводного устройства надёжно работать при наличии помех от других устройств. С выходом на рынок миллиардов устройств перегруженность радиоканалов становится проблемой, которая с каждым днём будет только усугубляться. Чтобы решить проблемы перегрузки в беспроводных сетях, органы стандартизации разработали методики тестирования и оценки работы устройства в при-

сутствии других сигналов. Например, в Bluetooth® адаптивная скачкообразная перестройка частоты (AFH) позволяет устройству Bluetooth исключать каналы, в которых происходит большое количество конфликтов данных (см. рис. 3). Существуют и другие методы предотвращения конфликтов, такие как механизм «Слушай, прежде чем сказать» (Listen Before Talk, LBT) и совместное предотвращение коллизий (CCA) для повышения эффективности передачи данных. Эффективность передачи в среде смешанных сигналов неизвестна. Когда сигналы различных радиоформатов не могут обнаружить друг друга, происходят конфликты и потери данных.

Для потребительских приложений задержки и паузы в работе беспровод-

ных гарнитур или носимой электроники раздражают, но всё же возникновение таких проблем допустимо. Потеря управляющего сигнала промышленным датчиком или прекращение работы инфузионного насоса из-за воздействия помех может привести к тяжёлым последствиям. Поэтому для измерения и оценки того, как устройство будет работать в условиях перегруженного спектра и наличия смешанных сигналов, крайне важно провести испытания на совместимость. IEEE предоставляет некоторые рекомендации в ANSI C63.27 (Американский национальный стандарт оценки совместимости беспроводных сетей) в отношении ключевых аспектов тестирования совместимости. Рекомендации включают в себя описание процессов оценки, измерительных схем и уровней тестирования на основе оценки риска. Производителям устройств настоятельно рекомендуется оценить потенциальные риски для функционирования беспроводного устройства при наличии нежелательных сигналов, обнаруженных в той же рабочей среде.

5. Кибербезопасность

Расширение применения IoT в критически важных приложениях повышает значение кибербезопасности. В то время как кибератаки могут происходить на многих уровнях – от уровня устройства до уровня сети связи, облака или приложений, большинство традиционных средств защиты сосредоточены на обеспечении безопасности сети и облака. Про уязвимость конечных точек и беспроводных сетей часто забывают. Технологии Bluetooth и WLAN считаются «зрелыми» и используются во множестве областей. Тем не менее для решения проблем, связанных с уязвимостями в беспроводной сети, мало что было сделано. Сложность этих беспроводных протоколов обуславливает в реализации радиоинтерфейсов устройств потенциальные уязвимости, которые позволяют хакерам получить доступ к устройству или взять его под контроль.

По данным IDC, 70% брешей в системе безопасности связаны с конечными точками [5]. Для защиты IoT-устройств должны быть приняты дополнительные меры. Следует выявить уязвимости в беспроводной сети и обнаружить потенциальные точки проникновения в IoT-устройства. Устройства должны быть протестированы с использованием базы данных известных угроз и атак через беспроводной интерфейс. Так можно проверить реакцию устрой-

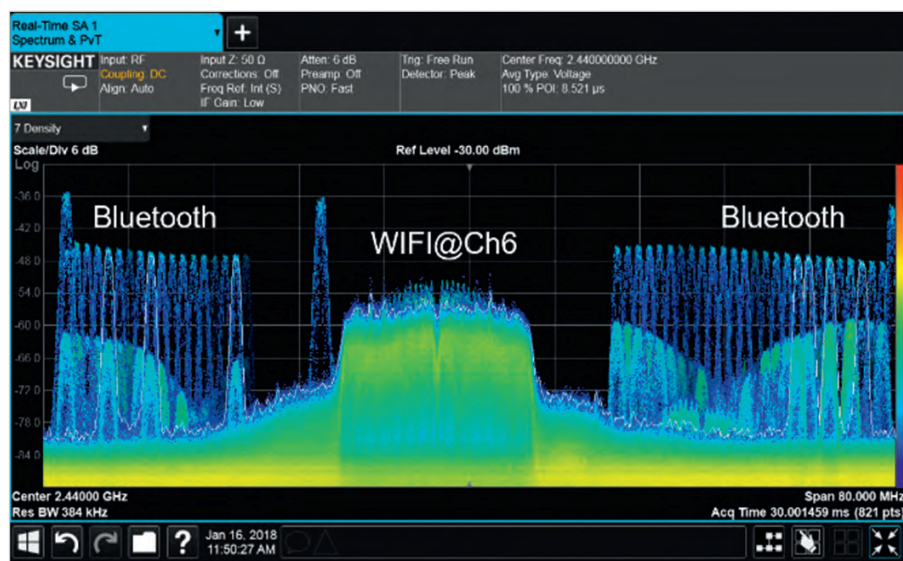


Рис. 3. Устройство Bluetooth обходит Wi-Fi-канал 6, чтобы избежать помех от сигнала Wi-Fi

ства и выявить различные аномалии. База данных должна регулярно обновляться для защиты устройств от новых угроз.

Построение надёжного фундамента IoT на основе пяти принципов Интернета вещей

IoT открывает двери для новых применений и возможностей во многих отраслях промышленности. Также Интернет вещей ставит беспрецедентные задачи, которые требуют нового мышления, обеспечивающего соответствие требованиям по решению критически важных задач. Для успешного внедрения IoT от конструкторов и инженеров требуется преодолеть технические проблемы соблюдения пяти основ-

ных принципов, о которых было рассказано. Глубокое понимание технических проблем и знание ключевых аспектов проектирования и тестирования заложат прочный фундамент для внедрения и развёртывания экосистемы IoT. Правильные средства проектирования, проверки и испытаний на соответствие стандартам и требованиям производства на протяжении всего жизненного цикла продукта помогут гарантировать реализацию всех возможностей IoT.

Литература

1. IoT 2019 in Review. The 10 Most Relevant IoT Developments of the Year. URL: <https://iot-analytics.com/iot-2019-in-review/>.

2. A Guide to the Internet of Things. URL: <https://www.intel.com/content/dam/www/public/us/en/images/iot/guide-to-iot-infographic.png>.
3. The «connected car» is creating a massive new business opportunity for auto, tech, and telecom companies. URL: <https://www.businessinsider.com/connected-car-forecasts-top-manufacturers-2015-2>.
4. 7 Staggering Stats on Healthcare IoT Innovation. URL: <https://medium.com/datadriveninvestor/7-staggering-stats-on-healthcare-iot-innovation-fe6b92774a5c>.
5. IDC Says 70% of Successful Breaches Originate on the Endpoint. URL: <https://journalofcyberpolicy.com/2019/09/09/idc-says-70-successful-breaches-originate-endpoint/>.



НОВОСТИ МИРА

MIPS-АРХИТЕКТУРА RISC-ПРОЦЕССОРОВ «ПОШЛА ПО РУКАМ»

По информации агентства Reuters, попытка американских властей предотвратить попадание технологии RISC-процессоров с архитектурой MIPS в «чужие руки» не увенчалась успехом.

В 2017 году компания IMAGINATION, владевшая данной технологией, была разделена, и часть, обладавшая лицензионными правами, была куплена калифорнийским инвестфондом Tallwood Ventures, принадлежавшим Диосдадо Банатао (Diosdado Banatao), который в 80-е годы был сооснователем таких компаний, как

CHIPS & TECHNOLOGIES и S3 GRAPHICS. После серии перепродаж правом лицензирования MIPS-архитектуры владеет компания, зарегистрированная на Самоа – Prestige Century Investments, передавшая это право своей шанхайской «дочке» CIP United.

Новостная рассылка проекта «Мониторинг рынка электроники»

Мы обеспечиваем тестирование всех видов современной электроники с уникальным уровнем поддержки. Периферийное сканирование – это мы.

РАЗРАБОТКА
Получайте полностью работоспособные опытные образцы

ПРОИЗВОДСТВО
Сделайте производственную линию совершенной с технологиями JTAG

СЕРВИСНОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ И РЕМОНТ
Ремонтируйте цифровые платы даже при отсутствии САД-данных на них

реклама

www.jtag.com • www.jtaglive.com • +7 812 602 09 15 • russia@jtag.com

Перестраиваемые полосовые фильтры

Ирина Забегайло, Александр Тюменцев, Андрей Яковлев (trs@oniip.ru)

В статье рассмотрены вопросы реализации перестраиваемых полосовых фильтров, обладающих большим коэффициентом перестройки по частоте, представлены экспериментальные результаты.

В современной приёмопередающей аппаратуре с перестройкой по частоте находят широкое применение перестраиваемые фильтры. При этом перестройка таких фильтров по частоте может осуществляться на основе коммутации на фиксированные частоты или же перестройки элементов самого фильтра.

Переключение ряда фильтров с переключающими амплитудно-частотными характеристиками по входу и выходу позволяет обеспечить высокую избирательность и практически неограниченный коэффициент перестройки при сравнительно простой реализации. Однако перестраиваемые полосовые фильтры (ППФ), выполненные подобным образом, характеризуются большими массогабаритными показателями, особенно при большом количестве узких относительных полос пропускания в широком диапазоне частот.

Более перспективными являются ППФ, в которых перестройка по частоте осуществляется элементами фильтра. Это одновременно позволяет обеспечить высокую селективность и существенно улучшить массогабаритные показатели информационных систем связи, особенно при необходимости реализации большого количества узких относительных полос пропускания в широком диапазоне частот.

В связи с тем что ППФ в значительной мере определяют параметры приёмопередающей аппаратуры, к ним предъявляются высокие требования,

которые должны сохраняться при изменении частоты настройки. Вместе с тем изменение частоты настройки ведёт к отклонению характеристик фильтра из-за изменения характеристического сопротивления. Причём это отклонение будет тем больше, чем шире диапазон перестройки фильтра.

В настоящей статье рассматриваются возможности реализации ППФ, обладающих заданными параметрами при перестройке в широком диапазоне частот (не менее октавы).

При проектировании ППФ, как правило, применяются схемы, содержащие минимальное количество элементов перестройки, причём один из выводов должен соединяться с общей шиной. В качестве элементов перестройки могут быть использованы переменные индуктивности и конденсаторы, последние выполняются в виде дискретных и нелинейных приборов переменной ёмкости с воздушным зазором.

Для создания аппаратуры, к динамическому диапазону которой предъявляются высокие требования, в качестве элементов перестройки наиболее приемлемыми являются дискретные конденсаторы переменной ёмкости (ДКПЕ), представляющие собой набор коммутируемых конденсаторов. На рисунке 1 приведена структурная схема ППФ, выполненного подобным образом.

Выбор схемы селективной части фильтра во многом определяет не только основные параметры, но и диапазон и способ перестройки. В работе [1] было показано, что входное сопротивление симметричного фильтра связано с его характеристическими параметрами следующим образом:

$$W = Z_c \frac{Z_c \sin \alpha - jR_n \cos \alpha}{R_n \sin \alpha - jZ_c \cos \alpha}, \quad (1)$$

где W – входное сопротивление симметричного фильтра, R_n – сопротивление нагрузки на выходе фильтра, α – характеристическая фаза, Z_c – характеристическое сопротивление.

Выделяя вещественную и мнимую части этого выражения, можно получить следующие соотношения:

$$\begin{aligned} \operatorname{Re} W &= \frac{Z_c^2 R}{R_n^2 \sin^2 \alpha + Z_c^2 \cos^2 \alpha}, \\ \operatorname{Im} W &= \frac{Z_c (Z_c^2 - R_n^2) \sin 2\alpha}{2(R_n^2 \sin^2 \alpha + Z_c^2 \cos^2 \alpha)} \end{aligned} \quad (2)$$

при $\alpha = k\pi$ ($k = 1, 2, \dots, n$), $\operatorname{Re} W = R_n$, $\operatorname{Im} W = 0$.

Таким образом, при изменении частоты настройки перестраиваемого фильтра чётного класса по затуханию входное сопротивление на средней частоте не изменяется. Сохраняется согласование, несмотря на изменение характеристического сопротивления. При этом внесимое затухание также будет неизменным. Поэтому селективная часть ППФ чётного класса по затуханию обладает меньшей чувствительностью по коэффициенту передачи на средней частоте при изменении частоты настройки, что делает её более предпочтительной при реализации перестраиваемых фильтров.

На рисунке 2а приведена схема селективной части ППФ чётного класса по затуханию с индуктивной связью, которая позволяет обеспечить постоянную относительную ширину полосы пропускания и меньшую неравномерность коэффициента передачи при более широком диапазоне перестройки. При проектировании узкополосных ППФ элементы такой схемы могут оказаться труднореализуемыми на практике. Устранить этот недостаток позволяет преобразованная схема, изображённая на рисунке 2б, которая является наиболее подходящей для создания ППФ. Расчёт элементов этой схемы может быть проведён на основе известных методик [2–7].

Теоретический коэффициент перестройки по частоте ППФ, выполненного подобным образом, может достигать 10. Однако на практике его величина не превышает 3–4, что обусловлено сильной зависимостью добротности катушек индуктивности от частоты и физической реализуемостью ДКПЕ с большим перекрытием по ёмкости.

При настройке перестраиваемого фильтра на верхнюю частоту диапазона ёмкость ДКПЕ минимальна, и её величина ограничена величиной паразитной монтажной ёмкости и суммарной ёмкостью C_m электронных ключей в разомкнутом состоянии C_K :

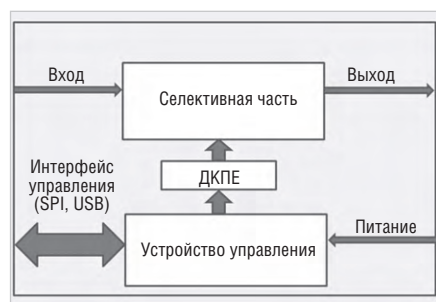


Рис. 1. Структурная схема ППФ, выполненного на основе ДКПЕ

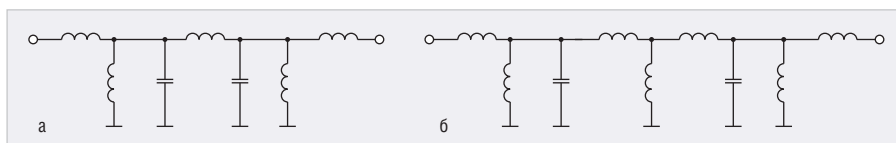


Рис. 2. Схема ППФ с постоянной относительной полосой пропускания: а) схема селективной части ППФ чётного класса по затуханию с индуктивной связью; б) преобразованная схема

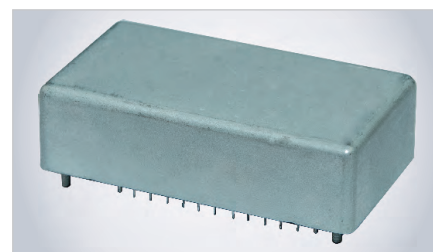


Рис. 3. Внешний вид ППФ в диапазоне частот 3...10 МГц

ППФ выполнены на основе полосового фильтра чётного класса по затуханию с индуктивной связью (см. рис. 2б) с использованием десятиразрядного ДКПЕ. Общий вид ППФ одного из таких фильтров в диапазоне частот 3...10 МГц приведён на рисунке 3, его экспериментальная АЧХ – на рисунке 4. При относительной ширине полосы пропускания порядка 4% вносимые потери фильтра составили 4...5 дБ (при добротности катушек индуктивности, равной 120), а относительное затухание в полосе задерживания при отстройке $\pm 10\%$ – 25 дБ.

Литература

1. Акулишин П. К., Коцеев И. А., Кульбацкий Н. Е. Теория связи по проводам. М. Связьиздат. 1940. С. 568.
2. Аржанов В. А., Ясинский И. М. Электрические фильтры и линии задержки. Омск. 2000. С. 370.
3. Матей Г. Л., Янг Л., Джонс Е. М. Т. Фильтры СВЧ, согласующие цепи и цепи связи. М. 1971. С. 439.
4. Знаменский А. Е., Попов Е. С. Переключаемые электрические фильтры. М. Связьиздат. 1979. С. 128.
5. Ханзел Г. Справочник по расчёту фильтров. М. 1974. С. 288.
6. Zverev A. I. Handbook of Filter Synthesis. 1967. P. 600.
7. Rhea R. HF Filter Design and Computer Simulation. 1994. P. 447.

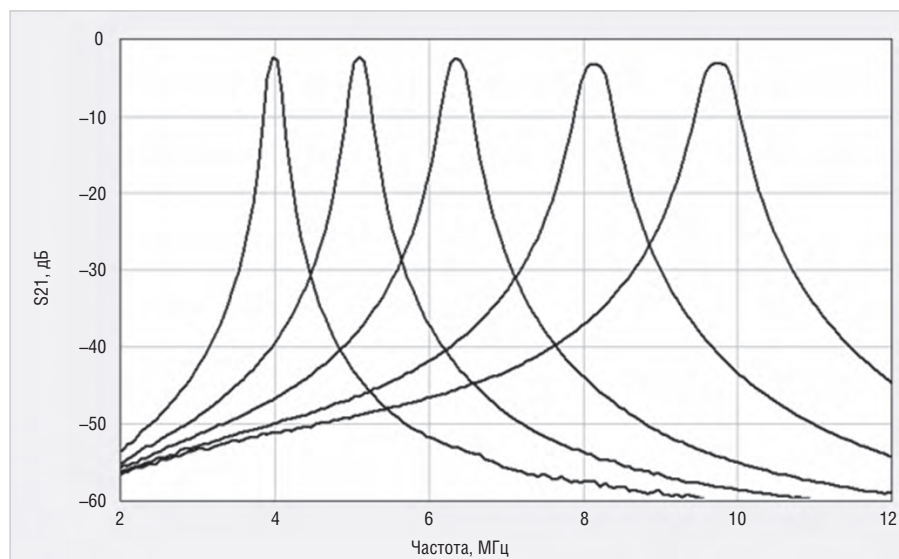


Рис. 4. Экспериментальные АЧХ ППФ в диапазоне частот 3...10 МГц

$$C_{\min} = C_M + \sum_{i=1}^n C_K. \quad (3)$$

Максимальная ёмкость дискретного конденсатора ограничивается допустимой добротностью этой ёмкости Q_c при подключении к ней электронного ключа, сопротивление потерь которого в открытом состоянии равно r_K :

$$Q_c = \frac{1}{\omega \times C_{\max} \times r_K}. \quad (4)$$

Коэффициент перекрытия диапазона рабочих частот определяется отношением:

$$K = \frac{f_{\max}}{f_{\min}} = \left(\frac{C_{\max}}{C_{\min}} \right)^2. \quad (5)$$

Исходя из этого, можно определить максимальную ёмкость конденсатора $C_{\max}$ фильтра с частотой настройки, соответствующей нижней границе диапазона, и ёмкость C_i , соответствующую средней частоте диапазона перестройки. Число разрядов M определяется по формуле:

$$M = \frac{\lg \left(1 + \frac{C_{\max}}{\Delta C} \right)}{\lg 2}, \quad (6)$$

где ΔC – ёмкость первого разряда, определяющая шаг перестройки.

На основе вышесказанного были разработаны и изготовлены ППФ в диапазоне частот от 1,5 до 90 МГц с коэффициентом перестройки по частоте 3...3,5.

ОМСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ПРИБОРОСТРОЕНИЯ

АО «ОНИИП» разработаны образцы микроминиатюрных фильтров нижних и верхних частот для диапазона частот 300...2500 МГц. Реализация фильтров на основе тонкопленочных трехмерных структур позволила обеспечить габаритные размеры 2,5×2×1 мм.

644009, Россия, Омск, ул. Масленникова д.231, тел. (3812) 51-49-00, факс (3812) 53-66-73, e-mail: info@oniip.ru, http://oniip.ru.

©

НОВОСТИ МИРА

ЭЛЕКТРОННАЯ ПРОХОДНАЯ МИКРОНА ИСКЛЮЧИТ РИСКИ: КОНТРОЛЬ ТЕМПЕРАТУРЫ И ДОСТУП ПО РАЗЛИЧНЫМ ИДЕНТИФИКАТОРАМ ДЛЯ ШКОЛ, БОЛЬНИЦ, ОХРАНЯЕМЫХ ОБЪЕКТОВ С ВЫСОКОЙ ПОТОКОВОЙ НАГРУЗКОЙ

Крупнейший российский производитель и экспортер микроэлектроники ПАО «Микрон» запустил в серийное производство систему контроля и управления до-

ступом (СКУД), ориентированную на применение в условиях эпидемиологических рисков.

Решение «Электронная проходная Микрон», скомплектованное на базе контроллера российского производства, обеспечивает идентификацию, контроль температуры тела, гибкую конфигурацию под конкретный охраняемый объект и учёт заданных параметров доступа с различными типами входных устройств по широкому на-

бору идентификаторов, включая служебные удостоверения, социальные и банковские карты, NFC-смартфоны.

Программно-аппаратный комплекс (ПАК) «Электронная проходная Микрон» в базовой конфигурации включает: два турникета трипода, картоприёмник, сетевой контроллер Микрона V1.0, бесконтактные считыватели смарт-карт, датчик измерения температуры, пластиковые карты СКУД с микросхемой Микрона (отечественная ИС первого уровня), программатор смарт-карт, предустановленное программное обеспечение и автоматизированное рабочее место оператора.

Дополнительные возможности электронной проходной включают интеграцию с системами бухгалтерского учёта, безопасности и видеонаблюдения, охранной и пожарной сигнализации. Это обеспечивает автоматизированный учёт рабочего времени и расчёт заработной платы; ведение базы посетителей и архивов событий, оповещение о подозрительных событиях; ограничение доступа на объект; автоматическую разблокировку эвакуационных выходов в случае чрезвычайных ситуаций.

Смарт-карты производства Микрона также обеспечивают дополнительный функционал, в зависимости от специфики объекта: например, их можно использовать для оплаты питания, проезда на транспорте. При любом использовании пластиковой карты возможна отсылка СМС сообщений заранее определённому кругу лиц.

Современные RFID-считыватели, установленные в турникетах, позволяют в качестве идентификатора при проходе также использовать NFC-приложение на смартфоне, банковские карты «Мир» и социальные карты Москвича, обеспечивая весь функционал управления доступом и безопасностью объектов с высокой потоковой нагрузкой.

Благодаря высоким функциональным показателям, ПАК «Электронная проходная Микрон» обеспечит высокую эффективность и безопасность периметра объектов с большими площадями и высокой потоковой нагрузкой, такими как пути сообщения и транспортные узлы (аэропорты, вокзалы), выставочные и офисные центры, производственные и складские помещения, образовательные и медицинские учреждения, торгово-развлекательные комплексы и другие объекты строгого контроля.

Пресс-служба ПАО «Микрон»



ВАШ ИНФОРМАЦИОННЫЙ ПОПУТЧИК!

Полосковые дисплеи для транспорта

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

ProCHIP
POWERED BY ProSOFT

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР

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



Реклама

НОВОСТИ МИРА

ГК Astra Linux и АО «Байкал Электроникс» заключили соглашение о сотрудничестве

ГК Astra Linux, разработчик отечественных операционных систем и платформ виртуализации, и АО «Байкал Электроникс», разработчик российских процессоров семейства Baikal, объявляют о заключении соглашения о сотрудничестве, направленного на развитие кооперации при создании программных и аппаратных решений, а также гибридных технологических стеков.



В рамках подписанного меморандума ГК Astra Linux начала выпускать специальные версии операционных систем, адаптированные под все новые процессоры и чипы производства Baikal Electronics. Разработка совместимых релизов ОС теперь будет происходить максимально оперативно, так как образцы новинок будут предоставляться специалистам Astra Linux до стадии финального релиза. В итоге потребители будут сразу получать готовые и проверенные программно-аппаратные комплексы, и им не понадобится тратить свои ресурсы на поиск и тестирование совместимых вариантов.

Приобрести данные версии ОС можно будет в комплекте с устройствами, созданными на базе решений Baikal Electronics.

На сегодня для заказа уже доступен релиз защищённой ОС Astra Linux Special Edition, предназначенный для применения с процессором Baikal-M, последней разработкой компании «Байкал Электроникс». Чип Baikal-M представляет собой выпускаемую по техпроцессу 28 нм «систему на кристалле», в основе которой лежат восемь 64-битных ядер ARM Cortex-A57 (ARMv8-A; четыре кластера по два ядра) с частотой до 1,5 ГГц и восьмиядерный графический процессор Mali-T628 с частотой до 700 МГц. Экспертами обоих производителей проведён комплекс испытаний, результаты которых в полной мере подтвердили корректную работу совмест-

ного решения. Разработка и отладка релиза осуществлялась на платах компании «Эдельвейс», построенных на процессорах Baikal-M.

«Выход релиза Astra Linux на нашем процессоре Baikal-M – это очень важный шаг для развития российского ИТ-рынка в целом и экосистемы Baikal как его части, – заявляет Андрей Евдокимов, генеральный директор компании «Байкал Электроникс». – Тем более приятно, что речь в данном

случае идёт о программных решениях одного из лидеров отрасли российского ПО. Мы рассчитываем уже в ближайшее время увидеть на рынке полностью российские компьютеры от наших партнёров, построенные на базе процессоров Baikal и использующие операционные системы семейства Astra Linux, конкурентоспособных и по пользовательским характеристикам, и по стоимости».

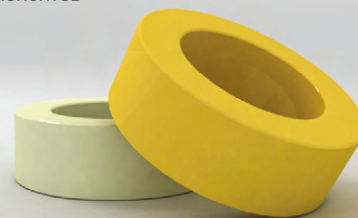
Пресс-релиз ГК Astra Linux



Магнитодиэлектрики MICROMETALS

Применение сердечников Micrometals гарантирует:

- снижение стоимости индуктивных компонентов
- повышение надёжности аппаратуры
- снижение потерь на 30...50% по сравнению с ферритами
- оптимизацию конструкции и уменьшение габаритов индуктивных компонентов



ProCHIP
POWERED BY PROSOFT

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР

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



Рис. 0010

Современные AC/DC источники питания компании TDK-Lambda

Юрий Петропавловский (Ростовская обл.)

Продукция компании TDK-Lambda широко известна разработчикам и производителям электронных устройств самого разного назначения. В статье приводится обзор модельного ряда AC/DC источников питания, предлагаемых компанией, их особенности, технические характеристики и основные области применения.

История корпорации TDK-Lambda началась с основания в 1970 году в Токио фирмы Nippon Electronic Memory Industry Co., Ltd, которая занималась выпуском оборудования для производства устройств памяти для компьютеров. Тогда же в компании был создан отдел по разработке импульсных источников питания, в последующие годы это направление стало для компании основным. Многие специалисты отсчитывают историю TDK-Lambda с образования в 1948 году в Нью-Йорке компании Lambda Electronics Inc., которая занималась производством профессиональных источников питания. В 1966 году компания была приобретена корпорацией Veeco. В связи с реорганизацией в 1978 году компания была переименована в Nemic-Lambda Co. С 2005 года акции компании начала приобретать корпорация TDK, а к 2008 году к ней перешёл полный контроль, и в том же году она была переименована в TDK-Lambda. В настоящее время это уже корпорация TDK-Lambda Corporation.

Корпорация имеет разрабатывающие и производящие центры в Японии,

США, Европе, Азии и Китае, а собственные представительства – во многих странах мира, в том числе и в России. В Москве имеется сервисный центр TDK-Lambda для предоставления гарантийного ремонта клиентам компании и тестирования продукции. Продажа всего спектра продуктов TDK-Lambda осуществляется через официальных дистрибьюторов, в число которых входит и компания «Симметрон».

Продуктовая линейка в каталогах TDK-Lambda Russia 2020 года представлена в следующих категориях:

- источники питания AC/DC – для монтажа в корпус, изолированные на печатных платах, для монтажа на DIN-рейки и в стойку;
- преобразователи DC/DC – для монтажа в корпус, изолированные на печатных платах, для монтажа на DIN-рейки, неизолированные в точке нагрузки;
- программируемые источники питания – настольные исполнения, для монтажа в стойку и в корпусе;
- фильтры и дополнительные устройства – AC-фильтры, DC-фильтры, аксессуары;
- индивидуальные решения – устройства с нестандартными характеристиками, полностью индивидуальные решения по техническим спецификациям заказчиков.

Ассортимент AC/DC источников питания компании весьма обширен (несколько десятков серий приборов), что несколько затрудняет выбор подходящих моделей для разработчиков конечной аппаратуры. Для облегчения выбора нужных приборов на сайте компании можно воспользоваться различными алгоритмами поиска: по мощности, областям применения и дате разработки. Возможен также быстрый поиск по заданным параметрам (мощность, ток, напряжение).

На сайте также выделены популярные у заказчиков модели приборов, к которым относятся серии CUS400M, CUS150M, CUS1500M, CUS600M. Основные классификационные параметры AC/DC-преобразователей, фигурирующих в каталогах компании 2020 года, представлены в таблице.

Как видно из таблицы, большая часть AC/DC источников питания TDK-Lambda одноканальные (имеют один выход) и предназначены для монтажа в корпус. Ряд приборов компания отмечает как новые модели, рекомендуемые для новых разработок. Рассмотрим особенности этих серий приборов.

Серия DRB (см. рис. 1) – одноканальные источники питания для монтажа на DIN-рейку, предназначенные для приложений небольшой мощности, с базовыми функциями и невысокой стоимостью. Данная серия поддерживает растущий спрос на простые и экономичные источники питания в промышленности, системах автоматизации и управления технологическими процессами. Источники питания серии DRB при доступной цене и малых габаритах обеспечивают КПД до 93%, при отсутствии нагрузки потребляемая мощность не превышает 0,3 Вт, гарантия производителя – 3 года. В состав серии входят следующие модели:

- мощность 15 Вт – DRB15-24-1 ($U_{\text{вых}}/I_{\text{вых}} = 24 \text{ В}/0,63 \text{ А}$);
- мощность 30 Вт – DRB50-5-1 (5 В/6 А); DRB30-12-1 (12 В/2,5 А); DRB30-24-1 (24 В/1,25 А);
- мощность 50 Вт – DRB50-12-1 (12 В/3,4 А); DRB50-15-1 (15 В/3,4 А); DRB50-24-1 (24 В/2,1 А); DRB50-48-1 (48 В/1,05 А);
- мощность 100/240 Вт – DRB100-24-1 (24 В/4,2 А); DRB120-24-1 (24 В/5 А); DRB240-24-1 (24 В/10 А);
- мощность 480 Вт – DRB480-24-1 (24 В/20 А); DRB480-48-1 (48 В/10 А).

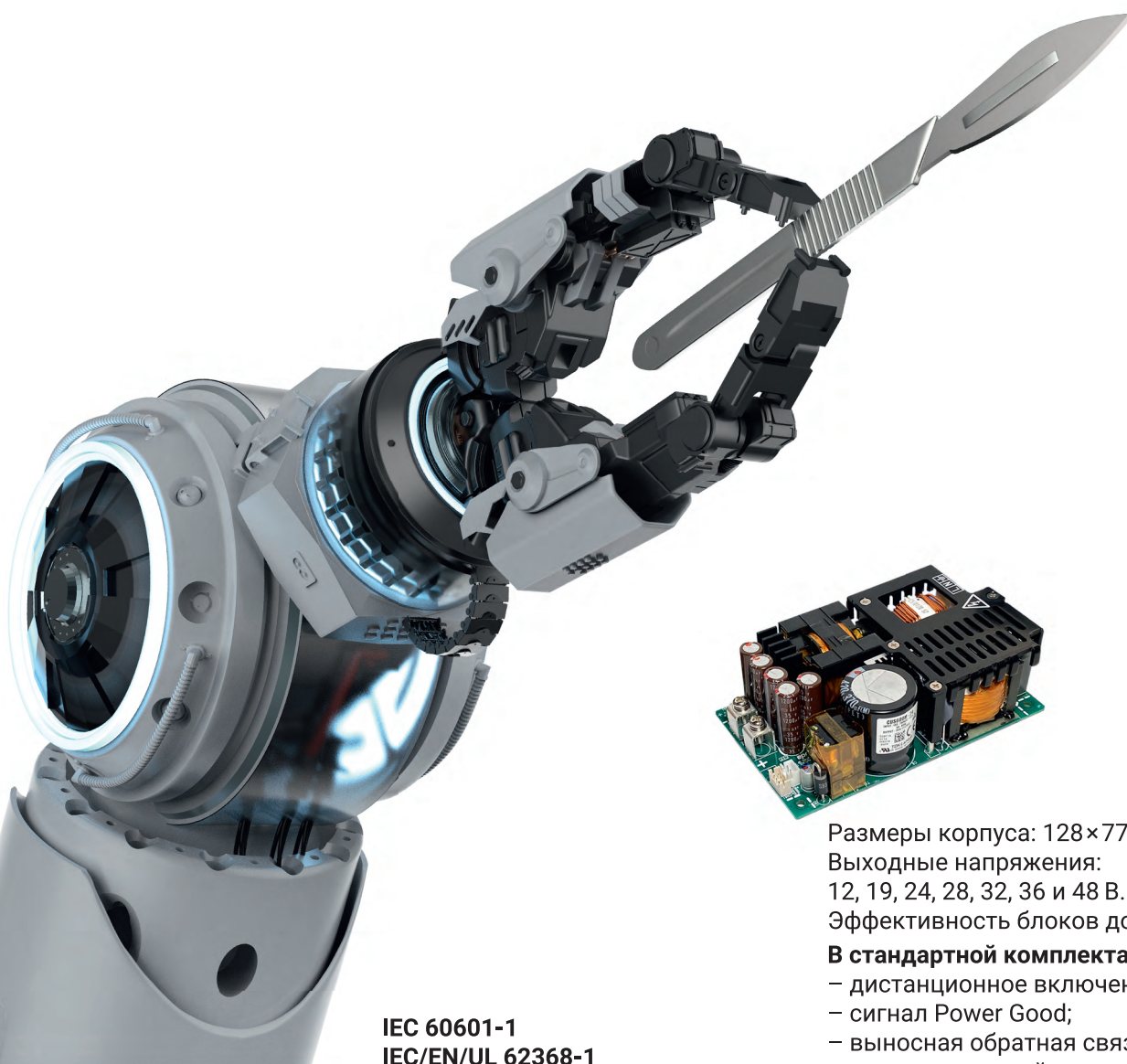
Источники питания серии DRB, по данным компании, отличаются самыми малыми в отрасли габаритами. Например, 15-ваттные модели имеют размеры 18×75×90 мм, 100-ваттные – 45×75×100 мм. Приборы предназначены для работы без принудительного



Рис. 1. Серия DRB одноканальных источников питания для монтажа на DIN-рейку

ХЛАДНОКРОВНЫЙ

AC/DC-преобразователь **CUS600M** медицинского класса.
До 600 Вт с конвективным охлаждением в компактном корпусе

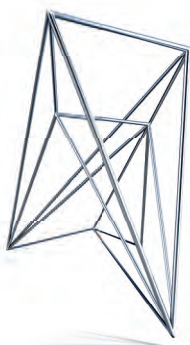


IEC 60601-1
IEC/EN/UL 62368-1

Размеры корпуса: 128×77,5 мм
Выходные напряжения:
12, 19, 24, 28, 32, 36 и 48 В.
Эффективность блоков достигает 96%.

В стандартной комплектации:

- дистанционное включение / выключение;
- сигнал Power Good;
- выносная обратная связь;
- дополнительный источник вспомогательного напряжения 5 В, 2 А.



Symmetron

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

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

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

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



www.symmetron.ru

Основные классификационные параметры AC/DC-преобразователей TDK-Lambda

Серия	Минимальная мощность, Вт	Максимальная мощность, Вт	Число выходов	Исполнение
DRB	15	480	1	Для монтажа на DIN-рейку
EFE-M	200	400	1-3	Монтаж в корпус
HWS-A	10	160	1	Монтаж в корпус
PPE	300	1008	1	Монтаж в корпус
ZWS-BAF	33	302	1	Монтаж в корпус
KAS	2	4	1	Изолированные на ПП
Alpha 1000-1500	1000	1500	1-16	Монтаж в корпус
CFE400M	300	400	1	Монтаж в корпус
CM4	600	750	1-4	Монтаж в корпус
CPFE	720	1008	1	Монтаж в корпус
CPF1000FI	720	1000	1	Монтаж в корпус
CSS	40	150	1	Монтаж в корпус
CSW65	40	65	1	Для монтажа на DIN-рейку
CUS100ME	100	100	1	Монтаж в корпус
CUS1500M	1500	1500	1	Монтаж в корпус
CUS150M	120	150	1	Монтаж в корпус
CUS200LD	79	153	1	Монтаж в корпус
CUS200M	200	254	1	Монтаж в корпус
CUS250/LD	165	252	1	Монтаж в корпус
CUS30M/ CUS60M	30	60	1	Монтаж в корпус
CUS350M	348	420	1	Монтаж в корпус
CUS400M	250	400	1	Монтаж в корпус
CUS600M	400	600	1	Монтаж в корпус
CUT75	35	75	3	Монтаж в корпус
DLP	75	240	1	Для монтажа на DIN-рейку
DPP	15	960	1	Для монтажа на DIN-рейку
DRF	120	960	1	Для монтажа на DIN-рейку
DRF/HL	120	480	1	Для монтажа на DIN-рейку
DRL	10	100	1	Для монтажа на DIN-рейку
DSP	7,5	100	1	Для монтажа на DIN-рейку
EFE	300	400	1	Монтаж в корпус
EVS	300	600	1	Монтаж в корпус
FPS	864	1008	1	Для монтажа в стойку
GWS	250	500	1	Монтаж в корпус
GXE600	600	600	1	Монтаж в корпус
HFE	158	2500	1	Для монтажа в стойку
HWS	198	1560	1	Монтаж в корпус
HWS HD	33	1560	1	Монтаж в корпус
HWS ME	30	1560	1	Монтаж в корпус
HWS-P	300	601	1	Монтаж в корпус
JWT	75	100	3	Монтаж в корпус
KM	10	40	1	Изолированные на ПП
KMS-A	15	60	1	Изолированные на ПП
KPSA	4	15	1	Изолированные на ПП
KWD/KWS	5	15	1	Изолированные на ПП
KWS-A	5	26	1	Изолированные на ПП
LS	20	200	1	Монтаж в корпус
LZSA	504	1512	1	Монтаж в корпус
MTW	16	62	3	Монтаж в корпус
PF	756	1512	1	Изолированные на ПП
PFH500F	504	504	1	Изолированные на ПП
QM	550	2000	1	Монтаж в корпус
QS	600	1200	1	Монтаж в корпус
RFE	992	2500	1	Изолированные на ПП
RTW	41	312	1	Монтаж в корпус
RWS-B	50	150	1	Монтаж в корпус
SWS600/1000	600	1050	1	Монтаж в корпус
TPS	3000	4080	1	Монтаж в корпус
Vega	300	900	1	Монтаж в корпус
Vega-Lite	480	900	1	Монтаж в корпус
XMS500	500	500	1	Монтаж в корпус
ZMS	804	1008	1	Монтаж в корпус
ZP	14	60	1	Монтаж в корпус
ZPSA	14	100	1	Монтаж в корпус
ZWD	100	225	2	Монтаж в корпус
ZWQ	80	170	4	Монтаж в корпус
ZWS240RC-24	240	240	1	Монтаж в корпус
ZWS-B	10	30	1	Монтаж в корпус
ZWS-BP	150	240	1	Монтаж в корпус

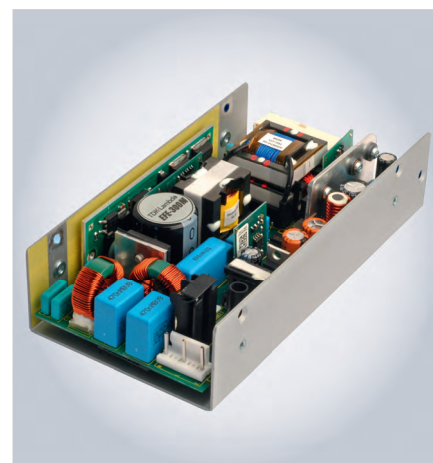


Рис. 2. Серия EFE-M одноканальных источников питания со встроенными источниками тока

охлаждения, в промышленном диапазоне температур $-40...+85^{\circ}\text{C}$, при влажности 5–95%, в широком диапазоне сетевых напряжений (85–264 В (47–63 Гц) и 120–373 В) при питании от сети постоянного тока. Приборы также отличаются высокой стабильностью выходного напряжения – отклонения (нестабильность) $U_{\text{вых}}$ по входному напряжению (85–263 В) и току в нагрузке (0–100%) не более 240 мВ для 100-ваттных моделей, а также низкими пульсациями и шумами – 20–40 мВ (от пика до пика).

Серия EFE-M (см. рис. 2) одноканальных источников питания со встроенными источниками тока дополняет серии EFE с цифровым управлением на базе 8-разрядного микроконтроллера и сертифицирована по стандарту IEC60601-1 для применения в медицинском оборудовании. В состав серии входят шесть основных моделей с мощностью 300 и 400 Вт на напряжения 12, 24 и 48 В. Компания предлагает для этой серии ряд опций, например дистанционное включение/выключение, различные варианты исполнений корпусов и вентиляторов. Приборы могут работать как на холостом ходу, так и с 33-процентной перегрузкой по мощности в течение 10 с. Гарантия на устройства – 5 лет. Источники питания серий EFE/EFE-M характеризуются высокой эффективностью (до 90%) и точностью установки выходного напряжения ($\pm 1\%$), уровень пульсаций и шумов не более 1,5%, диапазон рабочих температур $0...50^{\circ}\text{C}$ при влажности 5–95%.

Серия HWS-A (см. рис. 3) одноканальных источников питания для монтажа в корпус является дополнением к при-



Рис. 3. Серия HWS-A одноканальных источников питания для монтажа в корпус

борам серии HWS в диапазоне мощностей 15–150 Вт (HWS – 300–1560 Вт). Основные области применения этих источников питания: промышленное, вещательное и телекоммуникационное оборудование, светодиодное освещение, измерительная и испытательная техника. На приборы обеих серий распространяется ограниченная пожизненная гарантия производителя. В состав серии HWS-A входят модели мощностью 15, 30, 50, 100 и 150 Вт с выходными напряжениями от 3,3 до 48 В. Приборы характеризуются высоким КПД (до 91%) и отличными параметрами выходного напряжения: нестабильность по входу и нагрузке (Line/Load Regulation) от 40 ($U_{\text{вых}} = 3,3/5$ В) до 240 мВ (48 В), пульсации и шум в пределах 120–200 мВ. Эксплуатационные характеристики этих источников питания: диапазон рабочих температур $-10...+70^{\circ}\text{C}$, влажность 30–90%, диапазон входных напряжений 85–265 В (AC), 120–370 В (DC). Также серии HWS и HWS-A поставляются в исполнении HD, отличающемся дополнительным двухсторонним защитным покрытием печатной платы и гарантированным запуском в тяжёлых условиях при температуре -40°C . Устройства серии HWS/HD выдают номинальную мощность от 30 до 1500 Вт, выходное напряжение от 3,3 до 60 В, поставляются с такой же пожизненной ограниченной гарантией, как серии HWS15A-150A и HWS300-1500.

Серия PFE-A (см. рис. 4) – одноканальные источники питания модульного типа, предназначенные для применения в конструкциях, где невозможно поставить вентилятор. При эксплуатации приборов необходимо обеспечить охлаждение модулей (жидкостное

или при помощи внешней среды). Чтобы температура оснований модулей не превышала $+100^{\circ}\text{C}$ (диапазон рабочих температур основания $-40...+100^{\circ}\text{C}$), в состав серии входят 13 низкопрофильных модулей мощностью от 300 до 1008 Вт на выходные регулируемые напряжения 9,6–14 В (ток 25–60 А); 22,4–33,6 В (10,8–36 А); 38,4–57 В (6,3–21 А). Эффективность приборов находится в пределах от 84 ($U_{\text{вых}} = 12$ В) до 91% (48 В), нестабильность по входу и нагрузке 48–96 мВ.

Серия ZWS-BAF (см. рис. 5) – одноканальные открытые источники питания с пятилетней гарантией производителя. Отличительной особенностью приборов этой серии является применение электролитических конденсаторов со сроком службы 10 лет, что позволяет применять источники питания этой серии в приложениях, требующих особо длительной и надёжной работы. В состав серии входят 28 моделей приборов с мощностью 50, 75, 100, 150 и 300 Вт с выходными регулируемыми напряжениями от 2,97 до 52,8 В. Эффективность источников питания серии ZWS-BAF находится в пределах от 78 ($U_{\text{вых}} = 2,97-3,63$ В) до 91% (21,5–52,8 В), нестабильность выходного напряжения по входу и нагрузке 20–240 мВ, уровень пульсаций и шумов 160–300 мВ (пиковые значения). Приборы выполнены в конструкции для естественного воздушного охлаждения, диапазон рабочих температур $-10...+70^{\circ}\text{C}$, влажность 30–90%, диапазон входных переменных напряжений 85–265 В.

Серия KAS (см. рис. 6) – миниатюрные модули питания для монтажа на печатные платы, мощностью 2–4 Вт. Приборы предназначены для работы в компактной бытовой и промыш-



Рис. 4. Серия PFE-A одноканальных источников питания модульного типа



Рис. 5. Серия ZWS-BAF открытых одноканальных источников питания



Рис. 6. Серия KAS миниатюрных модулей питания для монтажа на печатные платы

ленной аппаратуре, соответствуют классу II по безопасности (не требуют соединения с корпусом) и уровню В стандартов EN55011, EN55032 по электромагнитной совместимости. Модули могут работать в диапазоне температур $-40...+80^{\circ}\text{C}$ при влажности 10–95% и отличаются очень малыми размерами и весом – 28,5×25,8×17 мм и 19 г; 37×27,5×17,5 мм и 26 г. Модули могут работать практически в любых сетях переменного и постоянного тока (Global Use), диапазон входных напряжений составляет 90–305 В/47–440 Гц (AC), 120–430 В (DC). В состав серии входят 14 исполнений модулей с выходными напряжениями от 3,3 до 24 В. Эффективность источни-

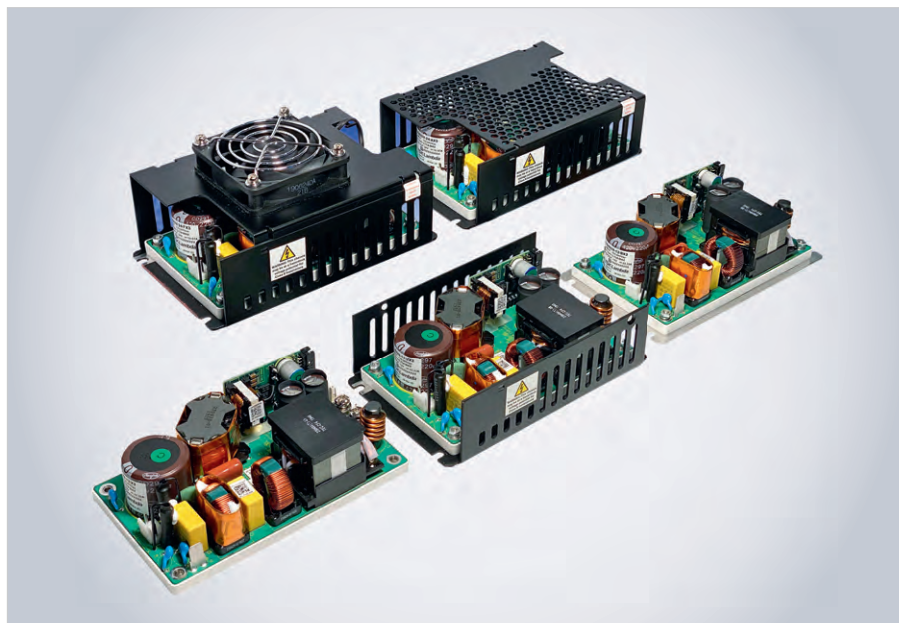


Рис. 7. Серия CUS400M одноканальных источников питания в стандартном корпусе



Рис. 8. Новая линейка популярных одноканальных источников питания CUS600M

ков составляет 66–67%, уровень пульсаций и шумов – 100–300 мВ.

Серия CUS400M (см. рис. 7) – популярные одноканальные источники питания в стандартном корпусе, с размерами 3×5 дюймов и мощностью 400 Вт, с принудительным воздушным охлаждением (250 Вт – с естественным охлаждением). Приборы этой серии могут эксплуатироваться как в классе I (с заземлением корпуса), так и в классе II (без заземления) по безопасности и характеризуются высокой эффективностью (КПД до 94%). Данные источники питания соответствуют стандартам безопасности IEC/EN/ES 60601-1, IEC/EN/UL 62368-1, стандартам по электромагнитной совместимости и излучениям EN55011-B, EN55032B, EN61000-3-2, IEC60601-1-2 Edition 4, IEC61000-4. Предусмотрено использование дополнительной платы дежурного режима с выходным напряжением 5 В и током 2 А или 12 В и 1 А, с возможностью

дистанционного включения и выключения, измерения тока и мониторинга входного напряжения (индикация сбоев). Предусмотрены различные конструктивные исполнения источников питания серии CUS400M, в том числе с вентилятором (см. рис. 7).

Источники питания серии CUS400M ориентированы на применение в медицинском оборудовании (типы В, ВF, CF), стоматологии, измерительных и тестовых системах, профессиональном звуковом и промышленном оборудовании. В состав серии входят семь моделей приборов с выходными напряжениями 12, 15, 19, 24, 28, 36 и 48 В, с возможностью регулировки в небольших пределах. Представленные приборы предназначены для работы в диапазоне входных напряжений 85–264 В (47–63 Гц), диапазон рабочих температур –20...+70°C при влажности 5–95%. Нестабильность выходного напряжения не превышает 0,5% по входу (85–264 В) и 1% по

нагрузке (0–100%), уровень пульсаций и шумов не превышает 1%.

Серия CUS600M (см. рис. 8) – новая линейка популярных одноканальных источников питания, отличающихся от рассмотренных ранее приборов серии CUS400M выходной мощностью: 600 Вт – с принудительным воздушным охлаждением и 400 Вт – с естественным охлаждением. Источники питания серии CUS600M имеют также более высокую эффективность (до 96%), а потребляемая мощность на холостом ходу не превышает 0,5 Вт. В приборы встроены источники резервного питания 5 В и 2 А с дистанционным управлением. Эксплуатационные характеристики в основном такие же, как у приборов серии CUS400M.

Серия QS (см. рис. 9) – мощные конфигурируемые одноканальные источники питания для монтажа в корпус с усиленной изоляцией по медицинским стандартам MoPP, с предельно низким уровнем акустических шумов. При заказе приборов доступен выбор ряда опций: различные типы входного фильтра, вентилятора, исполнений со вспомогательным источником питания 5 В, исполнений с возможностью коммуникаций по шине PMBus. Источники питания этой серии поставляются с 7-летней гарантией производителя. В состав серии входят 12 моделей мощностью 600, 1080 и 1200 Вт и регулируемые напряжениями 12, 24 и 48 В. Диапазон входных напряжений составляет 90–264 В (47–63 Гц), коэффициент мощности – 0,95, КПД до 91%, диапазон рабочих температур –20...+70°C.

Компания выпускает две серии AC/DC источников питания, предназначенных для монтажа в стойку. Серия высокоэффективных источников тока HFE для «горячей» замены выпускается в исполнениях мощностью 1600 и 2500 Вт, с выходными напряжениями 12, 24, 32 и 48 В. Предлагается несколько вариантов для установки в стойку стандартного размера (19") высотой 1U: с пятью слотами для источников HFE1600 (см. рис. 10), четырьмя слотами для HFE2500, гнездами по стандарту IEC320 C20, винтовыми клеммами для подключения питания. Основные особенности данных источников питания:

- встроенный MOSFET для реализации параллельной работы и функции распределения токов;
- соответствие стандарту энергоэффективности компьютерного обо-



Рис. 9. Серия QS мощных конфигурируемых одноканальных источников питания для монтажа в корпус с усиленной изоляцией

рудования экологической программы Climate Save Computing Initiative;

- мощность (суммарная) до 10 кВт, в стойке высотой 1U (HFE2500×4);
- опциональный интерфейс PMBus;
- эффективность 87–93%, нестабильность по входу и нагрузке 30–240 мВ, уровень пульсаций и шума 240–480 мВ.

Серия FPS (см. рис. 11) – надёжные источники питания для включения с «горячей» заменой и эффективностью 81–86%. Целевые области применения приборов – распределённые системы питания, промышленная автоматика, ВЧ усилители мощности. В стойку размером 19" и высотой 1U может быть установлено до трёх приборов серии FPS с одним или тремя независимыми выходами. В состав серии входят 10 моделей мощностью 864–1080 Вт и выводными напряжениями 12, 24, 32 и 48 В (выходные токи 21–72 А), предлагаются исполнения с интерфейсом I²C и без него.

В заключение рассмотрим особенности некоторых многоканальных AC/DC источников питания TDK Lambda (все модели приведены в таблице).

Серия CM4 (см. рис. 12) позиционируется компанией TDK Lambda как первые в мире конфигурируемые источники питания с кондуктивным охлаждением и мощностью 600 Вт. Система питания на основе CM4 может иметь от одного до четырёх каналов с дистанционной регулировкой напряжения.

В состав серии CM4 входят более 30 моделей с выходными напряжениями от 1,5 до 232 В и токами от 3,75 до 100 А.

Серия GXE600 (см. рис. 13) – концептуально новые промышленные AC/DC источники питания. Их отличительной особенностью является возможность работы как в стандартном режиме стабилизации напряжения, так и в режиме стабилизации выходно-



Рис. 10. Источник HFE1600 с пятью слотами

го тока. В сочетании с несколькими видами управления данный преобразователь, по сути, является программируемым источником питания в промышленном исполнении. При высоте 1U (габаритные размеры – 41×127×254 мм) источник может отдавать нагрузке 600 Вт при принудительном охлаждении и 400 Вт – при конвективном охлаждении (без внешнего потока напряжение 24 или 48 В). При наличии внешнего потока охлаждения не происходит снижения мощности в диапазоне входного напряжения от 85 до 170 В при скорости потока воздуха, равной даже в 1 м/с. Аналоговый порт управления включает в себя сигналы On/Off, DC-OK, AC-FAIL, Power-Fail, а также позволяет регулировать выходной ток в диапазоне 0–100% и выходное напряжение – в диапазоне 20–120%. Для более лёгкого и гибкого встраивания в свои системы инженеры также смогут воспользоваться источником вспомогательного резервного питания номиналом 5 В и функцией параллельной работы, обеспечивающей увеличение выходной мощности. Цифровой порт управления позволяет осуществлять установку выходных параметров, регулировать длительность фронта нарастания, считывать рабочую температуру, настраивать уровни защиты, считывания времени наработки прибора и остаточного расчётного ресурса электролитических конденсаторов. Коммуникация происходит по протоколу Modbus RTU на базе интерфейса RS-485, что заметно расширяет возможности связи по сравнению с часто используемым в устройствах AC/DC интерфейсом I²C. Приборы GXE600 работают в диапазоне температур от –20 до +70°C, при этом запуск гарантирован, начиная от –40°C. Стоит также особо отметить



Рис. 11. Серия FPS надёжных источников питания для включения с «горячей» заменой



Рис. 12. Серия CM4 – первые в мире конфигурируемые источники питания с кондуктивным охлаждением



Рис. 13. Серия GXE600 промышленных AC/DC источников питания

КПД этих модулей, который зависит от нескольких внешних параметров и может достигать 95% при входном напряжении 220 В и полной нагрузке.

Серия GXE отвечает требованиям стандартов безопасности CSA/EN/UL 60950-1, имеет маркировку CE согласно директиве по низковольтному оборудованию. Источники питания GXE600 также соответствуют требованиям стандартов EN 55011-B и EN 55022-B по проводимым и излучаемым помехам, а также требованиям стандартов EN 61000-6-2 и IEC 61000-4 по помехоустойчивости.

Продукция компании TDK-Lambda хорошо зарекомендовала себя на рынке источников питания и предлагает широкий спектр устройств, способных удовлетворить самые высокие требования, предъявляемые к современной электронике как бытового, так и промышленного назначения.



Современный подход к формированию сигналов для тестирования приёмных устройств радиолокационных систем с учётом предполагаемой электромагнитной обстановки

Николай Лемешко (nlem83@mail.ru),
Александр Патшин (Aleksandr.Patshin@rohde-schwarz.com)

В статье рассматривается вопрос о формировании комплексных сигналов, предназначенных для тестирования радиолокационных приёмников и включающих полезные и помеховые компоненты, дано представление об имитационной модели электромагнитной обстановки применительно к радиолокационным станциям (РЛС), показана сложность и нестационарность, которые существенно осложняют воспроизведение для целей тестирования. Рассмотрены типовые сценарии изменения электромагнитной обстановки в месте размещения РЛС, а также функциональные возможности программного обеспечения Pulse Sequencer в части создания названных комплексных сигналов с учётом особенностей конкретных практических задач.

Введение

В настоящее время пристальное внимание уделяется обеспечению функциональной безопасности технических средств (ТС) [1, 2]. Безопасность имеет особое значение для устройств специального назначения. В большинстве случаев оценка соответствия установленным требованиям проверяется путём лабораторного тестирования, проводимого в регламентированных для ТС заданного типа условиях. При этом методы проверки соответствия наиболее отработаны и унифицированы по классам для ТС гражданского назначения. Что касается ТС специального назначения, то для них обычно требуется проведение большого объёма специфических испытаний, которые отличаются высокой сложностью, в особенности если речь идёт о крупных радиотехнических системах. Среди них одними из самых распространённых классов являются радиолокационные станции (РЛС).

Как правило, РЛС функционируют совместно с другими ТС, тем или иным образом использующими радиочастотный ресурс. Кроме того, вблизи места размещения обычно находится и другое оборудование, формирующее промышленные радиопомехи. В результате этого в реальных условиях эксплуатации на вход радиолокационного приёмника (РЛП) вместе с полезным сигналом, сформированным путём приёма

отражённых электромагнитных волн от целей, поступают аддитивные помехи. Они могут иметь уровень, достаточный для заметного снижения качества формируемой РЛС координатной информации. В большей части случаев электромагнитная обстановка (ЭМО), в которой функционируют РЛС, является нестационарной, что связано с перемещением излучающих объектов, а в ряде случаев и носителя РЛС. Таким образом, реальные условия функционирования РЛП существенно отличаются от идеализированных, в результате чего при лабораторном тестировании могут быть получены завышенные оценки выходных параметров РЛС.

Практика показала, что при любых подходах к проведению испытаний РЛП необходимо одновременно имитировать:

- угловое перемещение максимума диаграммы направленности в азимутальной и угломестной плоскостях при обзоре пространства;
- наличие эхо-сигналов по крайней мере от одной цели;
- наличие источников помех в форме промышленного радиопомеха и излучений передающих устройств;
- подвижность носителя РЛС, изменяющую угловое положение источников помех и направления прихода эхо-сигналов.

Ещё одной проблемой является тестирование РЛП в совокупности с антенной

радиолокационной станции. Известно [3], что для активных фазированных антенных решёток (АФАР) область дальней зоны, характеризующаяся сформированной диаграммой направленности, начинается на расстоянии, значительно превосходящем линейные размеры антенны. Например, для АФАР с длиной полотна 6 м в сантиметровом диапазоне излучений дальняя зона излучения начинается на расстоянии порядка 5 км от антенны. В то же время соотношение помех и полезных сигналов в радиочастотном тракте РЛП, очевидно, проявляет прямую зависимость от пространственной избирательности антенны. Существующие методы оценки характеристик антенн по излучению ближней зоны всё же не позволяют обойтись без натурных испытаний. Отсюда следует потребность в проведении полигонных испытаний, которые должны сопровождаться применением передающих устройств, размещаемых на подвижных платформах в целях имитации типовых условий эксплуатации РЛС.

Совокупность практически значимых проблем, сопровождающих тестирование РЛП, привела к необходимости развития подходов, позволяющих обойти их либо минимизировать вместе с материальными и временными затратами на проведение испытаний. Приемлемым решением является снижение объёма полигонных испытаний путём частичной замены на лабораторное тестирование, где источники помех и цели имитируются при помощи векторных генераторов. В рамках настоящей статьи речь пойдёт о векторных генераторах SMW200A компании Rohde&Schwarz, а также о необходимых для формирования таких комплексных сигналов опциях и программном обеспечении.

Имитационная модель ЭМО вблизи РЛС

Тестирование РЛП с учётом реальной ЭМО требует определения характеристик помеховых воздействий. Для это-

го может быть использована имитационная модель (ИМ) ЭМО [4, 5], которая применительно к задаче испытаний РЛП может быть охарактеризована двумя уровнями детальности.

Первый уровень предполагает моделирование целей и нескольких основных источников радиопомех с учётом их расположения относительно предполагаемой точки размещения РЛП. При необходимости учитывается перемещение таких источников в пространстве с течением времени.

Второй уровень моделирования ЭМО предполагает воспроизведение свойств большой совокупности разнородных источников радиоизлучений (ИРИ), не являющихся основными с точки зрения вклада в совокупную мощность радиоизлучения в месте размещения РЛП, но находящихся вблизи неё. Здесь вполне допустимо отказаться от детального воспроизведения свойств ИРИ, в том числе от точной расстановки в пространстве. Если ИРИ характеризуются нестационарными спектрально-энергетическими характеристиками, следует ориентироваться на максимальную энергетику и предельно возможную полосу частот. При этом наиболее упрощённый характер носит имитация ЭМО для существенно удалённых ИРИ, вклад которых в ЭМО по существу состоит в повышении уровня фоновой широкополосной помехи.

Специфика применения РЛС требует учёта в ИМ ЭМО направленных свойств как собственной антенны, так и антенн сторонних ИРИ. Для оценки интенсивности излучений в месте размещения РЛП используется представление о гарантированных диаграммах направленности (ДН) [6], которые имеют несложное математическое описание и при планировании радиосетей заменяют фактические ДН антенн.

Для средств радиолокации и радиосвязи с направленными антеннами дециметрового и сантиметрового диапазонов могут применяться несколько аппроксимаций ДН. Простейшей из них является прямоугольная аппроксимация, по которой зависимость излучённой ИРИ мощности в заданном направлении определяется уравнением вида:

$$P_p = P_u G_u g_u(\theta), \quad g_u(\theta) = \begin{cases} 1, & 0 \leq |\theta| \leq 0,5\theta_c \\ b^2, & 0,5\theta_c \leq |\theta| \leq \pi, \end{cases} \quad (1)$$

где P_u – излучаемая мощность; G_u – коэффициент направленного действия антенны ИРИ; $g_u(\theta)$ – функция, описы-

вающая ДН излучателя; θ – угол между некоторым направлением и направлением главного луча ДН; θ_c – ширина ДН в соответствующей плоскости сечения на уровне половинной мощности; b^2 – относительный уровень мощности бокового излучения ($b^2 \ll 1$). Следующая формула одновременно определяет связь между G_u , b^2 и θ_c для антенн с достаточно узкой («игольчатой») формой главного лепестка (значение θ_c выражено в радианах, G_u – в абсолютных единицах):

$$G_u \approx \frac{16}{\theta_c^2 (1 + 16b^2 / \theta_c^2)}. \quad (2)$$

Более сложной является предложенная в [7] аппроксимация диаграмм направленности узконаправленных антенн:

$$g_u(\theta) = \begin{cases} \exp(-2,78|\theta|/\theta_c), & |\theta| \leq \theta_c \\ 0,0625 / (|\theta|/\theta_c)^\mu, & \theta_c < |\theta| \leq \pi, \end{cases} \quad (3)$$

где $\mu = 1...2$ – коэффициент, зависящий от степени влияния посторонних предметов на форму ДН. Большое количество объектов вблизи места размещения источника радиоизлучений соответствует более высокому уровню боковых лепестков ДН.

Аппроксимации (1) и (3) определяют средний уровень мощности бокового излучения. Если же требуется учесть статистический характер бокового излучения, то мощность излучения может рассматриваться как случайная величина, распределённая по логарифмически нормальному закону относительно среднего значения $m_b = 20 \lg(b)$ с дисперсией порядка 3...7 дБ [7].

Важный способ оптимизации ИМ ЭМО связан с фактором энергодоступности ИРИ для конкретного вида приёмных устройств. Из совокупности всех имеющихся ИРИ изымаются те, для которых мощность сигналов в точке приёма не превышает заданного порогового уровня, частота излучаемых сигналов не попадает в заданные диапазоны или удаление от точки измерений более некоторого расстояния. При расчёте уровня мощности радиопомех на входе приёмника используется известное соотношение радиосвязи:

$$P_c = \frac{P_u G_u g_u(\theta) G_n g_n(\varphi) \lambda_u^2}{(4\pi R)^2} \eta \exp(-\alpha_s R), \quad (4)$$

где, в дополнение к ранее введённым обозначениям, G_n – коэффициент направленного действия приёмной антенны; $g_n(\varphi)$ – нормированная функция ДН антенны приёмника; φ –

угол между направлением ориентации максимума ДН приёмной антенны и направлением на ИРИ; λ_n – средняя длина волны излучаемого радиосигнала; η – коэффициент потерь при рассогласовании излучаемого сигнала и приёмного тракта по поляризации и другим характеристикам (обычно $\eta < 0,5$); R – расстояние от излучателя до приёмной антенны. Экспоненциальный множитель определяет затухание электромагнитных волн в атмосфере [8] с коэффициентом α_s , зависящим от диапазона частот. Соотношение (4) справедливо для условий распространения радиоволн в свободном пространстве без учёта отражения от подстилающей поверхности и интерференции прямого и отражённого радиоизлучения. Для учёта этих и более тонких эффектов функции $g_u(\theta)$ и $g_n(\varphi)$ могут быть дополнены интерференционными множителями.

В соответствии с формулой (4), при эффективной изотропной излучаемой мощности $\mathcal{E} = P_u G_u g_u \eta$ (θ), равной 1 кВт, на частоте 3 ГГц (длина волны 10 см) и при пренебрежении затуханием мощность помехи на входе приёмника, снабжённого изотропной антенной, составит –79 дБм, если расстояние до ИРИ равно 50 км. Для РЛП, снабжённого антенной с коэффициентом направленного действия $G_n = 30$ дБ, уровень помехи на выходе составит –49 дБм, если ИРИ находится в главном лепестке диаграммы направленности и излучение согласовано по поляризации.

В сантиметровом диапазоне длин волн дифракционные эффекты выражены слабо, и в основном излучение распространяется прямолинейно. Расчёт дальности радиогоризонта, определяющей условия приёма прямого (без отражений и переотражений) излучения, определяется по формуле:

$$R_{[KM]} = 4,12 (\sqrt{h_u [M]} + \sqrt{h_n [M]}), \quad (5)$$

где h_u и h_n – высота подъёма антенны ИРИ и антенны РЛС. Тогда для отказа от учёта радиоизлучения конкретного ИРИ необходимо оценить выполнение условия $R \geq \min(R_s, R_3)$, где R_3 – максимальная дальность энергетической доступности, определяемая из (4) для минимального порогового значения мощности $P_c = P_{cmin}$ следующим образом:

$$R_3 = \sqrt{\frac{P_u G_u G_n \lambda_u^2 \eta}{16\pi^2 P_{cmin}}}. \quad (6)$$

Поскольку РЛП обычно имеют высокую чувствительность, то учиты-

вать ИРИ необходимо на значительном удалении от места базирования. Следовательно, критерий энергетической доступности даст значительное расстояние учёта излучений передатчиков. Перемещение носителя РЛС на значительные расстояния и цикличность работы ИРИ может приводить к изменению совокупности учитываемых источников сторонних радиоизлучений, что несколько усложняет модель и её использование. При строгом подходе необходимо учитывать поляризационную избирательность антенны РЛС и многие другие факторы [9].

Для имитации целей необходимо оценивать мощность отражённых сигналов, а также доплеровский сдвиг частот, обусловленный радиальной составляющей скорости их движения. Для этого используется основная формула радиолокации, которая без учёта потерь в тракте и поглощения излучения в среде распространения имеет следующий вид:

$$P_n = \frac{P_u G^2 S_s \lambda^2}{(4\pi)^3 R^4}, \quad (7)$$

где P_u , P_n – мощность на выходе передатчика и входе приёмника, R – расстояние до цели, λ – длина волны, S_s – эффективная площадь поверхности цели, G – коэффициент усиления антенны на приём и передачу. Возвращаясь к рассмотренному ранее расчётному примеру, можно получить, что для той же частоты при $R = 50$ км, $G = 20$ дБ и $S_s = 1$ м² уровень сигнала на входе приёмного устройства составит порядка –131 дБм. Таким образом, мощность сформированного целями отражённого излучения окажется на порядок ниже, чем помех от ИРИ, и прямая обработка сигналов при наличии столь интенсивных помех станет невозможной. Но в радиоэлектронике разработаны и успешно применяются специальные методы [10], которые позволяют повысить отношение сигнал/шум до достаточных значений. Применительно к РЛС это согласованная фильтрация, корреляционная обработка и другие способы, в которых недостаточность энергетики компенсируется наличием априорной информации о сигнале. Важнейшим фактором снижения помех от ИРИ является пространственная избирательность антенн РЛС.

Как следует из изложенного, в рамках подготовки к тестированию необ-

ходимо установить наиболее значимые источники радиоизлучений, их размещение и подвижность относительно точки базирования РЛП. Источники сторонних радиоизлучений размещаются на подвижных и неподвижных носителях, имеют принципиальные отличия по назначению, принципам функционирования и типам используемых сигналов. Однако для каждого случая могут быть выделены типовые сценарии изменения ЭМО.

Типовые сценарии изменения ЭМО в месте размещения РЛП

Для РЛС военного назначения могут быть выделены примеры следующих сценариев:

1. Совместное функционирование РЛС и средств спутниковой радиосвязи. Пространственное разнесение может быть минимальным, а частотное определяется действующими планами использования радиочастотного ресурса. В некоторых случаях функционирование таких радиосистем разносится по времени за счёт использования рационально построенных циклограмм. ЭМО в целом стационарна за исключением изменений, вызванных сканированием пространства.

2. РЛС работает одновременно с аналогичными системами радиолокации, удалёнными на расстояние, превышающее нормативное значение. Частотное разнесение может отсутствовать вовсе или быть минимальным, в особенности для широкополосных РЛС. ЭМО будет в целом стационарной, она характеризуется сильными, согласованными по спектру помехами в секторе прямой видимости другой РЛС, а также возможностью приёма излучения от целей, сформированного зондированием со стороны другой РЛС, что будет восприниматься как мешающий сигнал. Имеется сектор, в котором запрещены излучение и приём.

3. РЛС функционирует совместно со средствами радиоэлектронной борьбы (РЭБ). Частотное и пространственное разнесения обычно оптимизированы для исключения существенного воздействия на РЛП. Средства РЭБ характеризуются широкой полосой частот и высокой мощностью электромагнитного излучения, а также адаптивностью и оптимизацией спектрального распределения энергии при изменении задач применения. ЭМО отличается высокой нестационарностью, РЛС имеет сектор запрета приёма во избежание

перегрузки РЛП. Возможно снижение чувствительности и, соответственно, предельных дальностей обнаружения и сопровождения целей за счёт формирования внеполосных излучений средствами РЭБ.

4. На РЛС воздействуют имитационные помехи. Современный уровень развития радиоэлектроники позволяет записать сигнал, полученный из эфира, и применительно к радиолокации сформировать мешающее электромагнитное излучение со специальной структурой, которое воспринимается РЛС как групповая цель, включающая множество объектов с разными дальностями и скоростями. Стационарность ЭМО не определена, но она характеризуется наличием сектора, в котором блокируется получение информации о координатах и радиальных скоростях целей. В настоящее время существуют специальные алгоритмы [10], позволяющие осуществлять относительно эффективную селекцию таких помех за счёт сопоставления меток дальности и скорости.

Во всех рассмотренных случаях носитель РЛС может быть подвижным, что придаёт ЭМО дополнительную нестационарность. Из рассмотренного подхода к моделированию и приведённого описания типовой ЭМО следует необходимость учёта большого количества разнородных явлений при испытаниях РЛП, часть из которых, как это отмечалось ранее, трудно поддаётся приборной имитации даже в условиях достаточности информации. Использование типовых радиосигналов и принципов их индивидуального формирования не рационально, поскольку потребует создания сложных, дорогостоящих и, главное, плохо скоординированных с логикой реализации сценария изменений ЭМО комплексов для формирования испытательных сигналов, в составе которых должны использоваться генераторы в необходимом количестве. В этих условиях использование программного управления становится объективной необходимостью, но не решает проблему в широком понимании и существенно усложняет этап подготовки к испытаниям. Поэтому при использовании векторных генераторов R&S SMW200A применяется специальное программное обеспечение (ПО) Pulse Sequencer, предназначенное для формирования комплексных радиосигналов, в том числе для обеспечения тестирования РЛП.

Функциональные возможности ПО Pulse Sequencer

Работа с ПО Pulse Sequencer проводится на стадии подготовки к проведению испытаний РЛП и включает два этапа [11]:

1. пользователь формирует описание полезного сигнала,
2. если это необходимо, пользователь описывает сценарий изменения ЭМО.

Для имитации радиолокационного сигнала, отражённого от цели, в ПО требуется ввести полное его описание. Чем совершеннее и точнее РЛС, тем более сложные сигналы используются для получения координатных определений. На выбор сигналов значимое влияние оказывает и необходимость решения вспомогательных задач, например режекции помех от подстилающей поверхности и борьба с многолучевостью. Для полноценной имитации полезный сигнал РЛС должен быть воспроизведён с учётом всех особенностей модуляции, что является неотъемлемой частью конфигурирования Pulse Sequencer. Для конфигурирования доступны все необходимые параметры импульса, включая формы фронтов, длительности и другие характеристики огибающей, такие как выбросы, спад и пульсации. Пользователем могут быть выбраны любые виды внутриимпульсной модуляции, включая самые распространённые – линейная частотная (ЛЧМ), амплитудная, частотная, фазовая или векторная [12].

Современные РЛС не строятся по моноимпульсным схемам, поэтому из отдельных импульсов могут быть построены последовательности с межимпульсной модуляцией для определения изменений на основе заданных правил. Межимпульсная модуляция влияет на все перестраиваемые параметры, такие как пауза между импульсами, смещение частоты от импульса к импульсу, индивидуальные уровни импульсов и т.д. Импульсные последовательности могут включать в себя вложенные циклы.

После определения параметров полезного импульсного сигнала можно приступать к настройке сценария тестирования РЛП. В ходе создания сценария пользователь должен определить характеристики источников мешающих радиоизлучений, включая источники информационного наполнения, задать диаграмму направленности антенны тестируемой РЛС, характер

сканирования и при необходимости подвижность источников радиоизлучений (опция R&S SMW-K304). Кроме того, пользователь должен определить направление и характер прихода сигналов, имитирующих отражение радиоизлучения от целей. Расстановка источников электромагнитного излучения отображается на карте (см. рис. 1), на которой в центре полярной системы координат располагается РЛП. Для каждого из источников рассчитываются мощность излучения в месте

размещения, частота, тип излучаемого сигнала, тип диаграммы направленности и тип сканирования антенны.

Одним из важнейших этапов подготовки сценария является описание направленных свойств антенны РЛС. Для этого в Pulse Sequencer вводится информация о ширине диаграммы направленности в азимутальной и угломестной плоскостях, а также о типе и скорости сканирования пространства. На рисунке 2 представлены варианты винтового и растрового

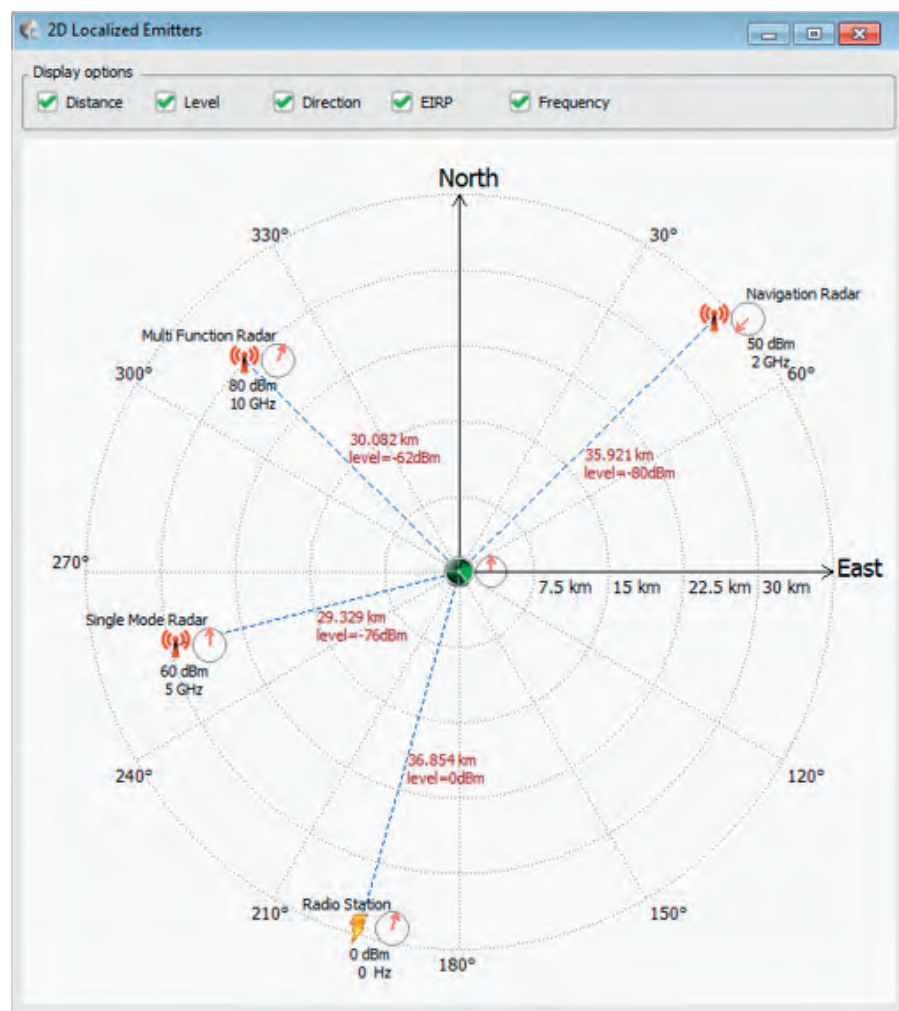


Рис. 1. Отображение сценария в полярной системе

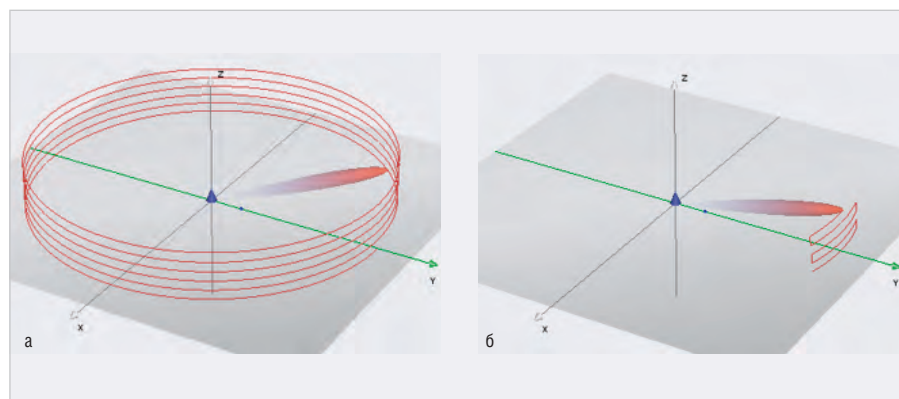


Рис. 2. Примеры типов сканирования пространства в ПО Pulse Sequencer: а) винтовое; б) растровое

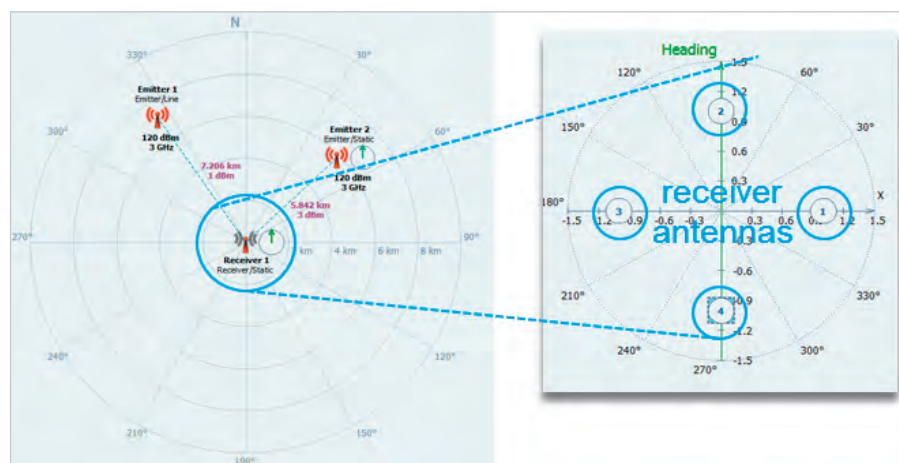


Рис. 3. Задание расположения антенн для многоканальных РЛП

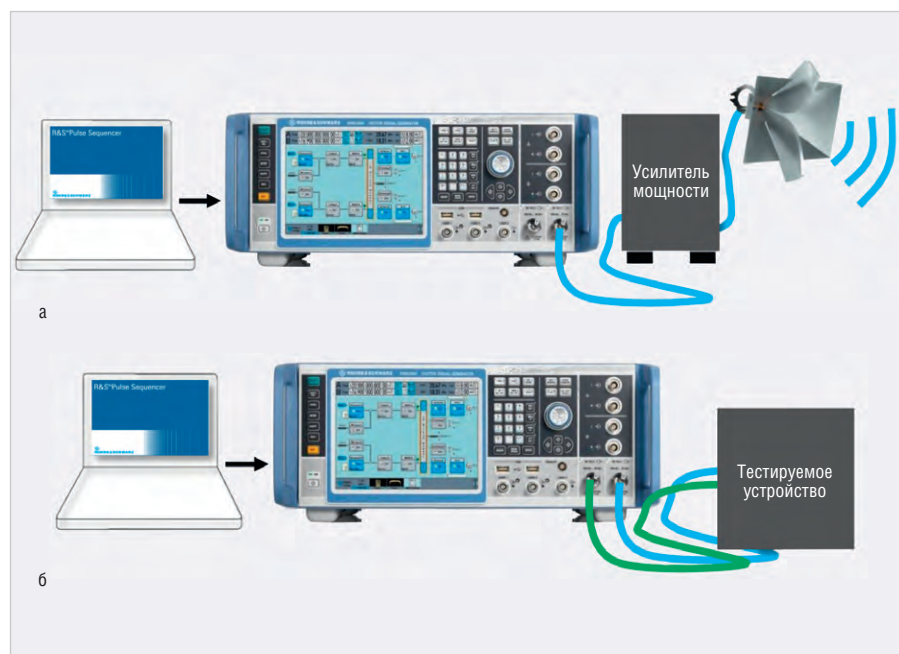


Рис. 4. Примеры схем измерений при использовании ПО Pulse Sequencer: а) с одним каналом и излучением в эфир; б) с двумя каналами и непосредственным подключением к тестируемому устройству

сканирования, типичные для РЛС кругового обзора.

Для РЛП, имеющих несколько радиовходов, ПО Pulse Sequencer также позволяет имитировать направление прихода излучения. Для этого необходимо задать относительное расположение антенн, и тогда в результате многоканальной синхронизированной генерации будут реализованы условия разнесённого приёма. При этом размещение приёмных антенн должно быть привязано к ориентации РЛП относительно источников полезных и мешающих радиоизлучений (см. рис. 3). Такой подход может применяться и для тестирования систем радиопеленгации, например в составе станций радиоконтроля [5]. Если для этого используются два и более векторных генераторов R&S

SMW200A, то для обеспечения фазовой когерентности их гетеродинов включается опция R&S SMW-B90.

Результат формирования сценария представляется в виде файла, в котором содержится информация, достаточная для воспроизведения созданного пользователем комплексного сигнала векторным генератором. После его формирования пользователь может переходить к тестированию РЛП. Типовые схемы соединения оборудования при использовании одного или двух выходов векторного генератора R&S SMW200A представлены на рисунке 4 (для воспроизведения комплексного сигнала требуется опция R&S SMW-K306). Благодаря этому возможности генерации фактически не ограничены сложностью имитируе-

мых видов модуляции. Немодулированные прямоугольные импульсные сигналы, импульсы с ЛЧМ и модуляцией на основе кодов Баркера рассчитываются в генераторе R&S® SMW200A в реальном времени за счёт применения технологии Pulse Description Words. Эта технология позволяет создавать наиболее популярные сигналы. Уникальные пользовательские сигналы можно загружать заранее и проигрывать в эфире в любой момент времени и любой последовательности. Предельная длительность воспроизведения уникальных сигналов произвольной формы при классическом подходе составляет всего несколько секунд, что недостаточно для многих радарных применений. Рассмотренное решение на основе технологии PDW обеспечивает воспроизведение импульсных последовательностей с частотой до 4 млн импульсов в секунду, что даёт возможность тестировать РЛП, защищённые от постановки имитационных помех, и формировать сценарии тестирования неограниченной длительности.

В большинстве случаев рекомендуется использование закрытых трактов передачи радиосигналов. Облучение антенн, подключённых к РЛП, следует считать исключительной мерой, так как такие испытания требуют соблюдения условий использования радиочастотного спектра и должны сопровождаться соответствующими организационно-техническими мероприятиями [6].

При тестировании РЛП иногда требуется проверить динамический диапазон приёмника, скорость работы схем временной автоматической регулировки усиления, способность отстраиваться от преднамеренных помех. При имитации помеховой обстановки для получения сигналов, отличающихся по мощности на десятки децибел, может потребоваться несколько генераторов – вплоть до количества передатчиков, предусмотренного сценарием испытаний. В представленном ранее примере при удалении цели на 50 км уровень сигнала на входе РЛП составляет –131 дБм. Если цель с теми же характеристиками будет находиться на расстоянии 2 км, то мощность увеличится на 56 дБ и составит –75 дБм. С учётом существующих ограничений по динамическому диапазону один IQ-модулятор не в состоянии сгенерировать сигналы со столь различны-

ми мощностями, поэтому здесь требуется второй векторный генератор с независимым IQ-модулятором. Для реализации тестирования такого рода требуется опция R&S SMW-K350. Фазовая когерентность гетеродинов задействованных векторных генераторов обеспечивается использованием опции R&S SMW-B90.

Следует отметить, что ПО Pulse Sequencer может быть использовано и для тестирования элементов передающего тракта РЛС, в том числе на этапе оценки качества функционирования его узлов. В этом случае в составе тестовых схем используются анализаторы спектра, например серии R&S FSW с опцией импульсного анализа. Если речь идёт об одновременном совместном тестировании приёмной и передающей части РЛС, то для этой задачи можно рекомендовать опцию R&S SMW-K78, обеспечивающую работу как с подключением в высокочастотный тракт, так и через эфир. Векторный генератор R&S SMW-200A с такой опцией вместе с анализатором спектра R&S FSW позволяет имитировать цели с заданными параметрами движения и эффективной площадью поверхности для испытываемого радара. Такой комплекс позволяет существенно уменьшить объём полигонных испытаний и сократить сроки разработки. Названные приборы могут использоваться и для решения многих других измерительных задач.

Для создания тестовых сигналов может использоваться среда MatLAB, как альтернатива применению ПО Pulse Sequencer. При этом резко возрастают требования к квалификации оператора, увеличивается вероятность ошибок при программировании – всё это приводит к необходимости верификации сигналов.

Заключение

Таким образом, сложность условий эксплуатации РЛС весьма затрудняет использование технических средств раздельного формирования сигналов для имитации динамики изменения ЭМО. Даже при наличии единого контура программного управления объём подготовительных работ для обеспечения соответствия желаемому сценарию во многих случаях оказывается неприемлемо большим.

Если ЭМО и сценарий её изменения определены, то наиболее простой способ её высокоточной транс-

формации в комплексный сигнал, не предъявляющий чрезмерных требований к квалификации пользователей, состоит в использовании специального программного обеспечения Pulse Sequencer с практически неограниченной сложностью формируемых сигналов. Его применение имеет ещё одно существенное преимущество, состоящее в исключении ошибок при создании сигналов в «ручном» режиме, поиск которых может оказаться сложнее, чем подготовка соответствующих программ.

Литература

1. Бурутин А. Г., Балюк Н. В., Кечиев Л. Н. Электромагнитные эффекты среды и функциональная безопасность радиоэлектронных систем вооружения. Технологии ЭМС. Технология. М. 2010. № 1. С. 3–27.
2. Кечиев Л. Н., Балюк Н. В. Зарубежные военные стандарты в области ЭМС. Грифон. М. 2014.
3. Братчиков А. Н., Васин В. И., Василенко О. О. и др. Активные фазированные антенные решётки. Под ред. Воскресенского Д. И., Канащенкова А. И. Радиотехника. М. 2004.
4. Радзиевский В. Г., Сирота А. А. Теоретические основы радиоэлектронной разведки. Радиотехника. М. 2004.
5. Слободянюк П. В., Благодарный В. Г. Справочник для инженеров по радиомониторингу. Киев. 2012.
6. Бузов А. Л., Быховский М. А., Васехо Н. В. и др. Управление радиочастотным спектром и электромагнитная совместимость радиосистем. Под ред. Быховского М. А. Эко-трендз. М. 2006.
7. Мельников Ю. П. Методы оценки эффективности воздушной радиотехнической разведки. Издательство МО РФ. 1996.
8. Гришин Ю. П., Ипатов В. П., Казаринов Ю. М. и др. Радиотехнические системы. Под ред. Казаринова Ю. М. Высшая школа. М. 1990.
9. Лемешко Н. В. Методы обеспечения межсистемной ЭМС. Курс повышения квалификации. Новая инженерная школа. М. 2016.
10. Ширман Я. Д., Багдасарян С. Т., Малярченко А. С. и др. Радиоэлектронные системы. Основы построения и теории. Под ред. Ширмана Я. Д. Радиотехника. М. 2007.
11. Simplifying Radar Waveform Generation using R&S Pulse Sequencer Software. Application Note. 2017.
12. R&S® Pulse Sequencer Software Options for Rohde & Schwarz signal generators. Specifications. Data Sheet. Version 07.00. ©



Компактные высоковольтные преобразователи напряжения



ПРОПОРЦИОНАЛЬНЫЕ И СТАБИЛИЗИРОВАННЫЕ МОДЕЛИ

Технические параметры

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

Применение

- Медицинская диагностика
- Научное оборудование
- Авиационно-космическая техника

ProSoft®



ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР

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

НОВОСТИ МИРА

Российская микроэлектроника требует 800 миллиардов

На развитие российской микроэлектроники потребуется 798 млрд руб. до 2024 г., следует из проекта дорожной карты по развитию отрасли, который представила госкорпорация «Ростех».

Как сообщает газета «Ведомости», документ под названием «Новые поколения микроэлектроники и создание электронной компонентной базы» госкорпорация направила на рассмотрение в Минпромторг, Минкомсвязи, Минфин и Минэкономразвития. План, в частности, включает разработку чипов с топологическими нормами 65 (55) нм, 28 нм, 14 нм и твердотельных накопителей данных с топологической нормой 25–30 нм.

Эксперты считают, что озвученные планы и технологии, возможно, вовсе устареют к 2024 г.: в современных условиях невозможно освоить такие технологии без международной кооперации, тогда как в дорожной карте ставка делается на внутренний рынок микроэлектроники.

Государство вложит в мероприятия по развитию микроэлектроники около 615 млрд руб., остальные инвестиции составят 102,6 млрд руб., в их числе 30 млрд руб. придется на долю «Ростеха». Согласно плану, к 2024 г. объем экспорта российской микроэлектроники нового поколения достигнет 20,4 млрд руб., а к 2030 г. – 48,8 млрд руб. Внутренний рынок к 2024 г. может составить 466 млрд руб. «Ростех» планирует развивать эти технологии самостоятельно на мощностях дочерних предприятий.

Соглашение о намерениях между Правительством и госкорпорацией «Ростех» в целях развития в России высокотехнологичной области «Новые поколения микроэлектроники и создание электронной компонентной базы» было подписано в ноябре 2019 г. Основным механизмом реализации Соглашения является разработка и реализация «дорожной карты».

В феврале 2020 г. куратором высокотехнологичной области «Новые поколения микроэлектроники и создание электронной компонентной базы» был назначен вице-премьер Юрий Борисов, профильным совещательным органом – коллегия Военно-промышленной комиссии, ответственными ведомствами – Минпромторг, Минэкономразвития, Минфин и Минобрнауки.

Дорожная карта проекта предусматривает целевые показатели технологического развития, включая объем производства и продаж на внутреннем и внешнем рынках продукции (товаров, работ, услуг), основывающейся в том числе на соответствующих отечествен-

ных технологиях; количественные характеристики созданных результатов интеллектуальной деятельности и научных исследований; обеспеченность кадрами с необходимым уровнем квалификации; обеспеченность и качество научно-технологической и производственной инфраструктуры; иные показатели. Кроме того, дорожная карта включает подробный план мероприятий, в том числе: назначение должностных лиц федеральных органов исполнительной власти, компании и иных заинтересованных организаций, сроки реализации отдельных задач и мероприятий, контрольные точки и ожидаемые результаты, необходимое финансовое обеспечение, включая средства бюджетной системы России и внебюджетных источников, принципы и подходы взаимодействия Сторон и иных привлекаемых заинтересованных лиц.

В соответствии с Соглашением о намерениях Правительство отвечает за координацию взаимодействия федеральных органов исполнительной власти, организаций и иных заинтересованных лиц, вовлеченных в достижение целевых показателей и задач, предусмотренных дорожной картой.

Также власти должны создать комфортную регуляторную среду для развития высоких технологий, включая устранение административных барьеров, совершенствование стандартизации и технического регулирования, установление экспериментальных правовых режимов, в том числе для расширения возможностей осуществлять рискованные инвестиции. Правительство должно предоставить меры налогового стимулирования, финансовой поддержки, в том числе при необходимости в форме бюджетных инвестиций, и иных инструментов государственной поддержки. Не менее важно обеспечить применение норм федеральных законов «О контрактной системе в сфере закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд» и «О закупках товаров, работ, услуг отдельными видами юридических лиц» в интересах стимулирования спроса на отечественную высокотехнологичную продукцию. Создать необходимые условия для подготовки соответствующих кадров, а также привлечь научных, научно-исследовательских и образовательных организаций для реализации настоящего Соглашения.

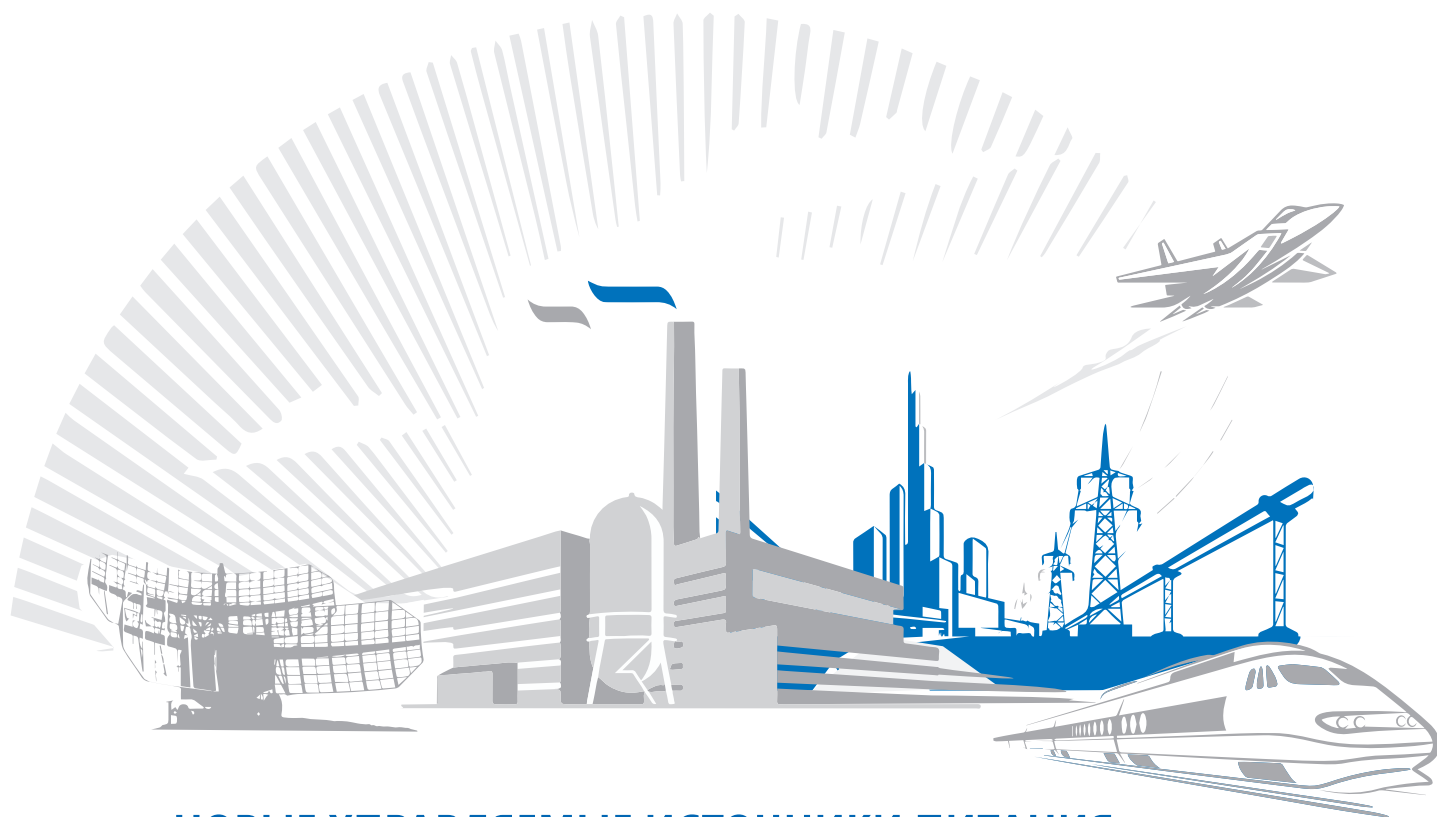
«Ростех» обеспечивает разработку и реализацию «дорожной карты», в том числе в части исследований и разработок в целях формирования научно-технических заделов, создания и коммерциализации результатов интеллектуальной деятельности; осуществления собственных инвестиций и при-

влечения инвестиций иных заинтересованных организаций; привлечения международных специалистов; производства и продвижения продукции (товаров, работ, услуг) мирового уровня, в том числе на базе соответствующих отечественных технологий; создания одного или нескольких центров компетенций; организации и (или) участия в деятельности объединений организаций; реализации механизмов поддержки развития малых предприятий и осуществления венчурных инвестиций в высокотехнологичные стартапы; создания механизма привлечения партнеров и иных заинтересованных лиц, координации взаимодействия между ними и представления их интересов во взаимодействии с Правительством.

Ранее в Минпромторге решили поддержать идею избавить российских производителей радиоэлектроники от уплаты налога на добавленную стоимость (НДС), тем самым заняв противоположную по отношению к Правительству позицию. Идея обнуления НДС принадлежит члену Совета Федерации Алексею Дмитриенко. Своё предложение на рассмотрение в Госдуму он внёс 3 марта 2020 г. В пояснительной записке к документу говорилось, что он затрагивает статью 164 налогового кодекса нашей страны: «Для идентификации российской радиоэлектронной продукции будет создан «сводный реестр российской радиоэлектронной продукции», порядок формирования и ведения которого будут определяться в соответствии с федеральным законом от 31 декабря 2014 г. № 488-ФЗ «О промышленной политике в РФ». Снижение ставки НДС до 0% при производстве российской радиоэлектронной продукции будет существенной мерой поддержки российским производителям».

Правительство, а также другие участники рынка такую идею не поддержали. Чуть позже, в июне 2020 г., в адрес Правительства направили свои предложения Ассоциации разработчиков и производителей электроники. В числе других мер поддержки предлагалось совместно с другими отраслевыми ассоциациями организовать ежеквартальный мониторинг закупок электронного оборудования, а также конкурсной документации по 44-ФЗ и 223-ФЗ на соответствие задачам по импортозамещению и снижению технологической зависимости от зарубежных производителей. АРПЭ также просила установить персональную ответственность руководителей компаний-заказчиков за сокращение доли импортной продукции в закупках, а также за выявленные факты недобросовестности намерений в технической политике и закупках.

CNews со ссылкой на Ведомости



НОВЫЕ УПРАВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ ОТРАСЛЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Серия GXE

- Входное напряжение
85–265 В AC или 120–370 В DC
- Выходная мощность 600 Вт
- Выходные напряжения
24 или 48 В DC
- КПД до 95%
- Высота 1U
- Запуск при –40°C
- Гарантия 7 лет



- Конвективное охлаждение
- Режим стабилизации напряжения
или стабилизация тока
- Аналоговый порт: сигналы on/off, DC-OK,
AC-Fail, Power-Fail, 0–100% выходной ток,
20–120% выходное напряжение
- Цифровой порт (Modbus RTU, на RS-485):
установки выходных параметров +
регулировка фронта нарастания, настройки
защит. Считывание температуры,
времени наработки прибора
- Варианты исполнения: в кожухе или без,
с конформным покрытием платы или без



Применение мультифизического моделирования при проектировании печатных плат электронных устройств

Татьяна Колесникова (beluikluk@gmail.com)

В статье рассматривается задача мультифизического моделирования процессов, происходящих в электронном устройстве, и примеры её решения с помощью программы COMSOL Multiphysics. Средства программы позволяют оценить нагрев компонентов и токопроводящих дорожек, направление протекания тока, распределение электрического потенциала и температуры на поверхности печатной платы, вызванную тепловым расширением деформацию, оптимально скомпоновать печатный узел и выбрать способы его охлаждения.

Введение

Возрастающая доступность больших вычислительных ресурсов и создание современного программного обеспечения позволяют перейти на новый уровень проведения научных исследований электронных устройств на этапе проектирования печатных плат с учётом различных взаимосвязанных физических процессов, протекающих в платах.

Мультифизическое моделирование – активно развивающийся метод компьютерного моделирования, который предоставляет возможность получения многосторонней информации об исследуемом объекте посредством комплексного анализа наиболее характерных для него физических процессов и взаимосвязей между ними. Моделирование основывается на рассмотрении нескольких взаимосвязанных физических процессов в одной модели, например электромагнитных, термодинамических, механических, магни-

тогидродинамических, которые, в свою очередь, зависят от процессов во внешних электрических цепях. Единая математическая модель строится на основе фундаментальных законов различных научных дисциплин и предполагает установление и реализацию междисциплинарных связей для всестороннего исследования физического объекта и получения системного знания о его работе.

Мультифизическое моделирование печатных плат проводится с помощью современных программных пакетов, среди которых можно выделить COMSOL Multiphysics 5.4 – универсальную среду численного моделирования систем, устройств и процессов во всех областях проектирования, производства и научных исследований. В COMSOL Multiphysics решаются стационарные, временные и параметрические задачи электростатики, электродинамики, электромагнетизма,

акустики, теплопереноса, теории упругости, гидродинамики.

Возможность решать тот или иной класс задач реализован в виде специальных прикладных режимов (модулей). При их загрузке автоматически выбирается нужная система уравнений, в которой необходимо задать коэффициенты и граничные условия. Например, модуль Heat Transfer (Теплопередача) содержит полный набор инструментов для выполнения тепловых расчётов и анализа влияния тепловых нагрузок, моделирования полей распределения температур и потоков тепла в устройствах и компонентах печатной платы. Модуль позволяет моделировать системы охлаждения, что особенно актуально при выполнении исследований, связанных с проектированием электронных устройств. На рисунке 1 показано распределение температуры внутри блока питания компьютера. В модели рассчитывается принудительное охлаждение устройства воздухом. Поток создаётся вентилятором, воздух поступает внутрь корпуса через решётку, закрывающую входное отверстие.

Модуль Radio Frequency (Радиочастоты) позволяет оптимизировать конструкцию электронных компонентов и устройств за счёт детального исследования физических явлений распространения электромагнитных волн, микроволнового и радиочастотного нагрева.

Модуль Semiconductor (Полупроводники) позволяет проводить анализ работы полупроводниковых приборов на фундаментальном физическом уровне. Модуль AC/DC предназначен для моделирования задач электромагнитных явлений переменного и постоянного токов, предоставляет множество возможностей для расчёта электромагнитных полей, электромагнитных помех и электромагнитной совместимости путём решения системы уравнений Максвелла с помощью современных численных методов.

С помощью пакета COMSOL можно определить влияние на электротех-

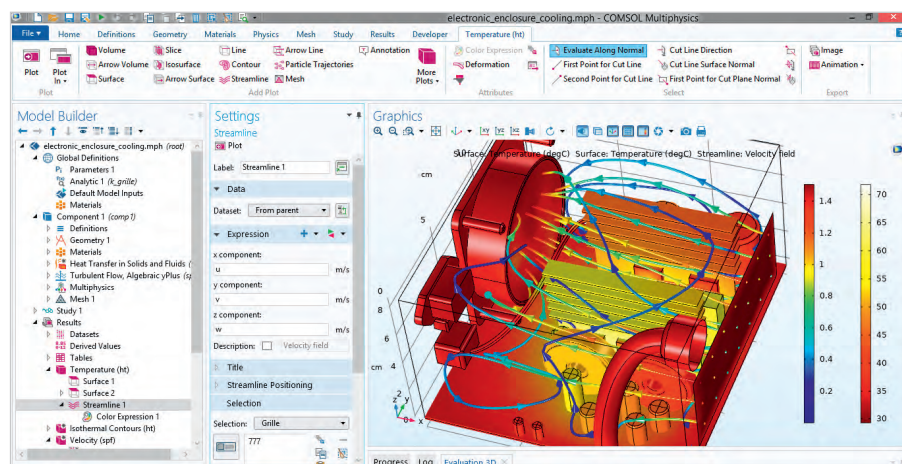


Рис. 1. Пример моделирования охлаждения электронных компонентов блока питания в среде COMSOL Multiphysics

ническую модель связанных физических явлений, относящихся, например, к теплопередаче, механике конструкций и акустике. Могут быть исследованы следующие устройства и эффекты: конденсаторы, катушки индуктивности, датчики, трансформаторы, генераторы и другие компоненты печатной платы, антенны, электрические цепи, паразитные ёмкости и индуктивности, диэлектрическое напряжение, электромагнитные помехи/электромагнитная совместимость, контактное электрическое сопротивление, функциональная надёжность радиоэлектронных средств.

На рисунке 1 показан интерфейс программы COMSOL Multiphysics, который состоит из ленты инструментов (верхняя панель окна программы), окна настроек Settings, дерева модели Model Builder и графического окна Graphics, в котором отображаются результаты анализа в виде графиков, траекторий распространения или картины распределения исследуемых параметров на поверхности модели.

В задачах исследования работы электронных устройств средства COMSOL обеспечивают:

- быстрое и точное представление распределения тепла на печатной плате, скорости и траекторий воздушного потока внутри корпуса устройства как по всей распределённой электросети, так и в отдельных областях платы;
- имитацию и анализ основных механизмов теплопередачи, в том числе конвекции, теплопроводности и излучения;
- создание профилей температуры, цветовой карты превышения температуры, а также отображение мест перегрева платы;
- быстрый и эффективный поиск на печатной плате мест перегрева, подбор решения по их устранению;
- исследование распределения электрического тока, физических явлений распространения электромагнитных волн, радиочастотных помех, теплового расширения, вибрации, вызывающей деформацию и механические напряжения в конструктивных элементах электронного изделия.

Если COMSOL-модель включает в себя несколько связанных между собой прикладных режимов (физических интерфейсов), то такая модель называется

мультифизической. Система COMSOL Multiphysics самостоятельно строит систему связанных дифференциальных уравнений, исходя из требуемых режимов. В качестве примера можно привести изменение удельного электрического сопротивления при изменении температуры. При этом температура изменяется вследствие выделения тепла проводником, по которому протекает электрический ток. В этом случае совместное решение тепловой и электромагнитной задач является связанной мультифизикой.

Весь процесс решения задачи в системе COMSOL Multiphysics можно разделить на несколько этапов:

1. определение физического интерфейса и типа задачи;
2. выбор типа исследования;
3. определение глобальных параметров модели;
4. определение геометрии модели, её параметров, материалов элементов модели, параметров физических интерфейсов и мультифизических связей;
5. настройка параметров расчётной сетки;
6. расчёт задачи;
7. визуализация и анализ результатов расчёта.

После проведения анализа и выявления проблемных областей разработчик на основе возможных решений может внести необходимые изменения в конструкцию устройства и/или проект платы и снова запустить анализ для дополнительного моделирования и определения результативности принятых решений.

Создание проекта

Рассмотрим мультифизическое моделирование в COMSOL Multiphysics на примере исследования размещённого на печатной плате радиокомпонента (силового транзистора). В процессе моделирования выполним расчёт нагрева транзистора, причиной которого может быть температура окружающей среды, внешние источники тепла (например, близко размещённые нагретые детали), токи, протекающие через транзистор. При прямом прохождении тока через проводник наблюдается джоулев нагрев, который необходимо учитывать в конструкции, так как температурные колебания могут изменять проводимость материала, а тепловое напряжение часто приводит к деформации.

Появление на печатной плате областей локального перегрева приводит к заметному изменению электрических параметров одного или нескольких элементов, что, в свою очередь, снижает работоспособность всей схемы. При повышенных температурах не только ухудшаются электрические параметры, но и ускоряется протекание нежелательных физико-химических процессов в материалах и конструкциях компонентов, что значительно повышает вероятность сбоя в работе электронного устройства и может привести в конечном итоге к выходу схемы из строя. Явление джоулева нагрева описывается законами сохранения электрического заряда и энергии. После решения уравнений по этим двум законам мы получим параметры температуры и электрического поля, а также определим деформацию, вызванную тепловым расширением.

Создание проекта в COMSOL Multiphysics предусматривает применение мастера, запуск которого выполняют из стартового окна программы нажатием пиктограммы Model Wizard. Мастер проекта предусматривает последовательный выбор:

- размерности пространства для компонентов исследуемой модели (окно Select Space Dimension). В нашем примере – это трёхмерное пространство (3D);
- физического интерфейса (окно Select Physics). В рассматриваемом примере для решения задачи исследования физических процессов (распределения электрического тока и связанного нагрева, а также вызванной тепловым расширением деформации) понадобятся следующие интерфейсы: Electric Currents (Электрические токи) и Heat Transfer in Solids (Теплопередача в твёрдых телах), которые добавляются выбором пункта Heat Transfer/Electromagnetic Heating (Теплопередача/Электромагнитный нагрев) и типа задачи – Joule Heating (Джоулев нагрев) – в списке в окне Select Physics (см. рис. 2а). Подтверждают выбор нажатием кнопки Add, после чего в поле Added physics interfaces отобразятся добавленные физические интерфейсы, а также мультифизические связи, доступные в группе Multiphysics: Electromagnetic Heating (Электромагнитный нагрев). Переход к следующему шагу мастера выполняют нажатием кнопки Study;

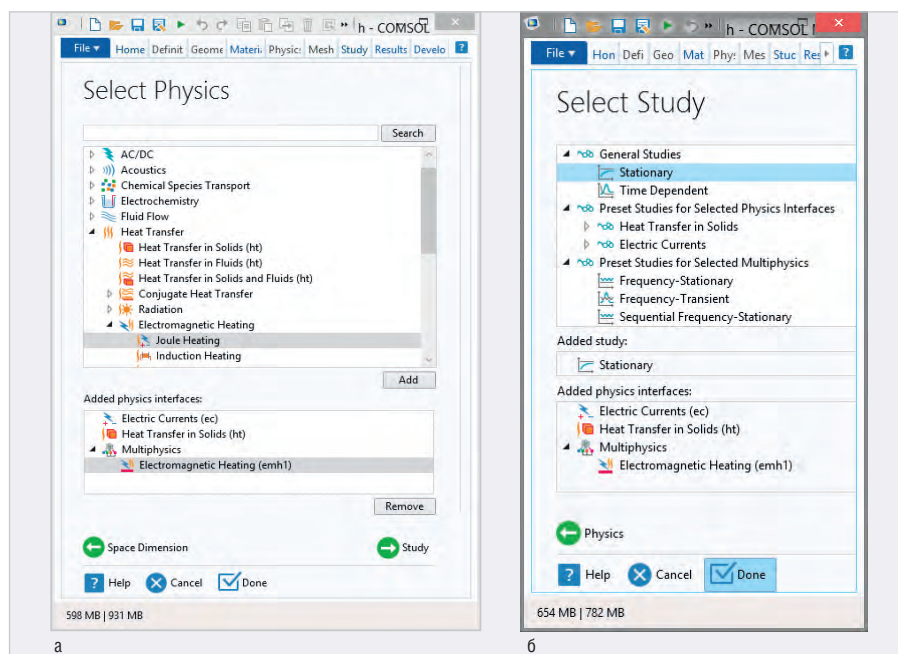


Рис. 2. Мастер создания проекта COMSOL Multiphysics: а) выбор физики; б) выбор типа исследования

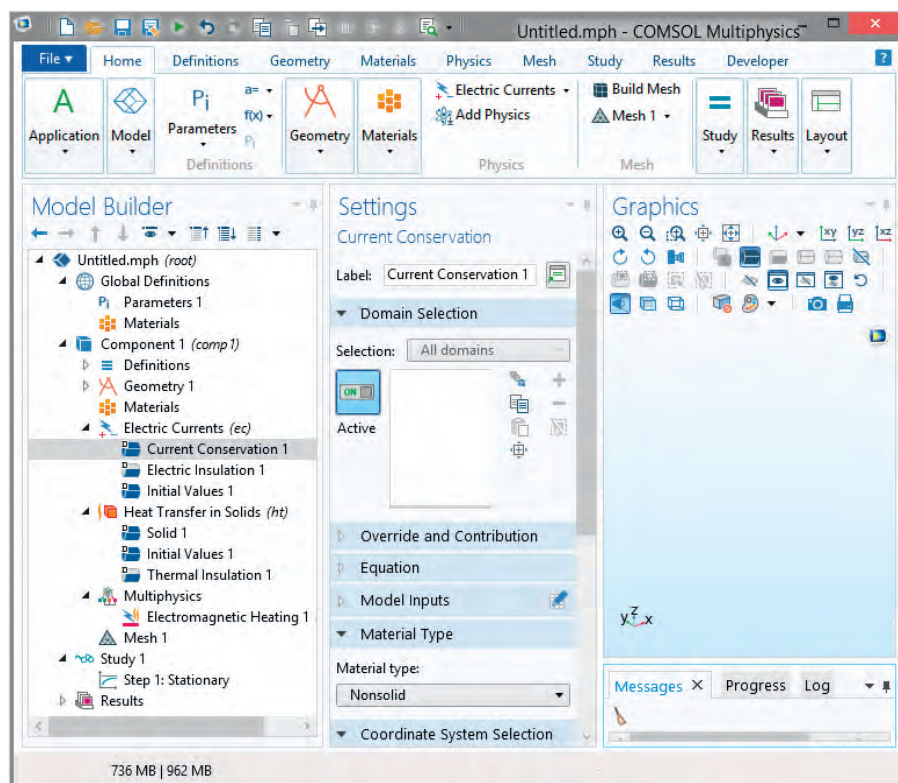


Рис. 3. Новый проект COMSOL Multiphysics, созданный с помощью мастера Model Wizard

- типа исследования (окно Select Study), в данном случае – стационарное (Stationary) исследование (см. рис. 26).

После нажатия на кнопку Done окно мастера закроется, а в COMSOL Multiphysics будет создан новый проект с прикрепленными к нему данными (см. рис. 3). При этом настройки решателя уравнений адаптируются к выбранному типу задачи – джоулеву нагреву. Сохранить новый проект мож-

но с помощью команды Save As верхней панели инструментов окна программы.

Настройка параметров проекта и подготовка к расчёту

Настройку параметров модели в COMSOL Multiphysics выполняют с помощью элементов списка Component дерева модели (окно Model Builder) и полей ввода окна настроек Settings. В окне настроек задают основные характеристики модели, включая

размерность геометрии, свойства материалов, граничные и начальные условия, а также другую дополнительную информацию, которая может понадобиться для решения задачи. Поля ввода значений доступны в окне Settings после выбора мышью нужного элемента в дереве модели, которое отображает структуру и функциональность модели, а также операции, необходимые для её построения и решения с последующей обработкой результатов. В списке Component дерева модели определяют:

- свойства модели, пользовательские переменные и функции (элемент Definitions);
- геометрию модели (элемент Geometry);
- материалы составных элементов модели и их свойства (элемент Materials);
- параметры физических интерфейсов (в нашем примере – элементы Electric Currents и Heat Transfer in Solids);
- параметры мультифизических связей (элемент Multiphysics, в нашем примере – связь Electromagnetic Heating);
- свойства сетки (элемент Mesh).

Для настройки и запуска расчётов используют список Study, а для визуализации результатов анализа и генерации графиков и отчётов – список Results дерева модели.

Определение глобальных параметров проекта

Элементы списка Global Definitions применяют для настройки глобальных свойств проекта. Переменные и функции, область действия которых ограничивается только одной моделью, задают в свойствах модели, используя её элемент Definitions. Создадим три глобальных параметра, для чего выделим мышью в дереве модели элемент Parameters списка Global Definitions и в окне настроек в таблице Parameters определим значения коэффициента теплопередачи, плотности теплового потока и плотности тока эмиттера и коллектора транзистора (см. рис. 4а).

Создание геометрии модели

Создание геометрии модели в COMSOL Multiphysics возможно тремя способами:

- вручную, при помощи инструментов контекстного меню, которое вызывают щелчком правой кнопки мыши по элементу Geometry списка Component;
- добавлением геометрии из другой модели COMSOL (файла с расшире-

нием *.mph) командой контекстного меню Insert Sequence;

- импортированием объекта геометрии COMSOL *.mphbin или файлов, созданных в других программах: AutoCAD (*.dwg), SolidWorks (*.sldprt, *.sldasm), NASTRAN (*.nas, *.nastran, *.bdf, *.dat). Импортирование выполняется командой контекстного меню Import.

Воспользуемся третьим способом, для чего в списке Component дерева модели выделим левой кнопкой мыши элемент Geometry, щелчком правой кнопки мыши вызовем контекстное меню и выберем в нём пункт Import. В результате в списке Geometry появится одноимённый элемент, а в окне настроек станут доступны параметры импорта объекта (см. рис. 4б): тип файла – COMSOL Multiphysics file (поле Source), путь к файлу на диске компьютера (поле Filename) можно ввести вручную или выбрать файл с помощью кнопки Browse. Импорт выполняют нажатием кнопкой Import, в результате чего полученная геометрия модели отобразится в графическом окне проекта.

Определение материалов элементов модели

Для назначения материала элементам модели в списке Component выделяют пункт Materials, щелчком правой кнопки мыши вызывают контекстное меню и выбирают команду Add Material from Library. В открывшемся окне выбирают нужный материал из базы данных COMSOL и добавляют его в компонент кнопкой Add to Component. Добавленные материалы появятся в списке Component/Materials дерева модели. В нашем примере из раздела Built-In базы данных были выбраны материалы: медь (Copper), стеклотекстолит типа FR4, силикатное стекло (Silica glass) и припой (Solder, 60Sn-40Pb). Теперь для каждого отдельного добавленного материала в окне Settings можно настроить его параметры (см. рис. 4в) и определить свойства материала (поле Material Contents), которые потребуются для решения задачи. В данном случае это могут быть: диэлектрическая проницаемость (Relative permittivity), электрическая проводимость (Electrical conductivity), плотность (Density) и др. Кроме того, можно определить элементы модели, которым необходимо назначить материал (поле Selection раздела Geometric Entity Selection).

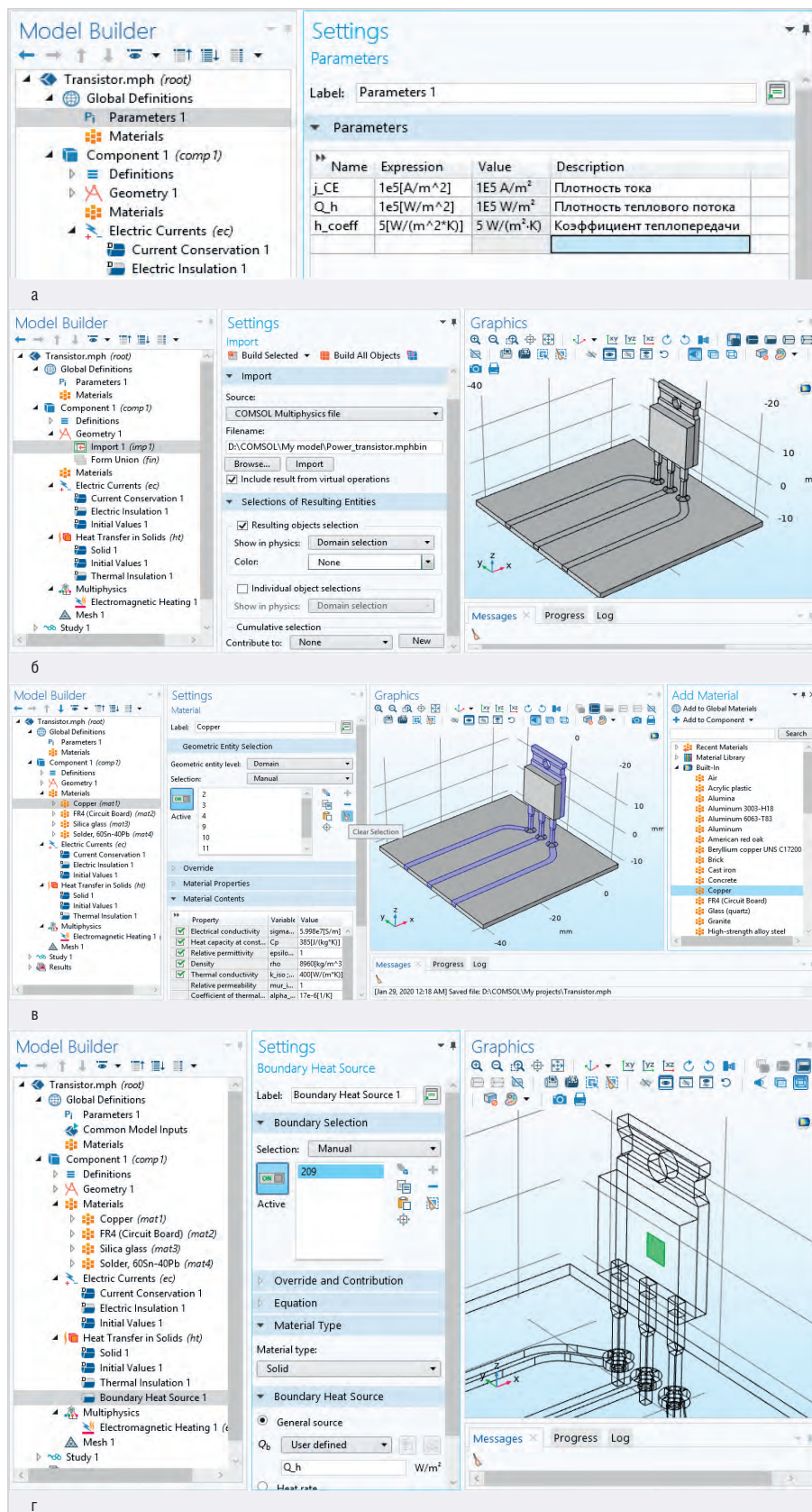


Рис. 4 (начало). Настройка входных данных проекта COMSOL Multiphysics: а) определение глобальных параметров; б) импорт геометрии модели; в) выбор материалов из базы данных COMSOL; г) добавление в задачу источника тепла

Настройка параметров физических интерфейсов

Зададим граничные условия для задачи анализа теплопередачи и распределения электрического тока в

транзисторе. Укажем элементы модели, проводящие ток, для чего щёлкнем левой кнопкой мыши по элементу Electric Currents в списке Component и выделим мышью в графической обла-

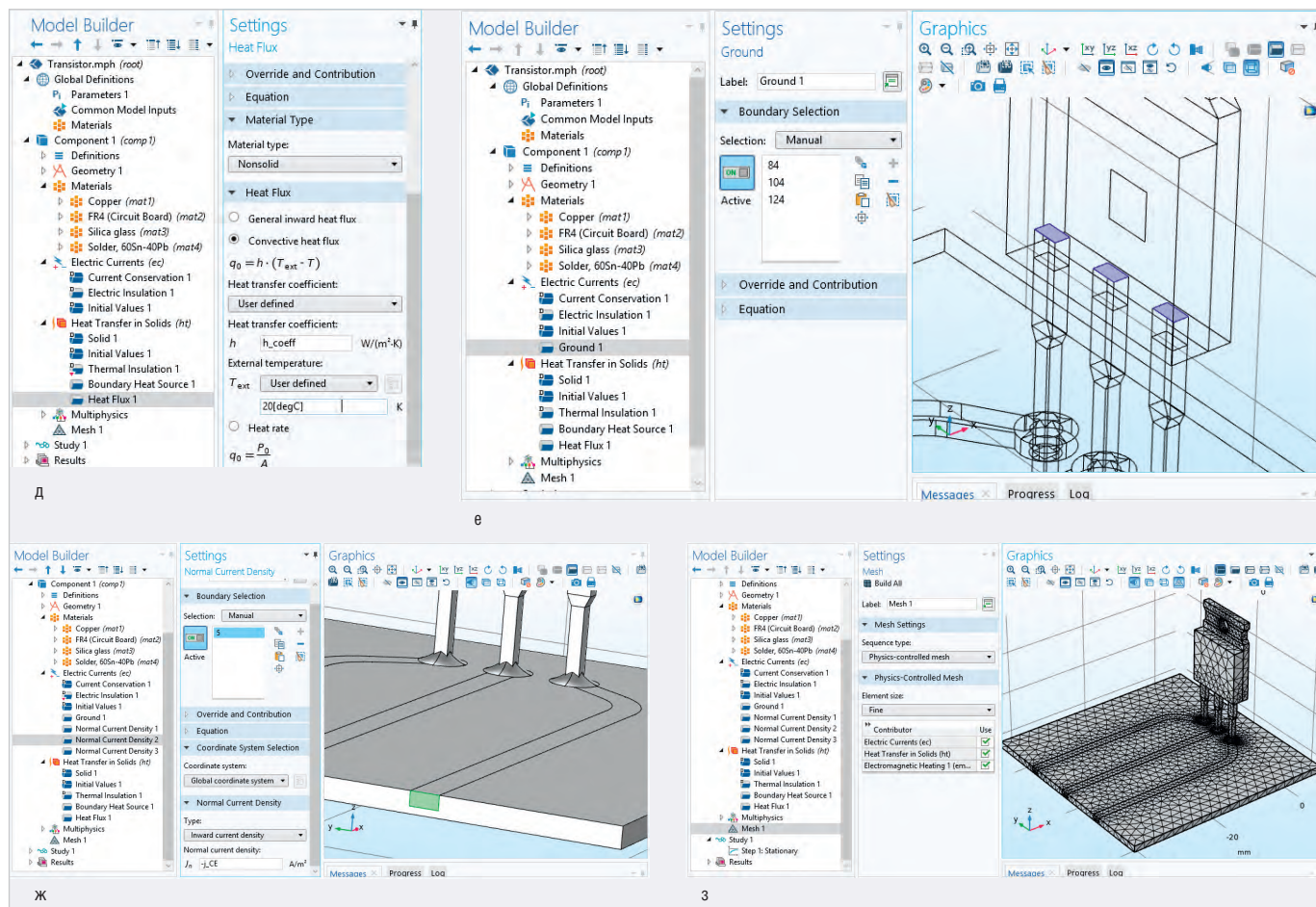


Рис. 4 (продолжение). Настройка входных данных проекта COMSOL Multiphysics: д) определение свойств теплового потока; е) заземление торцов контактов транзистора; ж) определение плотности тока для торца проводящей дорожки платы; з) определение свойств расчётной сетки

сти нужные элементы модели, после чего их номера отобразятся в поле Selection окна настроек.

По умолчанию интерфейсы Electric Currents (Электрические токи) и Heat Transfer in Solids (Теплопередача в твёрдых телах) содержат условия электропроводности и теплопроводности соответственно. С помощью команд контекстного меню можно добавить дополнительные условия и определить для них параметры, например задать источник тепла, заземление, плотность тока, тепловой поток. Новое условие добавляется щелчком правой кнопки мыши по имени физического интерфейса в списке Component и выбором имени условия в открывшемся контекстном меню. После этого новое условие появится в списке как элемент физического интерфейса (см. рис. 5).

С помощью команды Boundary Heat Source контекстного меню интерфейса Heat Transfer in Solids добавим в задачу новый источник тепла – чип транзистора. Затем определим в окне настроек плотность теплового потока Q_b (поле Boundary Heat Source), значение кото-

рой задано глобальным параметром Q_h (см. рис. 4г).

Для описания естественной конвекции воспользуемся командой Heat Flux контекстного меню, открытого щелчком правой кнопки мыши по элементу Heat Transfer in Solids, и определим тепловой поток, который применим ко всем областям модели, контактирующим с воздушной средой. Для этого выделим элемент Heat Flux в списке дерева модели и в окне настроек укажем следующие параметры: значение All boundaries (Все области модели) в поле Selection и коэффициент теплопередачи Heat transfer coefficient h , значение которого h_{coeff} определено одноимённым глобальным параметром. При этом в поле Heat Flux переключатель должен быть установлен в позицию Convective heat flux (Конвективный тепловой поток) (см. рис. 4д). Значение температуры потока указывают в поле External temperature Text, в нашем примере – $+20^\circ\text{C}$.

Для торцов контактов транзистора определим заземление, для чего командой Ground контекстного меню добавим новый элемент в список Electric

Currents и определим в поле Selection поверхности модели (см. рис. 4е).

Для торцов проводящих дорожек платы определим плотность тока (см. рис. 4ж), для чего командой Normal Current Density контекстного меню добавим три новых элемента в список Electric Currents: Normal Current Density 1, Normal Current Density 2 и Normal Current Density 3. Для каждого из них в окне настроек определим в поле Selection соответствующую поверхность, а в поле Normal current density J_n – значение плотности тока: $(1-1e-3) \cdot j_{CE}$ – для условия Normal Current Density 1, j_{CE} – для условия Normal Current Density 2, $1e-3 \cdot j_{CE}$ – для условия Normal Current Density 3.

Создание расчётной сетки

Когда все условия определены, можно перейти к созданию расчётной сетки. По умолчанию система предлагает сетку с довольно крупными ячейками. Такая сетка не может обеспечить хорошую точность решения. Для того чтобы сделать сетку более мелкой, нужно выбрать элемент Mesh дерева модели и в окне настройки определить пара-

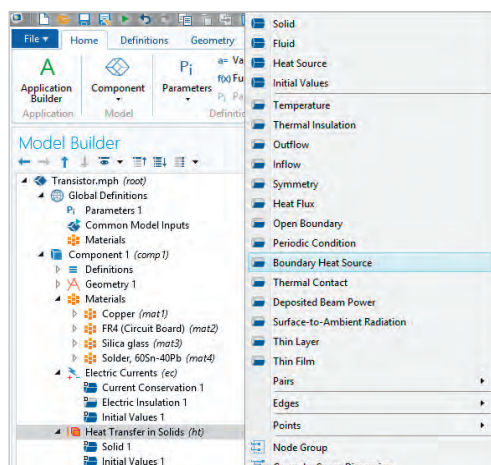


Рис. 5. Добавление нового условия для задачи анализа теплопередачи

метры сетки самостоятельно. При этом необходимо учитывать, что слишком мелкая сетка повысит точность, но процесс решения задачи может занять довольно много времени и системных ресурсов. Поэтому в общем случае предпочтительно находить компромисс между скоростью вычислений и точностью решения.

В нашем примере задан средний размер элементов сетки (значение Fine поля Element size), который будет применён к расчёту всех условий задачи. Генерация сетки выполняется нажатием кнопки Build All, размещённой в верхнем левом углу окна настройки (см. рис. 43). Назначенные параметры модели при выполнении расчёта используются программой в качестве входных данных.

Расчёт проекта и анализ полученных результатов

Когда все входные параметры определены, можно запустить выполнение расчёта проекта, для чего в дереве модели левой кнопкой мыши выделяют элемент Study (Исследование), правой кнопкой вызывают контекстное меню и выбирают в нём пункт Compute (Расчёт). По окончании расчёта COMSOL добавит в список Results дерева модели инструменты, которые позволяют выполнить визуализацию полученных результатов, построить графики и оценить распределение исследуемых параметров на поверхности модели.

Исследование распределения электрического потенциала и направления протекания тока в модели транзистора

Для оценки электрического потенциала на поверхности модели применяют

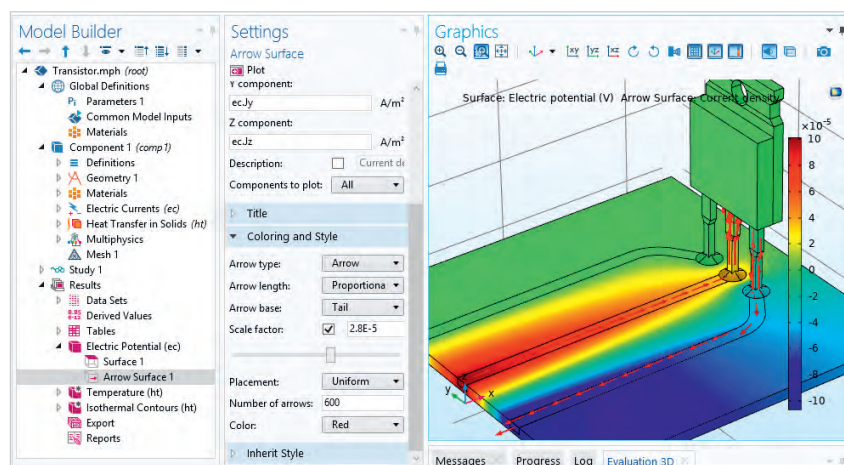


Рис. 6. Картина распределения электрического потенциала на поверхности модели транзистора и стрелочная диаграмма направления протекания тока

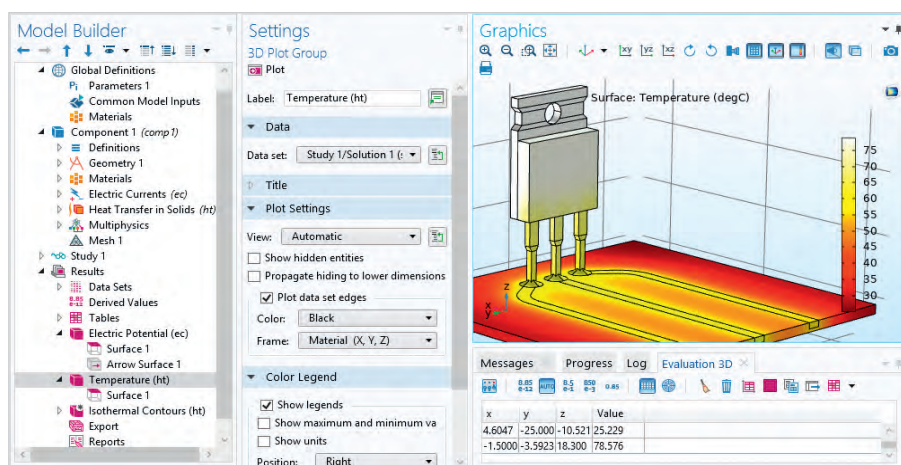


Рис. 7. Распределение температуры на поверхности модели транзистора

инструмент Electric Potential. Для этого выделяют его в списке Results, правой кнопкой мыши вызывают контекстное меню и выбирают в нём пункт Surface (Поверхность). Затем в окне настроек в верхнем левом углу нажимают кнопку Plot (Построить) для отображения распределения параметра на поверхности модели (см. рис. 6). В правой части графического окна показана шкала электрического потенциала, на которой максимальное значение отмечено красным цветом, а минимальное – синим. Для отображения направления протекания тока в модели добавим стрелочную диаграмму, для чего воспользуемся командой Arrow Surface контекстного меню элемента Electric Potential. Количество стрелок, их размер и цвет указывают в окне настроек диаграммы в полях Number of arrows, Scale factor и Color соответственно.

Исследование нагрева компонентов печатной платы

Температуру нагрева транзистора при пропускании заданного тока

определяют с помощью элемента Temperature списка Results дерева модели. Картина распределения температуры на поверхности модели будет получена после выделения мышью этого элемента. Определение температуры в конкретной точке модели выполняют щелчком левой кнопки мыши, после чего значение температуры (Value) и координаты точки (x, y, z) отобразятся в нижней части графического окна на вкладке Evaluation 3D в таблице тестовых точек. Соответствие цветов картины температуре показано на размещённой в графическом окне шкале. Из рисунка 7 видно, что наибольшее количество тепла (+78°C) выделяет корпус транзистора. Такая температура находится в пределах допустимой нормы эксплуатации радиокомпонента и не требует применения дополнительного охлаждения с помощью вентилятора или радиатора. Часть тепла от транзистора отводится по медным трассам. Наиболее «холодный» регион в модели отображается тёмно-красным цветом – это печатная плата. Её темпе-

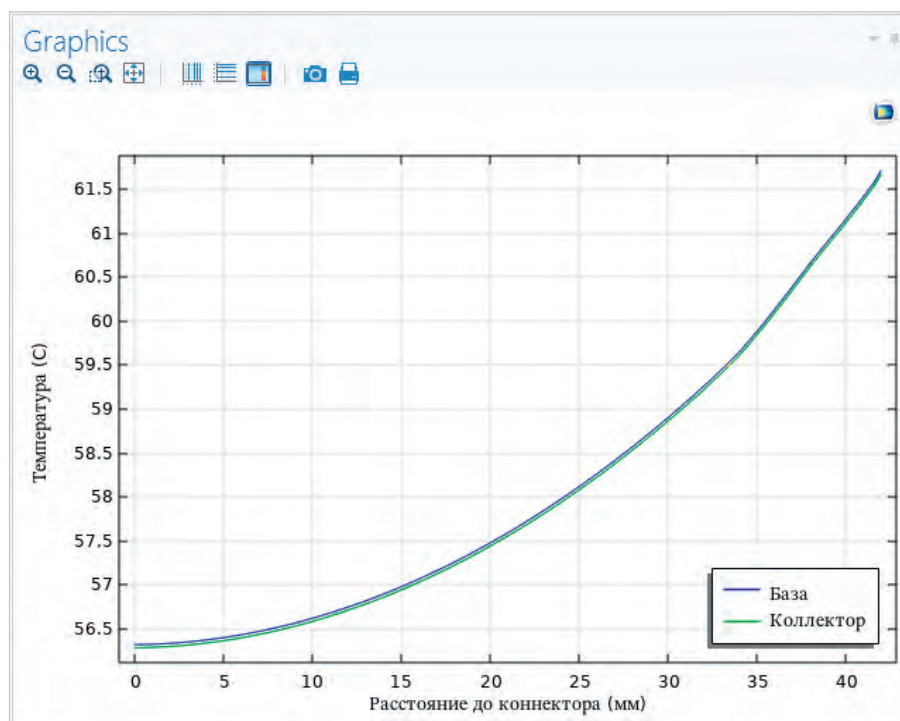


Рис. 8. График изменения температуры медных трасс

ратура составляет +25°C. Плата обладает низкой теплопроводностью и нагревается меньше остальных элементов.

На рисунке 8 представлен график изменения температуры медных дорожек, подключённых к базе и коллектору транзистора: чем дальше от края платы проложены дорожки, тем выше их температура.

Аналогичным образом выполняют исследование и других компонентов печатной платы (см. рис. 9), например интегральной микросхемы или резистора поверхностного монтажа. Как видно из рисунка 9б, максимальная температура резистора составляет +130°C, что превышает допустимую норму эксплуатации

и может вызвать явление теплового расширения.

Настройка параметров и исследование процессов теплового расширения и деформации компонентов печатной платы

Тепловое расширение приводит к механическим деформациям, для исследования которых в COMSOL предусмотрен физический интерфейс Solid Mechanics. Чтобы добавить интерфейс в проект, выделяют строку Component в дереве модели, щелчком правой кнопки мыши вызывают контекстное меню и выбирают команду Add Physics. В открывшемся окне в списке выби-

рают пункт Structural Mechanics/Solid Mechanics (Механика конструкций/Механика твёрдого тела). Подтверждают выбор нажатием кнопки Add to Component, после чего название физического интерфейса отобразится в списке Component дерева модели.

Добавим эффект теплового расширения в анализ и настроим его параметры, для чего выделим строку Multiphysics в дереве модели, щелчком правой кнопки мыши вызовем контекстное меню и выберем в нём пункт Thermal Expansion (Тепловое расширение). Вызванная команда добавит одноимённый элемент в список Multiphysics. Выделим его левой кнопкой мыши и в окне Settings в поле Selection выберем значение All domains (все области). В результате для всех элементов модели будет включено моделирование теплового расширения (см. рис. 10).

Информация о коэффициенте теплового расширения и опорной температуре деформации отображается в разделах Thermal Expansion Properties (Свойства теплового расширения) и Model Input (Параметры модели) окна настроек. Значение коэффициента теплового расширения (поле Coefficient of thermal expansion) можно назначить из списка материалов (пункт From material). Опорная температура деформации (поле Volume reference temperature) по умолчанию равна комнатной температуре (+20°C) и является максимальной температурой, при которой тепловое расширение ещё не наблюдается. В разделе Coupled Interfaces (Сопряжённые интерфейсы) показано, какие два физических интерфейса определяют физику теплового расширения и механику твёрдого тела.

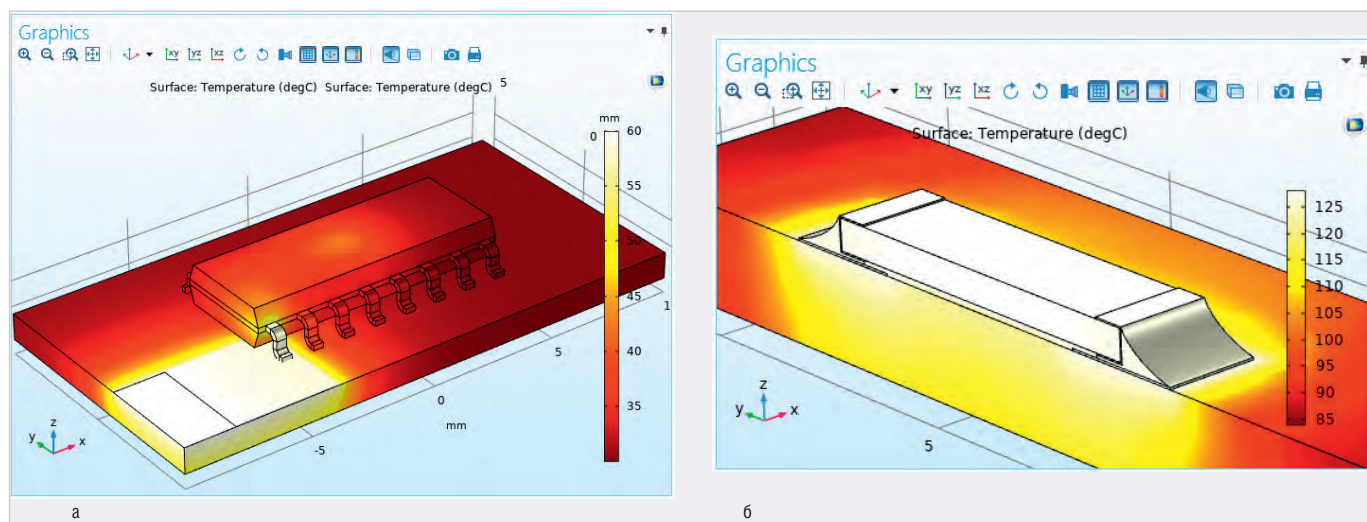


Рис. 9. Распределение температуры на поверхности модели: а) интегральной микросхемы; б) резистора поверхностного монтажа

Запустим расчёт проекта, а затем визуализируем области смещения, вызванного тепловым расширением. Для этого выделим список Results, правой кнопкой мыши откроем контекстное меню и выберем в нём пункт 3D Plot Group. В результате чего в списке Results появится новый элемент, в контекстном меню которого выберем пункт Surface для исследования распределения рассматриваемого параметра на поверхности модели. В окне настройки анализа в поле Expression введём переменную, которая описывает тепловое расширение (solid.disp), в поле Unit укажем единицы измерения (mm) и нажмём на кнопку Plot. В результате в графическом окне программы на поверхности модели в виде цветовой заливки отобразятся области локального смещения, вызванного тепловым расширением (см. рис. 11). Зона максимального расширения на карте определена красным цветом.

Теперь добавим сведения о деформации. В списке Results/3D Plot Group выделим элемент Surface, правой кнопкой мыши вызовем контекстное меню и выберем в нём пункт Deformation. Полученные результаты анализа представлены на рисунке 12. Как видно из рисунка, превышение максимально допустимой температуры эксплуатации радиокомпонента может привести не только к его деформации, но и к деформации печатной платы, на которую он установлен. В результате этого радиокомпонент может работать некорректно или совсем выйти из строя. На рисунке 12а показана деформация резистора, определяемая тепловым удлинением и сдвигом компонента на плате по оси X, а на рисунке 12б – деформация, определяемая изгибом печатной платы. Визуализация областей смещения,

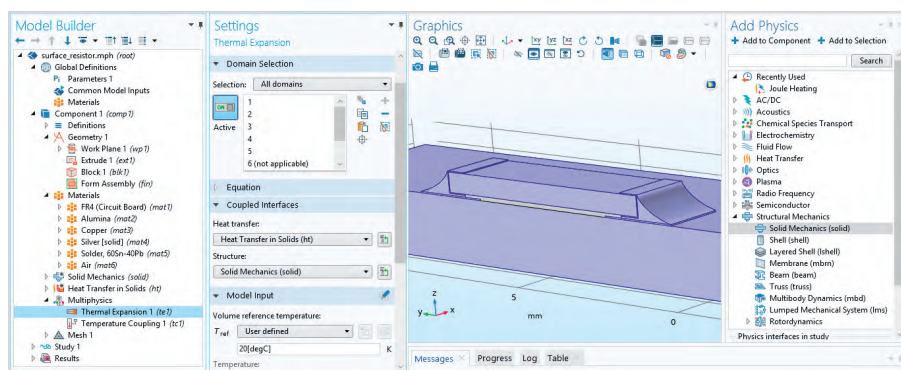


Рис. 10. Добавление в проект COMSOL физического интерфейса Solid Mechanics и его настройка

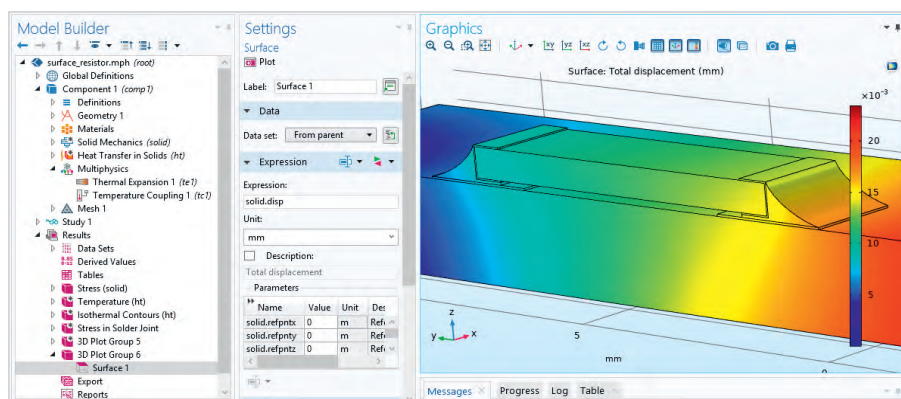


Рис. 11. Исследование теплового расширения резистора

вызванного тепловым расширением, и деформации транзистора при указанных выше настройках представлена на рисунках 13.

Экспериментальные данные, полученные в результате анализа, предоставляют разработчику информацию о состоянии исследуемой модели и процессах, которые в ней происходят. Данная информация будет полезна при прогнозировании распределения тепловых полей в конструкции электронного устройства и позволит своевременно предотвратить недопустимые перегревы.

Заключение

При проектировании современных электронных устройств разработчик всё чаще сталкивается с необходимостью исследования происходящих в них физических процессов, что невозможно без аналитических или численных расчётов. Проведение расчётов позволяет прогнозировать распределение тепловых полей в конструкции и своевременно предотвращать недопустимые перегревы. Численные методы, применяемые в специальных программах, требуют значительных вычислительных и временных ресурсов, но при

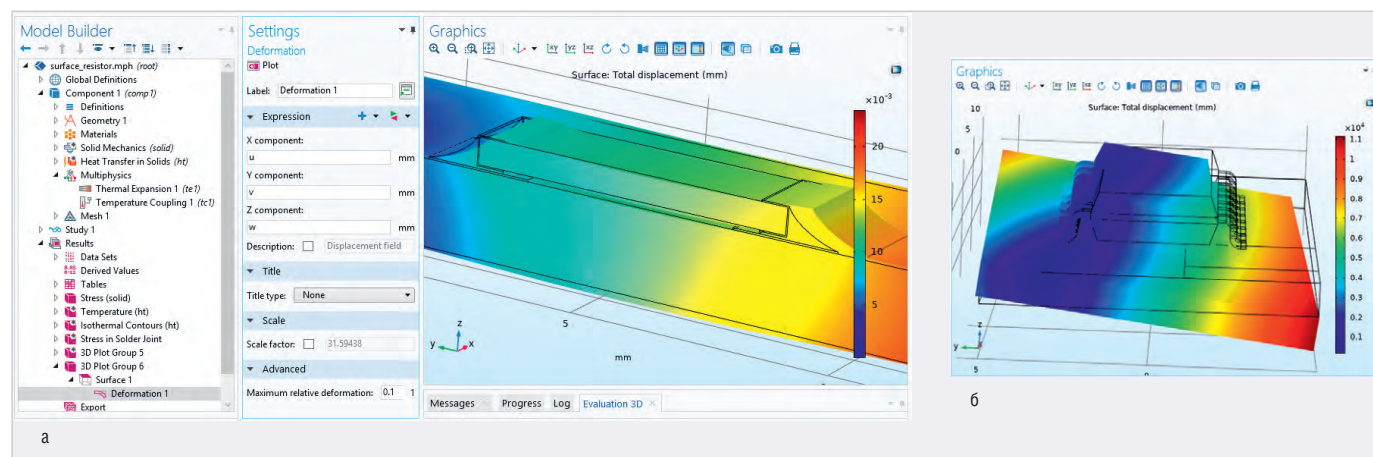


Рис. 12. Исследование деформации резистора (а) и интегральной микросхемы (б) при превышении максимально допустимой температуры эксплуатации

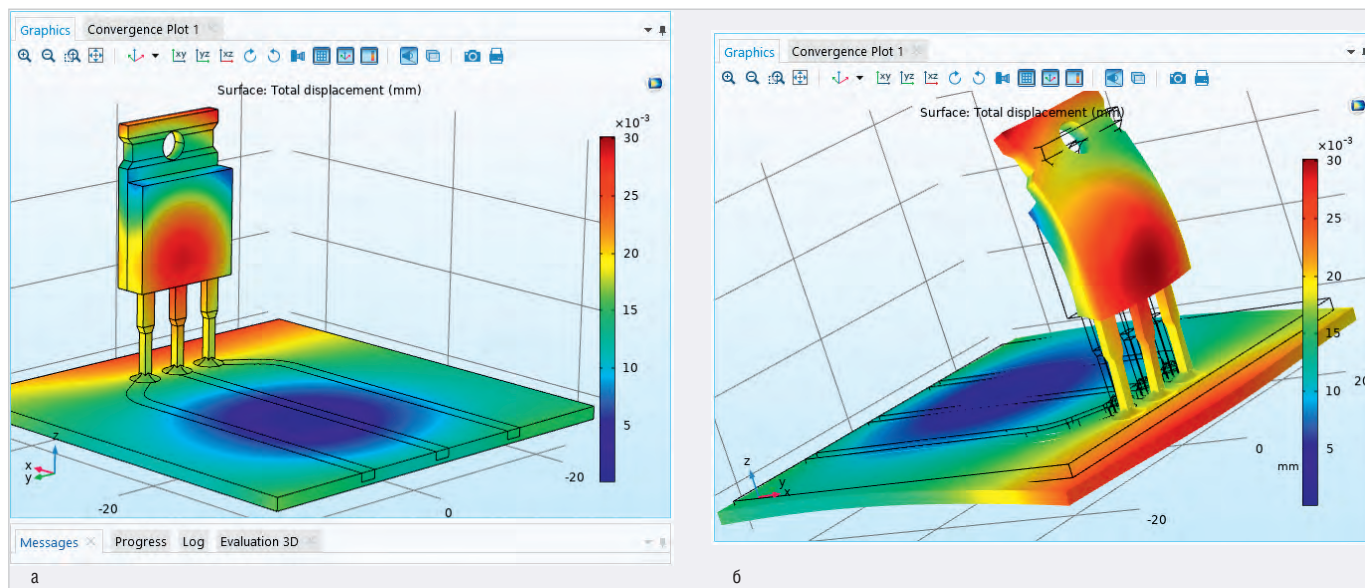


Рис. 13. Области смещения, вызванного тепловым расширением (а) и деформацией транзистора (б)

этом позволяют проводить расчёты с высокой точностью. Такой подход при разработке серийных устройств является более предпочтительным, чем аналитические методы, т.к. последние имеют весьма ограниченное применение, требует использования сложного математического аппарата и могут вносить значительные погрешности в вычисления.

Применение компьютерного моделирования позволяет оценить возможные критические ситуации и установить

предельные режимы эксплуатации непосредственно в среде разработки. Полученные результаты могут использоваться в качестве граничных условий для моделирования на последующих этапах проектирования электронного устройства. Таким образом, мультифизическое моделирование способно уменьшить количество брака, материальные издержки, увеличить срок службы изделия, провести предпроизводственную оценку выполненных исследований.

Литература

1. Красников Г. Е., Нагорнов О. В., Старостин Н. В. Моделирование физических процессов с использованием пакета Comsol Multiphysics. Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ». Москва. 2012.
2. Кучерявая И. Н. Применение мультифизического моделирования в решении задач электротехники. Журнал «Работы ИЭД НАН Украины». 2015. Выпуск 42.



НОВОСТИ МИРА

«Крокус Нанозлектроника» выпустила ЭНЕРГОНЕЗАВИСИМУЮ ПАМЯТЬ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

«Крокус Нанозлектроника» (КНЭ), портфельная компания РОСНАНО, объявила о выпуске чипов энергонезависимой резистивной памяти, созданных на базе технологического процесса 55 нм ULP (Ultra Low Power).



Результаты тестирования подтвердили заявленные характеристики. Дальнейшие работы будут проводиться в

сотрудничестве с российскими и зарубежными партнёрами. Основная цель – интеграция российских чипов памяти в инновационные продукты наиболее перспективных областей микроэлектроники: Интернет вещей, системы искусственного интеллекта, промышленную автоматизацию, портативную и медицинскую аппаратуру.

Резистивная память (ReRAM) – одна из разновидностей энергонезависимой памяти (позволяет сохранять данные при отсутствии питания). «Крокус Нанозлектроника» является единственным в России предприятием, способным серийно выпускать энергонезависимую память нового поколения.

Первые образцы имеют объём памяти 1 Мбит и в краткосрочной перспективе могут быть масштабированы вплоть до 128 Мбит. Выпущенные чипы демонстрируют энергопотребление при операциях чтения и записи на уровне передовых мировых технологий энергонезависимой памяти.

Первым продуктом с новой микросхемой памяти, который планируется к выпуску, является чип радиочастотной идентификации (технология UHF RFID), использующийся, в частности, для маркировки товаров при складском учёте.

Высокая энергоэффективность памяти, производимой на заводе КНЭ, является ключевым фактором для таких приложений, как Интернет вещей и системы искусственного интеллекта. Это сделает реальным выпуск автономных приложений искусственного интеллекта, работающих от батарейки.

Одним из преимуществ технологии ReRAM является устойчивость чипов к воздействию неблагоприятных условий, в том числе высоких температур. Это создаёт дополнительные перспективы её применения в высоконадёжной электронике, включая медицинскую технику.

Разработка и выпуск чипов памяти КНЭ были произведены на КМОП от Shanghai Huali Microelectronics Corporation (HLMC).

ООО «Крокус Нанозлектроника»

РОССИЙСКАЯ НЕДЕЛЯ
ВЫСОКИХ ТЕХНОЛОГИЙ



 Минкомсвязь
России

 МИНПРОМТОРГ
РОССИИ



Федеральное агентство связи
(РОССВЯЗЬ)



СВЯЗЬ

Информационные и коммуникационные
технологии

2–6 ноября 2020

**ВНИМАНИЕ!
НОВЫЕ ДАТЫ!**

**32-я международная
выставка**

Организатор:



При поддержке:

- Министерства цифрового развития, связи и массовых коммуникаций РФ
- Министерства промышленности и торговли РФ
- Федерального агентства связи (РОССВЯЗЬ)

Под патронатом ТПП РФ

Россия, Москва, ЦВК «ЭКСПОЦЕНТР»

www.sviaz-expo.ru

12+

Реклама



Создание посадочного места из модели STEP в САПР Cadence Allegro

Александр Акулин (akulin@pcbsoftware.com)

Многие разработчики печатных плат сталкиваются с необходимостью передачи данных между системой автоматизированного проектирования электроники (ECAD) и САПР механики (MCAD). Это может вызвать различные сложности, а также значительно увеличить время, необходимое для разработки печатной платы. Очень важный момент этого процесса – это поиск или создание корректных посадочных мест (футпринтов) для всех электронных компонентов, особенно нетиповых разъёмов, кнопок и других нестандартных элементов, устанавливаемых на печатную плату.

САПР печатных плат Cadence Allegro с помощью модуля ECAD-MCAD Library Creator даёт возможность легко интегрировать проекты ECAD и MCAD, позволяя использовать 3D STEP-модель, предоставленную производителем ком-

понента, для создания на её основе корректного посадочного места (футпринта) на печатной плате.

В САПР Cadence Allegro можно создавать типовые компоненты на основе хранившихся в библиотеке параметри-

зуемых шаблонов ECAD-MCAD Library Creator. Если компонент нестандартный и под него не разработан шаблон, можно быстро сделать футпринт, взяв за основу 3D-модель компонента в формате STEP.

Что такое модель STEP?

STEP или «Стандарт для обмена данными о моделях продуктов» (ISO 10303) – это международный стандарт, широко используемый для обмена трёхмерными геометрическими моделями между механическими инструментами CAD / CAM, CAE и PCB. Файл в формате STEP содержит поверхности трёхмерного объекта, геометрические очертания, описанные в виде набора координат.

В то время как многие ведущие инструменты разработки печатных плат обеспечивают возможность импорта 3D-моделей STEP для использования в 3D-визуализации, САПР Cadence Allegro с модулем ECAD-MCAD Library Creator – это уникальный инструмент, способный, помимо просто визуализации, напрямую использовать 3D-модели STEP для создания подробных и точных посадочных мест, то есть библиотечных компонентов для печатной платы.

Далее будут описываться этапы создания в редакторе Allegro Library Creator посадочного места из 3D STEP-модели, предоставленной поставщиком.

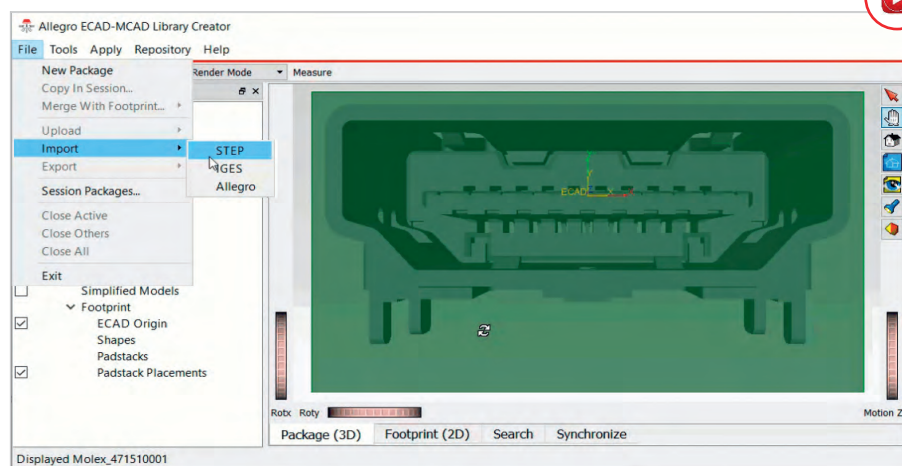


Рис. 1. Импорт STEP-модели в редактор посадочных мест Cadence

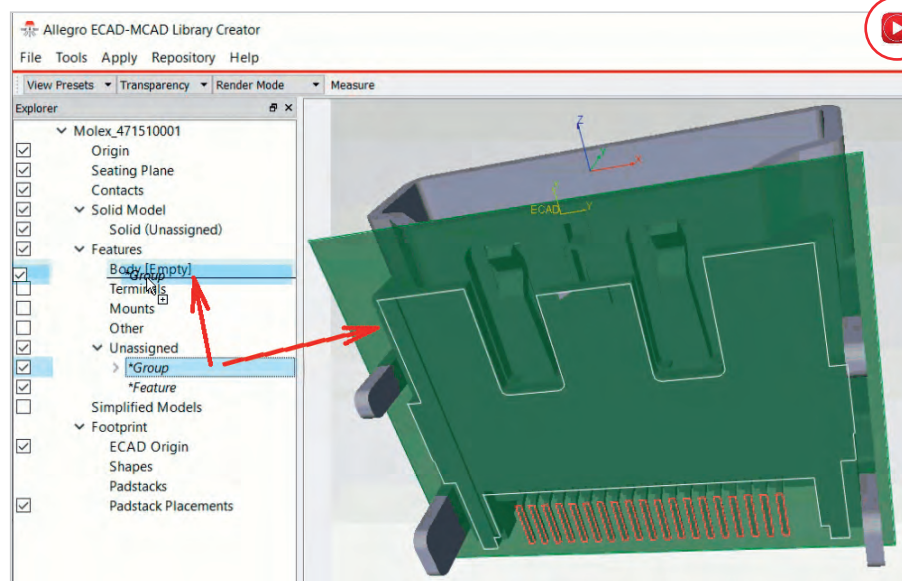


Рис. 2. Создание контактных областей на поверхности 3D-модели

1. Импорт модели STEP

Импорт модели STEP, предоставленной поставщиком, является довольно простым процессом.

Запускается модуль Allegro Library Creator, затем нужно выбрать File → Import → Step (см. рис. 1), файл .stp и нажать Open, чтобы импортировать 3D-модель STEP (по ссылке в интерактивной версии статьи можно посмотреть видеоролик, демонстрирующий описываемые операции).

Модель STEP импортируется и отображается в 3D-виде в центральной части экрана. Слева видна панель менеджера проекта, в котором присутствуют все части импортированной модели в виде списка записей «поверхностей» модели. В нижней части экра-

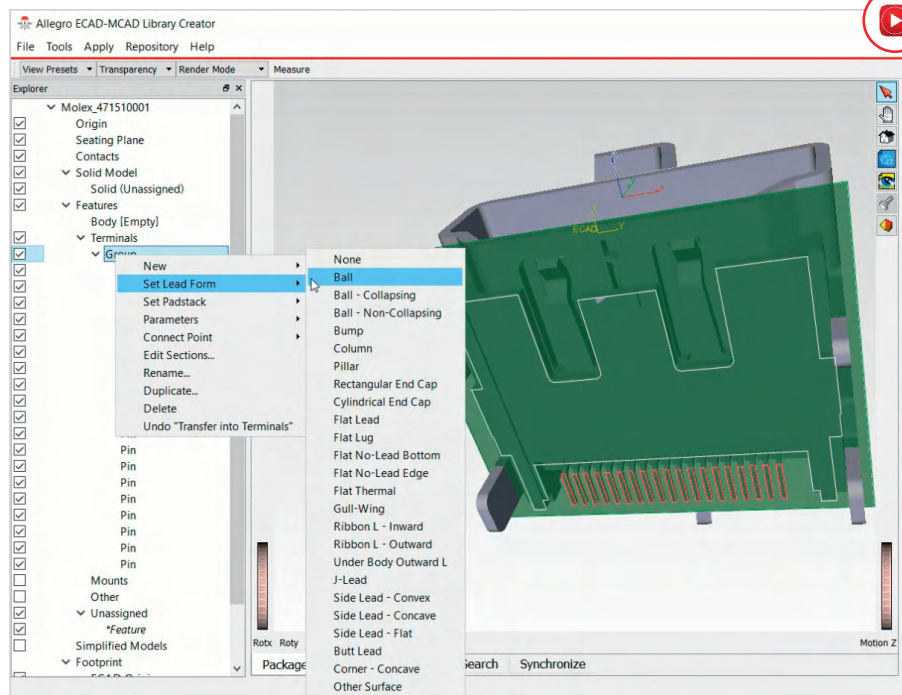


Рис. 3. Назначение типа выводов

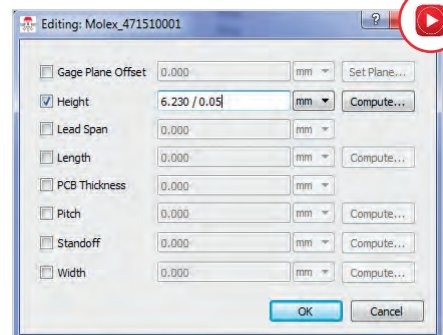


Рис. 4. Назначение высоты компонента

ных областей можно считать завершённой.

3. Назначение типов контактов

Назначение типов контактов делается очень просто. Чтобы назначить типы терминалов, следует щёлкнуть правой кнопкой мыши по нужной группе в разделе *Features – Terminals* и выбрать подходящий тип (то есть форму) контакта в меню *Set Lead Form* (см. рис. 3) (по ссылке в интерактивной версии статьи можно посмотреть видеоролик, демонстрирующий описываемые операции).

4. Назначение высоты компонента

При создании библиотечного компонента из модели STEP важно назначить параметр высоты для модели компонента, для этого необходимо щёлкнуть правой кнопкой мыши по имени модели на панели менеджера проекта и выбрать *Parameters – Edit*. Далее следует установить флажок *Height* и нажать *Compute* (см. рис. 4) (по ссылке в интерактивной версии статьи можно посмотреть видеоролик, демонстрирующий описываемые операции). Library Creator автоматически вычисляет и отображает высоту.

5. Назначение номеров выводов

Library Creator предоставляет несколько опций для назначения номеров контактам. Можно использовать последовательную нумерацию для назначения номеров выводов или нумерацию массивом. Назначение номеров делается с помощью выбора контактов, после чего потребуется щёлкнуть по соответствующему инструменту нумерации (см. рис. 5) (по ссылке в интерактивной версии статьи можно посмотреть видеоролик, демонстрирующий описываемые операции). Эти манипуляции приведут к автоматическому назначению номеров контактов на основе выбранного инструмента нумерации.

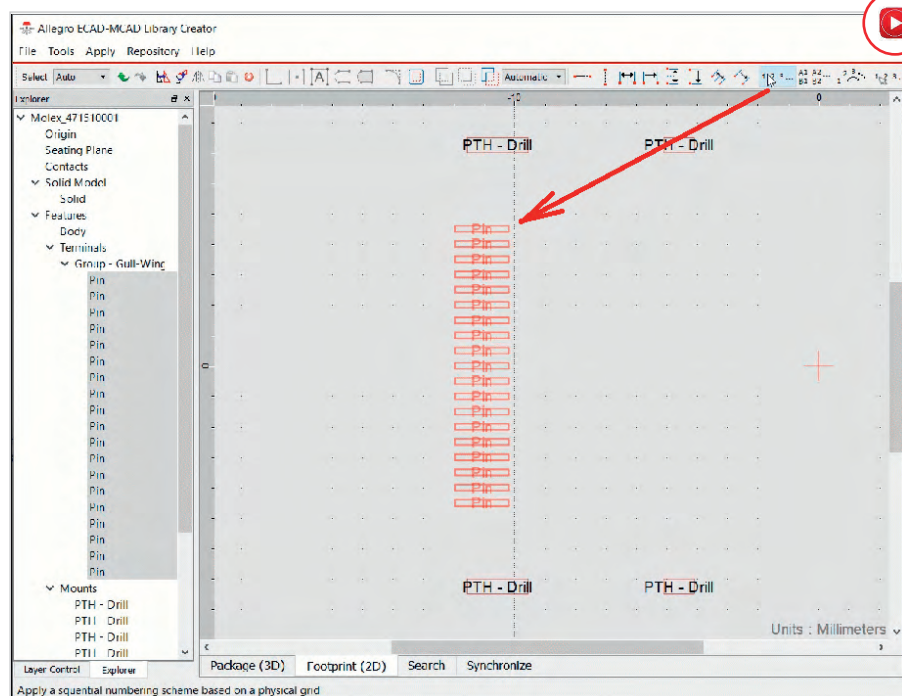


Рис. 5. Назначение номеров выводов

на имеется окно, в котором отображаются сообщения и ошибки импорта.

2. Указание областей контактов

Модуль Allegro Library Creator предоставляет несколько методов для указания областей контактов. Во многих случаях можно легко создавать области контактов, просто щёлкнув правой кнопкой мыши на ещё не назначенную запись, соответствующую подходящей поверхности 3D-модели в списке *Solid Model*, и выбрав элемент в раскрывшемся меню *Contact Features* (см. рис. 2) (по ссылке

в интерактивной версии статьи можно посмотреть видеоролик, демонстрирующий описываемые операции). Это создаёт соответствующие группы объектов в разделе *Features – Unassigned* на панели менеджера проекта.

Allegro Library Creator достаточно умён, чтобы создавать группы из всех объектов одинакового размера. Для сигнальных выводов Library Creator использует терминологию *Terminals* – просто перетащите эти группы в раздел *Features – Terminals*. На этом задачу определения контак-

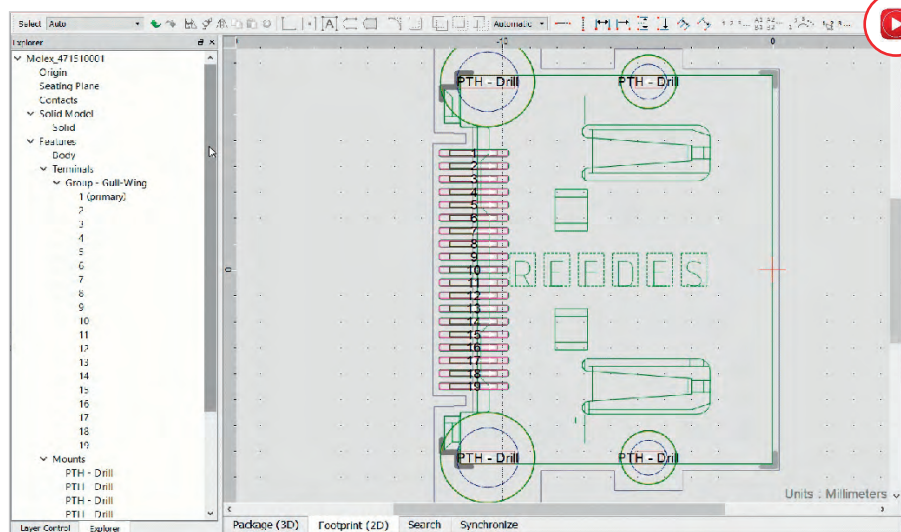


Рис. 6. Создание полноценного посадочного места на основе правил

6. Применение правил к посадочному месту

Теперь пришло время создать библиотечный компонент в соответствии с отраслевыми стандартами. Применение правил к каждому конкретному набору данных является важным шагом, так как это делает посадочное место совместимым с отраслевыми стандартами, такими как IPC-7531. На этом шаге следует просто нажать меню Apply и затем выбрать правило (см. рис. 6) (по ссылке в интерактивной версии статьи можно посмотреть видеоролик,

демонстрирующий описываемые операции).

7. Сохранение посадочного места

На данном этапе важно сохранить изменения в хранилище Library Creator. Чтобы загрузить новый библиотечный компонент в хранилище, необходимо выбрать *File* → *Upload* → *Save New Version* (см. рис. 7) (по ссылке в интерактивной версии статьи можно посмотреть видеоролик, демонстрирующий описываемые операции).

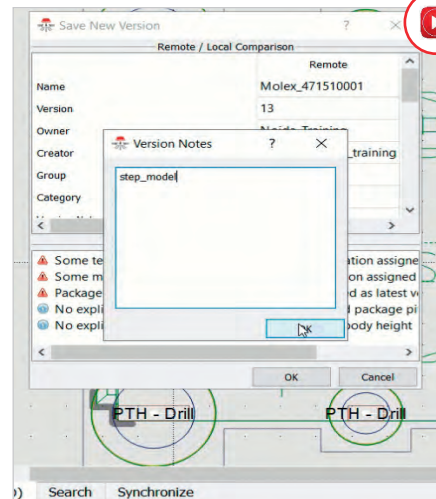


Рис. 7. Сохранение созданного посадочного места в библиотеке компонентов Cadence Allegro

Закключение

В статье описана последовательность шагов для создания посадочного места для компонента в САПР Cadence Allegro с модулем Library Creator из предоставленной поставщиком модели STEP 3D.

С помощью предлагаемого примера проекта [1] можно самостоятельно опробовать все описанные шаги.

Литература

1. Пример проекта. URL: <https://support.cadence.com/apex/ArticleAttachmentPortal?id=a1O0V000009Mqd8UAC&pageName=ArticleContent>.

НОВОСТИ МИРА

ТЕКТРОНИХ И INITIAL STATE ПРЕДСТАВЛЯЮТ ИНТЕГРАЦИЮ СИСТЕМЫ ПОТОКОВОЙ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ С ПРИБОРАМИ KEITHLEY DAQ6510 И DMM6500

Компания Tektronix, Inc. представила систему, объединяющую приборы DAQ6510 и DMM6500 от Keithley с программными информационными панелями Интернета вещей от Initial State для потоковой передачи, визуализации и удаленного доступа к данным. Принадлежащие Tektronix компании Keithley и Initial State объединили платформу потоковой передачи и визуализации данных Initial State с многофункциональной системой сбора данных DAQ6510 и цифровым мультиметром DMM6500. Подобная интеграция предоставляет приборам DAQ6510/DMM6500 функции дистанционного мониторинга, использования интерактивных информационных панелей в режиме реального времени, запуска и совместного использования данных, и всё это без необходимости использовать ПК и внешнее ПО.

Данная платформа, предназначенная для мониторинга, тестирования и потоковой передачи данных, работает по принципу «программное обеспечение как услуга» и способна безопасно представлять данные в конфигурируемые пользователем информационные панели Интернета вещей в режиме реального времени, которые отличаются высокой степенью интерактивности. Высокая скорость, удаленный доступ и удобство использования позволяют мгновенно интерпретировать данные без необходимости в стороннем ПО. Теперь пользователи могут удаленно контролировать ход эксперимента и анализировать его результаты в любом браузере, в том числе и на мобильных устройствах.

Для решения задач тестирования информационная панель может автоматизировать запуск и подачу тревоги на основе входящих данных, поэтому DAQ может проактивно отправлять электронное письмо или SMS-сообщение на основе правил,

установленных пользователем. Эта панель также способна регулярно обмениваться большими объемами данных, выкладывая их на веб-сайте в режиме реального времени. Данные можно загружать и сохранять для личного пользования и документирования или безопасно передавать коллегам и партнерам.

Информационная панель совместима с 6½-разрядным цифровым мультиметром DMM6500 с графическим сенсорным экраном. Этот настольный прибор для производственных испытаний обладает широкими измерительными возможностями, включая захват переходных процессов, визуализацию и анализ данных. Панель также совместима с системой сбора и регистрации данных DAQ6510 со встроенным мультиметром. Она оснащена сенсорным экраном, обеспечивающим более быструю настройку, мониторинг выполнения тестов в режиме реального времени и детальный анализ данных.

www.tektronix.ru

POWER ELECTRONICS



17-я Международная выставка
компонентов и модулей
силовой электроники

27-29 октября 2020
Москва, Крокус Экспо

Силовая Электроника

Единственная в России
специализированная
выставка компонентов
и модулей силовой электроники
для различных отраслей
промышленности

Организатор — компания MVK
Офис в Санкт-Петербурге



Международная
Выставочная
Компания

Реклама

+7 (812) 380 6000
power@mvk.ru

Запросите
условия участия:

powerelectronics.ru

12+

Разработка модели цифрового компонента в Altium Designer

Часть 1

Юрий Леган (yuri.legan@altium.com)

В статье рассмотрены задачи моделирования смешанных электрических цепей, приведены сведения о возможностях интегрированного имитатора электрических цепей Altium Designer, дано описание процесса разработки модели четырёхразрядного счётчика микросхемы MC14520B фирмы On Semiconductor от сбора исходных данных до формирования компонента библиотеки. Статья демонстрирует возможность разработки модели дискретной логики силами пользователя в имитаторе электрических цепей с опорой на сведения из открытых источников.

Введение

Основной задачей моделирования смешанных электрических цепей с помощью имитатора является расчёт переходного процесса и анализ результатов. Расчёт переходного процесса имеет несколько параметров: начальное время, конечное время и шаг времени переходного процесса.

При выборе параметров расчёта переходного процесса следует руководствоваться следующими критериями: искомый переходный процесс должен быть представлен на временной оси, шаг моделирования должен быть минимум в 2 раза меньше времени

самого быстротекущего явления переходного процесса. Требование к шагу моделирования диктуется теоремой Котельникова.

Возможности Altium Designer для имитации смешанных электрических цепей

Altium Designer имеет интегрированный имитатор электрических цепей со смешанными сигналами, который реализуется дополнительным системным модулем Mixed Simulation. Дополнительность системного модуля говорит о том, что модуль доступен для установки, однако при начальной установке

Altium Designer может быть исключён из программы инсталляции. Системный модуль имитатора электрических цепей может быть установлен в любой момент при доступе к установщику Altium Designer. Дополнительную установку системного модуля [1] можно сделать как с помощью пакета офлайн-инсталляции, так и при подключении к учётной записи AltiumLive через сеть Интернет.

Имитатор электрических цепей Altium Designer позволяет выполнять моделирование цепей со смешанными сигналами, имеет встроенную поддержку моделей логических устройств. Перечень базовых моделей логических устройств имитатора приведён в таблице 1.

С полным перечнем поддерживаемых моделей имитатора электрических цепей Altium Designer можно ознакомиться в руководстве пользователя имитатора Altium Mixed Sim на русском языке [2].

Модели более сложных логических устройств должны быть построены на основе перечисленных базовых моделей.

Таблица 1. Базовые модели логических устройств

Тип модели SPICE	Описание типа модели
d_buffer	Цифровой буфер шириной в один разряд
d_inverter	Цифровой инвертор шириной в один разряд
d_and	Цифровой вентиль типа И
d_nand	Цифровой вентиль типа И–НЕ
d_or	Цифровой вентиль ИЛИ
d_nor	Цифровой вентиль ИЛИ–НЕ
d_xor	Цифровой вентиль ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ
d_xnor	Цифровой вентиль ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ–НЕ
d_tristate	Цифровой буфер с третьим состоянием
d_pullup	Цифровой подтягивающий резистор к положительному полюсу питания
d_pulldown	Цифровой подтягивающий резистор к отрицательному полюсу питания
d_open_c	Цифровой буфер с открытым коллектором
d_open_e	Цифровой буфер с открытым эмиттером
d_dff	D-триггер
d_jkff	JK-триггер
d_tff	T-триггер
d_srff	SR-триггер
d_dlatch	D-защёлка
d_srlatch	SR-защёлка
d_state	Автомат состояний
d_fdiv	Цифровой делитель частоты
d_ram	Память с произвольным доступом
d_source	Источник цифрового сигнала

Описание процесса разработки модели четырёхразрядного счётчика

Рассмотрим процесс разработки модели логического устройства – микросхемы четырёхразрядного счётчика Motorola MC14520B. Процесс разработки составной (сложной) модели состоит из нескольких этапов:

- поиск информации;
- построение структуры модели;
- выражение составных частей через модели имитатора;
- параметризация модели;
- идентификация параметров модели;
- верификация модели;
- формирование паспорта модели;
- разработка компонента интегрированной библиотеки.

Поиск информации

Началом разработки модели является сбор и анализ информации об объекте моделирования. Основой для раз-

купи **СЕЙЧАС**
плати **ПОТОМ**



ALTium
DESIGNER20 +



A365

Получите бессрочную лицензию Altium Designer On-Demand

+ годовую подписку A365

с рассрочкой платежа на 6 месяцев



**Electronics Lifecycle
Management**

Altium

www.altiumdesigner-20.ru

ООО "ЭЛМ" официальный дистрибьютор Altium Limited
Тел. +7 (495) 005-51-45 Email: info@elm-c.ru www.elm-c.ru

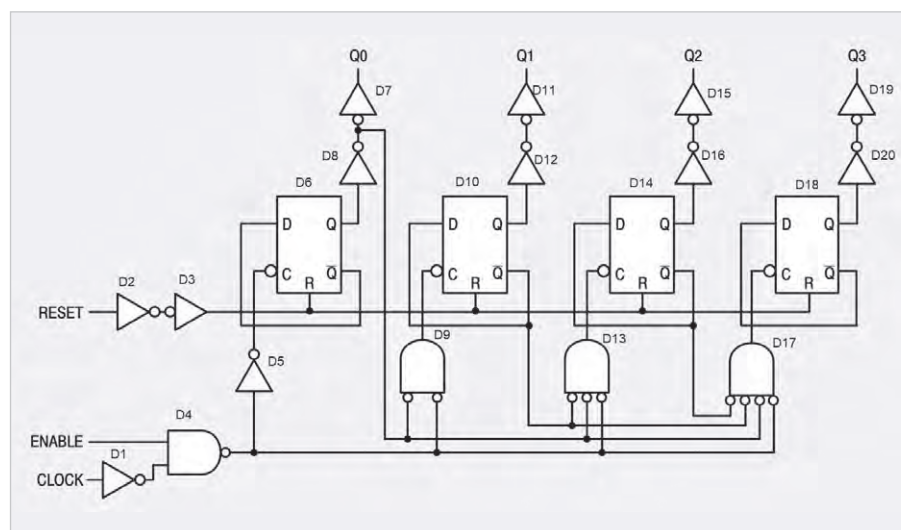


Рис. 1. Структурная схема вентиля микросхемы MC14520B из спецификации с текстовыми обозначениями элементов

Таблица 2. Зависимость входного напряжения от напряжения питания

Характеристика	Напряжение питания, В	Напряжение входа, В
Vil («0»)	5	1,5
Vil («0»)	10	3,0
Vil («0»)	15	4,0
Vih («1»)	5	3,5
Vih («1»)	10	7,0
Vih («1»)	15	11,0

работки моделей могут стать открытые источники информации о компонентах, например спецификация фирмы изготовителя. От разработчика модели требуется: определить структуру составных частей модели, выразить составные части при помощи доступных имитатору базовых моделей, выполнить параметризацию модели (если требуется), выполнить идентификацию параметров модели, произвести верификацию, сформировать паспорт модели для её пользователей.

В спецификации микросхемы MC14520B [3] указано, что она представляет собой сдвоенный четырёхразрядный счётчик импульсов с входами сброса и установки. На рисунке 1 представлена логическая схема половины счётчика. Этот рисунок будет являться основой для построения структуры модели счётчика.

Построение структуры модели

Логическая структура

Логическая структура, предлагаемая в спецификации, содержит следующие элементы:

- инвертор с инверсией на выходе;
- инвертор с инверсией на входе;

- элемент 2И–НЕ;
- элемент 2НЕ–И;
- элемент 3НЕ–И;
- элемент 4НЕ–И;
- динамический D-триггер с инверсией на входе С.

Необходимо выразить элементы логической структуры через базовые логические элементы, поддерживаемые имитатором. Рисунок, приведённый в спецификации, не содержит условных текстовых обозначений элементов, поэтому для улучшения изложения введём обозначения D1...D20 (см. рис. 1), а логическая схема будет выражена в виде принципиальной электрической схемы в Altium Designer.

Поскольку прямые соответствия некоторым элементам логической схемы среди базовых моделей логических устройств имитатора установить невозможно, то придётся выразить таковые элементы через композицию базовых моделей. Это несколько меняет логическую схему, что может повлиять на задержки сигналов, поскольку в имитаторе каждая модель логического устройства имеет ненулевую задержку распространения. Для парирования дополнительной задержки распространения в электрической цепи можно применить один из двух приёмов: уменьшить задержку последующего элемента по пути распространения сигнала или добавить аналогичные элементы задержки в параллельные участки электрической цепи. Первый способ позволяет явно парировать задержку, второй способ предоставляет возможность выполнить выравнивание задержки на параллельных участках. При выполнении компенсации задерж-

ки следует отдать приоритет первому способу по той причине, что он связан с изменением параметров существующих элементов и не требует добавления дополнительных элементов, что снижает временные издержки на выполнение расчёта, так как не приводит к излишнему увеличению сложности электрической цепи.

При разработке структуры модели рекомендуется ориентироваться на допустимые значения электрических и временных параметров, соответствующих рабочей температуре +25°C. В спецификации указано, что типичные значения электрических параметров не должны использоваться при решении задач проектирования, а указаны для демонстрации потенциальной производительности микросхемы.

Структура входов

Информация о технологии изготовления и внутреннем устройстве микросхемы может быть использована для формирования структуры входов и выходов микросхемы.

В спецификации указано, что микросхема изготавливается по КМОП-технологии с P- и N-канальными транзисторами. Все входы имеют диодную защиту. Допустимый диапазон напряжения питания от 3 до 18 В. В спецификации указано, что входное напряжение зависит от напряжения питания микросхемы (см. табл. 2). Входы микросхемы имеют предельную ёмкость 7,5 пкФ. Предельный постоянный ток потребления для входов указан равным 0,1 мкА при напряжении питания 15 В.

Таким образом, для формирования структуры входа следует разработать схему замещения, которая должна быть чувствительна к напряжению питания, а также иметь диодную защиту. К сожалению, в спецификации отсутствует детальная информация о напряжении срабатывания входов от напряжения для типичной микросхемы, а приведены только предельные значения.

Если построить зависимость напряжения срабатывания входа от напряжения питания (см. рис. 2), то можно увидеть, что кривая зависимости меняет свой наклон примерно в области 10 В. Эти характеристики можно аппроксимировать при помощи полинома второй степени (см. линии тренда на рисунке 2). При этом для трёх точек коэффициент корреляции получается равным 1, и применение полино-

ма более высокой степени не является целесообразным. Полиномиальные функции следует использовать в качестве порога для сравнения входного напряжения и формирования логического состояния в выходном каскаде схемы замещения входа микросхемы.

Для формирования порогового сигнала можно использовать упрощающие приёмы, например кусочно-линейную функцию, определяемую таблицей значений координат точек. Кусочно-линейная функция ограничивает значения функции координатами точек, заданными на концах. Поскольку данные о напряжении срабатывания входов известны только для напряжения питания от 5 до 15 В, а допустимое напряжение питания составляет от 3 до 18 В, то применение кусочно-линейной функции в данных условиях не позволит выполнить экстраполяцию при напряжении питания от 3 до 5 В и от 15 до 18 В. В сравнении с кусочно-линейной функцией использование полиномиальной функции позволяет выполнять расчёт порога срабатывания для какого угодно напряжения питания.

При разработке модели часто применяется приём нормирования сигналов таким образом, чтобы логическая структура модели не была чувствительна к напряжению питания микросхемы, а пороги срабатывания входов и выходов масштабировались в зависимости от него. Таким образом, целесообразно определить для напряжения срабатывания, соответствующего логическому «0», величину 0 В, а для соответствующего логической «1» – величину 1 В. Исходя из этого допущения, необходимо добавить в модель входа элемент сравнения, выходное значение которого будет нормировано на указанный диапазон и приведено к потенциалу базовой цепи 0, относительно кото-

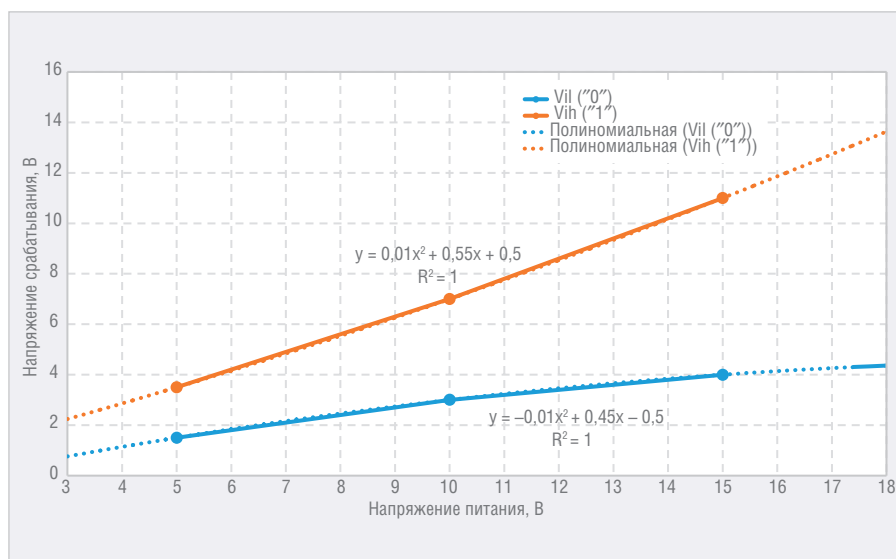


Рис. 2. Зависимость напряжения срабатывания от напряжения питания для входов микросхемы

рой работают базовые модели логических устройств.

Учитывая, что микросхема изготавливается по КМОП-технологии, можно утверждать, что собственное входное сопротивление внутренних цепей микросхемы чрезвычайно велико. Таким образом, ток потребления входов обеспечивается утечками в их элементах защиты. На это косвенно указывают сведения, приведённые в спецификации: допустимое входное напряжение составляет от $V_{SS} - 0,5 \text{ В}$ до $V_{DD} + 0,5 \text{ В}$, ток потребления входов составляет $\pm 0,1 \text{ мА}$ при напряжении питания 15 В. Указанные свойства характерны для маломощных импульсных диодов, которые действительно могли быть изготовлены на едином кристалле микросхемы вместе с логической частью. Исходя из этого предположения и для избегания чрезмерного усложнения модели микросхемы, при верификации достаточно выполнить только оценку тока потребления вхо-

дов без необходимости точной имитации этого эффекта.

Таким образом, схема замещения входа микросхемы должна принять законченный вид (см. рис. 3). Элементы V1 и V2 реализуют диодную защиту. Элементы C1 и C2 реализуют входную ёмкость. Элементы U8 и U9 формируют пороговые напряжения логической «1» и логического «0» соответственно. Элемент U5 реализует перенос сигнала с потенциала узла VSS на потенциал базового узла 0. Элементы U6, U7, A1 (делитель) и A2 (ограничитель) выполняют нормализацию и приведение сигнала к диапазону от 0 до 1 В для последующей обработки логической структурой микросхемы. При этом уровню 0 В соответствует логический «0», а уровню 1 В – логическая «1».

Структура выходов

В спецификации указано, что все выходы имеют предельную нагрузочную способность до 10 мА постоянного тока. Выходное напряжение для

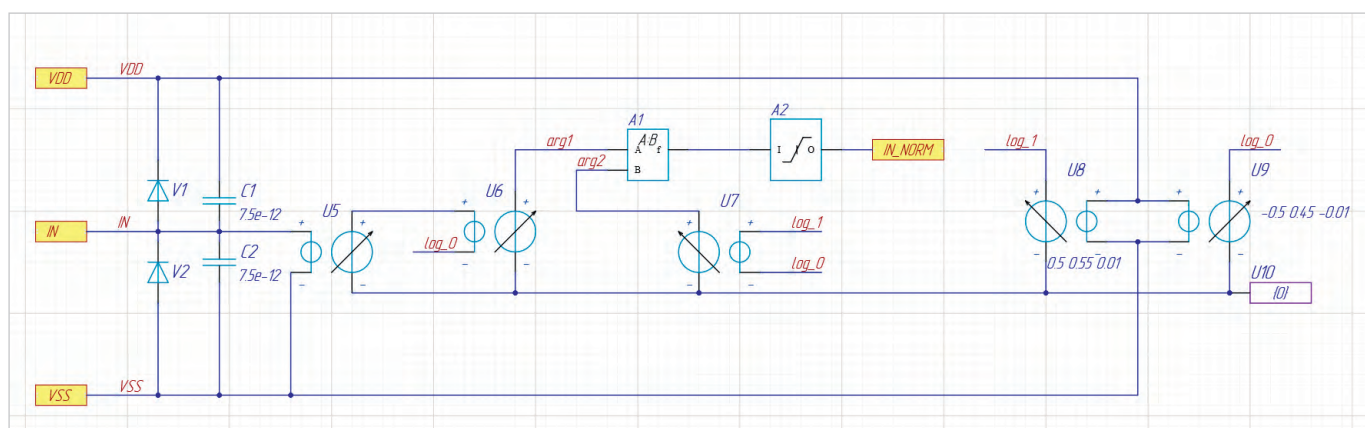


Рис. 3. Принципиальная схема функциональной группы входа (схема замещения)

Таблица 3. Зависимость предельного выходного напряжения от напряжения питания

Характеристика	Напряжение питания, В	Напряжение выхода, В
Vol («0»)	5	0,05
Vol («0»)	10	0,05
Vol («0»)	15	0,05
Voh («1»)	5	4,95
Voh («1»)	10	9,95
Voh («1»)	15	14,95

Таблица 4. Зависимость предельного выходного тока от напряжения питания

Характеристика	Напряжение питания, В	Ток выхода, А
Iol («0», Vol=0,4 В)	5	$0,51 \times 10^{-3}$
Iol («0», Vol=0,5 В)	10	$1,3 \times 10^{-3}$
Iol («0», Vol=1,5 В)	15	$3,4 \times 10^{-3}$
Ioh («1», Voh=2,5 В)	5	$-2,4 \times 10^{-3}$
Ioh («1», Voh=4,6 В)	5	$-0,51 \times 10^{-3}$
Ioh («1», Voh=9,5 В)	10	$-1,3 \times 10^{-3}$
Ioh («1», Voh=13,5 В)	15	$-3,4 \times 10^{-3}$

выходов (см. табл. 3) имеет зависимость от напряжения питания. Нагрузочная способность по току для выходов (см. табл. 4) имеет зависимость от напряжения питания. Сведения из таблиц 3 и 4 предоставляют информацию о предельных вольт-амперных характеристиках (ВАХ) выходов микросхемы в зависимости от напряжения питания.

Для имитации указанных характеристик удобно применить источники тока, управляемые напряжением. Микросхема имеет выходы активного типа. Это значит, что схема замещения такого выхода должна иметь два «плеча»: верхнее плечо имитирует Р-канальный транзистор, исток которого соединён с цепью питания положительной полярности; нижнее плечо имитирует N-канальный транзистор, исток которого соединён с цепью питания отрицательной полярности.

Обозначим нагрузочную характеристику выхода как $I_{\text{вых}}$ и представим как линейную независимую суперпозицию функций, зависящих от напряжения на выходе, напряжения питания и требуемого логического состояния. Для верхнего плеча функция выходного тока принимает вид: $I_{\text{вых_вл}}(U_{\text{вых}}, U_{\text{пит}}) = f(U_{\text{пит}} - U_{\text{вых}}) \times g(U_{\text{пит}}) \times \text{Log}1$. Для нижнего плеча: $I_{\text{вых_вл}}(U_{\text{вых}}, U_{\text{пит}}, \text{Log}0) = f(U_{\text{вых}}) \times g(U_{\text{пит}}) \times \text{Log}0$. Функции f и g – неко-

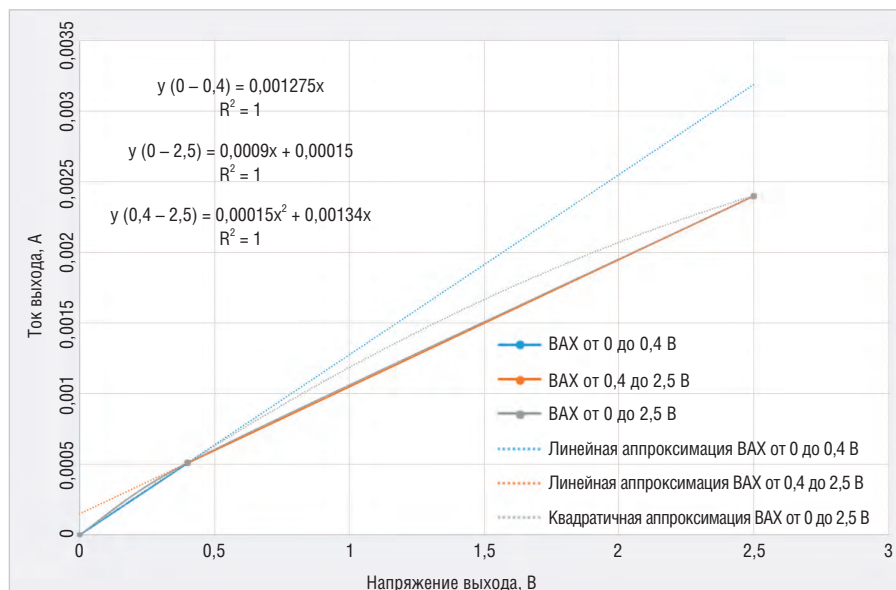


Рис. 4. Зависимость тока выхода от напряжения выхода

торые произвольные линейно независимые функции, которые определяют зависимость от напряжения на выходе и напряжения питания. Функции $\text{Log}0$ и $\text{Log}1$ определяют требуемое логическое состояние выхода ($\text{Log}0 = 1$, если выход должен принять состояние логический «0», и $\text{Log}0 = 0$ – для логической «1»; $\text{Log}1 = 1$, если выход должен принять состояние логическая «1», и $\text{Log}1 = 0$ для – логического «0»). Имея подобное представление, можно подобрать функции f и g такими, чтобы функция выходного тока соответствовала фактической выходной характеристике микросхемы наилучшим образом. Для точной идентификации функций f и g необходимо обладать массивом экспериментальных данных. Так как в текущем случае разработка модели ведётся только по сведениям из спецификации, представляющей предельные допустимые значения величин, и чрезвычайно высокая точность результата не требуется, достаточно попасть в порядок величины выходного тока, то функции f и g допустимо аппроксимировать полиномами первой или второй степени.

Из принятых определений для $I_{\text{вых_вл}}$ и $I_{\text{вых_вл}}$ видно, что функция g является общей для верхнего и нижнего плеч. При этом плечи по своим ВАХ должны быть симметричны. Таким образом, функцию g удобно реализовать в Altium Mixed Sim в форме зависимого источника напряжения, выраженного кусочно-линейной функцией. Значения функции g при этом будут описывать безразмерную величину – некоторый коэффициент, зависящий от напряжения питания. Для идентифи-

кации функции g удобно проводить измерение выходного тока при фиксированном напряжении выхода и изменением напряжении питания.

Идентификацию функций f и g будем выполнять следующим способом, при этом функцию f , имеющую размерность тока, будем для простоты изложений рассматривать для нижнего плеча (плечи имеют симметричные ВАХ):

1. идентифицируем функцию f тока выхода для напряжения питания 5 В в диапазоне от 0 до 2,5 В напряжения выхода с помощью аппроксимации полиномом второй степени;
2. вычислим на основе полученного полинома промежуточные значения для напряжений выхода 0,5 и 1,5 В, одинаковых для напряжений питания 10 и 15 В;
3. перейдём для функции f от напряжений к проводимости, что упростит построение схемы замещения;
4. выполним интерполяцию для известных разных напряжений питания и одинаковых напряжений выхода для того, чтобы экстраполировать проводимость для предельных значений напряжения питания 3 и 18 В;
5. вычислим значения функции g как отношение проводимости для напряжений питания 3, 5, 10, 15 и 18 В к значению проводимости для 5 В, что допустимо сделать, так как проводимость имеет прямую пропорциональность с протекающим током.

На основании предположения, что ток выхода для напряжения выхода 0 В должен иметь ток 0 А, для напряжения питания 5 В получаем три точки на вольт-амперной характеристи-

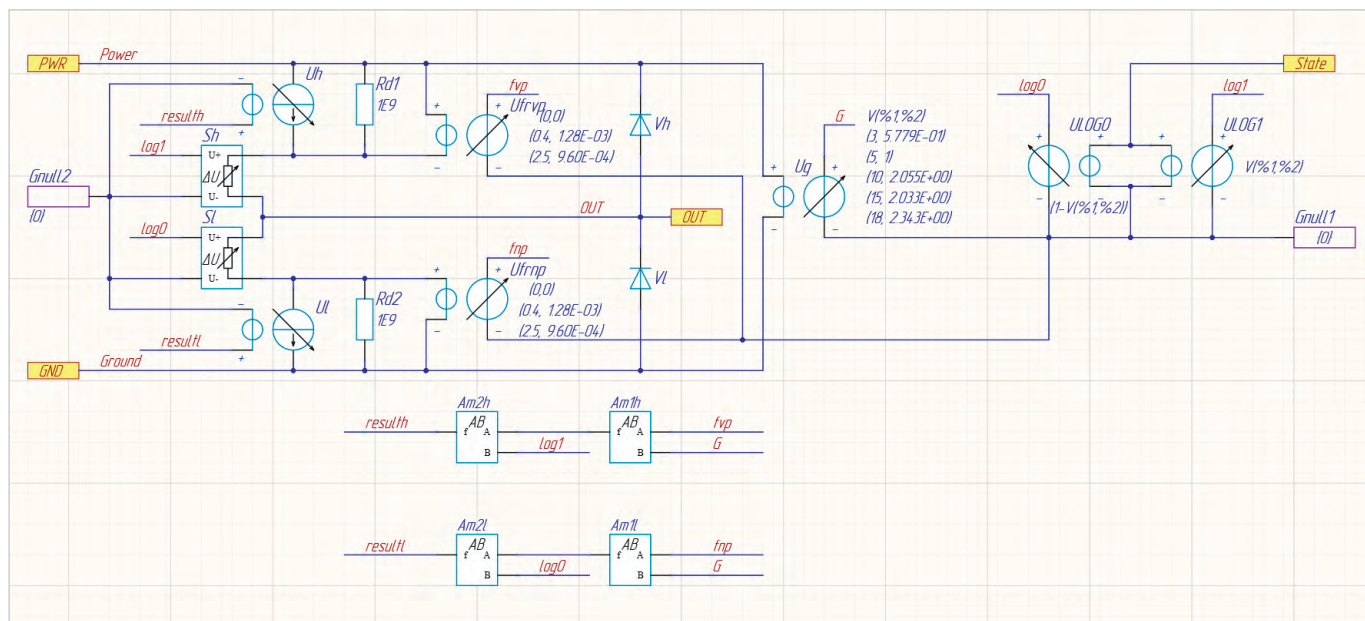


Рис. 5. Принципиальная схема функциональной группы выхода (схема замещения)

ке (0 В, 0 А), (0,4 В, $5,1 \times 10^{-4}$ А) и (2,5 В, $2,4 \times 10^{-3}$ А). На основании этих данных можно выполнить аппроксимацию ВАХ в области напряжения выхода от 0 до 2,5 В (см. рис. 4). На рисунке 4 видно, что линейная аппроксимация отдельных участков между соседними парами точек ВАХ даёт при экстраполяции к другой граничной точке довольно большой промах, а метод аппроксимации полиномом второй степени позволяет достичь коэффициента корреляции $R = 1$ и расположить все точки исходных данных на линии тренда. Уравнение полинома второй степени имеет вид: $y(x) = -1,5 \times 10^{-4} \times x^2 + 1,34 \times 10^{-3} \times x$.

На основании полученного полинома выполним интерполяцию тока выхода для напряжений выхода 0,5 и 1,5 В при напряжении питания 5 В. Для напряжения питания 10 В известен ток выхода при напряжении выхода 0,5 В. Воспользуемся полученным полиномом и рассчитаем значение тока для напряжения выхода 0,5 В при напряжении питания 5 В, получим значение $I_{\text{вых}}(U_{\text{вых}} = 0,5 \text{ В}, U_{\text{пит}} = 5 \text{ В}) = 6,325 \times 10^{-4}$ А. Для напряжения питания 15 В известен ток выхода при напряжении выхода 1,5 В, аналогично $I_{\text{вых}}(U_{\text{вых}} = 1,5 \text{ В}, U_{\text{пит}} = 5 \text{ В}) = 1,673 \times 10^{-3}$ А.

Для упрощения построения схемы замещения удобно использовать для формирования тока выхода источник тока, зависящий от собственного напряжения и управляемый некоторой профилирующей функцией, имеющей размерность проводимости $I_{\text{вых}}(U_{\text{вых}}, U_{\text{пит}}) = G(U_{\text{вых}}, U_{\text{пит}}) \times U_{\text{вых}}$, $G(U_{\text{вых}}, U_{\text{пит}}) = f(U_{\text{вых}}) \times g(U_{\text{пит}}) / U_{\text{вых}}$. Таким образом, определим отношение $f(U_{\text{вых}}) / U_{\text{вых}}$ как функцию $f_{\text{пров}}(U_{\text{вых}})$.

Эти сведения позволяют получить зависимость проводимости источника тока, формирующего ток плеча, используя данные одинаковых напряжений выхода и при различных напряжениях питания. Для получения значения проводимости следует разделить ток выхода на напряжение выхода (см. табл. 5).

Для построения функции $f_{\text{пров}}(U_{\text{вых}})$ для напряжения питания 5 В разделим значения тока выхода на напряжения выхода (приведены в таблице 4). В результате получим набор координат точек для представления в кусочно-линейной форме: (0 В, 0 А), (0,4 В, $1,275 \times 10^{-3}$ А), (2,5 В, $9,600 \times 10^{-4}$ А).

Пары точек из таблицы 5 для одинакового напряжения выхода позволяют выполнить линейную аппроксимацию и достаточно точно экстраполировать ближайшие предельные значения проводимости для напряжений питания 3 и 18 В. Для экстраполяции значения проводимости для напряжения питания 3 В используем значения проводимости для напряжений питания 5 и 10 В при напряжении выхода 0,5 В. Значение проводимости для напряжения питания 3 В и напряжения выхода 0,5 В равно $7,31 \times 10^{-4}$ См. Аналогично для экстраполяции значения проводимости для напряжения питания 18 В используем значения проводимости для напряжения питания 5 и 15 В при напряжении выхода 1,5 В. Значение проводимости для напряжения питания 18 В и напряжения выхода 1,5 В равно $2,6126 \times 10^{-3}$ См.

Так как функция g определяет коэффициент пропорциональности для

Таблица 5. Проводимость выхода при различных напряжениях выхода и питания

Напряжение питания, В	Напряжение выхода, В	Проводимость, См
5	0,5	$1,265 \times 10^{-3}$
5	1,5	$1,115 \times 10^{-3}$
10	0,5	$2,600 \times 10^{-3}$
15	1,5	$2,267 \times 10^{-3}$

тока, а значит и проводимости, в зависимости от напряжения питания, то представим значения координат узловых точек как отношение проводимости для определённого напряжения к проводимости для напряжения 5 В. При этом воспользуемся значениями проводимости для соответствующих напряжений выхода 0,5 и 1,5 В при напряжении питания 5 В. В результате для определения функции g получим следующие точки: (3 В, $5,779 \times 10^{-1}$), (5 В, 1), (10 В, 2,055), (15 В, 2,033), (18 В, 2,343).

Выразить все изложенные выше построения можно в виде схемы замещения выхода (см. рис. 5). Элементы Vh и Vi реализуют диодную защиту. Элементы Sh , Uh , $Rd1$ реализуют верхнее плечо выходного каскада. Элементы Sl , Ul , $Rd2$ реализуют нижнее плечо выходного каскада. Элементы $Rd1$ и $Rd2$ являются фиктивными для обеспечения сходимости расчёта. Причина их добавления в схему замещения заключается в том, что при запертых ключах Sh и Sl и при разомкнутой цепи вывода порта «OUT» формируется условие разрыва электрической цепи для источников тока U_h и U_l , которые могут иметь ненулевое значение. Это

Таблица 6. Предельный ток питания

Наименование характеристики	Ток потребления питания, А
$I_{DD} (U_{пит}=5 \text{ В})$	5×10^{-6}
$I_{DD} (U_{пит}=10 \text{ В})$	10×10^{-6}
$I_{DD} (U_{пит}=15 \text{ В})$	20×10^{-6}

Таблица 7. Зависимость тока питания $I_{пит}$ от напряжения питания

Напряжение питания, В	Ток питания, А
3	$4,4 \times 10^{-6}$
5	5×10^{-6}
10	10×10^{-6}
15	20×10^{-6}
18	$28,4 \times 10^{-6}$

приводит к срыву расчёта по причине отсутствия сходимости: при бесконечно большом сопротивлении цепи ненулевой ток вызывает бесконечно большое значение напряжения. Чтобы обеспечить протекание тока, требуется добавить резисторы с заведомо большим, но конечным сопротивлением. Элементы ULOG1 и ULOG0 формируют пороговые напряжения логической «1» и логического «0» соответственно из сигнала состояния, приводимого на порт «State». Элементы Gnull1 и Gnull2 реализуют потенциал базового узла 0. Все математические операции отсчитываются от потенциала базового узла 0. Элементы Ufrvp, Ufrnp реализуют огибающую ВАХ вывода микросхемы для напряжения 5 В – функцию $f_{пров}$ – для верхнего и нижнего плеча соответственно. Элемент Ug реализует коэффициент умножения тока для напряжения питания – функцию g. Элементы Am1h, Am2h, Am1l, Am2l нужны для выполнения математических операций умножения при вычислении функции сопротивления для каждого плеча выхода (формула вычисления приведена выше). Значению порта «State», соответствующего 0 В, соответствует логический «0» на выходе, значению порта «State2», соответствующего 1 В, – логическая «1» на выходе.

Структура узла регулирования потребления тока питания

Потребление тока питания в спецификации указано зависящим от напряжения питания.

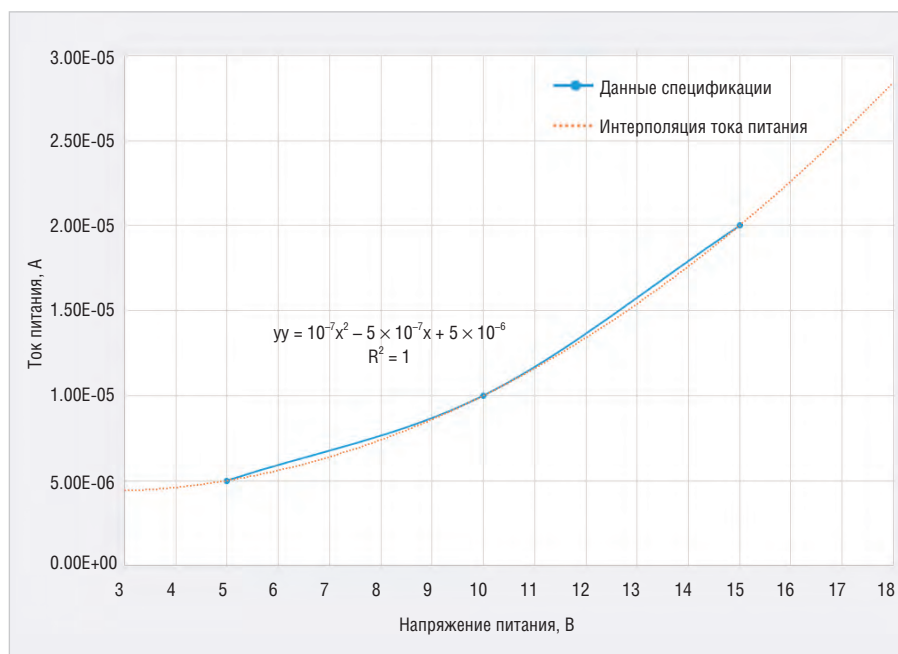


Рис. 6. Зависимость тока потребления от напряжения питания

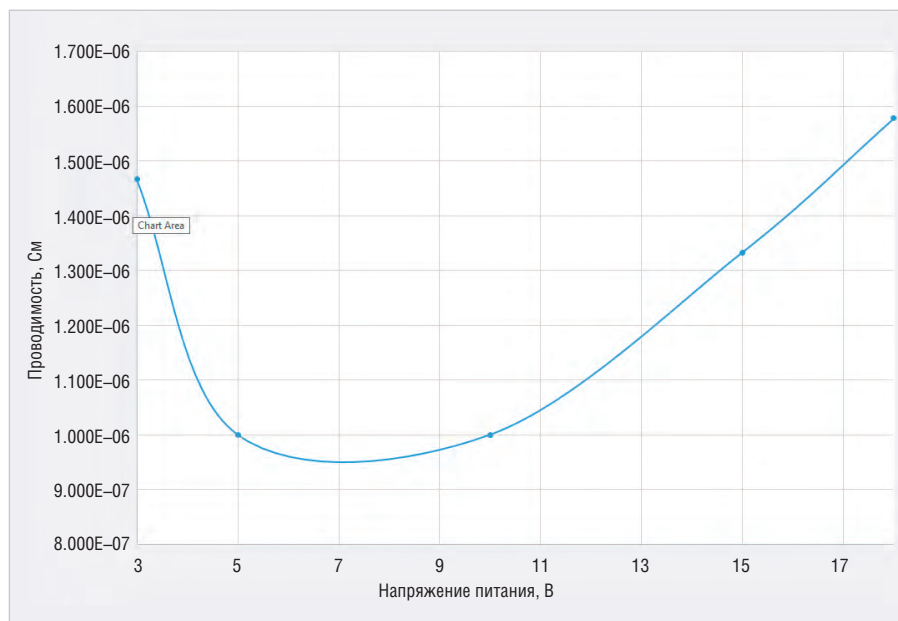


Рис. 7. Зависимость проводимости узла регулирования тока питания от напряжения питания

Поскольку в спецификации указано, что типичные значения должны быть использованы только для оценки производительности, то для построения схемы замещения узла потребления тока питания следует использовать предельные максимальные значения. В спецификации приведены сведения для напряжений питания 5, 10 и 15 В (см. табл. 6).

Однако диапазон допустимого напряжения питания составляет от 3 до 18 В. Следовательно, для получения сведений о токе питания для напряжения питания 3 и 18 В данные спецификации требуется экстраполировать. Данные спецификации по

току потребления удобно аппроксимировать полиномом второй степени. В результате аппроксимации уравнение полинома имеет вид: $I_{пит}(U_{пит}) = 10^{-7} \times U_{пит} \times U_{пит} - 5 \times 10^{-7} \times U_{пит} + 5 \times 10^{-6}$ А, достигнутый коэффициент корреляции $R=1$ (см. рис. 6). Аппроксимация позволяет экстраполировать данные для напряжения питания $U_{пит}=3 \text{ В}$ и $U_{пит}=18 \text{ В}$. Для $U_{пит}=3 \text{ В}$ экстраполированное значение максимального тока питания $I_{пит}=4,4 \text{ мкА}$, для $U_{пит}=18 \text{ В}$ экстраполированное значение максимального тока питания $I_{пит}=28,4 \text{ мкА}$. Совокупность данных по току потребления можно свести в таблицу (см. табл. 7).

Сведения из таблицы 7 можно использовать для представления потребления тока питания в табличной форме, поскольку такая форма является более удобной для последующей модификации модели. Построение узла регулирования тока питания удобно выполнить в форме источника тока, линейно зависящего от падения напряжения на своих выводах. При этом токи питания, приведённые в таблице 6, следует привести к напряжению питания, чтобы получить значение сопротивления узла питания для каждого напряжения питания (см. рис. 7).

Результат можно представить в виде схемы замещения (см. рис. 8). Элемент U_r реализует таблицу сопротивления узла питания в зависимости от напряжения питания. Элемент U_{lc} реализует сопротивление микросхемы току питания, зависящее от напряжения питания.

В следующих частях статьи будут рассмотрены параметризация модели, вопросы идентификации и верификации. Отдельное внимание будет уделено разработке компонента интегрированной библиотеки.

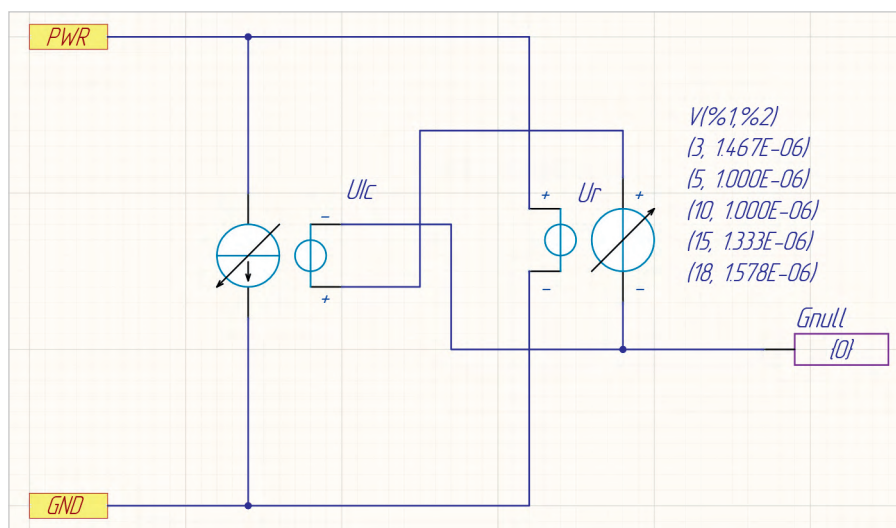


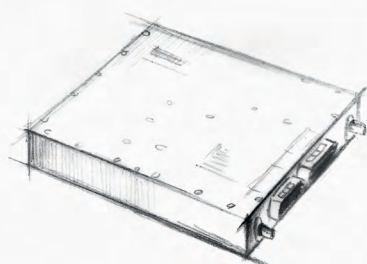
Рис. 8. Принципиальная схема функциональной группы узла регулирования тока питания (схема замещения)

Литература

1. Расширение функциональных возможностей Altium Designer. URL: <https://www.altium.com/ru/documentation/altium-designer/extending-altium-designer>.
2. Altium Mixed Sim. Руководство пользователя Altium Designer. URL: <https://resources.altium.com/sites/default/files/2020-05/Altium Mixed Sim ->
3. MC14518B, MC14520B. Dual up counter. Сайт компании On Semiconductor (лист спецификации в формате pdf). URL: <https://www.onsemi.com/pub/Collateral/MC14518B-D.PDF>.
4. Библиотека базовых моделей Sim Lib GOST. URL: <https://www.altium-ru.com/sites/default/files/attachments/Sim%20Lib%20GOST.zip>.

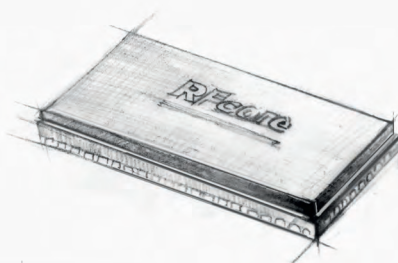


НОВЫЕ МОЩНОСТИ — НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ



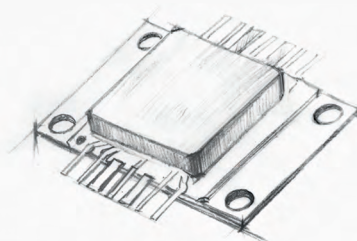
СВЧ-усилители мощности

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



Многофункциональные CMOS MMIC

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



GaN и GaAs MMIC

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

ProCHIP
POWERED BY PROSOFT

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР

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

Реклама

Патриарх отечественной полупроводниковой электроники

Владимир Бартнев (bartvg@rambler.ru)

Статья посвящена 110-летию со дня рождения Александра Викторовича Красилова. Основное внимание уделено важному периоду в жизни советского учёного, когда в 1943 году он возглавил отдел в НИИ-160 (ныне «Исток»), где были созданы первые отечественные СВЧ смесительные диоды, а затем и первые советские транзисторы.

Этот год богат на юбилейные даты людей, внесших существенный вклад в создание и развитие отечественной полупроводниковой электроники. В марте исполнилось 90 лет Ж. И. Алфёрову [1], к сожалению, не дожившему до своего юбилея. В июне С. Г. Мадоян [2] отметила 95-летний юбилей. В сентябре исполняется 110 лет со дня рождения Александра Викторовича Красилова. С его именем связано, прежде всего, создание первого действующего макета советского транзистора. Профессор, доктор технических наук, лауреат Сталинской и Ленинской премий, Красилов известен как видный советский и российский учёный, автор целого ряда направлений в создании и изготовлении полупроводниковых приборов.

После окончания в 1932 году Киевского политехнического института А. В. Красилов до 1941 года работал научным сотрудником отраслевой

вакуумной лаборатории завода «Светлана» в Ленинграде. В 1941–1943 годах А. В. Красилов вместе с другими сотрудниками завода «Светлана» эвакуировали в Новосибирск. Там учёный участвовал в создании радиолампового завода. В августе 1941 года по решению Народного комиссара электропромышленности новосибирский филиал эвакуированного Ленинградского завода «Светлана» был преобразован в самостоятельное предприятие № 617 (ныне ОАО «НЭВЗ-Союз»), которое входило в число организаций, поставляющих продукцию на фронт. С момента начала эвакуации до выпуска первой продукции прошло всего 4 месяца. В короткие сроки на неприспособленных площадях было смонтировано и запущено в эксплуатацию технологическое оборудование. Это произошло в результате самоотверженного труда людей, которые работали на строительстве по 12–18 часов в сутки. Уже к 7 ноября 1941 года завод выпустил первую партию продукции. В первые годы войны завод превратился в наиболее универсальный из всех заводов отрасли, став поставщиком приёмно-усилительных ламп, без которых в то время было невозможно функционирование систем радиолокации, навигации и электросвязи. В условиях военного времени была освоена практически вся номенклатура электронных приборов, выпускаемых ранее «Светланой»: металлические и стеклянные приёмно-усилительные лампы; генераторные лампы малой, средней и большой мощности; газоразрядные и ртутные приборы. Во многом здесь есть заслуга А. В. Красилова.

В 1943 году Красилов перешёл в НИИ-160 во Фрязино, стал начальником отдела. Александр Викторович был переведён из Новосибирска по инициативе первого директора НИИ-160

С. А. Векшинского, знавшего Красилова ещё по работе в Ленинграде и Новосибирске. Это было важное событие в жизни Красилова. В 1943 году по инициативе А. И. Берга было принято знаменитое постановление № 3683сс Государственного комитета обороны «О радиолокации», подписанное Сталиным. В специально организованных ЦНИИ-108 и НИИ-160 начались разработки, направленные на повышение эффективности радиолокационных станций (РЛС) за счёт применения новых радиолокационных электронных приборов: магнетронов, клистронов, ламп бегущей волны и др.

Постановление вышло в год коренного перелома в Великой Отечественной войне, после победы Красной армии в Сталинградской битве и накануне Курской битвы. Во вновь организованных в соответствии с этим постановлением ЦНИИ-108 (ныне ЦНИРТИ им. А. И. Берга) и НИИ-160 (ныне НИИ «Исток») были развёрнуты работы по созданию новых СВЧ-смесителей на кристаллических диодах. Эти работы велись в ЦНИИ-108 в отделе С. Г. Калашникова, а в НИИ-160 – в отделе А. В. Красилова.

РЛС, созданные до Великой Отечественной войны, работали в метровом диапазоне волн, и в них использовались смесители на радиолампах. В США, Германии и Англии во время войны стали проектироваться РЛС для работы в более коротковолновом СВЧ-диапазоне, в котором ламповые смесители были неприменимы. В частности, в известной массачусетской серии книг по радиолокации, выпущенной в 1944 году [3], приводится описание кристаллических диодов, выпускаемых фирмами Sylvania и Western Electric. Диоды применялись в американских РЛС в качестве смесителей для преобразования СВЧ принимаемого сигнала в промежуточную частоту.

Задача создания отечественных кристаллических смесителей встала при проектировании в СССР первой работающей в сантиметровом диапазоне волн радиолокационной станции дальнего обнаружения П-20 «Перископ» [4]. Разработка велась по заданию ВВС согласно двухлетнему плану развития



Красилов Александр Викторович
(14.09.1910 – 07.06.2003)

радиолокации на 1946–1948 годы. Разработку проводил коллектив НИИ-20 (ныне АО ВНИИРТ) под руководством Л. В. Леонова при участии А. Р. Вольперта, Ю. К. Аделя, С. П. Заворотичева и многих других инженеров института. В 1949 году станция прошла в ВВС государственные испытания и показала соответствие заданным требованиям. После принятия на вооружение станция П-20 широко использовалась в войсках ПВО, ВВС, ВМФ и на больших аэродромах гражданского воздушного флота (ГВФ) в качестве РЛС УВД.

В 1946 году А. В. Красилову было дано задание на разработку радиолокационных смесительных диодов. Для решения этой задачи учёному потребовалось воспользоваться немецким опытом: подключить к разработке смесительных диодов немецких специалистов. Здесь нужно вспомнить о Лабораторно-конструкторском бюро (ЛКБ), которое было организовано в августе 1945 года в пригороде Берлина на заводе «Оберштрой» [5]. После войны советская администрация создала на нём ЛКБ, в состав которого вошли как немецкие инженерно-технические специалисты и высококвалифицированные рабочие, так и советские инженеры и учёные.

На опытном заводе НИИ-160 в Томилино Московской области (ныне ООО «Томилинский электронный завод») была смонтирована линия по производству кристаллических диодов для радиолокации, вывезенная из Германии. Разработками диодов для неё занималась исследовательская группа в НИИ-160 под руководством А. В. Красилова. Задание Красилов выполнил. К февралю 1947 года на заводе в Томилино были изготовлены большие партии смесительных диодов для диапазона радиоволн 10 и 3 см.

В 1947 году Красилов стал кандидатом технических наук. В 1950 году Сталинской премией третьей степени были отмечены работы по смесительным диодам.

1947 год, 21 декабря. Уильям Брэдфорд Шокли, Джон Бардин и Уолтер Хаузер Браттейн в Bell Telephone Laboratories USA продемонстрировали работу первого в мире точечного транзистора. Информация об этом изобретении появилась в журнале The Physical Review в июле 1948 года.

Через 4 месяца, 15 ноября 1948 года, Красилов разместил первую в СССР публикацию о транзисторах в журна-

ле «Вестник информации» под названием «Кристаллический триод» [6].

На последней странице особенно интересен вывод: «Сейчас ещё трудно сказать, насколько оправдаются возлагаемые на кристаллический триод надежды. По-видимому, он скорее дополнит, чем заменит собой электронные лампы». Такой пессимистический прогноз во многом объяснял, почему начатую в НИИ-160 первую НИР по транзисторам («Точка») в декабре 1948 года выполняла дипломница Московского химико-технологического института Сусанна Мадоян. К счастью, она оказалась способной ученицей. В феврале 1949 года в НИИ-160 был создан первый в стране макет точечного германиевого транзистора. Задачей Мадоян было с помощью экспериментальной установки получить благодаря полупроводниковому триоду усилительный эффект. И такой «усилительный эффект» был получен. В 1949 году было зарегистрировано создание первого советского триода (термин «транзистор» тогда никто не применял), авторами которого стали научный руководитель А. В. Красилов и студентка-дипломница Сусанна Мадоян. В том же 1949 году Мадоян получила диплом с отличием специалиста по электронным приборам, которые стали делом всей её научной и педагогической жизни.

Впрочем, предоставим слово самой С. Г. Мадоян [2]: «Осенью 1948 года я выполняла дипломную работу в НИИ г. Фрязино. Она называлась «Исследование материалов для кристаллического триода». Руководил работой Александр Викторович Красилов. «Исследование материалов» – громко сказано. Весь материал представлял собой маленькую пластину весом 20 мг, извлечённую из детектора фирмы Siemens. Кристалл довольно скоро поизносился, так как после каждого эксперимента и просмотра характеристик приходилось его подшлифовывать, травить. Встал вопрос о том, что делать дальше. После недолгих поисков на складе нашли баночку двуокиси германия. Красилов сказал: «Вот, делайте, что хотите». Я была профессиональным химиком и примерно знала, что нужно делать, но как и что получится, предвидеть было нельзя. Предприятие у нас было богато оборудованием, поэтому я начала с того, что выбрала водородную печь, в которой нужно было произвести восстановление этой двуокиси. О чистоте мы тогда не задумывались. Тем-

пературу плавления германия и его свойства я, конечно, знала, и, загрузив в печь половину белого порошка, я (мне разрешили работать, можно сказать, в вечернюю смену, потому что днём там шли свои работы), продержав сколько-то часов у печи, достала чёрный порошок. Дальше его нужно было спекать, но как спекать и при какой температуре, я не знала. Однако и с этой задачей справились, а после спекания провела плавление, затем направленную кристаллизацию и получила плоский слепочек вроде кварцевой лодочки. Дальше встал вопрос о его механической обработке. Это мы тоже провели. Но дело в том, что и окиси у нас было немного. Такими способами что-то производить было нельзя, тем более что мы тогда очень мало знали о полупроводниках. Книга Шокли ещё не появилась, единственное, что было в литературе, – «Электропроводность полупроводников» Валькенштейна. Тем не менее дипломную работу я сделала, написала отчёт и защитила. Так закончился этот год, потом – 1949-й, и тогда я начала работать как дипломированный специалист.

Человеком, оказавшим большое влияние на нашу работу, на наше понимание того, что мы делаем, что и как надо делать, был Николай Алексеевич Пенин, научный сотрудник из ЦНИИ-108. Эту лабораторию курировал сам академик А. И. Берг, научной работой руководил профессор Калашников, создавший в Союзе первый нормальный систематический курс физики полупроводников и читавший лекции в университете. Однако Николай Алексеевич Пенин нам был ближе просто потому, что он занимался непосредственно приборами и, будучи много старше и лучше подготовленным, очень хорошо разбирался, причём разбирался ещё до того, как прибор был сделан, знал, что нужно от него получить и как к этому двигаться. Он много времени уделял нам, беседы с ним велись подолгу, объяснял он очень хорошо. Он сделал первый плоскостной триод в СССР...»

Активное совместное участие научно-исследовательских институтов НИИ-160 и ЦНИИ-108 в развитии транзисторов постоянно ускорялось. В начале 1950-х в НИИ-160 Ф. А. Щиголь и Н. Н. Спиро (кстати, тоже дипломники Красилова) ежедневно выпускали десятки точечных транзисторов типа С1–С4. В сентябре 1953 года закончилась первая научно-исследовательская



Рис. 1. Первые советские транзисторы из коллекции автора статьи, слева направо: точечные – С1, С3; плоскостные – П1, П5, П6 и мощные – П3, П4

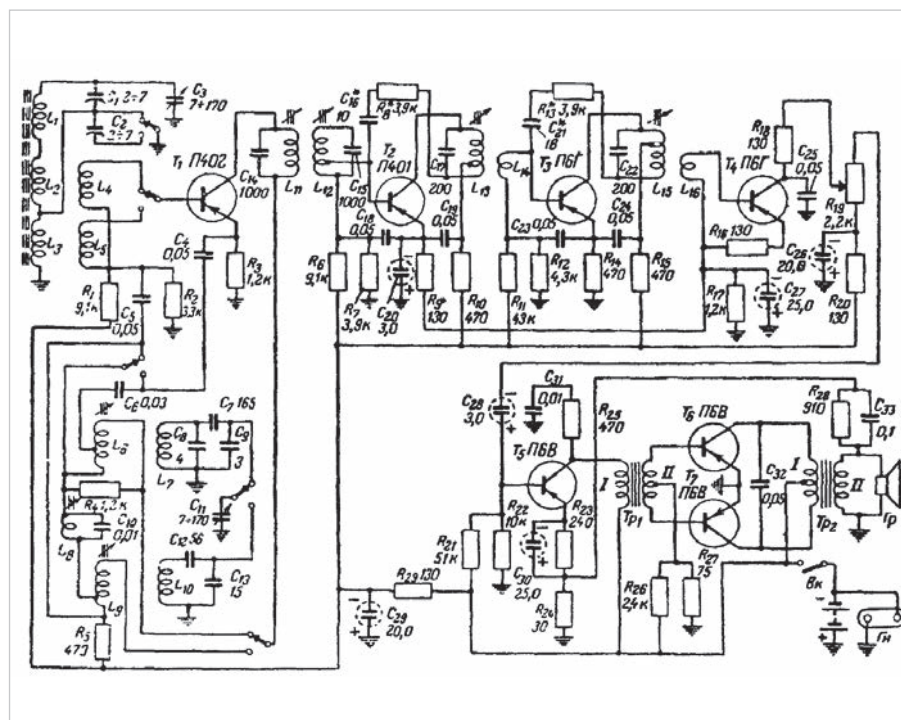


Рис. 2. Схема первого советского транзисторного приёмника «Спутник»

работа по созданию плоскостных триодов «Плоскость». В сентябре продемонстрировали результаты. Работу успешно приняли.

1953 год стал переломным в становлении отечественной полупроводниковой электроники. В начале года академик А. И. Берг (тогда заместитель министра обороны) подготовил письмо в ЦК КПСС о развитии работ по транзисторам. В мае 1953 года министр промышленности и средств связи М. Г. Первухин провёл в Кремле совещание, посвящённое полупроводникам. На совещании было принято решение об организации специализированного НИИ. В сентябре того же года открыли НИИ-35 (ныне «Пульсар»).

Это событие описывает С. Г. Мадоян: «9 сентября 1953 года из Фрязино в

Москву, на Окружной проезд, дом 27, подъехал маленький голубой с белым автобус с будущими сотрудниками НИИ-35 во главе с Красиловым. В автобусе были Сергей Каусов, Наталья Кокореша, Николай Спиро, Феликс Щиголь, Виктор Козлов, Ульяна Рейфисова, Натан Ройзин, Роза Ефремова и я. В Москве к нам присоединился Марк Самохвалов...»

В 1953 году в НИИ-35 в лаборатории Красилова завершилась опытно-конструкторская работа (ОКР) и был создан первый в СССР опытный образец плоскостного германиевого транзистора. Эта разработка стала основой серийных приборов типа П1, П2, П3 и их дальнейших модификаций. В архиве АО ВНИИРТ автору удалось отыскать старинный отчёт, в котором представлены результаты исследования харак-

теристик первых кристаллических триодов типа «Плоскость».

В отчёте у триодов нет ещё серии и названий, они фигурируют под номерами. Отчёт относится к 1955 году, когда первые плоскостные транзисторы только появились и были представлены на испытания. В коллекции автора статьи имеется серийный плоскостной транзистор П1А, изготовленный в 1956 году на заводе «Светлана» (см. рис. 1).

Точечные транзисторы в СССР не нашли широкого применения. Хотя в середине 50-х годов их можно было даже купить в магазине «Культтовары». Тогда автор статьи, ещё школьник, по рекомендации руководителя радиокружка в свой первый транзисторный приёмник купил не точечный триод, а плоскостной П1А. Расширение производства транзисторов в СССР оказалось настолько стремительным, что уже через год удалось приобрести триод П6Г, а в 1958 году – диффузионный П402.

Может быть, поэтому первый советский транзисторный приёмник Воронежского радиозавода «Спутник» (см. рис. 2), выпущенный в 1957 году и названный так в честь первого в мире советского искусственного спутника Земли, собрали на добротных транзисторах с частотой усиления выше 120 МГц (Т1 П402) и 30 МГц (Т2 П401). В приёмнике впервые была применена солнечная батарея для зарядки аккумулятора в 5 В (на схеме для её подключения параллельно аккумулятору показаны гнезда «Гн»). Советский Союз в этой области тогда был впереди планеты всей. Первый советский транзисторный радиоприёмник «Спутник» был отмечен Золотой медалью на Всемирной выставке в Брюсселе EXPO-58 [7].

Американцы из Industrial Development Engineer Associates хоть и раньше освоили производство транзисторного приёмника Regency TR-1 (см. рис. 3) и даже получили на него патент в 1959 году [8], однако не добились успеха. Причина проста. В Regency TR-1 были применены несовершенные транзисторы, которые требовали применения низкой промежуточной частоты (262 кГц), а для питания нужна была специальная батарея с повышенным напряжением (22,5 В).

С августа 1953 года А. В. Красилов – начальник отдела НИИ-35 (НИИ «Пульсар»). За более чем 20-летний срок пребывания на этой должности учёный

руководил разработкой, усовершенствованием, исследованием и внедрением в производство на опытном заводе НИИ и на девяти заводах в разных частях страны сотен типов германиевых диодов, транзисторов, туннельных диодов. В процессе этих работ были изучены основные свойства германия и кремния, способы их обработки, принципы конструирования приборов, методы испытаний, пути достижения необходимой герметичности и надёжности, в том числе для работы в особых условиях.

А. В. Красилов стал автором ряда новых направлений конструирования и изготовления полупроводниковых приборов. Именно Красилов разработал методы диффузии легирующих примесей в кристаллы германия и кремния; эпитаксиального наращивания; пиролитического разложения соединений германия, кремния и металлов; травления полупроводниковых приборов и др.

Литература

1. *Бартенев В. Г.* Герой нашего времени: к 90-летию Нобелевского лауреата и ака-

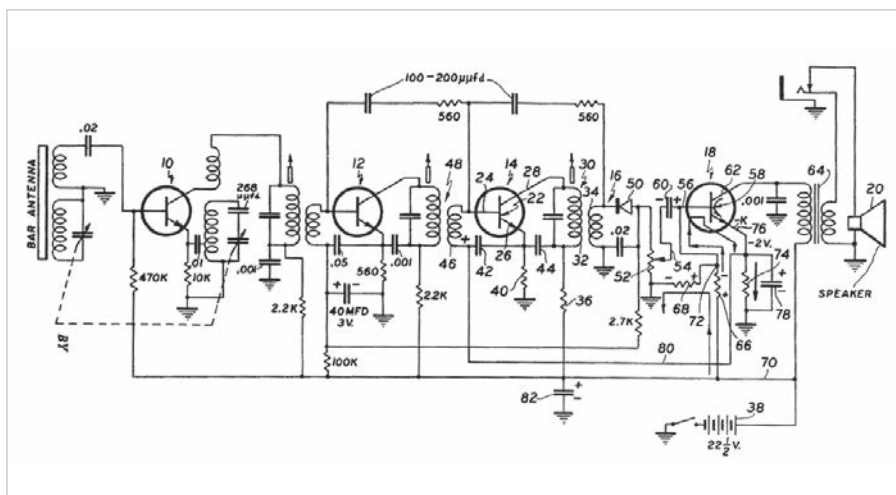


Рис. 3. Схема первого американского транзисторного приёмника Regency TR-1

1. демика Ж. И. Алфёрова. Современная электроника. 2020. № 4.
2. У Сусанны Мадоян юбилей. LiveJournal. RA3DHL. URL: <https://ra3dhl.livejournal.com/47562.html>.
3. Radar System Engineering. Radiation Laboratory of MIT. McGRAW-HILL Book Company Inc. 1944.
4. *Бартнев В. Г.* Первые отечественные РЛС дальнего обнаружения. Горячая линия. Телеком. М. 2017.
5. *Попов Р. М.* Немецкий след в советской электронике. Электронная техника. Серия СВЧ-техника. 2007. № 3.
6. *Красилов А. В.* Кристаллический триод. Вестник информации. М. 1948. № 21.
7. 60 лет назад состоялась Всемирная выставка в Брюсселе EXPO-58. LiveJournal. RA3DHL. URL: <https://ra3dhl.livejournal.com/25147.html>.
8. *Koch R. C.* Transistor Radio Apparatus. US Patent 2892931. 30.06.1959. Filed 25.03.1955.





Акционерное общество

ЭРКОН

Научно-производственное объединение

www.erkon-nn.ru
e-mail: info@erkon-nn.com

Разработка и производство постоянных непроволочных резисторов, СВЧ резисторов, поглотителей и чип-индуктивностей.

- Современная производственная база.
- Высокое качество.
- Индивидуальный подход к потребителю.

Новинки:

Аттенюатор (поглотитель) ПР1-25 (150 Вт, от 3 до 30 Дб)
Резистор сверхвысокочастотный Р1-160 (до 20 ГГц)
Мощный резистор Р1-170 (до 1000 Вт)

603104, г. Нижний Новгород, ул. Нартова, д.6,
помещение ПЗ, этаж 2, офис 204

тел. (831)464-50-21 (приемная), (831)202-25-52 отдел продаж



Реклама

НОВОСТИ МИРА

ДВФУ совместно с «Технополисом «ЭРА» и ГК «Элемент» расширяют научно-исследовательские связи

27 августа 2020 года Дальневосточный федеральный университет (ДВФУ), ГК «Элемент» и ФГАУ «Технополис «ЭРА» заключили соглашение о подготовке высококвалифицированного научно-технического кадрового резерва для Вооруженных сил России и расширении возможностей реализации проектов в интересах страны.

Документ подписали проректор по развитию ДВФУ Дмитрий Земцов, президент АО «Элемент» Илья Иванцов и начальник «Технополиса «ЭРА» Владимир Ивановский.

Соглашение будет способствовать организации фундаментальных, прикладных, поисковых и комплексных научных исследований по разработке отечественной электронной компонентной базы, программно-аппаратных комплексов, программного обеспечения и информационных систем. Кроме того, предусматривается разработка учебных программ и курсов в ДВФУ с учётом специфики научных исследований и разработок «Технополиса «ЭРА» и АО «Элемент».

«В проекты компаний будут внедряться результаты научных исследований и инженерных наработок наших учёных и студентов. Выпускники ДВФУ будут получать востребованные специализированные навыки и смогут продолжить разрабатывать проекты на базе «Технополиса «ЭРА» и АО «Элемент». Таким образом, мы совместными усилиями подготовим квалифицированных специалистов для работы с наукоемкими технологиями и техникой», — отметил проректор по развитию ДВФУ Дмитрий Земцов.

«В сентябре 2019 года в рамках V Восточного экономического форума (ВЭФ) мы открыли центр коллективного проектирования «Восток» в Дальневосточном федеральном университете. Центр ориентирован на разработку электронной компонентной базы, инжиниринговую и исследовательскую деятельность, в которую активно вовлекают студентов ДВФУ. Тогда же в молодёжном павильоне ВЭФ были представлены первые проекты, разработанные студентами ДВФУ в рамках всероссийской образовательной программы «Микроэлектроника. 157 уровень»: нейростимулятор и система для определения местоположения и состояния объектов. Мы рады, что у талантливых студентов ДВФУ будет возможность продолжить развитие на базе практических проектов и интересных за-

дач», — прокомментировала Оксана Кухарчук, член правления, вице-президент по управлению персоналом ГК «Элемент».

Напомним, ДВФУ объединяет передовые разработки в сфере цифровых технологий, интеллектуальные возможности талантливых студентов и специалистов рынка. Университет сотрудничает с крупнейшими технологическими партнёрами и научно-исследовательскими центрами. На базе ДВФУ открываются и постоянно совершенствуются совместные образовательные программы, позволяющие готовить высококлассных специалистов в востребованных областях. Подготовка кадров ведётся на различных образовательных уровнях, в том числе с возможностью прохождения практики на предприятии и трудоустройства в лидирующих компаниях страны.

Пресс-релиз ГК «Элемент»

ЭКСПЕРТЫ ОБСУДИЛИ МЕРЫ ГОСПОДДЕРЖКИ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ ОТРАСЛИ

В рамках форума «Армия-2020» состоялось заседание Экспертного совета по развитию электронной и радиоэлектронной промышленности при комитете Госдумы по экономической политике, промышленности, инновационному развитию и предпринимательству под председательством индустриального директора радиоэлектронного комплекса госкорпорации «Ростех» Сергея Сахненко. Эксперты обсудили нормативно-правовые акты и изменения в законодательстве в обеспечение принятых правительством РФ мер, направленных на поддержку российской промышленности, в том числе в рамках реализации нацпроектов.

Открывая заседание, Сергей Сахненко отметил важность принятых поправок в федеральные законы 44-ФЗ и 223-ФЗ, регулирующие закупки госкомпаний и компаний с госучастием. Законопроекты предусматривают введение механизма квотирования закупок отечественной продукции госзаказчиками.

«Сегодня на государственном уровне принимаются конкретные меры поддержки отечественной промышленности. И мы как отраслевое сообщество должны реализовывать принятые инициативы на местах. Новые поправки о квотах позволяют отечественным производителям получить гарантированный рынок, причём не только для уже выпускаемой продукции, но и для изделий, которые пока находятся в разработке. Тем самым квотирование будет иметь долгосрочный эффект и будет работать на перспективу, обеспечивая технологическое развитие

радиоэлектронной отрасли», — подчеркнул индустриальный директор радиоэлектронного комплекса «Ростеха» Сергей Сахненко.

По итогам заседания участники сформулировали предложения по дополнительным мерам господдержки отечественных производителей. В их числе обязательства заказчика по авансированию в размере не менее 30–50%, введение особого налогового режима, обнуление таможенных пошлин на комплектующие.

В рамках мероприятия эксперты также обсудили инициативы по стимулированию применения отечественной электронно-компонентной базы в приборостроении. В заседании приняли участие представители федеральных органов исполнительной власти, госкорпорации «Ростех», Союза машиностроителей России, предприятий холдинга «Росэлектроника», Национального центра информатизации, концерна «Автоматика», АО «Алмаз-Антей» и др.

Пресс-релиз «Ростех»

САМАЯ ЧУДОВИЩНАЯ МИКРОСХЕМА В МИРЕ: CEREBRAS WAFER SCALE ENGINE ВТОРОГО ПОКОЛЕНИЯ СОДЕРЖИТ 2,6 ТРЛН ТРАНЗИСТОРОВ И 850 ТЫСЯЧ ЯДЕР

Год назад мало кому известная компания Cerebras поразила всех Wafer Scale Engine – гигантской микросхемой размером с iPad Pro, состоящей из 1,2 трлн транзисторов и потребляющей 15 кВт мощности.

Официальных данных пока нет, но есть информация, что одна такая микросхема стоит около \$2 млн. И вот теперь Cerebras готова поразить ещё более чудовищным решением – Wafer Scale Engine второго поколения. Анонс должен был состояться на Hot Chips 2020, но не сложилось, поэтому пока лишь основные нюансы: Cerebras Wafer Scale Engine второго поколения содержит 850 000 ядер (у первого поколения 400 000 ядер), состоит из 2,6 трлн транзисторов и будет производиться по техпроцессу 7 нм (против 16 нм у текущей модели).

Учитывая, что на создание одной Wafer Scale Engine уходит вся кремниевая пластина, сделать новую микросхему больше нельзя, поэтому увеличение количества ядер и транзисторов – это явно заслуга техпроцесса.

Какая производительность будет у такого монстра и сколько он будет потреблять энергии, пока можно лишь гадать, но Cerebras сумела снова поразить всех, кто интересуется данным рынком.

ixbt.com со ссылкой на AnandTech



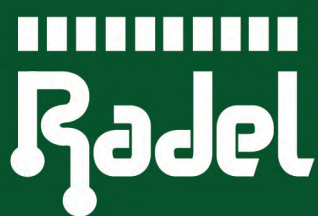
ПАТРОНАЖ ТПП РФ

21-23

СЕНТЯБРЯ 2020

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ

КВЦ «ЭКСПОФОРУМ»



XX МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА РАДИОЭЛЕКТРОНИКА & ПРИБОРОСТРОЕНИЕ

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



Реклама

ОРГАНИЗАТОР ВЫСТАВКИ:



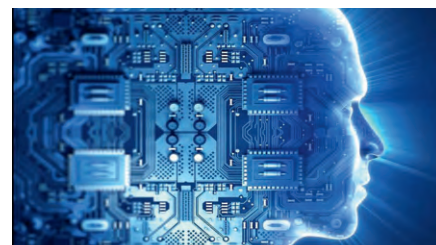
radelexpo.ru (812) 777-04-07

Об искусственном интеллекте и цифровизации «сверху»

Асланбек Шогенов (shah3636@mail.ru)

В последнее время очень часто звучат совершенно абсурдные утверждения об искусственном интеллекте и вытеснении им человеческого труда. Более того, эти тезисы транслируются в качестве вектора развития нашей страны.

Так ли всё просто? В нужном ли направлении смещаются государственные приоритеты? Размышления об этом приводятся в данной статье.



«Искусственный интеллект является ключевой долгосрочной технологией, которая будет драйвером всех остальных технологий без исключений, а специальности, которые будут востребованы в будущем, – это инженер-биомедик, нейроинформатик, биотехнолог, наноинженер, проектировщик нейроинтерфейсов, специалист по применению искусственного интеллекта в медицине, проектировщик медицинских роботов и так далее», – заявляет Герман Греф, юрист по специальности, получивший степень кандидата экономических наук вскоре после занятия должности председателя правления Сбербанка России. Подобные высказывания, озвученные на самом высоком уровне, вызывают сомнения в компетентности и мотивациях оратора. Имеет ли право чиновник, не имеющий профильного авторитета и образования, делать подобные заявления, похожие на тезисы стратегического развития страны?

Юрист, экономист, банкир берёт на себя смелость пытаться направлять целый ряд отраслей, от образования до машиностроения, абсолютно не понимая сути таких вещей, как искусственный интеллект, цифровая экономика и даже драйвер, не говоря уже о специальностях, которые он перечислил выше. Для их понимания нужно знать высшую математику, физику, химию, электронику, биологию, медицину и фундаментальные науки вообще. Публикаций Грефа в упомянутых и смежных областях автор в научных изданиях не встречал.

Поэтому автор статьи считает необходимым пояснить ряд ключевых моментов человеку, который давал следующую оценку советской системе школьного образования, никогда

не имевшему к образованию никакого отношения: «Россия проиграла в глобальной конкурентной гонке и оказалась в технологическом рабстве. Нужно менять модель образования от детских садов до вузов. Мы пытаемся воспроизводить старую советскую, абсолютно негодную систему образования, мы напихиваем в детей огромное количество знаний... Не нужны нам математические школы. По-моему, это пережиток прошлого». Тем не менее Дж. Кеннеди когда-то говорил: «Советское образование лучшее в мире. Мы должны многое из него взять. СССР выиграл космическую гонку за школьной партой». Многие ведущие отечественные специалисты в сфере образования и науки говорили о том же.

Сегодня в моде учиться в высшей школе решительно всем. Для этого число вузов, вместе с негосударственными, увеличилось в РФ сначала до более 3000, затем сократилось до 1500 и после «оптимизации», т.е. дальнейшего сокращения и объединения многих из оставшихся, в том числе размещённых в разных городах, осталось 741, вместо функционировавших в РСФСР 507 в 1990 г. В них сегодня обучаются порядка 80% выпускников школ и колледжей (в РСФСР – 12–13%), а качество их подготовки при этом снизилось на порядок, если не ниже, причём не только в негосударственных, но и в государственных вузах. Автор осмеливается давать такую оценку нынешнему образованию на том основании, что порядка 40 лет проработал в вузах РСФСР и РФ в Москве, Орджоникидзе (Владикавказе) и Нальчике.

Низкому уровню образования в общеобразовательных школах и вузах дополнительно способствовали введение в них ЕГЭ и болонской системы соответ-

ственно. Смысл первого заключается в том, чтобы отгадать, например, кем был А. С. Пушкин – банкиром, или великим русским поэтом. Смысл второй – сделать вузы «стандартными» и платными.

Это противоречит мнению ректора МГУ и вице-президента РАН В. А. Садовничьего, который считает, что отказ России от собственной системы фундаментального образования является ошибкой. Завкафедрой РЭУ им. В. Г. Плеханова профессор Р. С. Дзарасов полагает, что образование превратилось в рынок, где диплом – предмет сделки, а студент – клиент, которому оказывают услугу за плату. Но вопросы образования в РФ решают не эти заслуженно уважаемые люди, а чиновники, имеющие к образованию очень далёкое отношение. Например, министром науки и высшего образования может стать «менеджер» из финансово-коммерческой среды, без учёной степени и звания. Поэтому в полном соответствии с законом перехода количественных изменений в качественные произошёл переход малого количества хорошего качества в большое количество плохого качества.

Ко всем имеющимся проблемам добавился коронавирус. Эта всемирная беда используется нашими чиновниками, кроме всего прочего, для дальнейшего ухудшения образования посредством введения так называемого «дистанционного обучения» в средней и высшей школе. Даже в советские времена, когда наше образование было самым лучшим, заочное образование считалось лишь утешительным для переростков, овладевших практическим опытом на производстве. Оно не распространялось на школьников, для них были созданы вечерние школы с обязательным посещением занятий. Сегодня же, когда образование

находится на низком уровне, введение «дистанционного обучения» является собой окончательную деградацию. Надо всего лишь заморозить обучение, как это было сделано в СССР во время ВОВ на оккупированных немцами территориях, и возобновить его снова, когда над вирусом будет одержана частичная или окончательная победа. Решение в данном вопросе должны принимать не политики, а работники здравоохранения.

Разрушается и наука, о чём неоднократно говорил и писал покойный лауреат Нобелевской премии академик Ж. И. Алфёров. В результате реформирования РАН организация фундаментальной науки от академической перешла к вузовской. Это привело опять же к деградации, поскольку профессорско-преподавательскому составу вузов некогда заниматься серьёзной наукой (тем более фундаментальной) из-за высокой учебной нагрузки и необходимости подрабатывать на стороне ввиду низких зарплат. Их учебная нагрузка в 3–4 раза выше, а зарплата в 7–8 раз ниже зарубежных, придерживающихся болонской системы. Например, в вузах Германии нагрузка профессора в неделю составляет 8 часов, в РФ – 25–28, а зарплата – 300 000 и 40 000 рублей соответственно. Наши чиновники от образования переняли европейскую систему, оставив нагрузку и оплату труда обучающихся российской. Паллиативом решаются и другие проблемы в РФ.

Бывший министр образования РФ, а ныне – советник президента А. А. Фурсенко, выступая на конференции все-российского молодёжного форума «Селигер–2007», дал следующую установку студентам и работникам сферы образования: «Недостатком советской системы образования была попытка формирования человека-творца, а сейчас наша задача в том, чтобы вырастить квалифицированного потребителя». Имеется в виду потребитель результатов творцов, разумеется зарубежных. Не понимаю, откуда у некоторых «учёных» такое преклонение перед Западом? Разве законы Архимеда, Ньютона, Ома, Менделеева, Джоуля-Ленца у них другие, чем у нас?

Всё чаще и чаще чиновники говорят о так называемом искусственном интеллекте, цифровых технологиях и прочем. Например, в послании Президента РФ Федеральному собранию от 15.01.2020 сказано: «Сегодня скорость технологических изменений в

мире многократно возрастает, и мы должны создать собственные технологии и стандарты по тем направлениям, которые определяют будущее. Речь, прежде всего, об искусственном интеллекте, генетике, новых материалах, источниках энергии, цифровых технологиях. Убеждён, мы способны достичь здесь такого же прорыва, как и в оборонной сфере».

В 1956 году в Дартмутском университете (США) Джоном Макарти дано следующее определение: «Искусственный интеллект (ИИ) – свойство интеллектуальных систем выполнять творческие функции, которые традиционно считаются прерогативой человека». Позже, поясняя своё определение, Макарти добавил: «Под интеллектом в пределах этой науки понимается только вычислительная составляющая, позволяющая создавать роботов и автоматические манипуляторы. В скобках заметим, что вычислительные работы выполнялись логарифмическими линейками С. Королёвым, И. Курчатова, их коллегами и учениками, которые создавали ракеты, спутники и термоядерное оружие... Сегодня вычислительные работы выполняют с помощью ЭВМ, которые, правда, имеют гораздо большие возможности, чем логарифмические линейки, но от этого они не стали ИИ, а остались средствами механизации и автоматизации мыслительной деятельности человека. Существует и другая точка зрения, согласно которой интеллектом могут обладать только живые существа».

Таким образом, термин «ИИ» – это красивое словосочетание или модное маркетинговое явление, ибо у неодушевлённых предметов, каковыми являются роботы или устройства, исполняющие простые или сложные автоматические манипуляции, никакого интеллекта быть не может. Они состоят из силовых устройств и управляются цифровой схемотехникой, состоящей из микросхем разного уровня интеграции, которые работают, подчиняясь соответствующим программам, составленным профессиональными программистами – естественными интеллектуалами. Стоит только измениться ситуации, на которую должен отреагировать «искусственный интеллект», не предусмотренной программой, он остановится или совершит аварию, в то время как человек или даже любой живой субъект (щенок, телёнок, цыплёнок и т.п.)

будет искать и сможет найти адекватный выход из такой ситуации. Разве это можно назвать интеллектом?

Так думает об ИИ не только автор, но и признанные специалисты в данной области. Приведём перечень некоторых типичных мифов: «ИИ – это компьютер с сознанием», «Компьютерная нейронная сеть работает, как нейроны человека», «ИИ заменит специалистов», «ИИ – продукт последних лет», «ИИ может всё», «ИИ надо ограничивать, иначе появится «Скайнет» (роботы, которые будут править миром). Приведём теперь мнения специалистов.

Начнём с милых сердцам Грефа, Чубайса, Фурсенко западных учёных. Автор термина «ИИ» Джон Макарти чётко различает интеллект машин, человека и животных. То есть ИИ – это не подобие человеческого интеллекта, а нечто совсем другое, сводящееся к вычислительным процедурам. Почётный профессор Калифорнийского университета в Беркли Майкл Джордан считает, что слабое понимание того, что же представляет собой ИИ, приводит не просто к созданию «красивых образов», не связанных с реальной наукой, а к самой настоящей дезинформации и разного рода мифам, процветающим в этой области. «Работа ИИ, – утверждает Джордан, – не имеет ничего общего с тем, как устроен интеллект человека». Этот миф глубоко укоренился из-за пристрастия общественности к «красивым идеям». Авторам научно-популярных статей об ИИ пришлось очень по душе метафоры, взятые из нейробиологии. На самом деле, нейробиология имеет очень опосредованное отношение к работе ИИ. Для Джордана идея о том, что «для глубинного обучения нужно понимание того, как обрабатывает информацию и учится человеческий мозг», звучит, как откровенная ложь.

В своей книге «Нейронные сети и глубинное обучение» учёный и программист Майкл Нилсен, напомнив, что в нашем мозге насчитывается порядка 100 млрд нейронов, 100 млрд вспомогательных клеток и 100 трлн соединений между нейронами, делает вывод: крайне маловероятно, что мы можем «в точности воссоздать эту архитектуру в виде ИИ и заставить её работать в ближайшем будущем» – крайне маловероятно». Существует и другое, более категоричное мнение, согласно которому

ИИ никогда не достигнет уровня естественного интеллекта человека, точно так как человек никогда не сможет до конца познать мир или бесконечную Вселенную..

Перейдём к мнению отечественных специалистов. Любимый миф падких на громкие заголовки СМИ состоит в том, что системы ИИ вскоре заменят специалистов. Этот миф очень хорошо разобрал на интенсиве «Остров 10–21» в своей визионерской лекции Иван Оселедец, профессор «Сколтеха» и один из ведущих специалистов по обучению ИИ. Учёный привёл следующий пример: «Вот вам типичный заголовок из СМИ: «Искусственный интеллект сравнился по качеству с врачом-дерматологом». Кажется, всё! Люди, потратившие 6 лет в медицинском университете, а затем прошедшие ещё 3 года в интернатуре и ординатуре по дерматологии, должны выбросить дипломы и пойти, как «товарищ Бендер», в управдомы, поскольку их заменит нейросеть. Однако если начать разбираться, то окажется, что данная конкретная нейросеть научилась ставить диагноз «меланома» (разновидность кожных злокачественных новообразований) по снимку с точностью, сравнимой с результатами хороших врачей-дерматологов. Это значит, что она всего лишь натренирована отличать меланому от родинки! И больше она ничего не умеет! А ведь дерматолог может гораздо больше: он и витилиго определит, и ихтиоз от проказы дифференцирует, и лечение назначит, и нестандартный случай разберёт».

Приведём ещё одно высказывание специалиста. «В настоящий момент бояться, что роботы представляют опасность, что они могут заменить большое количество профессий, бессмысленно. Эти страхи сильно преувеличены, – уверен генеральный директор компании «Нейроботикс» Владимир Коньшев. – Это всегда будет в книгах, фильмах, а реальная история такова: интеллекта у роботов нет. Можно научить их видеть, выделять объекты, но что с ними делать, робот не знает. Он может говорить, и создаётся иллюзия, что он всё понимает. На самом деле, он практически выхватывает слова из заданного вопроса (слышит «Эверест» и отвечает, что такое Эверест), но смысла не понимает».

Есть, конечно, и другие оптимистические мнения на счёт ИИ. Приве-

дём пример, из которого тот же Греф черпает свои познания в области ИИ. Лаборатория нейронных систем и глубокого обучения МФТИ под руководством заведующего Михаила Бурцева совместно со Сбербанком планирует преодолеть технологический барьер «в области содержательного человеко-машинного общения на естественном языке через создание и введение в бизнес-практику инструментов, снижающих порог входа на рынок текстовых диалоговых систем». «Мы создаём библиотеку нейросетевых архитектур, которыми смогут пользоваться все российские компании, чтобы захватывать мировой рынок», – уверен Бурцев. «Всего лишь» захватить мировой рынок российскими компаниями, не меньше? Это при том, что доля экспортируемых из РФ высокотехнологичных товаров составляет всего 1% от общего экспорта гражданского назначения, тогда как в СССР в разные периоды этот показатель составлял 10–20%, в соседней Финляндии сегодня – 30%.

Автоматические манипуляторы или «самодействующие автоматы» появились в начале нашей эры, т.е. около 2000 лет назад в работах греческого математика и механика Герона Александрийского, который описал механические автоматы для открывания дверей храма, зажигания жертвенного огня, дозированной продажи святой воды и т.п. Совершенно естественно, что сегодняшние манипуляторы намного сложнее, поскольку опираются на современную математику и полупроводниковую электронику, родившуюся с изобретением транзистора в 1947–49 годах в США и СССР. Но от этого они не перестали быть автоматизированными устройствами и не превратились в «интеллектуалов», способных творчески мыслить на уровне хотя бы чиновника.

Роботы и автоматизированные системы полезны на производстве для выполнения типовых операций, отработанных годами и являющихся тяжёлыми (добыча угля, лесная промышленность, мелиорация земель и др.) и небезопасными для человека (химическая промышленность, изготовление боеприпасов, разработка вакцин и т.п.), а также рутинных и кропотливых видов работ, требующих высокой точности, как, скажем, изготовление плат для микро-электроники и монтаж интегральных микросхем. Им

там и место без присвоения высоких имён и званий типа «интеллектуальные», «эрудированные» и т. п. На производстве они повышают производительность труда, помогают выполнять прецизионные операции, в том числе хирургические, под управлением опытных, действительно интеллектуальных специалистов.

Таким образом, данные устройства или машины не столь совершенны, как это представляется высокопоставленным чиновникам. Для усовершенствования таких устройств нужны минимум две вещи: соответствующие программы и сами машины. Отечественные программисты нисколько не хуже зарубежных. Поэтому вопросы программирования они решают успешно, но не у нас в стране, а за рубежом, где их ценят многократно выше. Что касается машин, то у нас даже нет своих компьютеров и простейших телевизоров, мы пользуемся зарубежными, поскольку от отечественной электроники остались «рожки да ножки». Например, рынок силовых электронных приборов и модулей в России на 95% заполнен продукцией импортного производства, не говоря уже о микропроцессорной технике.

Поговорим об убеждении президента, что в цифровых технологиях и прочих мы куда-то прорвёмся. Прежде чем прорываться, у нас на необходимом уровне должен находиться технологический уклад, под которым понимают совокупность сопряжённых производств, имеющих единый высокий технический уровень и развивающихся синхронно. Проще говоря, современную технику и технологии. Всего этих укладов шесть. Первые четыре из них охватывают технику и технологии, которые созданы человеком ориентировочно в 1790–1990 годах. Лидерами 4-го уклада были США, Япония, СССР и некоторые европейские страны. Обратим внимание, что Китая среди них тогда и в помине не было. Пятый технологический уклад опирается на достижения в области микроэлектроники, информатики, биотехнологии, генной инженерии, а также на новые виды энергии и материалы, результаты освоения космического пространства, спутниковой связи и т.п. Базой 6-го технологического уклада являются нанoeлектроника, нанохимия, молекулярная и нанофотоника, наносистемная техника и т.д. Более подробно об этом можно почитать в работах С. Ю. Глазьева, Д. С. Львова, Г. Г. Фетисова и др.

Сегодня в США, Японии и в ряде европейских стран до 60% производства базируется на 5-м технологическом укладе и до 5% – на 6-м. В Китае 30% всего производства – на 5-м. В России 5-й уклад составляет 10%, и он в основном сконцентрирован в военном-промышленном и аэрокосмическом комплексах. Вот когда достигнем в этом вопросе хотя бы сегодняшнего Китая, тогда можно говорить о технологических не прорывах ещё, а лишь шагах в нужном направлении. Вряд ли при таких темпах развития экономики в стране, как сегодня (ВВП вырос в 2019 году на 1,3%), и таких управленцах мы достигнем столь высокого уровня скоро.

Немного о «цифровой экономике», или «цифровизации» по Н. В. Арефьеву, по которой у нас есть даже национальный проект (2019–2024 года) и которую так любил упоминать экс-премьер Медведев.

Депутат Госдумы РФ Н. В. Арефьев повторил общеизвестную истину о том, что цифровой экономики нет. Есть экономика, основанная на цифровых технологиях электроники.

Цели и задачи её вкратце сводятся к созданию устойчивой и безопасной информационно-телекоммуникационной инфраструктуры, реализующей высокоскоростные сбор, обработку, передачу и хранение больших объёмов данных, доступных для всех организаций и домохозяйств. Ещё одна цель – внедрение цифровой электроники в приоритетных отраслях экономики и социальных сферах: промышленности, сельском хозяйстве, здравоохранении, образовании и др.

В России в рамках действующей модели либерально-монетаристской системы управления экономикой «цифровая экономика» не может принести пользу, поскольку отсутствует объективная исходная информация. Это связано с присутствием коррупции, фальсификациями данных, приписками или отписками в отчётной документации с мест. Достоверность документов никто не проверяет, но на основании этих данных Росстат публикует свои отчёты, не имеющие никакой практической ценности. Таким образом, цифровая система в России будет осуществлять

сбор, обработку и быструю доставку недостоверной информации, что будет дезинформировать потребителей информации и ухудшать качество управления. Поэтому нормальная «цифровая экономика» в нынешних условиях в России невозможна.

Что касается рекомендаций подрастающему поколению, то ему следует качественно осваивать все дисциплины средней школы без исключения и выбирать для будущего классические специальности, которые не стоят на месте, а развиваются, отвечая на вызовы бытия, в том числе цифровую электронику и информационные технологии. Прежде всего, людям надо хорошо питаться, быть здоровыми, иметь дома и квартиры, одежду и обувь, энергию, транспорт, соответствующие коммуникации, произведения искусства, научные разработки во всех направлениях жизнедеятельности. Для создания всего этого и нужны высокоинтеллектуальные профессионалы с соответствующими знаниями, умениями и культурой. Тогда и только тогда даже самые смелые фантазии смогут стать реальностью. ☺

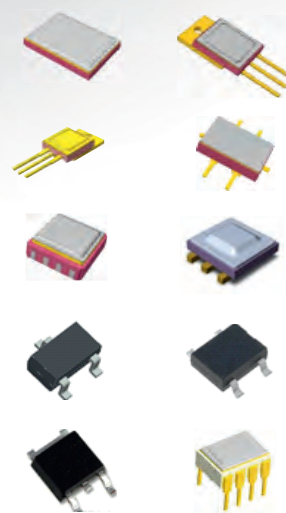


Тел/Факс: (473) 223-69-51
e-mail: market@vzpp-s.ru
www.vzpp-s.ru

НОВЫЕ СЕРИЙНЫЕ ИЗДЕЛИЯ

1. Быстровосстанавливающиеся диоды и диодные сборки серии 2ДВ102, 103, 104, 105 (13 типономиналов) (200 ÷ 600 В, 1 ÷ 35 А, 25 ÷ 60 нс)
2. Однофазные мосты серии 2МД147, 148, 149 (8 типономиналов) (200 ÷ 600 В, 0,5 ÷ 25 А, 1 ÷ 1,1 В)
3. Диоды Шоттки и диодные сборки (23 типономинала) (5 ÷ 200 В, 0,001 ÷ 70 (2×35) А, 0,25 ÷ 1,18 В)
4. Двухканальные драйверы серии 1347 (6 типономиналов) (6 ÷ 20 В, 1,5 А/1,5 А, 70/75 нс)
5. ШИМ-контроллеры серии 5319 (4 типономинала) (28 В, ±1 А, 500 кГц)
6. МКМ серии 3005 (4 типономинала):
 - Двухполярный источник тока;
 - Преобразователь напряжения на датчике тока;
 - Преобразователи входных дискретных сигналов;
 - МКМ управления источником питания.

Изделия выпускаются в 20 различных корпусах.





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 COM-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



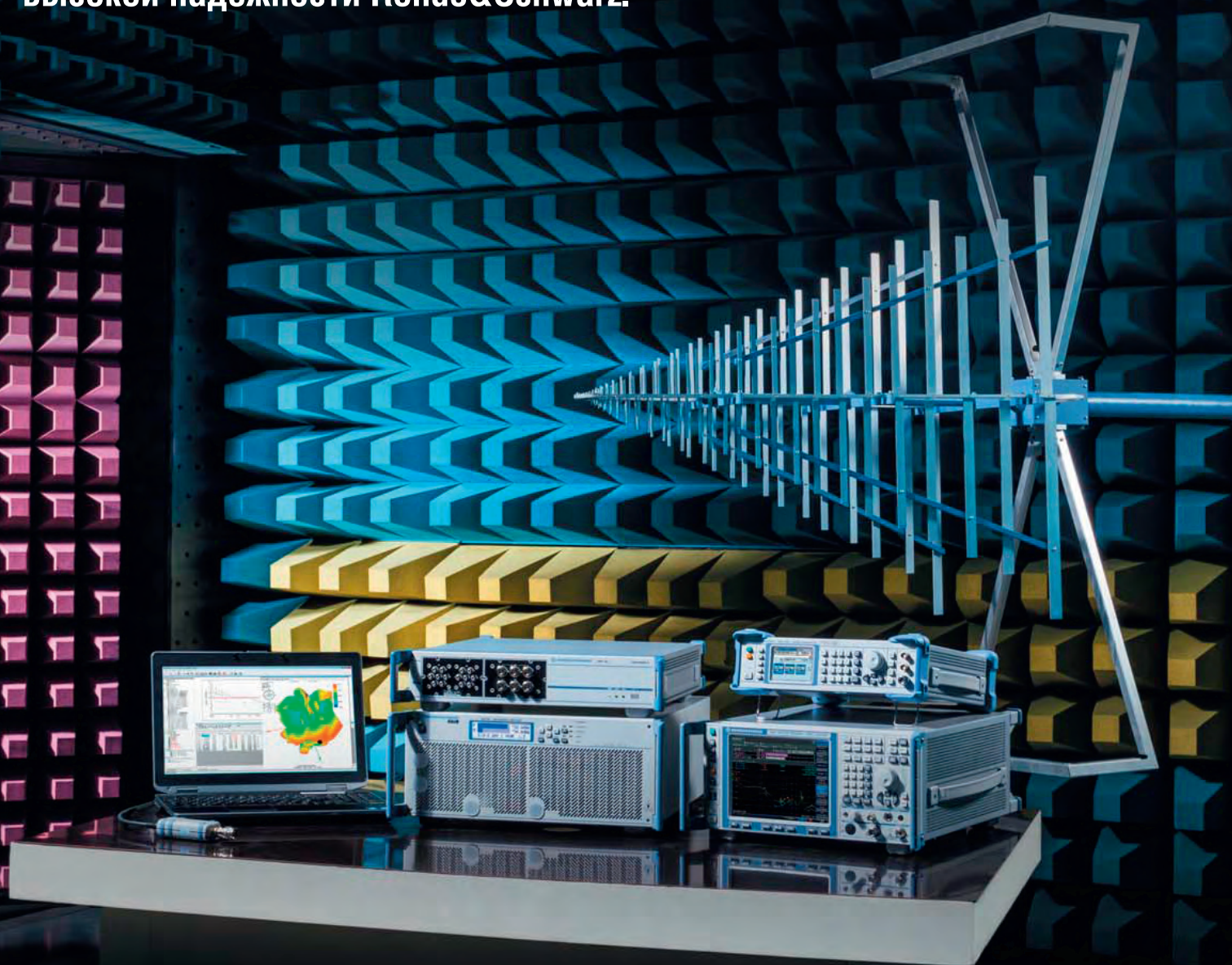
ВСТРОЕННЫЕ КАЛИБРОВОЧНЫЕ МОДУЛИ ОТ КОМПАНИИ «ПЛАНАР»

- Модули BKM1520 предназначены для восстановления калибровки векторных анализаторов цепей без отключения измеряемого устройства
- Модули постоянно находятся в радиочастотном тракте и подключены к измеряемому устройству
- Коррекция результатов измерений выполняется по нажатию одной кнопки без переподключений, что значительно упрощает измерения
- Восстановление калибровки без отключения измеряемого устройства
- Диапазон рабочих частот от 100 кГц до 20 ГГц
- Погрешность измерений коэффициента передачи 0,1 дБ/1 градус
- Погрешность измерений KСВН 1%
- Диапазон рабочих температур от 5°C до 40°C
- Управление по интерфейсу USB 2.0



Комплексные решения по ЭМС

Сертификационные испытания в соответствии с ГОСТ 30804.4.3-2013, IEC/EN 61000-4-3, DO-160, MIL-STD-461 и другими стандартами по ЭМС на базе компактных модульных усилителей высокой надежности Rohde&Schwarz.



Хотите узнать подробности?

www.rohde-schwarz.com/ru/product/bba150



ROHDE & SCHWARZ

Make ideas real



Реклама