

СОВРЕМЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

1

2020

ЦИФРОВЫЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА

В номере:

**LoRaWAN: IoT
В НЕЛИЦЕНЗИРУЕМОМ
ДИАПАЗОНЕ**

**ПРОБЛЕМЫ ТЕСТИРОВАНИЯ
БАЗОВЫХ СТАНЦИЙ 5G**

**СТАНДАРТЫ СОЕДИНИТЕЛЕЙ
ДЛЯ ОДНОПАРНОГО Ethernet**

**МАЛОШУМЯЩИЕ ИВН
ДЛЯ ЧУВСТВИТЕЛЬНЫХ
ФОТОДЕТЕКТОРОВ**

**ДИНАМИЧЕСКАЯ ИНДИКАЦИЯ
НА БАЗЕ LED-МАТРИЦ**

**АНТИСАНКЦИИ-2019:
IT-ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЕ
В РОССИИ**

и многое другое...



App Store

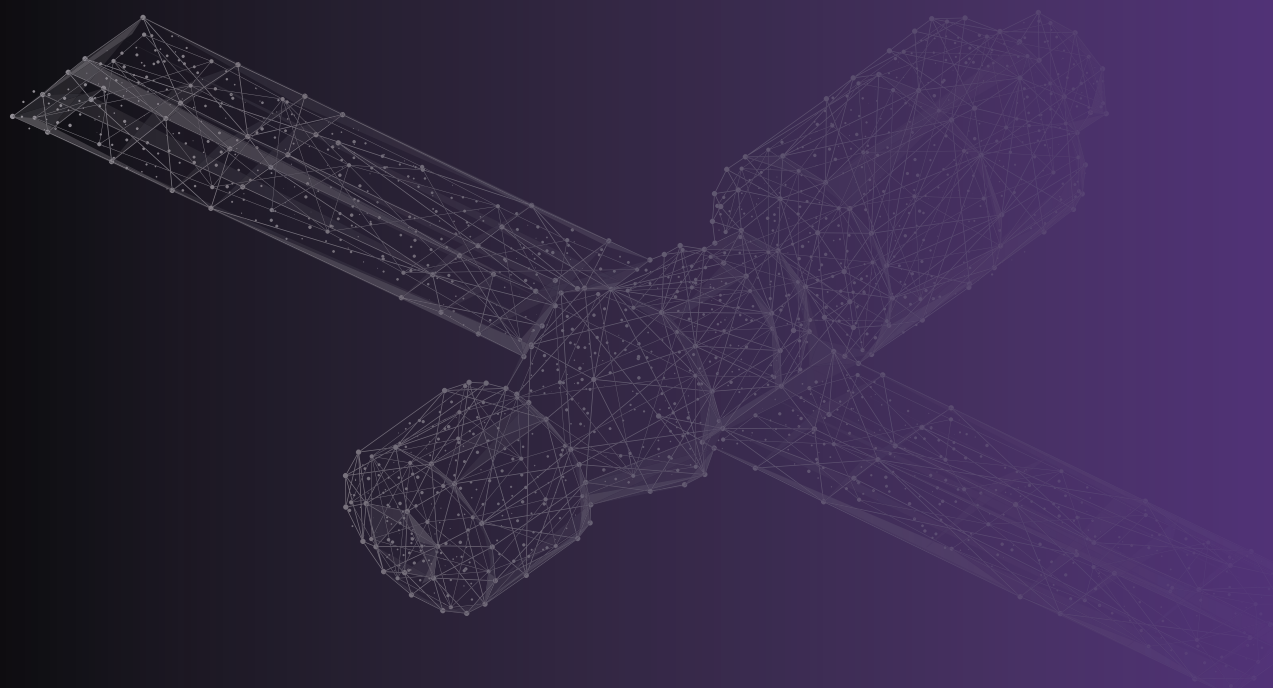


Google Play

С Новым Годом!



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

Испытательная лаборатория

АО «НАУЧНО-ИСПЫТАТЕЛЬНЫЙ ЦЕНТР «ИНТЕЛЭЛЕКТРОН»

Испытания и исследования электронных компонентов (ЭКБ)
и радиоэлектронной аппаратуры (РЭА)



Виды работ:

- входной контроль
- диагностический неразрушающий контроль
- климатические испытания
- механические испытания
- испытания на надежность, сохраняемость
- проверка на контрафакт

Виды внешних воздействий:

синусоидальная вибрация; случайная широкополосная вибрация; механические удары однократного и многократного действия; линейные ускорения; повышенные и пониженные рабочие и предельные температуры; иней и роса; повышенная влажность воздуха; атмосферное пониженное и повышенное давление; солнечное излучение; статическая и динамическая пыль (песок); соляной (морской) туман; акустический шум; определение критических частот; проверка отсутствия критических частот в заданном диапазоне.



Аккредитованная испытательная лаборатория
АО «НИЦ «ИНТЕЛЭЛЕКТРОН» соответствует требованиям
ГОСТ ИСО/МЭК 17025-2009 к технической компетентности
и независимости.

Область аккредитации включает в себя широкую номенклатуру
ЭКБ отечественного и иностранного производства, а также аппара-
туру, приборы, устройства и оборудование военного назначения.



MARKET**4 Russian Market News****MODERN TECHNOLOGIES****10 Siemens Digital Solutions for Radio and Electronic Devices Development and Production***Polycarp Sharikov***12 IoT in Unlicensed Spectrum is Reliable. We Prove It with the Example of LoRaWAN***Andrey Ekonomov***16 5G Manufacturing: Overcoming gNB Test Challenges***Jessy Cavazos***20 Standards for Single Pair Ethernet Connectors (SPE)***Matthias Fritsche***26 The Phenomenon and Consequence of Waveguide-Resonance Propagation and X-Ray Fluxes Interaction. Part 1***Evgeniy Egorov, Vladimir Egorov, Alexey Galitsyn***32 The Use of Carbon Nanotubes to Transfer Heat from IC Elements***Yuriy Nepochatov, Dmitriy Gorodetskiy, Alexander Okotrub***ELEMENTS AND COMPONENTS****40 High Power Wireless Power Transfer for the Industrial Environment. Part 2***Andreas Nadler, Cem Som***46 Modern 32-bit STM32 Series ARM Microcontrollers. In-Circuit Debugger ST-LINK V2***Oleg Valpa***DEVICES AND SYSTEMS****48 Deembedding Function in R&S RTP Oscilloscopes: Magnitude and Phase Distortion Registration and Compensation for Test and Measurement Devices. Part 2***Nikolay Lemeshko, Pavel Stroonin, Michael Gorelkin***54 Low Noise High Voltage Power Supply for Sensitive Photodetectors***Viktor Zhdankin***ENGINEERING SOLUTIONS****58 Unipolar Power Supply of an Amplifier with Powerful Op Amps in Bridge Connection. Part 1***Alexey Kuzminov***64 Time Delay Relay with Data Vision Indicator***Sergey Shishkin***DESIGN AND SIMULATION****68 Altium Designer 20.0: New Features Review***Pavel Demidov***74 LED Matrix Dynamic Indication in Proteus Software Environment***Tatyana Kolesnikova***MAN AND LAW****82 Innovations and Franchises Know-How***Gennadiy Fokin***EVENTS****84 Antisancctions 2019: IT Import Substitution in Russia***Andrey Filatov***Журнал «Современная электроника»**

Издаётся с 2004 года

Главный редактор А.А. Смирнов**Заместитель главного редактора** А.Н. Филатов**Редакционная коллегия** А.Е. Балакирев, В.К. Жданкин, С.А. Сорокин, Р.Х. Хакимов**Вёрстка** А.М. Бабийчук**Обложка** Д.В. Юсим**Распространение** С.Ю. Чепурова (info@soel.ru)**Реклама** И.Е. Савина (advert@soel.ru)**Учредитель и издатель** ООО «СТА-ПРЕСС»**Генеральный директор** К.В. Седов**Адрес учредителя и издателя:**

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

Почтовый адрес: 119313, Москва, а/я 26**Тел.:** (495) 232-0087 • **Факс:** (495) 232-1653

info@soel.ru • www.soel.ru

Производственно-практический журнал

Выходит 9 раз в год. Тираж 10 000 экз. Цена свободная

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

Отпечатано: ООО «МЕДИАКОЛОР».

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

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

© СТА-ПРЕСС, 2019

МОБИЛЬНОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ «СОВРЕМЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА»

можно скачать в **Google Play** в разделе «Приложения/Бизнес» (пользователям устройств на платформе Android) и в **App Store** в разделе «Бизнес» (пользователям iOS). С помощью этого приложения можно бесплатно читать с экрана номера наших журналов. К новым номерам журнала доступ в приложении платный.

ПОДПИСКА

Концепция распространения журнала – **БЕСПЛАТНАЯ ПОДПИСКА ДЛЯ СПЕЦИАЛИСТОВ.**

Предусмотрена подписка на печатную или электронную версию журнала. Условие сохранения такой подписки – своевременное её продление каждый год.

ПЛАТНАЯ ПОДПИСКА С ГАРАНТИРОВАННОЙ ДОСТАВКОЙ

Преимущества:

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

ОФОРМЛЕНИЕ ПЛАТНОЙ ПОДПИСКИ

В любом почтовом отделении России, подписное агентство «Роспечать»:

Тел.: (495) 921-2550.

Индексы на полугодие – 46459, на год – 36280.

Подписное агентство «Урал-Пресс»:

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

СОДЕРЖАНИЕ 1/2020

РЕКЛАМОДАТЕЛИ

AdvanteX 83

EREMEX (Delta Design) 9

Keysight Technologies . . 2-я стр. обл.

LUMINEQ 52–53

TDK-Lambda 15

XP Power 55

ДОЛОМАНТ. 88

ИНТЕЛЕКТРОН 1

Компонента. 31

МАГРАТЕП 85

PTСофт. 5

СИММЕТРОН 4-я стр. обл.

ЭЛВИС 18

ЭЛМ (ALTIUM) 69

**Читайте
свежий номер!**



www.cta.ru

РЫНОК

4 Новости российского рынка

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

10 Цифровые решения компании SIEMENS для разработки и производства РЗА

Поликарп Шариков

12 Надёжность IoT в нелицензируемом диапазоне. Доказываем на примере LoRaWAN

Андрей Экономов

16 Производство оборудования 5G: решение проблем тестирования базовых станций

Джесси Кавазос

20 Стандарты соединителей для однопарного Ethernet (SPE)

Маттиас Фритше

26 Явление и последствия волноводно-резонансного распространения и взаимодействия радиационных потоков. Часть 1

Евгений Егоров, Владимир Егоров, Алексей Галицын

32 Использование углеродных нанотрубок для отвода тепла от элементов интегральных схем

Юрий Непочатов, Дмитрий Городецкий, Александр Окотруб

ЭЛЕМЕНТЫ И КОМПОНЕНТЫ

40 Беспроводная передача энергии большой мощности для устройств, работающих в условиях индустриальной среды. Часть 2

Андреас Надлер, Кем Сом

46 Современные 32-разрядные ARM-микроконтроллеры серии STM32. Внутрисхемный отладчик ST-LINK V2

Олег Вальпа

ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

48 Функция Deembedding в осциллографах R&S RTP: учёт и компенсация амплитудно-фазовых искажений для пробников и измерительной оснастки. Часть 2

Николай Лемешко, Павел Струнин, Михаил Горелкин

54 Малошумящие источники высокого напряжения для чувствительных фотодетекторов

Виктор Жданкин

ИНЖЕНЕРНЫЕ РЕШЕНИЯ

58 Однополярное питание аудиоусилителя на мощных ОУ в мостовом включении. Часть 1

Алексей Кузьминов

64 Реле времени с индикатором Data Vision

Сергей Шишкин

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И МОДЕЛИРОВАНИЕ

68 Altium Designer 20.0: обзор новых возможностей

Павел Демидов

74 Динамическая индикация на базе светодиодных матриц в программной среде Proteus

Татьяна Колесникова

ЧЕЛОВЕК И ЗАКОН

82 Ноу-хау инноваций и франшиз

Геннадий Фокин

СОБЫТИЯ

84 Антисанкции-2019: IT-импортозамещение в России

Андрей Филатов

Новости российского рынка

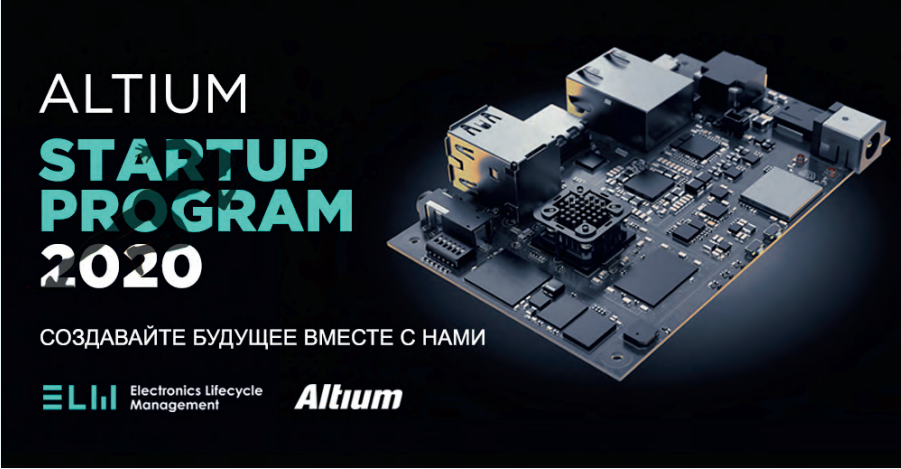
СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

ALTIUM DESIGNER STARTUP PROGRAM 2020

Компания ООО «ЭЛМ», официальный дистрибьютор компании Altium на территории Российской Федерации, объявляет о начале действия программы Altium Designer StartUP Program 2020. Данная программа позволит получить стартапам и индивидуальным предпринимателям доступ к современному программному обеспечению для проектирования печатных плат Altium Designer 20.

Сегодня разработка электроники является неотъемлемой частью при создании современной продукции. Интернет вещей, беспилотные автомобили, робототехника становятся реальностью. Очень часто на начальных этапах создания бизнеса компании имеют ограниченное финансирование и доход. Затраты на аренду офисного помещения, зарплаты сотрудников и накладные расходы требуют ежемесячного финансирования.

Мы создали программу Altium Designer StartUP Program 2020, чтобы помочь компаниям использовать эффективные программные решения Altium Designer с минимальными первоначальными инвестициями и стать лидерами отрасли.



**ALTIUM
STARTUP
PROGRAM
2020**

СОЗДАВАЙТЕ БУДУЩЕЕ ВМЕСТЕ С НАМИ

ELM Electronics Lifecycle Management **Altium**

Программа включает в себя:

- Годовую лицензию Altium Designer 20 по цене 149 000 руб. с дальнейшей пролонгацией по фиксированной стоимости и возможностью перехода на постоянную лицензию на льготных условиях.
- Годовую подписку: бесплатное получение обновлений, новых версий, техническую поддержку.
- Бесплатное участие в однодневных технических тренингах и мастер-классах.
- Включение в сообщество Altium Designer StartUP Program 2020.

- Рекламу и PR от Altium и ЭЛМ.

Срок действия программы Altium Designer StartUP Program 2020 ограничен по времени. Успейте воспользоваться уникальной возможностью и принять участие.

Более подробную информацию о стоимости и условиях участия в программе Altium Designer Startup Program 2020 Вы можете найти на сайте <https://www.altiumdesigner-20.ru> или обратиться к специалистам компании «ЭЛМ» по телефону +7 (495) 005-51-45 и электронной почте info@elm-c.ru.

Система входного контроля испытательной лаборатории АО «НИЦ «ИНТЕЛЭЛЕКТРОН» позволяет снизить риски использования контрафактной ЭКБ

Беглый осмотр электронных компонентов во время приёмки не позволяет достоверно определить контрафактную продукцию: внешний вид может полностью соответствовать требованиям производителя, информация на этикетке выглядит правильной, компонент сопровождается сертификатом соответствия, имеется возможность проследить всю цепочку поставок. Поэтому вероятность проведения дополнительной проверки того, что находится внутри компонентов (для чего часто требуется разрушить изделие), мала.

Даже если выборка репрезентативна, нет гарантии, что партия электронных компонентов не содержит контрафактные из-

делия (смешанная партия). Поэтому важно использовать простые и эффективные методы неразрушающего контроля.

Испытательная лаборатория АО «НИЦ «ИНТЕЛЭЛЕКТРОН» оснащена современным оборудованием для проверки ЭКБ на отсутствие признаков контрафакта.

Система рентгеновского контроля позволяет создавать трёхмерное изображение исследуемого объекта с возможностью послойного анализа его внутренней структуры, что обеспечивает контроль размеров и пустот, надёжности и целостности паяных соединений; контроль разварки кристалла на выводы и качества пайки BGA-шариков к корпусу микросхем; проверку переходных отверстий и внутреннего устройства элементов.

Сканирующий акустический микроскоп позволяет проводить послойное сканирование корпусов ЭКБ с последующим анализом полученных изображений на предмет наличия признаков вторичной мар-



кировки. Он также позволяет выявить расслаивание, трещины и пустоты в субмикронных толщинах, которые трудно идентифицировать с помощью рентгенографии. Микроскоп работает с композитными материалами, сплавами металлов, пластмассами.

Система входного контроля лаборатории АО «НИЦ «ИНТЕЛЭЛЕКТРОН» даёт возможность значительно сдерживать распространение поддельной продукции в электронной отрасли и повышает уверенность в подлинности испытываемых электронных компонентов.

www.intelelectron.ru
Тел.: (495) 545-4256

ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

**«РТСОФТ» ПРЕДСТАВЛЯЕТ
НОВЫЕ МОДУЛИ COM EXPRESS
НА БАЗЕ INTEL® CORE™/
XEON® E 9-ГО ПОКОЛЕНИЯ
С 6 ЯДРАМИ НА БОРТУ
И МОЩНОЙ ГРАФИКОЙ**

АО «РТСОфт» и международный холдинг Kontron AG анонсируют старт продаж нового поколения «компьютеров-на-модуле» в стандарте PICMG COM.0 R3.0 COM Express Type 6 (COMe-bCL6) на базе 9-го поколения встраиваемых микропроцессоров компании Intel® Core™/Xeon® E (кодовое название – Coffee Lake-H Refresh), выполненных в соответствии с техпроцессом 14++ нм, с коммерческой доступностью не менее 7 лет.

Аппаратура COM Express на базе 9-го поколения Intel® Core™/Xeon® E устанавливает новые стандарты производительности, энергоэффективности, функциональности и защищённости для быстрой разработки самых разнообразных целевых приложений, где крайне важно минимизировать важнейшие критерии концепции конструирования встраиваемого оборудования SWaP-C (габариты (Size), вес (Weight), энергопотребление (Power) и стоимость (Cost)) наряду с обеспечением высоких показателей надёжности.

В дополнение к уже имеющимся процессорам 8-го поколения модуль COMe-bCL6 теперь доступен на процессорах 9-го поколения:

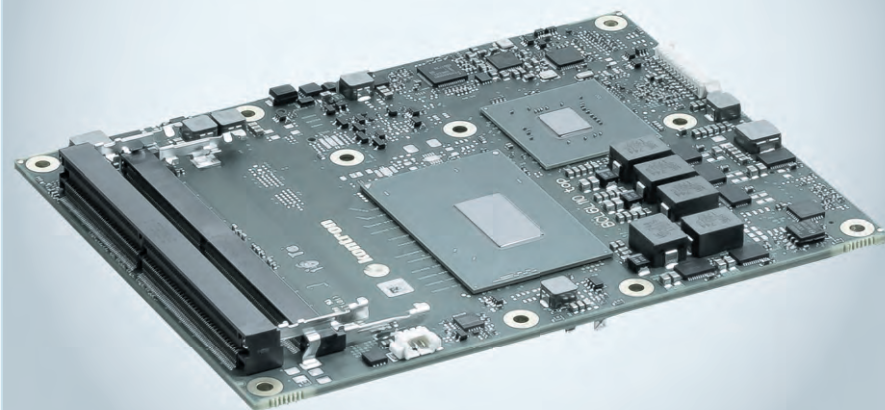
- Intel® Xeon® E-2276ME (6×2,8 ГГц, GT2, CM246, 45 Вт / 35 Вт);
- Intel® Xeon® E-2254ME (4×2,6 ГГц, GT2, CM246, 45 Вт / 35 Вт);
- Intel® Core™ i7-9850HE (6×2,7 ГГц, GT2, QM370, 45 Вт / 35 Вт);
- Intel® Pentium® G5600E (2×2,6 ГГц, GT2, QM370, 35 Вт);
- Intel® Celeron® G4930E (2×2,4 ГГц, GT2, CM246, 35 Вт);
- Intel® Xeon® E-2254ML (4×1,7 ГГц, GT2, CM246, 25 Вт);
- Intel® Core™ i3-9100HL (4×1,6 ГГц, GT2, QM370, 25 Вт);
- Intel® Celeron® G4932E (2×1,9 ГГц, GT2, QM370 25 Вт).

Особого внимания в этом списке заслуживают модули COMe-bCL6 на процессорах Intel с 6 ядрами на борту и тепловыделением всего 25 Вт:

- Intel® Xeon® E-2276ML (6×2,0 ГГц, GT2, CM246, 25 Вт);
- Intel® Core™ i7-9850HL (6×1,9 ГГц, GT2, QM370, 25 Вт).

RTSoft
Группа компаний «РТСОфт»

kontron



Новые модули опционально обеспечивают поддержку до 128 ГБ DDR4 2666 ECC со скоростью до 41,8 Гб/с, имеют опциональный бортовой NVMe SSD до 1 ТБ, поддерживают работу трёх независимых графических интерфейсов (DisplayPort/HDMI/eDP) с разрешением до 4096×2304 @ 60 Гц и аппаратным кодированием/декодированием мультимедийного контента, включая HEVC 10-бит.

Разработчики собственного целевого оборудования на основе модулей COMe-bCL6 по достоинству оценят удобства создания подсистем ввода/вывода на базе гибко конфигурируемого PCI Express 3.0, функционал 4×USB 3.1 с поддержкой до 10 Гб/с Type C, развитость BIOS/EFI AMI Aptio V, поддержку Intel Optane и великолепные возможности архитектуры 9-го поколения по администрированию, оптимизации, кибербезопасности и совместимости.

Модули COMe-bCL6 доступны в трёх рабочих температурных диапазонах эксплуатации от 0 до +60°C, от –25 до +75°C и от –40 до +85°C, что гарантирует большой набор преимуществ по созданию совместимого оборудования самого широкого назначения.

Использование новых модулей предоставляет разработчикам максимум свободы и удобства в выборе операционных систем класса Windows, Linux, QNX, VxWorks, LynxOS и современных инструментальных средств разработки для ре-

ализации практически всех важнейших концепций применения передовой вычислительной техники подобного класса: IoT, IIoT, MIIoT и принципов конструирования ответственной COTS-аппаратуры.

Применение модулей COMe-bCL6 позволяет быстро и бюджетно вывести на рынок конкурентоспособные конечные решения мирового уровня для промышленных, транспортных, телекоммуникационных, медицинских и иных приложений.

Модули доступны для заказа.

Планируемый срок коммерческой доступности – не менее 7 лет, что делает их великолепной платформой для разработки любых критичных к надёжности и длительности жизненного цикла приложений.

Модули COMe-bCL6 на базе 9-го поколения Coffee Lake Intel® Core™/Xeon® E будут валидированы для серийных отечественных промышленных платформ BLOK Industrial и BLOK Rugged в течение 1-го квартала 2020 года. Серийные образцы линеек BLOK для новых стартапов на базе Xeon E и Core i7 8-го поколения доступны для заказа уже сейчас.

С дополнительной информацией о модулях COMe-bCL6 можно ознакомиться на сайте www.kontron.com и в офисах компании «РТСОфт» (www.rtssoft.ru), стратегического партнёра холдинга Kontron в России и странах СНГ.

ЭЛЕМЕНТЫ И КОМПОНЕНТЫ

Мощный магнетрон для СВЧ-нагрева

Предприятие ЗАО «НПП «Магратеп», российский производитель оборудования для СВЧ-нагрева, представляет модернизированный магнетрон М-137, генерирующий мощность 50 кВт с КПД 75% при массе всего 13,5 кг.

Магнетрон не имеет отечественных и мировых аналогов. Благодаря низкой рабочей частоте (433 МГц) обеспечивается повышенная глубина



проникновения высокочастотной энергии в грунт (до 1 м). Применение магнетрона перспективно для размораживания грунта в условиях Арктики, а также для разрушения горных пород или нагрева асфальта.

ЗАО «НПП «Магратеп» имеет возможность поставки вместе с магнетроном источника питания и необходимых волноводных элементов для передачи СВЧ-энергии.

www.magratep.com

Тел.: (495) 225-6034

Импульсные регуляторы напряжения серии TR20 с выходным током 20 А

Компания XP Power объявила о выпуске импульсных регуляторов напряжения серии TR20, которые идеально подходят для размещения рядом с динамически изменяющимися нагрузками (20 А). При преобразовании напряжения (с КПД до 94%) очень мало энергии теряется в виде тепла, поэтому не требуется применения дополнительного радиатора, что обеспечивает значительную экономию площади и гибкость при проектировании печатной платы.

Новые DC/DC-преобразователи без изоляции между первичной и вторичной цепями предлагают простое преобразование с понижением напряжения и превосходную стабилизацию выходного напряжения при изменении нагрузки и входного напряжения, низкий уровень пульсации выходного напряжения и шумов и низкое значение входного тока (1 мА) в режиме холостого хода. Выход преобразователя защищён от длительного короткого замыкания с автоматическим переходом в рабочий режим при устранении причины короткого замыкания.

Преобразователи ряда TR2005 способны работать при отклонении входного напряже-

ния от 3 до 5,5 В (номинальное значение 5 В), обеспечивая выходные напряжения 1,2; 1,5; 1,8 и 2,5 В и ток в нагрузке 2 А. Преобразователи напряжения ряда TR2024 имеют диапазон входного напряжения от 4,6 до 36 В (номинальное напряжение 24 В) и формируют выходные напряжения 1,5; 1,8; 2,5; 3,3; 5; 6,5; 9; 12 и 15 В.

Преобразователи напряжения соответствуют требованиям следующих стандартов:

- уровень кондуктивных помех и помех излучения соответствуют требованиям стандарта EN55032 Class B при минимальной внешней фильтрации;
- стойкость к воздействию импульсных помех определяется стандартом EN61000-4-2, -3, -4, -5, -6, -8;
- требования к безопасности определяются стандартом IEC/EN/UL62368-1.

Значение среднего времени между отказами (MTBF), вычисленное по MIL-HDBK-217F при условии эксплуатации в стационарном наземном оборудовании при температуре корпуса +25°C, составляет более 2,6 млн часов.

Корпус формата SIP3, выполненный из пластика с классом возгораемости UL94V-0, имеет габариты 14×7,5×10,1 мм.



Поставка осуществляется в тубах в количестве 30 штук/упаковка. Диапазон рабочей температуры простирается от -40 до +100°C, при этом полная мощность обеспечивается между +53 и +93°C (в зависимости от модели).

Преобразователи серии TR20 являются оптимальным и недорогим решением для локального размещения в распределённых системах электропитания, не требующих изоляции; встраиваемых системах обработки данных; измерительной аппаратуре; системах связи; робототехнике; портативном оборудовании с питанием от аккумуляторов.

Производитель предлагает гарантийный срок 3 года.

www.prochip.ru

Тел.: (495) 232-2522

АО «Компонента» осуществляет поставку высококачественных ВЧ- и СВЧ-экранов для монтажа на печатные платы

Для защиты цифровых цепей, микросхем и микроконтроллеров от высокочастотных электромагнитных помех АО «Компонента» готово предложить своим заказчикам специализированные высокочастотные экраны.

Благодаря применению этих ВЧ- и СВЧ-экранов у чувствительных электронных узлов будет обеспечена помехозащищённость техники.

Экраны и экранирующие элементы могут изготавливаться из разных материалов,

например из стали и различных сплавов на основе меди, при этом толщина листа заготовки может быть от 0,1 до 0,5 мм.

Предлагаются экраны не только стандартного исполнения (прямоугольная или квадратная геометрия), но и всевозможных специфических конструкций.

Во время производственного цикла предусмотрено нанесение логотипов, серийных номеров и прочей необходимой маркировки.

Специалисты АО «Компонента» всегда готовы предоставить необходимую консультацию по технологии изготовления, выбору материалов экранов, созданию 3D-модели и производству необ-



ходимого решения на основе запросов заказчика.

www.komponenta.ru

Тел.: (495) 150-2-150

НОВЫЕ МИНИАТЮРНЫЕ DC/DC-ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ОБЕСПЕЧИВАЮТ ВЫХОДНЫЕ НАПРЯЖЕНИЯ ДО 6000 В ПРИ МОЩНОСТИ 30 Вт

Компания XP-EMCO представила новую серию HRL30 30-ваттных преобразователей постоянного напряжения в высоковольтное напряжение. Эти приборы выводят ряд миниатюрных высоковольтных DC/DC-преобразователей компании на более высокий уровень мощности.

Преобразователи напряжения серии HRL30 являются первыми высоковольтными изделиями продуктового ряда компании, которые обеспечивают режим управления как напряжением, так и током. В этих изделиях используется усовершенствованная топология, упрощающая достижение точности высокого напряжения с высокой эффективностью.

Номинальное входное напряжение 24 В. Рабочий диапазон от 22 до 30 В. Первые модели будут доступны с выходными напряжениями отрицательной или положительной полярности с диапазонами: от 0 до 600 В; от 0 до 1 кВ; от 0 до 5 кВ и от 0 до 6 кВ. Полный диапазон выходного напряжения простирается от 0...200 В вплоть до 0...6000 В с доступными в дальнейшем промежуточными напряжениями.

Новые преобразователи характеризуются работой в режиме формирования постоянного напряжения и постоянного тока с автоматическим переходом в режим ограничения тока, предотвращающий передачу в нагрузку тока, превышающего запрограммированное значение. При устранении причин перегрузки по току выходное напряжение автоматически возвращается к уста-

новленному значению, источник питания переходит в режим стабилизации напряжения.

Преобразователи напряжения серии HRL30 способны работать в диапазоне температур от -40 до $+70^{\circ}\text{C}$ с возможностью повышения температуры до $+85^{\circ}\text{C}$. Корпус выполнен из пластика с классом возгораемости UL94V-0, с основанием из плакированного алюминия, что обеспечивает превосходство этих изделий перед аналогами конкурентов с точки зрения тепловой конструкции. Габаритные размеры корпуса 76,2×38,1×19,05 мм. Общий вес 120 г.

Преобразователи серии HRL30 имеют цифровые совместимые функции управления и контроля напряжения и тока, которые могут быть легко встроены в любое приложение. Управление током защищает от перегрузки и короткого замыкания. Модули также имеют встроенную функцию защиты от дугового разряда. Основание корпуса и герметизированная печатная плата образуют конструкцию, оптимизированную для работы под высоким напряжением, с электрической изоляцией 1500 В от основания корпуса.

Основные характеристики преобразователей серии HRL30:

- встроенное на плате опорное напряжение 5 В;
- КПД – более 80% при полной нагрузке;
- нестабильность по току и напряжению – менее 0,01% (в режиме стабилизации напряжения);
- низкий уровень пульсаций $<0,05\%$;
- защита: от дугового разряда, короткого замыкания, перегрева;

- программирование напряжения и тока от 0 до 100%;
- выходы контроля выходного напряжения и тока;
- диапазон рабочих температур от -40 до $+85^{\circ}\text{C}$;
- гарантийный срок – 3 года.



Преобразователи напряжения предназначены для применения в полупроводниковой промышленности, аналитической аппаратуре, детекторах, которые являются ключевыми для миниатюрных высоковольтных преобразователей напряжения. Отличительными свойствами являются небольшой размер, управление постоянным напряжением и током с превосходными тепловыми показателями. Типичными применениями высоковольтных преобразователей напряжения являются: масс-спектрометрия, детекторы (фотоэлектронные умножители), измерение электронных/ионных пучков, электрофорез, сканирующие электронные микроскопы, зарядка конденсаторов.

www.prochip.ru
Тел.: (495) 232-2522

РАДИАЦИОННО СТОЙКАЯ МИКРОСХЕМА 16 Мбит ОЗУ 1657PY2Y

Разработка компании АО НПЦ «ЭЛВИС» – микросхема ОЗУ 1657PY2Y – заняла первое место в конкурсе «Золотой чип – 2019» в номинации «Лучшее изделие ЭКБ 2018–2019 гг.». Конкурс проводился в рамках выставки ChipEXPO–2019 при поддержке Министерства промышленности и торговли Российской Федерации.

Микросхема 1657PY2Y представляет собой статическое асинхронное однокристальное КМОП ОЗУ (SRAM) ёмкостью 16 Мбит с конфигурируемой организацией 1024К×16 или 2048К×8, стойкое к воздействию специальных факторов.

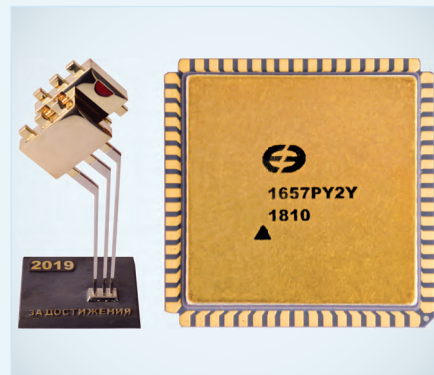
Повышенная устойчивость к сбоям микросхемы достигается благодаря использованию кода Хэмминга для обнаружения и исправления ошибок в каждом из байтов 16-разрядного слова. При этом в микросхе-

ме реализована возможность контроля дефектности как накопителя основных разрядов данных, так и контрольных разрядов кода Хэмминга.

Микросхема 1657PY2Y может применяться для замены зарубежных микросхем UT8ER512K32, UT8Q512K32, UT8CR512K32 (Cobham/Aeroflex), AT68166F (Atmel).

Основные характеристики:

- тип памяти: статическая, асинхронная;
- организация памяти: 1024К×16, 2048К×8;
- типовое время выборки адреса: 17 нс;
- напряжение питания: 1,2 и 3,3 В;
- температурный диапазон: от -60 до $+125^{\circ}\text{C}$;
- суммарная накопленная доза: не менее 300 крад;
- стойкость к воздействиям ТЗЧ по эффекту отказов SEL: не менее 60 МэВ·см²/мг;
- типовая потребляемая мощность: 6...12 мВт (в режиме хранения); 143...155 мВт (в динамическом режиме);



- рабочее пониженное атмосферное давление 10^{-6} мм рт. ст.;
- корпус металлокерамический LCC-68 (24,15×24,15 мм²);
- микросхема устойчива к воздействию статического электричества с потенциалом не менее 2000 В.

www.multicore.ru
Тел.: (499) 995-0052

СОБЫТИЯ

ФОРУМ «РАЗВИТИЕ. РОССИЙСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ИНЖЕНЕРОВ» УСПЕШНО ДЕБЮТИРОВАЛ В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ

В работе форума «РазВИТИе. Российские технологии для инженеров», который прошёл в Санкт-Петербурге 12 октября, приняли участие более 400 представителей различных предприятий Северо-Западного региона. Мероприятие, организованное консорциумом независимых ИТ-разработчиков «РазВИТИе», в который входят компании «АСКОН», НТЦ «АПМ», ADEM, «ТЕСИС» и «ЭРЕМЕКС», прошло в насыщенном деловом формате.

С приветственным словом от организаторов мероприятия выступил Александр Голиков, лидер консорциума «РазВИТИе», председатель совета директоров «АСКОН». Он рассказал о комплексе «РазВИТИе 2.0», представил итоги пятилетней работы над российским интегрированным PLM-решением и ближайшие планы консорциума.

Александр Голиков отметил: «Мы сделали хороший рывок вперёд и уверенно движемся к тяжёлому PLM-комплексу и решению задачи ИТ-поддержки проектирования и производства изделий любой сложности».

С приветственным словом выступил также Дмитрий Касиманов, начальник службы информационных технологий АО «Концерн «Морское подводное оружие – Гидроприбор». Он поделился опытом практического внедрения цифровизации на крупном предприятии.

О стратегии развития решений консорциума до 2025 года рассказал Максим Богданов, генеральный директор «АСКОН».

Открытие форума завершилось панельной дискуссией, которая была посвящена



главным трендам ИТ в промышленности, отечественным решениям, а также проблемам импортозамещения.

От компании «ЭРЕМЕКС» в дискуссии принял участие заместитель директора по развитию Евгений Корнильев. Отвечая на вопрос, как у компаний консорциума складываются дела на международном рынке, Евгений Корнильев отметил, что компания «ЭРЕМЕКС» изначально начинала свою деятельность по продвижению отдельных разработок не только в России, но и в США и Европе.

Пленарное заседание завершилось торжественной церемонией подписания соглашения о развитии сотрудничества между консорциумом «РазВИТИе» и Санкт-Петербургским государственным морским техническим университетом (СПбГТУ). Соглашение предусматривает создание учебно-тренировочного стенда для демонстрации функциональных возможностей программных продуктов консорциума, контроля знаний и навыков студентов и специалистов отрасли.

Работа форума продолжилась в секциях, демозоне «Открытый микрофон» и на технологической экспозиции «Цифровое производство». «ЭРЕМЕКС» приняла участие во всех мероприятиях форума.

На совместном докладе компаний «ЭРЕМЕКС» и «АСКОН» были представлены современные возможности инструментальных и платформенных САПР и PLM-решения от консорциума «РазВИТИе». Это высокоинтегрированное эффективное решение на базе продуктов участников консорциума, которое предназначено для проектирования сложных радиоэлектронных изделий. В докладе коснулись темы комплекса для приборостроителей, предназначенного для разработки конструктивных решений и электронной начинки в единой среде, работающей на базе 3D-модели. В решение входят: САПР Компас-3D от «АСКОН», САПР PЭА Delta Design компании «ЭРЕМЕКС», а также расчётные системы FlowVision от «ТЕСИС» и АПМ FEM.

О возможностях организации коллективной работы над проектами приборостроительных предприятий участникам форума рассказал Сергей Пилкин, заместитель генерального директора «ЭРЕМЕКС», консорциум «РазВИТИе».

В рамках работы секций сотрудники «ЭРЕМЕКС» представили ещё два технических доклада: о подготовке конструкторской документации на печатный узел по ЕСКД средствами САПР Delta Design и выпуске технологической документации на изготовление печатных плат в Delta Design.

В рамках программы «Открытый микрофон» бренд-менеджер «ЭРЕМЕКС» Антон Плаксин рассказал о результатах работы в консорциуме за прошедшие 2 года, представил новые возможности САПР Delta Design 2.7 и функциональные новинки в версии 3.0, которая выйдет весной 2020 года.

www.eremex.ru

Тел.: (495) 232-1864





Свобода проектирования



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

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

Цифровые решения компании SIEMENS для разработки и производства РЭА

Поликарп Шариков (Москва)

В конце октября в Москве прошла конференция компании Siemens Digital Industries Software «Технологии проектирования и производства сложных электронных систем с высокой плотностью компоновки». На мероприятии ведущие специалисты компании рассказали о широком спектре цифровых решений для всех этапов создания радиоэлектронной аппаратуры (РЭА), начиная с разработки интегральных схем и заканчивая оптимизацией производства готовых изделий. В основе этих решений лежит принцип создания цифровых двойников как самих производимых изделий, так и производственного оборудования, позволяющий моделировать и оптимизировать их работу. Гибкость цифровых технологий позволяет адаптировать их к требованиям практически любого заказчика.

Специфика производства электроники в России состоит в том, что сегодня основная его часть обслуживает государственный оборонный заказ (ГОЗ) и основным стимулятором спроса выступает государство. Но на октябрьском заседании Военно-промышленной комиссии было отмечено, что пик ГОЗ остаётся позади, и предприятиям следует переориентироваться на рынки гражданской продукции, например для медицины и телекоммуникаций. Ёмкость внутреннего рынка недостаточна для того, чтобы быстро окупить инвестиции в сколько-нибудь значимый производственный проект, но экспорт высокотехнологичной электроники представляется весьма перспективным. Однако на внешнем рынке гражданской продукции нашим компаниям предстоит встреча с зарубежными «монстрами», давно и хорошо отладившими свои производственные процессы под его нужды. Для наших предприятий граждан-

ский рынок нов, поэтому для успешной конкуренции на нём нам понадобятся новые компетенции и технологии.

Особенности рынка гражданской электроники

Рынку гражданской электроники присущи несколько специфических особенностей. Одна из них состоит в том, что количество новых технологий на нём постоянно растёт, а их жизненный цикл сокращается. Характерная для гражданской продукции персонализация – адаптация параметров изделия под нужды отдельного заказчика – приводит к увеличению числа заказов при уменьшении их объёма. Изделия должны выдерживать ценовую конкуренцию, для этого надо использовать технологию опережающего расчёта их себестоимости, эффективно управлять материалами с помощью MES-системы (от англ. Manufacturing Execution System, система управления

производственными процессами), точно подсчитывать затраты и минимизировать издержки.

Как же предприятия должны ответить на современные вызовы? Основная часть предприятий пытается с помощью современных технологий повысить операционную эффективность своих подразделений, но примерно в половине случаев эти попытки неудачны. Компания Gartner считает причиной неудач желание внедрить новые технологии при сохранении старой производственной системы, неспособной отслеживать быстрые изменения тенденций рынка. Но при грамотном применении передовых технологий у предприятия есть все возможности конкурировать если не с лидерами, то с основными игроками рынка.

Миниатюризация и мобильность современной электроники

Важный тренд современной электроники – миниатюризация и мобильность изделий. Оказалось, что из-за него часто возникает конфликт интересов между конструкторами электронной и механической частей изделия. Появляется необходимость в цифровой модели устройства, на которой можно было бы проверить его соответствие предъявляемым требованиям. Точная цифровая модель устройства, его цифровой двойник, позволяет минимизировать число возникающих при разработке ошибок в электронной, механической и программной частях проекта. Такие цифровые двойники многомерны, они могут содержать информацию о материале изделия, его тепловой модели, трассировке кабельной сети в нём и т.д. – до шести направлений проектирования. Кроме цифрового двойника изделия, создается также цифровой двойник производства, содержащий полную информацию обо всех применяемых технологических процессах. Для передачи информации, объединяющей всех участников процессов проектирования, изготовления и технической поддержки продукции платформой проектирования, создаётся и поддерживается т.н. цифровая нить. Она позволяет переда-





Основные этапы разработки и производства РЭА с применением передовых цифровых решений от Siemens

вать в цифровом виде данные через все инженерные дисциплины, сферы применения, инструменты и системы. Чтобы быстро выводить на рынок новые изделия, отвечающие постоянно меняющимся трендам, игрокам необходимо иметь эффективное оперативно перестраиваемое производство. «Умное производство» – вот ответ Siemens на вызовы рынка. Компания предлагает интегрированную платформу, объединяющую процессы проектирования электронных и механических узлов, программного обеспечения, кабельных сетей, а также инженерные дисциплины, задействованные при проектировании, изготовлении и поставках высокотехнологичных изделий. На сегодняшний день Siemens является единственной компанией, способной разработать цифровые двойники для всех этапов разработки и производства РЭА и предложить замкнутую цепочку, объединяющую процессы конструкторско-технологической подготовки производства с самим производством и обеспечивающую мгновенную обратную связь для постоянного повышения качества и производительности.

Основные этапы разработки РЭА с цифровыми решениями от Siemens

Наглядно основные этапы разработки и производства РЭА с применением передовых цифровых решений от Siemens показаны на рисунке. Разработка электронной и механической частей проекта проводится с помощью решений Xpediton и NX. Совместное использование этих систем разрушает барьеры между областями проектирования электроники и механики посредством бесшовной интеграции инструментов. Тесная интеграция гарантирует, что инженеры и дизайнеры в обеих дисциплинах могут сотрудничать в разработке продуктов на протяжении всего процесса проектирования. Последовательное итеративное взаи-

модействие помогает командам избегать и устранять дорогостоящие повторные изменения конструкций печатных плат и механических корпусов.

Вопросы технологичности как самого изделия, так и производственных процессов поддерживаются системой Teamcenter – программной платформой, позволяющей создать единое информационное пространство разработки и управления данными об изделии. Эта платформа позволяет управлять данными об изделии на всех этапах его жизненного цикла: от сбора предварительной информации на преддоговорном этапе до ведения истории каждого экземпляра изделия в процессе его эксплуатации. Teamcenter обеспечивает взаимодействие сотрудников на всех этапах жизненного цикла изделия, консолидируя сведения об изделиях и используемых технологических процессах. Система имеет широкий набор функций, позволяющий управлять различными типами данных: планарными и трёхмерными моделями изделия, графическими и текстовыми документами, а также многими другими видами информации. Предоставление доступа к данным всем заинтересованным лицам независимо от их местоположения делает взаимодействие более эффективным, сокращает время на проектирование конечного изделия и повышает качество разрабатываемой продукции.

Система планирования и оптимизации

Планирование и оптимизация производства проводятся с помощью системы Opcenter (прежнее название Camstar). Это комплексное решение для управления производственными процессами, которое позволяет реализовать стратегию полной оцифровки производственных операций. Opcenter обеспечивает сквозную прозрачность производства, позволяя лицам, при-

нимающим решения, легко определять области, которые должны быть улучшены как в дизайне продукта, так и в связанных с ним производственных процессах, и вносить необходимые оперативные корректировки для более плавного и более эффективного производства. Производители электроники могут изменять и реконфигурировать производство и решать вопросы качества со скоростью, необходимой для удовлетворения требований клиентов. С помощью Opcenter производители электроники смогут ускорить вывод на рынок новых продуктов, одновременно улучшая свои возможности конкурировать на быстро меняющемся потребительском рынке.

Положительные эффекты «умного производства»

Предлагаемая компанией Siemens концепция «умного производства» может дать ряд положительных эффектов, среди них: сокращение времени на разработку изделий, повышение их качества и технологичности, улучшение взаимопонимания между разработчиками, технологами и производственниками, уменьшение числа ошибок во всём цикле разработки и изготовления изделия, снижение объёма и стоимости складских запасов, уменьшение времени простоя и числа наладок производственных линий, повышение качества технологической документации. В условиях, когда заказчики требуют быстрой разработки новых изделий, подобный подход способен сократить сроки выхода новых изделий на рынок на 50% при сокращении затрат на разработку на 25% и достижения практически идеального качества продукции. Большой портфель управляющих цифровых систем от Siemens позволит подобрать подходящие решения для производства любого типа и масштаба.



Надёжность IoT в нелицензируемом диапазоне. Доказываем на примере LoRaWAN

Андрей Экономов (andrei.n.ekonomov@domru.ru)

Некоторых потенциальных клиентов до сих пор беспокоит вопрос надёжности и безопасности передачи данных на общедоступных частотах. В данной статье наглядно объясняется, почему эти опасения беспочвенны.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в большинстве развитых стран в дополнение к сетям мобильной связи активно строятся сети Интернета вещей (IoT) класса LPWAN (Low Power Wide Access Network), работающие на нелицензируемых (т.е. общедоступных) радиочастотах. В Российской Федерации для этих целей выделен диапазон 868 МГц (частоты 864...869,2 МГц) [1], в котором уже построены сети как общемирового стандарта LoRaWAN (Long Range Wide Access Network), так и локальных спецификаций, например «Стриж» и «Вавиот».

Несмотря на миллионы уже подключённых к LPWAN-сетям устройств по всей планете, некоторых потенциальных клиентов до сих пор беспокоит вопрос надёжности и безопасности передачи данных на общедоступных частотах. Попробуем развеять сомнения на примере сети стандарта LoRaWAN, построенной в Российской Федерации АО «ЭР-Телеком Холдинг».

НЕЛИЦЕНЗИРУЕМОСТЬ – НЕ СИНОНИМ ВСЕДОЗВОЛЕННОСТИ

Нередко приходится слышать мнение, что системы связи в общедоступных диапазонах частот не могут обеспечивать уверенную связь уже только потому, что любой желающий может вывести в эфир генератор ватт эдак на 20 и «положить» всё вокруг. На самом деле, в нелицензируемых диапазонах для средств радиоэлектронной связи (РЭС) действуют даже более строгие правила, чем в лицензируемых. В частности, в полосе 868 МГц согласно решению ГКРЧ [2] ограничены, во-первых, излучаемая мощность (на большинстве каналов – не более 25 мВт), во-вторых, время нахождения в эфире (как правило, не более 1%). И наказание за нарушения указанных величин точно такие же, как и за несанкционированное вещание на лицензируемых частотах.

Так что любые системы гражданского назначения вне зависимости от способа выделения спектра – по стандартным процедурам (лицензионный) или

по упрощённым (нелицензионный) – могут пострадать от преднамеренных радиопомех. Однако это в равной мере незаконно, и способы борьбы с такими помехами известны и одинаково доступны всем пользователям радиоспектра.

В то же время, разумеется, даже работающие по закону устройства могут создавать помехи своему окружению. Рассмотрим, как с этим борется стандарт LoRaWAN [3].

ЗАЩИТА ОТ ВНЕШНИХ ПОМЕХ

Радиопrotocol LoRaWAN использует импульсы линейно-частотной модуляции (ЛЧМ) или в англоязычном варианте – CSS (Chirp Spread Spectrum) (см. рис.1). В отличие от систем XNB (Extra Narrow Band) типа Sigfox, «Стрижа» и «Вавиота», использующих для связи узкую полосу в 100 Гц и фазовую модуляцию, данные в сетях LoRaWAN передаются датчиками в полосе шириной 125 кГц (т.е. более чем в 1000 раз шире).

Каждое устройство стандарта LoRaWAN излучает сигнал с изменяющейся частотой. Модуляция же LoRaWAN заключается в «обрыве» цикла на одной из промежуточных частот (см. рис. 2а) и новом его начале, именно это и кодирует передаваемый символ. Всего существуют 128 возможных различных частот «обрыва» цикла в каждом частотном канале (шириной, напомним, 125 кГц), а значит, один ЛЧМ-импульс кодирует 7 бит данных.

Поскольку частота сигнала LoRaWAN меняется в диапазоне 125 кГц, то узкополосная помеха практически не оказывает влияния на успешность декодирования сигнала LoRaWAN, чего нельзя сказать о системах XNB, сигнал которых может быть полностью уничтожен помехой шириной уже в несколько десятков герц. Ещё одно преимущество, вытекающее из особенности модуляции LoRaWAN, – устойчивая работа на движущихся объектах (поездах, автомобилях и т.п.), так как доплеровский сдвиг частоты заметно не влияет на успешность передачи сигнала.

И последнее: модуляция и канальное кодирование LoRaWAN (допол-

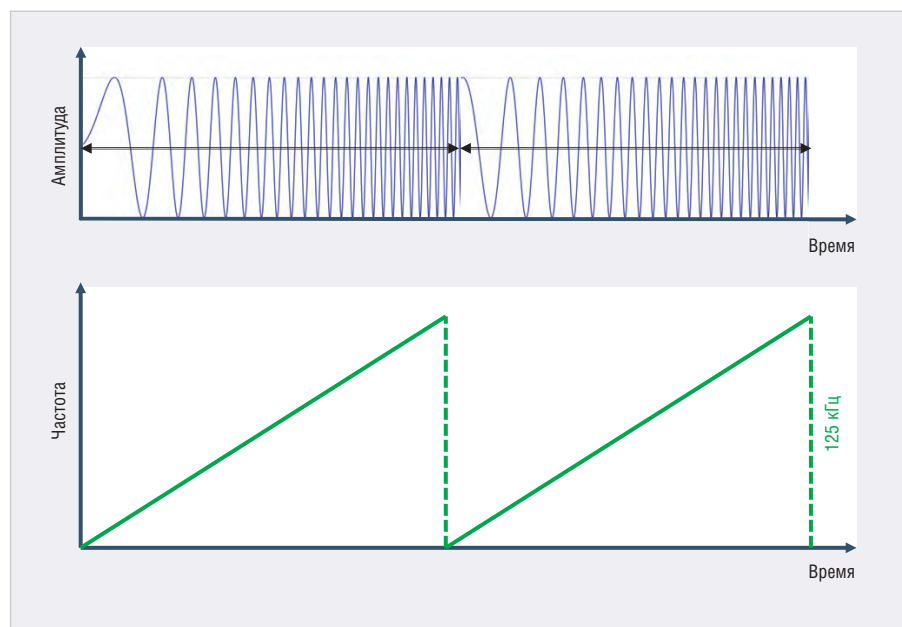


Рис. 1. Немодулированный сигнал LoRaWAN

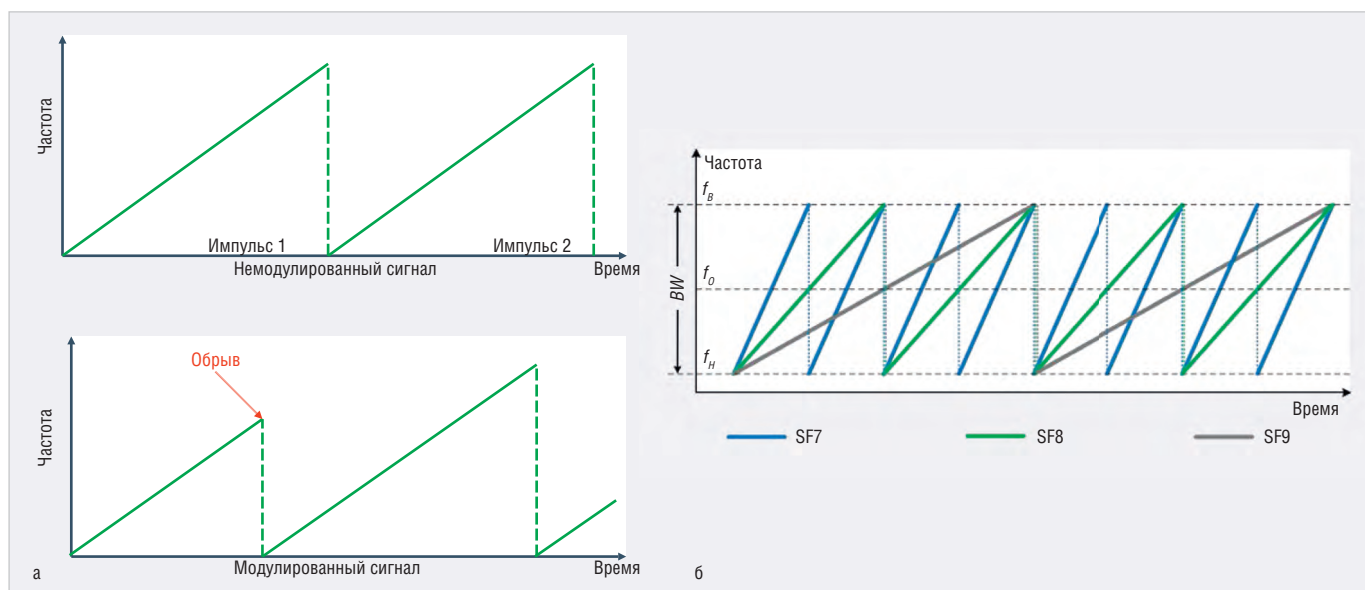


Рис. 2. Модулированный сигнал LoRaWAN в сравнении с немодулированным

нение пользовательских данных контрольными битами с целью успешного восстановления сообщения в случае потери его части, не путать с шифрованием) позволяют осуществлять приём полезной информации даже при отрицательных значениях отношения сигнал/шум (SNR до -20 дБ).

БОРЬБА С ВНУТРЕННИМИ КОЛЛИЗИЯМИ

С целью экономии заряда батарей абонентских устройств и ёмкости сети датчики LoRaWAN выходят в эфир на одном из восьми частотных каналов без предварительной синхронизации с сетью (в отличие от, скажем, GSM, где каждому абоненту сеть выделяет на время разговора персональный таймслот на определённом частотном канале). Это создаёт вероятность внутрисетевых «коллизий»: а вдруг две двери откроются одновременно и соответствующие сенсоры выйдут в эфир в один и тот же момент на одном частотном канале? Примет ли сеть сигнал от них, или они заглушат друг друга, или один заглушит другой? Давайте разбираться.

Стандартом LoRaWAN [3] определены так называемые Spreading Factors (SF), или «коэффициенты расширения спектра». Спецификацией [4] их предусмотрено всего шесть – от SF7 до SF12. SF – это «скорость» изменения частоты в ЛЧМ-импульсе: чем выше SF, тем медленней меняется частота (см. рис. 26). Изменение SF на единицу означает увеличение длительности импульса в 2 раза. Для SF7 и полосы 125 кГц длительность импульса минимальна и составляет 1,024 мс.

Чем выше SF, тем медленней передаются данные, но тем выше способность системы распознать их без ошибок. SF каждому абонентскому устройству назначает сетевой сервер (NS – Network Server) по алгоритму ADR (Adaptive Data Rate – адаптивная скорость передачи данных) на основании измерений отношения сигнал-шум (SNR), выполненных базовой станцией. Если абонентские терминалы находятся в разных радиоусловиях относительно базовой станции (например, одно – рядом с БС, другое – далеко, или одно – у окна квартиры, второе – за капитальной стеной), то передавать данные они будут с разными SF. При этом они не будут друг с другом интерферировать даже в случае наложения сигналов друг на друга по времени на одном частотном канале. Магия? Вовсе нет, ведь в силу разной скорости изменения частоты у передатчиков с разными SF такие устройства будут представлять друг для друга лишь узкополосную помеху, что, как уже было сказано выше, легко компенсируется канальным кодированием.

А что будет, если базовая станция примет одновременные сообщения от двух устройств с одинаковым SF? Да, будет коллизия, и либо одно, либо оба сообщения будут потеряны в результате интерференции. Однако это произойдёт только на ОДНОЙ базовой станции, в то время как сигнал от каждого абонентского LoRaWAN в профессионально спланированной и грамотно построенной сети принимают минимум три БС (именно такое количество базовых станций необходимо для корректной работы опции геолокации мето-

дом TDoA (Time Difference of Arrival)). И если на одной БС возникнет коллизия, то приём сообщения успешно пройдёт через другие базовые станции. В сетевом сервере LoRaWAN даже существует специальный таймер (длительностью 250 мс), чтобы дожидаться, пока сообщение от определённого абонентского устройства будет получено всеми возможными БС, с целью выбрать среди них наилучшую (с точки зрения SNR) на случай, если потребуются отправка сообщения от сети к датчику (подтверждение приёма или MAC-команда).

В исследовании [5], проведённом компаниями MachineQ и Semtech, установлено, что восемь восьмиканальных БС LoRaWAN за сутки в состоянии принять 1 млн сообщений от абонентских устройств. А если надо больше? Ответ простой: увеличивать количество базовых станций. Ведь в отличие от сотовых систем связи, БС LoRaWAN не ведут постоянного вещания пилотных (как в LTE) или широкополосных (как в GSM) сигналов, так что установка новых базовых станций не приводит к повышению внутрисетевой интерференции. Основную часть времени БС LoRaWAN работают на приём, а режим передачи включается лишь в редких случаях отправки команды управления или подтверждения приёма на абонентское устройство. Также для покрытия помещений можно использовать репитер LoRaWAN (его спецификация на момент написания этого материала находится на финальном утверждении в техническом комитете LoRa Alliance). Репитер позволит улучшить

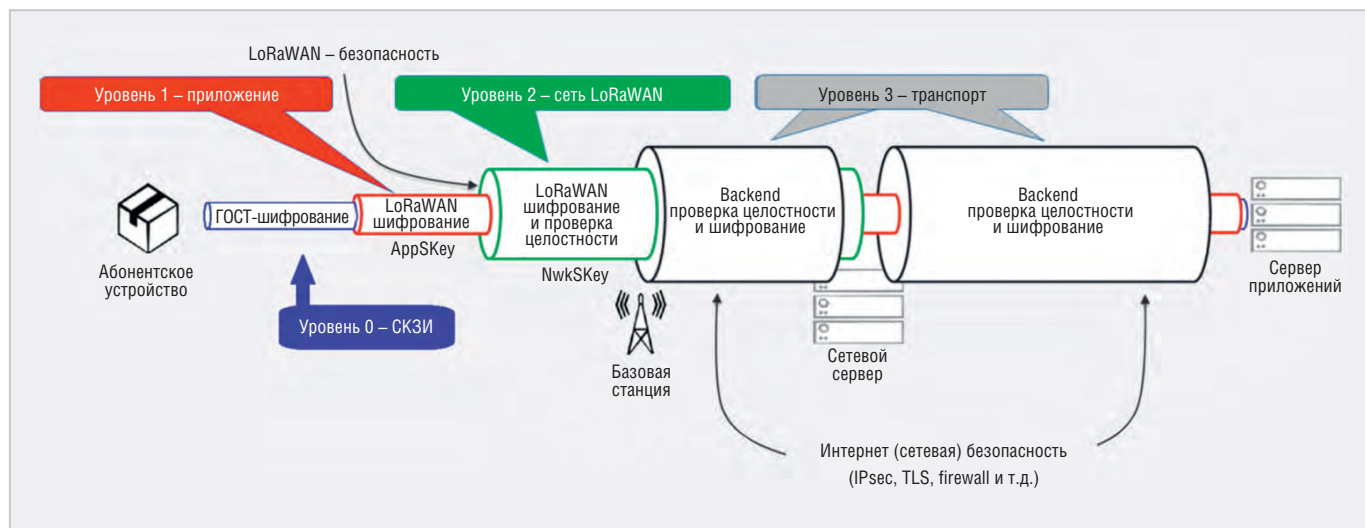


Рис. 3. Общая схема безопасности данных в сети LoRaWAN, дополненная уровнем СКЗИ (средства криптографической защиты информации)

(т.е. уменьшить номер) SF для сообщений, отправляемых indoor-датчиками, что снизит вероятность коллизий (ведь, как было указано выше, сообщения с низким SF передаются многократно быстрее, чем сообщения с высоким SF).

Что касается безопасности передаваемых в сетях LoRaWAN сообщений (см. рис. 3), то в сетях рассматриваемого стандарта используется многоуровневая система шифрации пользовательской информации и проверки целостности данных с широчайшими возможностями кастомизации. Это позволяет построить систему с наивысшим уровнем защиты, в том числе для использования в КИИ (критическая информационная инфраструктура) [6]. Этот вопрос был подробно рассмотрен в материале [7].

Выводы

Системы IoT, использующие нелицензионный спектр, могут быть спроектированы таким образом, чтобы обеспечить безопасную и приемлемую для достаточно ответственных приложений (вплоть до КИИ) вероятность доставки сообщения. Ограничения из-за количества устройств теоретически возможны, однако они возникают при плотностях размещения датчиков, существенно превышающих реально прогнозируемые ситуации, и в случае необходимости легко устраняются увеличением числа базовых станций и установкой репитеров, что подтверждает международный опыт [5].

ЛИТЕРАТУРА

1. Решение ГКРЧ № 07-20-03-001 от 07.05.2007 «О выделении полос радио-

частот устройствам малого радиуса действия».

2. Решение ГКРЧ № 18-46-03-1 от 11.09.2018 «О выделении полос радиочастот, внесении изменений в решения ГКРЧ и продлении срока действия решений ГКРЧ».
3. LoRaWAN™ Specification, Version V1.0.3, 2018.
4. LoRaWAN™ 1.0.3 Regional Parameters, 2018.
5. Ross Gilson, Michael Grudsky. LoRaWAN Capacity Trial in Dense Urban Environment, 2018.
6. Федеральный закон «О безопасности критической информационной инфраструктуры Российской Федерации» от 26.07.2017 № 187-ФЗ.
7. А.Н. Экономов. «Аспекты безопасной передачи данных в сетях IoT и их практическая реализация в LoRaWAN». Современная электроника. 2019. № 5.



НОВОСТИ МИРА

18-я международная выставка «CHIPEXPO-2020» пройдет в Технопарке Инновационного центра «Сколково»

В 2020 году 18-я международная выставка по электронике, компонентам, оборудованию, технологиям «ChipEXPO-2020» пройдет 15–17 сентября в Технопарке Инновационного центра «Сколково».

Центр «Сколково» является важнейшей инновационной площадкой России, на которой проходит много мероприятий технологической, инновационной и научной направленности.

С ноября 2019 года после открытия МЦД-1 и интеграции его с московским метро транспортная доступность «Сколково» составля-

ет 17 минут. Выставка станет ещё более интересной и удобной для делового сотрудничества участников и посетителей благодаря тому, что Технопарк «Сколково» обладает самой современной инфраструктурой, которая позволяет проводить масштабные выставки, конференции, симпозиумы, подчёркивают организаторы.

Дополнительным плюсом для участников станет тот факт, что в «Сколково» работают около 1800 компаний-резидентов, часть из которых связана с электроникой и микроэлектроникой. Ряд этих компаний примет участие в проекте.

Как отметили организаторы выставки, в ноябре–декабре 2019 года принят ряд документов Минпромторга России и Госкорпо-

рации «Ростех», устанавливающих основные концептуальные направления выставки «ChipEXPO-2020», тематику экспозиций, разделы деловой программы.

В настоящее время формируется деловая программа выставки, разрабатывается новое положение о конкурсе «Золотой Чип», оптимизируется количество и тематика номинаций конкурса и формируется экспертный совет для оценки поданных заявок и подведения итогов.

Организаторы мероприятия приглашают компании подать заявки на участие в «ChipEXPO-2020» и её деловой программе! Устроители всегда открыты к диалогу по разработке и предоставлению расширенного комплекса услуг, которые сделают участие в выставке ещё более эффективным.

НОВОЕ ПОКОЛЕНИЕ ПРОГРАММИРУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ



- + Выходные мощности:
1,5 / 1,7 / 2,7 / 3,4 и 5 кВт
- + Выходное напряжение от 10 до 600 В
- + Выходной ток от 2,6 до 500 А
- + КПД до 92% на полной нагрузке
- + Управление: LAN, USB, RS-232/485
- + Вес менее 7,5 кг, высота модуля 1U для 19" стойки
(модель на 1,5 кВт имеет размер 1/2 19" стойки)

- + GSP 10 кВт, GSP 15 кВт – готовые модули
с завода-изготовителя, состоящие из ведущего
модуля и одного или двух ведомых
- + Полный заводской контроль качества
и тестирование
- + Привлекательная цена
- + Управление: LAN, USB, RS-232/485,
Modbus-TCP



Производство оборудования 5G: решение проблем тестирования базовых станций

Джесси Кавазос (Keysight Technologies, Inc.)

Технологии 5G стремительно развиваются. В 2018 году были представлены первые чипсеты, а в этом году уже отмечено первое коммерческое внедрение базовых станций (gNB) и появление абонентских устройств. Новая технология охватила всю экосистему мобильной связи: от производства чипсетов и абонентских устройств до производителей сетевого оборудования и операторов связи. Но прежде чем операторы начнут получать прибыль от 5G, промышленность должна справиться с тем, что, вероятно, является самой большой проблемой этой технологии – с производственным тестированием.

Технология 5G буквально взорвала всю отрасль беспроводной связи – от научных исследований до практического применения – экспоненциальным ростом сложности. По большей части это было обусловлено применением таких технологий, как сверхбольшие системы MIMO (несколько входов и несколько выходов) и формирование диаграммы направленности, а также сдвигом рабочих частот в область миллиметрового диапазона. Однако производство является именно тем этапом жизненного цикла продукта, где теория проверяется практикой. Для того чтобы технология 5G достигла успеха, производители сетевого оборудования должны найти способы недорогого тестирования своей продукции, обеспечить высокое качество изделий при сокращении сроков производства и сохранить гибкость, позволяющую работать с сигналами с неравномерным уровнем, соблюдать новые требования к каналу связи и новым частотным диапазонам. Эти три фактора – рост сложности устройств, поиск радикальных способов снижения стоимости испытаний и ускорение продвижения товара на рынок – находятся в полном противоречии. Самой большой производственной проблемой производителей сетевого оборудования является одновременное преодоление этих препятствий на пути к победе в гонке 5G.

С появлением сверхбольших систем MIMO число каналов выросло до 16, 32, 64 и даже до 128, что значительно увеличило время тестирования и, как следствие, стоимость. Производители сетевого оборудования вынужде-

ны существенно повышать скорость тестирования, одновременно не допуская разрастания производственных площадей и обеспечивая масштабирование производственных испытаний.

В то же время частоты миллиметрового диапазона порождают проблемы энергетического баланса линий связи из-за больших потерь мощности на этих частотах и в связи с необходимостью тестирования по радиоэффиру, поскольку антенны подключаются непосредственно к ИС приёмопередатчика без промежуточного кабеля. Всё это приводит к сужению динамического диапазона. Выполнение точных измерений становится очень трудным. Для производителей сетевого оборудования жизненно важно снизить стоимость изготовления базовых станций, в то время как перечисленные проблемы требуют применения дополнительного оборудования, такого как камеры для тестирования по радиоэффиру и измерительные приборы с максимальными техническими характеристиками.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ТЕСТИРОВАНИЯ ПО РАДИОЭФИРУ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА БАЗОВЫХ СТАНЦИЙ

С появлением 5G и требований к увеличению полосы пропускания каналов производители сетевого оборудования были вынуждены покинуть привычный, но, увы, перегруженный спектр ниже 6 ГГц и перейти в свободные диапазоны более сложного миллиметрового спектра. Частоты ниже 6 ГГц, названные в стандарте 5G New

Radio (5G NR) частотным диапазоном 1 (FR1), разительно отличаются от печально известного миллиметрового диапазона 2 (FR2), простирающегося от 24,25 до 52,6 ГГц.

Менее загруженный, по сравнению с частотами ниже 6 ГГц, миллиметровый диапазон позволяет достичь нужных пользователям скоростей передачи данных за счёт расширения полосы канала, поскольку этот диапазон практически не используется другими приложениями. И хотя этот аспект очень привлекателен, о характеристиках распространения миллиметровых волн этого не скажешь. В связи с большей дифракцией, глубиной проникновения и потерями в атмосфере этим частотам свойственно высокое затухание, что снижает дальность передачи радиосигналов. Это вынуждает применять фазированные антенные решётки и исключает возможность реализации контрольных точек для подключения пробников. В результате технологии 5G привели к резкому переходу от контактных замеров к измерениям через эфир (известным также как тестирование по радиоэффиру).

В схемах тестирования по радиоэффиру дополнительное затухание на пути от тестируемого устройства (ТУ) до измерительного прибора снижает отношение сигнала к шуму (С/Ш), что ухудшает такие параметры, как модуль вектора ошибки (EVM) и относительный уровень мощности в соседнем канале (ACPR). Значение ACPR играет критически важную роль в минимизации помех, гарантируя, что излучение устройства не выходит за пределы назначенного ему канала.

Для компенсации потерь в миллиметровом диапазоне инженеры-исследователи могут использовать высококачественные СВЧ-приборы. В производственных условиях применение таких приборов может оказаться неоправданным и привести к значительному росту стоимости тестирования. Вероятно, вместо этого лучше применить узкополосное решение, объединяющее приборы более низкого частотного диапазона с внешним миллиметровым трансивером и позволяющее

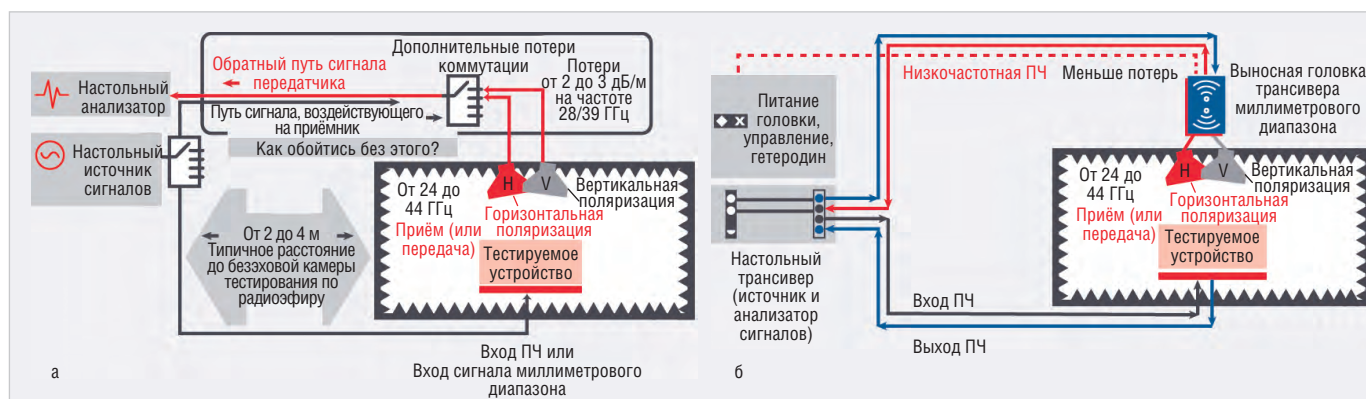


Рис. 1. Снижение вносимых потерь в процессе измерений по радиоэффру выносной приёмно-передающей головкой миллиметрового диапазона

сбалансировать стоимость и производительность. Это решение использует повышающее и понижающее преобразование частоты в измерительной плоскости, что снижает вносимые потери, обеспечивая нужные характеристики в существенно более широком диапазоне мощностей. Такой подход позволяет создать значительно более экономичные и гибкие решения для производственного тестирования 5G на высоких частотах (см. рис. 1).

ПРИМЕНЕНИЕ МАСШТАБИРУЕМЫХ ПРИБОРОВ ДЛЯ УВЕЛИЧЕНИЯ ЧИСЛА ЧАСТОТНЫХ ДИАПАЗОНОВ И РАСШИРЕНИЯ ПОЛОСЫ ПРОПУСКАНИЯ

Частотные диапазоны 5G NR разбиты на несколько поддиапазонов, пронумерованных от 1 до 255 для FR1 и от 257 до 511 – для FR2. Максимальная полоса канала расширена до 100 МГц для частот до 6 ГГц и до 400 МГц – для частот миллиметрового диапазона. Такая ширина канала в 5-20 раз превышает ширину канала стандарта LTE, поскольку LTE, LTE-A и LTE-A Pro имеют максимальную полосу канала 20 МГц. Максимальная ширина агрегатированного канала в 5G NR тоже существенно расширена (почти в 2 раза по сравнению с LTE) и достигает 400 МГц для FR1 и 1,6 ГГц – для FR2 по сравнению со 100 МГц в LTE-A и 640 МГц в LTE-A Pro.

Для минимизации стоимости тестирования сетевого оборудования 5G производители должны оснастить рабочие места приборами, способными гибко работать с большим числом частот (включая миллиметровый диапазон) и более широкими каналами 5G NR. Масштабируемость приборов помогает ограничить занимаемое ими пространство и, следовательно, сократить площади производственных помещений и арендную плату за них.

Увеличение ширины канала предъявляет также особые требования к модулю вектора ошибки (EVM), равномерности АЧХ и динамическому диапазону, которые значительно труднее удовлетворить. Производителям сетевого оборудования нужны приборы, обладающие превосходными радиочастотными параметрами и амплитудно-частотными и фазо-частотными характеристиками на низких частотах, что необходимо для снижения отношения сигнала к шуму (С/Ш) в результате коррекции. Кроме того, не следует забывать и о других факторах, влияющих на точность измерений, таких как электронные компоненты, коммутаторы и кабели в измерительной системе, и не забывать измерять АЧХ тестовых оснасток, кабелей, разъёмов и смесителей. Всех этих проблем можно избежать, применив выносную излучающую головку.

МОДУЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ УСКОРЯЮТ ТЕСТИРОВАНИЕ МНОГОАНТЕННЫХ СИСТЕМ

Для повышения спектральной эффективности и расширения зоны покрытия стандарт 5G использует MIMO и концепцию формирования диаграммы направленности. В ходе проверки конструкции многоантенные радиочастотные системы усложняют схему тестирования и требуют больше времени для достижения необходимой синхронизации. На этапе производства главной целью является гарантия нормальной работы каждого канала. Поэтому все каналы тестируются индивидуально.

Производителям сетевого оборудования нужны контрольно-измерительные решения, обеспечивающие быстрое тестирование и способные масштабироваться по мере перехода от устройств 4G с числом портов от 4 до 8 к устройствам 5G с числом каналов 16, 32, 64 или 128. Им нужны решения, поддер-

живающие многоканальное и многообъектное тестирование, а также обеспечивающие высокую пропускную способность. Например, в векторном трансивере (VXT) компании Keysight векторный генератор сигналов (VSG) и векторный анализатор сигналов (VSA) интегрированы в одном двухслотовом модуле формата PXIe. 18-слотовое шасси PXI высотой 4 единицы (4U) допускает установку до восьми модулей VXT. Кроме того, программные и аппаратные ускорители повышают скорость тестирования во всех диапазонах мощности и частот для нескольких каналов и радиоформатов.

Выбирая контрольно-измерительные решения для производства устройств 5G, следует обращать внимание на эффективность их работы в промышленной среде, учитывая полосу генерации и анализа сигналов, выходную мощность, фазовый шум, точность по амплитуде, значения EVM и ACLR (коэффициент утечки мощности в соседний канал), наличие автоматических функций, особенности калибровки и занимаемое место (см. рис. 2).

СОКРАЩЕНИЕ РАЗРЫВА МЕЖДУ ВЕРИФИКАЦИЕЙ ПРОЕКТА И ПРОИЗВОДСТВОМ ДЛЯ УСКОРЕНИЯ ВЫХОДА НА РЫНОК

В процессе производства оборудования 5G инженеры сталкиваются с серьёзными техническими проблемами, ведущими в итоге к удорожанию и срыву сроков выхода продукции на рынок. Масштабируемость, компактность и высокие радиочастотные характеристики применяемых контрольно-измерительных решений критически важны для охвата обоих диапазонов FR1 и FR2, перехода к MIMO более высокого порядка и сокращения процента пропущенного брака. Однако общая стратегия, способная сократить раз-

рыв между интеграцией, верификацией проекта и серийным производством, может дать преимущество в борьбе за ускорение такого перехода. Общий интерфейс для программирования приложений (API) делает чудеса, облегчая интеграцию в производственные системы, а общее программное обеспечение помогает резко сократить трудоёмкость разработки, ускоряя выход на рынок. Кроме того, согласованные измерительные алгоритмы и общее оборудование могут обеспечить корреляцию данных на протяжении всего жизненного цикла продукта, позволяя сократить время перехода и ускорить диагностику проблем.

«КТО БОИТСЯ БЫТЬ ПОБЕЖДЁННЫМ, УВЕРЕН В ПОРАЖЕНИИ»

Цена проблем тестирования 5G далеко не шуточная. Большое число частотных диапазонов, большая полоса каналов и сложные многоантенные конфигурации могут существенно повысить затраты, потребовав применения более производительных приборов и увеличения времени тестирования. Но про-

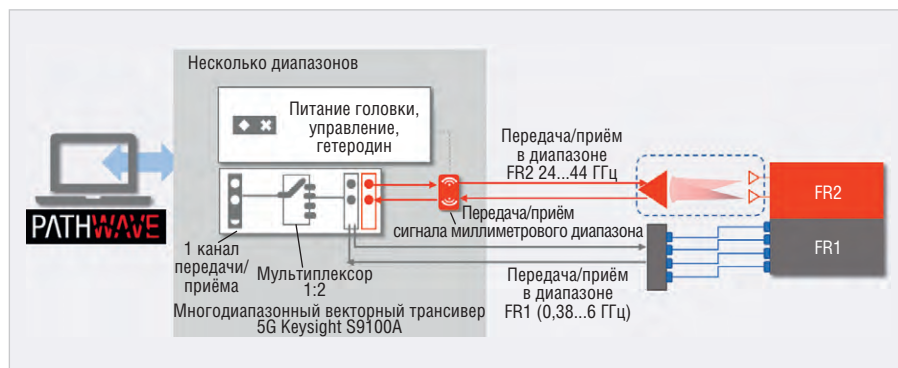


Рис. 2. Измерительная схема 5G NR для многодиапазонного тестируемого устройства с несколькими антеннами

изводители сетевого оборудования могут эффективно решить эти проблемы, установив партнёрские отношения с экспертами в области контрольно-измерительных технологий, способными предложить инновационные решения для преодоления технических сложностей стандарта 5G, одновременно контролируя их влияние на стоимость и время. Как сказал когда-то Наполеон Бонапарт: «Кто боится быть побеждённым, уверен в поражении». Не стоит позволять проблемам 5G тормозить продвижение к лидерству на рынке.

Дополнительная информация о проблемах и решениях для производственного тестирования 5G размещена на сайте компании Keysight Technologies [1]. Там же можно узнать больше о тестировании базовых станций в условиях крупносерийного производства [2].

ЛИТЕРАТУРА

1. <https://literature.cdn.keysight.com/litweb/pdf/5992-3659EN.pdf?id=3027259>.
2. <https://literature.cdn.keysight.com/litweb/pdf/5992-3334EN.pdf?id=3004723>.

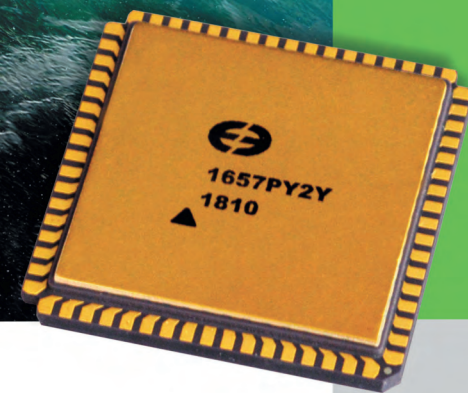


Акционерное общество
Научно-производственный центр
«Электронные вычислительно-информационные системы» (АО НПЦ «ЭЛВИС»)

РАДИАЦИОННО-СТОЙКОЕ
СТАТИЧЕСКОЕ ОЗУ

1657PY2Y

16 Мбит, 17 нс



Реклама

+7 (499) 995-00-52
+7 (499) 731-19-61

@ market@elvees.com
www.multicore.ru

Электроника Транспорт 2020

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

 Проводится в рамках Российской недели общественного транспорта www.publictransportweek.ru

27-29 МАЯ, МОСКВА
КВЦ «СОКОЛЬНИКИ»
WWW.E-TRANSPORT.RU

Стандарты соединителей для однопарного Ethernet (SPE)

Маттиас Фритше (HARTING Technology Group)

Внедрение однопарного Ethernet обещает целый ряд технических и экономических преимуществ в самых различных областях применения. В статье рассматриваются вопросы стандартизации соединителей SPE, их основные характеристики и особенности.

ОБЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ

В настоящее время Ethernet является преобладающей технологией передачи данных. С появлением однопарного Ethernet в качестве дополнительного «физического уровня» стало возможным расширить сферу применения протокола сети «Интернет» (IP) и добиться согласованного взаимодействия устройств уровня управления с сетями датчиков и исполнительных устройств. Таким образом, промышленный Ethernet можно внедрять на более низком уровне и, руководствуясь соображениями цифровизации, заменять существующие аналоговые соединения. Становится очевидным, что технология SPE будет востребована в целом ряде отраслей: автомобилестроении, сфере информационных технологий и промышленных сетях датчиков и исполнительных устройств [1].

С учётом стандартов IEEE802.3 для однопарного Ethernet во все процедуры стандартизации медных кабелей передачи данных, соединителей и систем кабельных соединений будут

внесены поправки и уточнения. Будет уточнён их текущий статус и внедрены два стандарта соединителей для SPE, разработанные комитетами IEEE802.3, ISO/IEC и TIA42. Кроме того, ведётся подробное обсуждение конструкции соединителя для промышленного сектора, который должен соответствовать серии стандартов IEC 63171-х, в частности рекомендации IEC 63171-6 (ранее IEC 61076-3-125). Исходя из стандарта IEC 63171-6, для разъёма SPE представлены наиболее важные параметры и даны пояснения по различным вариантам исполнения – IP20 и IP65/67.

Для обеспечения высокой совместимости разъёма, независимо от различий защитных корпусов по степени защиты IP, был разработан специальный вариант исполнения, который позволяет применять соединители IP20 в разъёмах IP65/67. Вариант исполнения IP65/67 реализован с применением проверенных временем защитных корпусов M8 и M12. В целях повышения удобства работы с этими защитными корпусами, помимо классических вин-

товых соединений, в них реализован механизм блокировки PushPull. Данные корпуса доступны в двух вариантах исполнения – внутреннем и внешнем.

Сетевые специалисты привыкли считать, что для реализации технологии Fast Ethernet (10/100 Мбит/с) необходимо кабельное соединение с двумя парами проводов, а для реализации Gigabit Ethernet требуются все четыре пары. Теперь же на рынке распространяется новая технология однопарного Ethernet, которая обеспечивает передачу потоков данных TCP/IP всего по одной паре проводов (см. рис. 1).

СРАВНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ MPE И SPE

Несмотря на то что в существующих 4-парных кабельных системах передачи данных, как и в системах с технологией SPE, применяется витая пара, требования к технологиям кабельных соединений, особенно касающиеся дальности передачи, довольно сильно отличаются от стандартов передачи данных по технологии SPE. Отличия также присутствуют в требованиях к частотным характеристикам и особенно заметны в полосе пропускания (см. таблицу).

Скорость передачи данных по одной паре проводов высока, так почему бы не объединить четыре канала SPE в рамках существующей инфраструктуры? Хотя в отдельных случаях «совместное использование кабеля» возможно, в техническом и экономическом отношении оно лишено смысла. Кабельным системам, использующим технологию SPE, требуется более широкая полоса пропускания по сравнению с MPE в первую очередь ввиду перекрёстных помех. В сравнении с дальностью передачи 100 м для технологии MPE, технология SPE в настоящий момент обладает дальностью передачи 40 м для экранированных кабелей 1000BASE-T1. Следовательно, при таком сценарии перехода необходимо заново проверять существующие кабельные соединения на предмет того, удовлетворяют ли они требованиям SPE. Таким

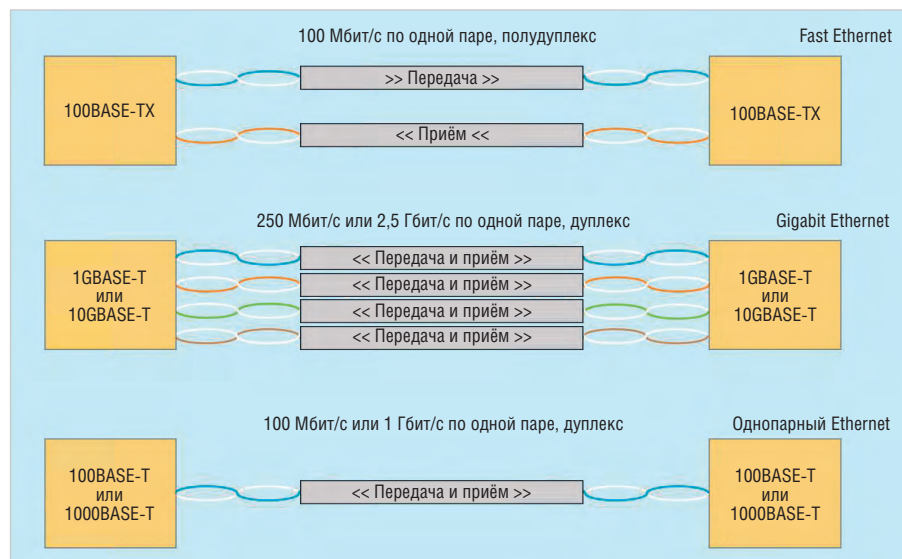


Рис. 1. Схематическое представление методов передачи данных Ethernet

образом, экономическая целесообразность данного подхода сомнительна. Например, чтобы задействовать имеющийся кабель категории 6A под стандарт 1000BASE-T1, дальность передачи не должна превышать 40 м, а полоса пропускания должна составлять не менее 600 МГц. Даже при идеальном соблюдении этих условий технология SPE обеспечивает максимальную скорость передачи данных 1 Гбит/с, тогда как в сетях с технологией MPE кабели категории 6A можно использовать для передачи данных на скорости 10 Гбит/с.

ДЕЙСТВУЮЩИЕ СТАНДАРТЫ IEEE 802.3

Начало реализации технологии SPE положил стандарт BroadR-Reach, который был разработан корпорацией Broadcom. Как только этот метод передачи данных на базе стека протоколов TCP/IP заметили в сфере автомобилестроения, где как раз искали замену шине CAN, рабочей группой IEEE 802.3 был опубликован первый стандарт SPE в виде стандарта 100BASE-T1 в рекомендации IEEE 802.3bw-2015. Однако в автомобилях с ручным или полуавтономным режимом управления требуются ещё более высокие скорости передачи данных, поэтому вслед за первым стандартом SPE для скорости 100 Мбит/с появился стандарт для скорости 1 Гбит/с. Доступная технология Ethernet в соответствии с IEEE 802.3bp 1000Base-T1 обеспечивает скорость передачи 1 Гбит/с всего по одной паре медных проводов. В настоящее время IEEE ведёт работу над следующим стандартом для более высоких скоростей передачи данных – до 10 Гбит/с (IEEE 802.3ch), который необходим для датчиков и передачи видео в высоком разрешении. Кроме того, продолжается разработка стандарта для скорости 10 Мбит/с (IEEE 802.3cg). Этот стандарт также особенно востребован во многих отраслях промышленности, поскольку позволяет увеличить дальность передачи данных до 1000 м и, следовательно, может заменить собой практически все действующие промышленные сети. В марте 2019 года была создана ещё одна рабочая группа, которая занимается вопросами передачи данных на скоростях 25–50 Гбит/с. Такие высокие скорости представляют собой технологическую основу для создания бес-

Сравнение технологий SPE и MPE

Скорость передачи данных	Соединение MPE		Соединение SPE	
	полоса пропускания (Категория)	дальность передачи	полоса пропускания	дальность передачи
10 Мбит/с	16 МГц (Кат. 3)	100 м	20 МГц	1000 м
100 Мбит/с	100 МГц (Кат. 5)	100 м	166 МГц	40 м
1000 Мбит/с	100 МГц (Кат. 5)	100 м	600 МГц	40 м
10 Гбит/с	500 МГц (Кат. 6A)	100 м	Планируется 4...5 ГГц	15 м

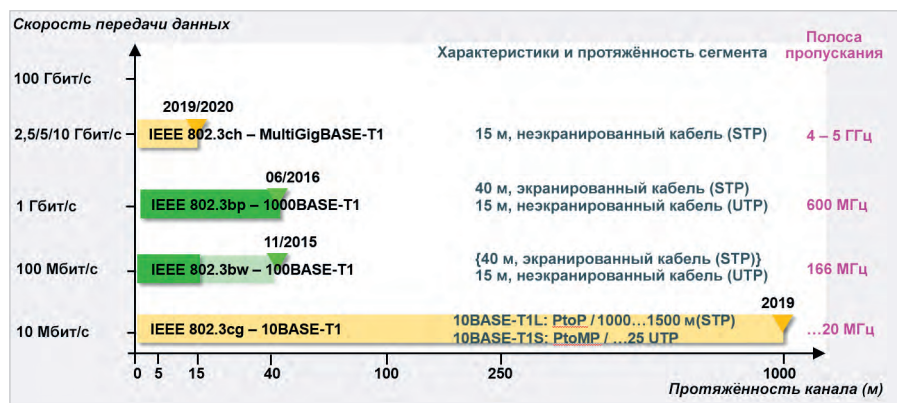


Рис. 2. Дальность и скорость передачи для действующих стандартов IEEE 802.3 для SPE

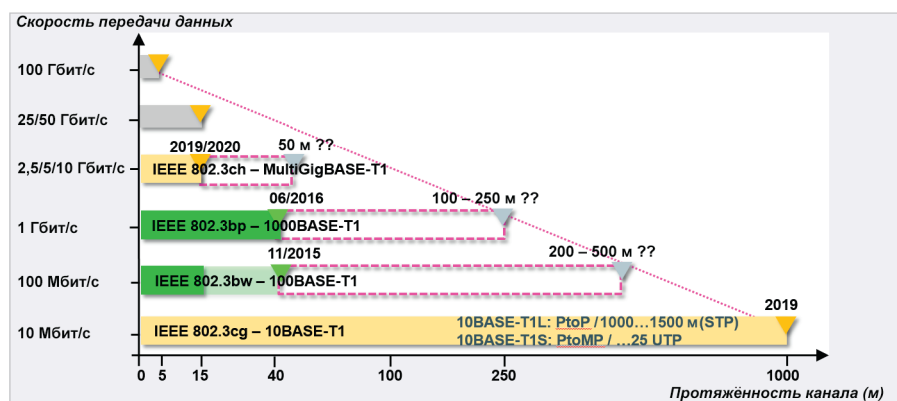


Рис. 3. Дальность и скорость передачи для будущих стандартов IEEE 802.3 для SPE повышенной дальности

пилотных автомобилей и новой распределённой компьютерной архитектуры в транспортных средствах. На рисунке 2 показана дальность соединения и скорость передачи для технологии SPE.

Так же, как и для систем с многопарными кабельными соединениями, для SPE существует новый стандарт, аналогичный стандарту Power over Ethernet (PoE), называемый PoDL – Power over Data Line (IEEE 802.3bu). Одновременная передача данных и электропитания с применением технологии очень малых соединителей и однопарных кабелей отвечает современным трендам миниатюризации, повышения скорости передачи данных и модульности оборудования. Таким образом, созданы все необходимые условия для развития рынка практического применения технологии SPE не только в сфере

автомобилестроения, но и в промышленности, в технологиях умных городов, зданий и др.

Технология SPE за короткий отрезок времени продемонстрировала те же результаты, что и преобладающая в настоящее время технология «многопарного Ethernet» (MPE). Единственным существенным ограничением на настоящий момент является дальность передачи для SPE на скоростях 100 Мбит/с и 1 Гбит/с (15 м и 40 м соответственно). Причиной этому послужили требования, предъявляемые к технологии её основными потребителями в сфере автомобилестроения.

Специалисты считают, что в данном случае можно добиться большей дальности передачи. На рисунке 3 показано, какая дальность передачи технически достижима. Однако для того чтобы реализовать эти улучшенные версии

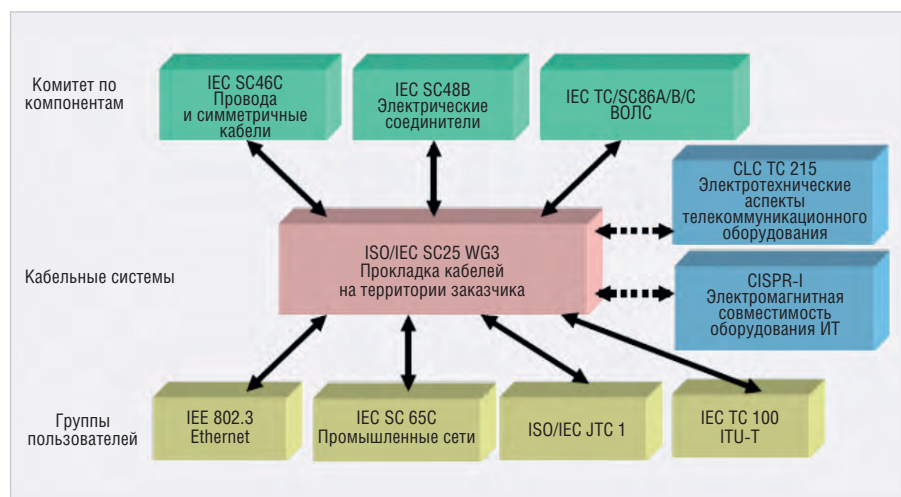


Рис. 4. Комитеты по стандартизации в составе ISO/IEC JTC 1/SC 25/WG 3

стандартов SPE в рамках IEEE802.3 и в особенности для того чтобы привлечь инвестиции в разработку новых наборов микросхем со стороны предприятий полупроводниковой промышленности, необходимо чётко обозначить новые сферы применения технологии и её рыночный потенциал. Для этого необходимо открытое сотрудничество всех сторон, заинтересованных в увеличении дальности передачи данных по технологии SPE. Рабочая группа IEEE802.3 уже выпустила первые публикации по этой теме, которые нашли положительный отклик.

КОМИТЕТЫ СТАНДАРТИЗАЦИИ И ТЕКУЩИЕ ПРОЕКТЫ

Ключевую роль в деятельности по стандартизации выполняют организации ISO/IEC JTC 1/SC 25/WG 3 (см. рис. 4). Кабельные соединения создаются согласно стандартам ISO/IEC 11801, а их техническое обслуживание выполняется на основании стандартов IEEE802.3. Кроме того, рабочая группа IEEE802.3 активно обменивается информацией и сотрудничает с комитетами, ответственными за компоненты кабельных соединений. Это касается медных кабелей передачи данных IEC SC46C и связанных с ними соединителей IEC SC48B.

В настоящее время рабочая группа SC46C комитета IEC продолжает работу над следующими проектами по стандартизации кабелей передачи данных:

- IEC 61156-11 – кабель передачи данных SPE с полосой пропускания до 600 МГц для стационарной установки (опубликована окончательная версия стандарта);
- IEC 61156-12 – кабель передачи данных SPE с полосой пропускания до

600 МГц для гибкой установки (доступна CD-версия);

- IEC 61156-13 – кабель передачи данных SPE с полосой пропускания до 20 МГц для стационарной установки (доступна CD-версия);
- IEC 61156-14 – кабель передачи данных SPE с полосой пропускания до 20 МГц для гибкой установки (планируется).

В будущем будут разрабатываться и проекты последующих стандартов, например для более широких полос пропускания с целью обеспечения скоростей передачи данных выше 1 Гбит/с.

Конструкция первого соединителя SPE была предложена рабочей группе SC48B компанией HARTING в 2016 году, после чего была опубликована CD-версия стандарта IEC 61076-3-125. В 2017 году компания CommScope предложила для стандартизации ещё один соединитель SPE, после чего было принято решение создать серию стандартов IEC 63171 для всех соединителей SPE. В рамках рабочей группы SC48B была создана проектная подгруппа PT63171, перед которой была поставлена задача разработки новой серии стандартов. В настоящее время продолжается работа над следующими проектами:

- IEC 63171 – базовый стандарт со всеми необходимыми спецификациями и последовательностями испытаний (CD-версия готовится к выходу);
- IEC 63171-1 – соединитель для SPE производства компании CommScope с механизмом фиксации LC для применения в среде $M_1I_1C_1E_1$ (доступна CDV-версия);
- IEC 63171-2 – соединитель для SPE производства компании Reichle &

De-Massari для применения в среде $M_1I_1C_1E_1$ (доступна CD-версия);

- IEC 63171-3 – соединитель для SPE производства компании Siemon на базе известного соединителя Tera для применения в среде $M_1I_1C_1E_1$ (доступна NP-версия);
- IEC 63171-4 – соединитель для SPE производства компании BKS для применения в среде $M_1I_1C_1E_1$ (доступна NP-версия);
- IEC 63171-5 – соединитель для SPE производства компании Phoenix Contact на базе соединителя IEC 63171-2 для применения в средах $M_2I_2C_2E_2$ и $M_3I_3C_3E_3$ (доступна CD-версия);
- IEC 63171-6 (ранее IEC 61076-3-125) – соединители для SPE производства компаний HARTING и TE Connectivity для применения в средах $M_2I_2C_2E_2$ и $M_3I_3C_3E_3$ (доступна CDV-версия, готовится FDIS-версия и окончательная публикация в 2019 году).

IEC 63171-1 (соединитель в исполнении LC) и IEC 63171-6 (соединитель в промышленном исполнении) являются полноценными стандартами со всеми необходимыми спецификациями и последовательностями испытаний. Все стандарты, внедрённые впоследствии, ссылаются на базовый стандарт IEC 63171 и содержат только описания различных вариантов механического исполнения.

СТАНДАРТЫ КАБЕЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ДЛЯ SPE

Технология SPE вместе с соответствующими стандартизированными соединителями определяется в текущих стандартах для кабельных соединений. На международном уровне это отражено преимущественно в серии стандартов для структурированных кабельных соединений в соответствии с ISO/IEC 11801:2017, а также в серии европейских стандартов CENELEC в соответствии с EN 50173. Во втором случае технология SPE путём внесения поправок включена в раздел 3 «Промышленные кабельные соединения». Основным документом, на который ссылаются эти поправки, является ISO/IEC 11801 TR9906 «Технический отчёт: каналы до 600 МГц с использованием симметричного однопарного кабеля». Описание технологии SPE в документах ISO/IEC 11801 имеет очень большое значение, поскольку это единственный стандарт, описывающий кабельные каналы и все необ-

ходимые параметры (длину, количество соединений, пропускную способность, полный набор технических параметров передачи, среди которых: NEXT, FEXT, свойства экранирования и т. д.) для среды MICE. Соответственно, после монтажа можно производить метрологическую поверку всех перечисленных параметров и характеристик.

Соответствующим образом будут скорректированы стандарты монтажа для промышленного сектора, являющиеся основой решений для автоматизации в соответствии с IEC 61918 (IEC SC65C). В какой степени это повлияет на сами сценарии автоматизации, ещё предстоит оценить. Очевидно, что компании PI (с решением PROFINET в соответствии с IEC 61784-5-3) и ODVA (с решением EtherNet/IP в соответствии с IEC 61784-5-2) примут активное участие в дальнейшей разработке и внедрении стандартов для технологии SPE.

В сочетании со стандартами для соединителей и кабелей все пользователи технологии SPE получают чёткие рекомендации по установке и испытанию соответствующих каналов передачи данных. На первоначальном этапе данная кабельная система ограничена дальностью 40 м для скорости 1 Гбит/с. Дальность 1000 м и выше доступна для скорости 10 Мбит/с.

В рамках рекомендаций ANSI/TIA-568.5 и TIA TR42.7 готовятся дополнительные документы, регламентирующие применение кабельных систем с технологией SPE на территории США, Канады и Мексики. В документы TIA42 вносится приложение TIA-1005-A-3.

В стандартах для кабельных систем представлена информация о структуре кабельных соединений, компонентах, используемых для обеспечения показателей, приведённых в спецификациях, и о предельных значениях поверки кабельных соединений. Всё это делает данный стандарт самым важным инструментом для установки и ввода в эксплуатацию кабельных соединений SPE. При этом обеспечивается совместимость устройств и кабельных соединений с учётом стандартов для компонентов, например соединителей, соответствующих IEC 63171-6. Совместимость является базовым требованием для функционирования сетей и соединений по технологии SPE и, соответственно – основой для IoT/IIoT. Возможно применение дру-

гих компонентов кабельных соединений, но они уже не соответствуют требованиям стандарта, т.е. их использование влечёт за собой риск возникновения несовместимости и потери эффективности.

Именно по этой причине комитеты по стандартизации ISO/IEC JTC 1/SC 25/WG 3 и TIA42 в начале 2018 года приступили к работе по выбору стандартизированного промышленного соединения. Одним из инициаторов этой работы выступила рабочая группа IEEE 802.3, запросившая у комитетов ISO/IEC и TIA рекомендацию для соединителя SPE MDI. В работе принимали участие более 20 экспертных групп, которые остановили свой выбор на двух соединителях:

1. соединитель для кабельных систем в зданиях (среда $M_1I_1C_1E_1$), предложенный компанией CommScope, соответствующий рекомендации IEC 63171-1;
2. соединитель для применения в промышленности и смежных областях (среды $M_1I_2C_2E_2$ и $M_3I_3C_3E_3$), соответствующий рекомендации IEC 63171-6 (ранее IEC 61076-3-125), на основе соединителя T1 Industrial от компании HARTING.

Подкомитет TIA42 подтвердил результаты работы, проведённой комитетом ISO/IEC, в результате чего в отношении соединений с использованием технологии SPE была выработана согласованная позиция. В настоящее время выбранные соединители включены в соответствующие международные стандарты кабельных соединений. Кроме того, рабочая группа IEEE 802.3 включила эти соединители в документ IEEE 802.3cg в качестве рекомендуемых промышленных соединений, зависящих от передающей среды (MDI).

Таким образом, обеспечены необходимые условия для широкого применения, а следовательно, и успешного продвижения технологии SPE на рынке с учётом сквозной совместимости устройств, кабелей и соединителей в различных сферах практического применения.

В спецификациях MICE содержится описание условий окружающей среды для установки и представлены спецификации технического оборудования и кабелей. В спецификациях приводятся требования к механической прочности (M), степени защиты IPxx (I), химической и климатической устойчивости (C), а также электромаг-

нитной безопасности (E). В широком смысле в спецификации $M_1I_1C_1E_1$ содержится описание условий окружающей среды, соответствующих условиям в помещениях административных зданий, тогда как в спецификации $M_3I_3C_3E_3$ описываются крайне неблагоприятные условия окружающей среды, подобные условиям в производственных помещениях или на открытом воздухе.

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СОЕДИНИТЕЛЕЙ SPE

Номинальное напряжение. Для передачи данных Ethernet обычно используется дифференциальный сигнал напряжением ± 1 В. Однако при определении номинального напряжения соединителя SPE необходимо учитывать параллельное использование двух жил для дистанционного электропитания. Метод, применяемый в технологии SPE, называется Power over Data Line (PoDL), и он стандартизирован в соответствии с рекомендацией IEEE 802.3bu. Как и в случае с технологией PoE, максимальное номинальное напряжение составляет 48 В постоянного тока, в результате чего максимальное напряжение питающего оборудования (PSE) составляет 60 В. В отличие от технологии PoE в PoDL используются напряжения номиналом 12 и 24 В постоянного тока, аналогичные тем, что применяются в автомобилях.

Изоляционное напряжение. В стандартах IEEE 802.3 для технологии SPE подробные требования к изоляции, предъявляемые отраслью автомобилестроения, не приводятся. При этом к кабельным системам в административных зданиях и на промышленных предприятиях предъявляются те же требования, что и к 4-парному Ethernet с напряжением 1,5 кВ (среднеквадратичное значение) при замыкании на экран и 1,0 кВ (среднеквадратичное значение) – при замыкании на контакт [2].

Номинальный ток. При расчёте номинального тока требования PoDL также являются определяющими. В соответствии с текущим стандартом в таблице 104-1 рекомендации [3] приводится максимальное значение мощности электропитания 63,3 Вт, которое соответствует максимальной мощности 50 Вт на питаемом устройстве. В результате минимальное допустимое напряжение электропитания составляет 48 В

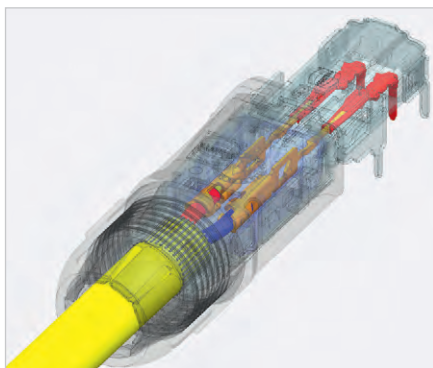


Рис. 5. Симметричная конструкция соединителя для SPE, соответствующего рекомендации IEC 63171-6

при токе 1,36 А. Однако, исходя из соображений будущих перспектив, для соединителя выбрано значение 4 А постоянного тока.

Частотные характеристики передачи данных. Для передачи данных в технологии SPE используется дуплексное соединение по разделённым парам проводов сопротивлением 100 Ом. Для обеспечения большей помехоустойчивости, в частности при использовании в электромобилях, для технологии SPE были выбраны более низкие методы кодирования: PAM3 – для стандарта 1000BASE-T1 и PAM4 – для стандартов 2.5/5/10GBASE-T1. Это приводит к существенному повышению требований к полосе пропускания в сравнении со стандартами MPE. В настоящее время в рамках разрабатываемой рекомендации IEEE 802.3ch ведётся обсуждение стандарта SPE для 10GBASE-T1 с полосой пропускания до 4 ГГц. Это приводит к повышению требований к частотным характеристикам кабеля, соединительным технологиям и необходимости использования строго симметричной конструкции соединителя. По этой причине контакты в соединителе T1 Industrial располагаются симметрично в полностью закрытом экранированном корпусе (см. рис. 5). Таким образом, значения переходной ёмкости и индуктивности обоих проводников при замыкании на экран или печатную плату полностью совпадают, что позволяет исключить появление помех для независимой передачи данных. Кроме того, оба контакта расположены параллельно плате и выровнены относительно друг друга. В результате пути прохождения сигнала в обоих проводниках полностью совпадают, благодаря чему удаётся избежать возникновения разности во времени распространения сигналов.

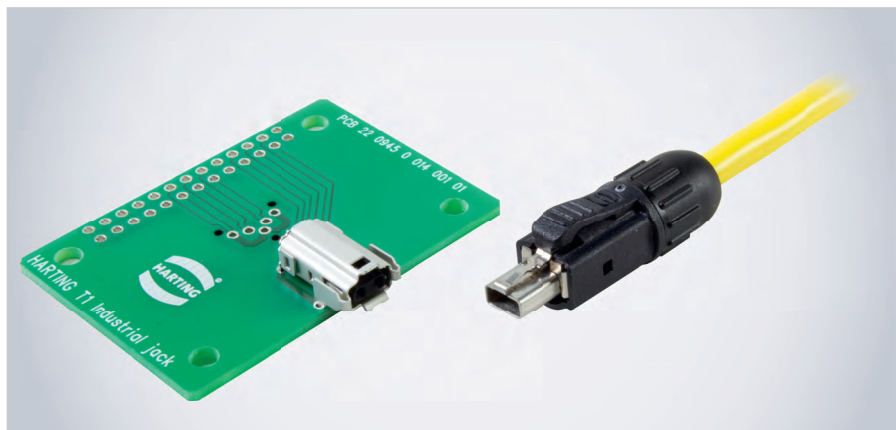


Рис. 6. Соединитель для SPE, соответствующий рекомендации IEC 63171-6, в исполнении IP20

При разработке соединителя для технологии SPE во внимание были приняты все перечисленные выше электрические характеристики и заложен достаточный запас для перспективных систем с увеличенной полосой пропускания и дополнительными требованиями к дистанционному электропитанию (PoDL). Кроме того, были выбраны распространённые и доступные варианты исполнения корпусов. Большое внимание было уделено тому, чтобы исполнение соединителя было оптимальным и обеспечивало простоту его эксплуатации, с одной стороны, и соответствовало требованиям рынка, предъявляемым к компактности соединений и их высокой надёжности, с другой стороны. В соответствии с этими целями была выбрана схема расположения контактов с интервалом 2,8 мм и контактами толщиной 0,5 мм. Для передачи данных на короткие расстояния в стандартах 100BASE-T1 и 1000BASE-T1 используются проводники AWG 28/26 или AWG 22 диаметром приблизительно 1 мм или 1,6 мм соответственно. Однако для передачи данных на расстояние до 1000 м в стандарте 10BASE-T1L необходимы проводники AWG 16/18 с диаметром 2 мм, поэтому интервал 2,8 мм между контактами является оптимальным.

Согласно стандартам IEEE 802.3, увеличенная дальность передачи данных достигается только в экранированных каналах передачи. Исходя из этого, была последовательно реализована экранированная конструкция, которая также обеспечивает надёжную передачу данных в неблагоприятных промышленных условиях. Помимо этого, экранирующие пластины способствуют надёжной механической фиксации соединителя в исполнении IP20

(см. рис. 6). Металлический фиксатор устраняет проблему фиксации, которая часто становится объектом критики при использовании соединителей RJ45. Круглые соединители M8 и M12 нашли широкое практическое применение в промышленности.

Новый соединитель для SPE был создан как унифицированный «контейнер» на базе M8 в исполнении с винтовой фиксацией, фиксацией посредством защёлки и механизмом блокировки PushPull. Кроме того, были стандартизированы и соединители M12 в исполнении с винтовой фиксацией и механизмом блокировки PushPull, что позволило применять их совместно с кабелями большого поперечного сечения в каналах 10BASE-T1L с дальностью передачи до 1000 м. Это означает, что во всех вариантах исполнения применяется один и тот же соединитель. Соответственно, соединители в исполнении IP20 можно также подключать к разъёмам IP65/67 для проведения метрологических измерений или испытаний. Применение распространённых вариантов исполнения M8/M12 обеспечивает хорошую доступность позиции на рынке и снижает капиталовложения.

Применение идентичных разъёмов и контактных вставок во всех вариантах исполнения гарантирует унификацию технических характеристик во всех линейках продуктов и обеспечивает благоприятные условия для экономически выгодного производства. Таким образом, соединитель для технологии SPE, соответствующий рекомендации IEC 63171-6, представляет собой стандартизированный на международном уровне соединитель, который оптимально подходит для использования в перспективных отраслях промышленности. Применение стан-

дартизированного «контейнера» SPE облегчает интеграцию соединителя, соответствующего IEC 63171, с другими типами, такими как соединительная система M12 с механизмом блокировки PushPull, которая в настоящее время разрабатывается в виде нового стандарта.

На рисунке 7 представлены различные варианты исполнения соединителя с классом защиты IP65/67 и IP20. В будущем эта линейка продуктов будет расширяться на базе рекомендации IEC 63171-6 и станет линейкой полноценных решений, включающих в себя все компоненты, начиная с разъёмов печатных плат и заканчивая компонентами для проходного монтажа. В настоящее время ведётся работа над сопутствующей технологией эксплуатационных измерений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Новые сферы практического применения, такие как беспилотные автомобили, IoT и IIoT, требуют более мощных сетевых технологий. Одной из таких технологий является SPE. Способность одновременно питать устройства электроэнергией и передавать данные является огромным преимуществом этой технологии перед беспроводными решениями. Дистанционное электропитание посредством технологии PoDL устраняет необходимость в батареях и аккумуляторах, что является дополнительным преимуществом в плане совместимости с условиями окружающей среды и экологичности. Проводные методы передачи данных имеют ещё одно преимущество, заключающееся в том, что на них не накладываются нормативные ограничения относительно используемых диапазонов частот, а следовательно, отсутствуют сборы за предоставление необходимых частотных диапазонов. Эта проблема теряет актуальность при использовании проводных методов передачи данных, которые позволяют выпускать унифицированные устройства, пригодные для эксплуатации в любой точке мира [4].

Наряду со стандартами для сетей с ограниченным временем действия (TSN), разрабатываемыми рабочей группой IEEE 802.1, производится усовершенствование технологии Ethernet путём внедрения всех механизмов, необходимых для обеспечения надёжной передачи данных для всех прило-



Рис. 7. Соединители для SPE в вариантах исполнения IP65/67 и IP20

жений, работающих в режиме реального времени.

Таким образом, технология SPE представляет собой идеальное решение с точки зрения инфраструктуры, являясь серьёзным подспорьем для развития IoT и IIoT и фундаментальным элементом Integrated Industry. Для того чтобы в полной мере реализовать этот потенциал технологии SPE, необходимо тесное сотрудничество с представителями различных отраслей промышленности в рамках существующей экосистемы. Этот процесс начинается с совместной выработки международных стандартов комитетами IEEE 802, ISO/IEC и TIA и продолжается разработкой и поставкой необходимых компонентов: полупроводников, магнитных компонентов, соединителей, компонентов кабельных соединений и измерительных технологий. Полноценное использование возможностей устройств с передачей данных по технологии SPE и развитие новых сфер практического применения станет возможным только в том случае, если будет обеспечено наличие стандартов и компонентов хотя бы на уровне опытных образцов.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Matheus K., Königseder Th.* Automotive Ethernet. Cambridge: Cambridge University Press. 2017.
2. IEEE 802.3bz – 2016: Media Access Control Parameters, Physical Layers, and Management Parameters for 2.5 Gb/s and 5 Gb/s Operation, Types 2.5GBASE-T and 5GBASE-T.
3. IEEE 802.3bu – 2016: Physical Layer and Management Parameters for Power over Data Lines (PoDL) of Single Balanced Twisted-Pair Ethernet.

4. *Schoeche T.* Re-Inventing Wires: The Future of Landlines and Networks, National Institute for Science, Law and Public Policy. <http://electromagnetichealth.org/wp-content/uploads/2018/02/ReInventing-Wires-1-25-18.pdf>.
5. IEEE 802.3bt – 2018: Physical Layer and Management Parameters for Power over Ethernet (PoE) over 4 pairs.
6. IEEE 802.3bw – 2015: Physical Layer Specifications and Management Parameters for 100 Mb/s Operation over a Single Balanced Twisted Pair Cable (100BASE-T1).
7. IEEE 802.3bp – 2016: Physical Layer Specifications and Management Parameters for 1 Gb/s Operation over a Single Twisted Pair Copper Cable (1000BASE-T1).
8. IEEE 802.3cg предварительная версия 3.0 – март 2019: Physical Layer Specifications and Management Parameters for 10 Mb/s Operation and Associated Power Delivery over a Single Balanced Pair of Conductors (10BASE-T1L & 10BASE-T1S).
9. IEEE 802.3ch предварительная версия 1.3 – апрель 2019: Physical Layer Specifications and Management Parameters for Greater Than 1 Gb/s Automotive Ethernet (2.5GBASE-T1, 5GBASE-T1 & 10GBASE-T1).
10. *Bergner B., Engel A.* Vortrag «Miniaturisierte Automotive Steckverbinder für 1Gbit/s Ethernet» gehalten auf dem 9. Anwenderkongress Steckverbinder 15.-17. Июнь 2015. Вюрцбург.
11. *Schmidt R.* Vortrag «Single Pair Ethernet – Neue Möglichkeiten bei der Industrievernetzung und Baustein für Industrie 4.02» gehalten auf dem 9. Anwenderkongress Steckverbinder 15.-17. Июнь 2017. Вюрцбург.
12. *Sandler U.* Das Gespinnst der Digitalisierung – Menschheit im Umbruch – auf dem Weg zu einer neuen Weltanschauung. Мюнхен: Springer. 2018.



Явление и последствия волноводно-резонансного распространения и взаимодействия радиационных потоков

Часть 1

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

Данная статья посвящена описанию недавно открытого нового физического явления – волноводно-резонансного распространения и взаимодействия радиационных потоков (рентгеновских, оптических потоков, потоков элементарных частиц). Показано, что явление характерно для потоков излучений любой природы, и в том числе для волновых потоков, возбуждаемых движением частиц с ненулевой массой покоя. Сделано предположение и показано, что это явление с очень большой вероятностью может оказаться основой для реализации эффективного протекания реакций холодного ядерного синтеза. В статье описано само явление, его особенности и некоторые возможные сферы его применения в самых разных областях микроэлектроники.

ВВЕДЕНИЕ

Традиционная кремниевая микроэлектроника подошла к своему теоретическому и практическому пределу. Достигнутые в промышленных кристаллах топологические нормы в 5 нм подвели её к той черте, где классические механизмы группового поведения электронов в кристалле как бы «перестают действовать», а более значительную роль начинают играть квантовые эффекты, «управлять» которыми человечество только учится. Дальнейшее повышение производительности процессоров за счёт увеличения количества ядер также практически подошло к некоторому пределу в 30–40 ядер, т.к. ограничивается проблемами подведения мощности к этим ядрам и проблемой охлаждения кристалла – принудительного воздушного охлаждения уже недостаточно. Практически треть площади современных систем на кристалле занимают алюминиевые межсоединения процессорных ядер. Площадь межсоединений в значительной степени определяет процент выхода годных кристаллов и возможности резервирования процессорных ядер на кристаллах, что, в свою очередь, тоже может оказывать влияние на процент выхода годных.

Тем не менее некоторые возможности повышения производительности у кремниевой технологии ещё имеются. В основном они кроются в специализации архитектуры процессоров, проекти-

ровании многоядерных процессорных систем под конкретные задачи, а также в сокращении и упрощении межсоединений, что наиболее актуально при решении специализированных задач искусственного интеллекта, радиолокационных задач, спецвычислений и т.п.

Помощь пришла, как говорится, откуда не ждали. Дело в том, что совсем недавно открытое в России явление волноводно-резонансного распространения радиационных потоков позволяет по-новому подойти к задаче создания оптических волноводов и заменить медленные металлические электрические связи в кристаллах многоядерных процессоров на интегральные планарные оптические волноводы, проходящие по поверхности кристалла. То есть в разы уменьшить площадь кристаллов, повысить процент выхода годных и реально создавать на пластине высоконадёжные специализированные гиперкомпьютеры с легкорезервируемыми процессорными ядрами различных типов для любых отечественных (!) оборонных систем и самых различных систем отечественного искусственного интеллекта. Это весьма важно, поскольку только в этом случае отечественные разработчики начнут создавать российский искусственный интеллект, а не работать на интеллект зарубежный. Данное явление позволит создать новую прецизионную рентгенолитографию, тогда российские полупроводниковые фабрики наконец-то начнут

выпускать конкурентоспособную продукцию. Оно может стать основой рентгенофлуоресцентной дифрактометрии и дефектоскопии нанообъектов (!) с чувствительностью, сравнимой с показателями масс-спектроскопических и атомно-абсорбционных методов, но с совершенно иной себестоимостью. На основе этого явления возможно создание малогабаритных импульсных рентгеновских лазеров и практически вечных нанобатарей для микрочипов многоядерных вычислительных процессоров и устройств Интернета вещей, дронов и беспилотников, батарей, работающих в результате протекания реакций холодного ядерного синтеза. Это явление с очень высокой долей вероятности позволит создать малогабаритный ионный ядерный двигатель неограниченной мощности для самолётов и космических кораблей. Ну а сам холодный ядерный синтез, созданный на основе этого явления, скорее всего, станет обыденным и «настольным», вытеснив углеводородную энергетику, изменив и укрепив всю мировую экономику, сделав её реальной экономикой шестого технологического уклада.

ЯВЛЕНИЕ РАДИАЦИОННОЙ СВЕРХТЕКУЧЕСТИ

Явление волноводно-резонансного распространения радиационных потоков было открыто в результате систематических исследований параметров пучков рентгеновского квази-монохроматического (характеристического) излучения, формируемого на выходе плоского протяжённого щелевого зазора, при изменении его ширины от нулевого значения до макроскопических величин [1]. Использованный в исследованиях щелевой зазор формировался плоскими полированными кварцевыми пластинами (рефлекторами) длиной 100 мм с неизменным расстоянием между рефлекторами по всей их длине. Расстояние между рефлекторами задавалось толщиной титановых плёнок, напылявшихся по краям одного из рефлекторов. Для обеспечения увели-

чения расстояния между рефлекторами, превышающего 3 мкм, использовались вкладыши, изготовленные из медной фольги. Собранные рефлекторные пары помещались в контейнер, показанный на рисунке 1 и приспособленный для пространственного позиционирования с двумя угловыми и одной линейно-координатной степенями свободы. В использованной схеме высота щелевого зазора составляла 10 мм.

В соответствии с общепринятым подходом в размерной области протяжённых щелевых зазоров макроразмерной ширины (рентгеновских капилляров) плоская рентгеноводная структура формирует поток из вклада проходящего через него прямого пучка и вклада, связанного с многократным полным внешним отражением захваченного в щелевой зазор излучения [2]. В то же время в области наноразмерных рентгеноводных щелевых зазоров сравнение экспериментальных данных, полученных для плоской протяжённой рентгеноводной структуры и величин, ожидаемых для рентгеновских потоков, формирующихся на базе многократного полного внешнего отражения и прямого распространения излучения, показывает: эти вклады не являются ответственными за транспортировку характеристической рентгеновской радиации плоским протяжённым щелевым зазором [3]. Было высказано предположение, что в размерной области $s < 200$ нм для потока рентгеновского излучения реализуется новый тип распространения характеристической рентгеновской радиации. Механизм этого распространения был назван волноводно-резонансным, или механизмом радиационной сверхтекучести. Размерная область $200 \text{ нм} < s < 3 \text{ мкм}$ представлялась переходной от механизма волноводно-резонансного распространения квазимонохроматического радиационного потока к его многократному последовательному полному внешнему отражению.

Модель волноводно-резонансного распространения радиационных потоков

Разработка модели ранее неизвестного механизма распространения радиационных потоков, с одной стороны, нуждалась в непосредственном подтверждении справедливости предполагаемого подхода с использованием радиационных потоков других длин

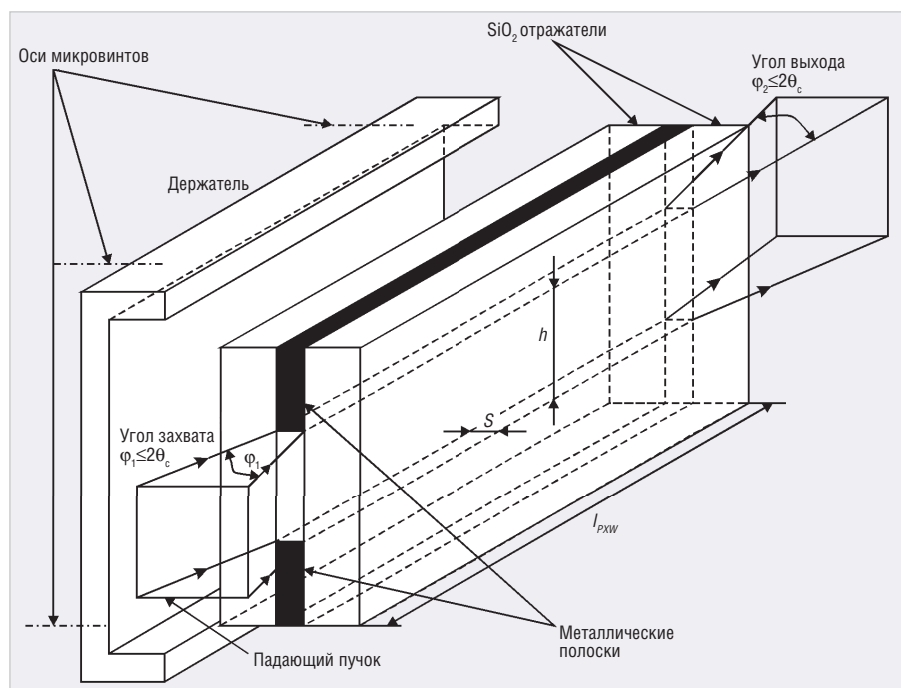


Рис. 1. Конструкция плоской протяжённой рентгеноводной щелевой структуры с держателем, обеспечивающим возможность её юстировки при установке на рентгеновский гониометр

волн, а с другой стороны, в определении радиационного параметра, ответственного за самоорганизацию этого потока в наноразмерной области ширины плоского протяжённого щелевого зазора.

Подтверждение справедливости существования ранее неизвестного механизма распространения радиационных потоков было сделано в работе японских учёных [4]. Их исследования показали, что в наноразмерной области щелевого зазора, образованного кремниевыми рефлекторами, составляющими малоугловую структуру, наблюдается аномалия прохождения потока излучения $\text{MoK}\alpha$. Выполненные нами систематические исследования особенностей транспортировки потоков этого излучения кварцевыми плоскими протяжёнными щелевыми зазорами блестяще подтвердили существование ранее неизвестного механизма распространения радиационных потоков [5]. Более того, было экспериментально доказано, что рентгеновские волноводно-резонансные структуры невозможно построить на основе применения рефлекторов, изготовленных из поликристаллических материалов. В обоих случаях [4, 5], причём для разных видов рентгеновского излучения ($\text{MoK}\alpha, \beta$, $\text{CuK}\alpha$, $\text{FeK}\alpha, \beta$, $\text{CoK}\alpha, \beta$ и $\text{AgK}\alpha, \beta$), функция зависимости величины интегральной интенсивности излучения $\text{MoK}\alpha, \beta$ от ширины этого зазора представляется двумя размерными

зонами. Макроразмерная зона представляется суперпозицией потоков, характеризующихся прямым распространением излучения и его распространением в соответствии с механизмом многократного последовательного внешнего отражения, а в области наноразмерных щелевых зазоров реализуется ранее неизвестный механизм распространения радиационных потоков. Кроме того, нам удалось выявить радиационный параметр, ответственный за самоорганизацию рентгеновских радиационных потоков в наноразмерных плоских протяжённых щелевых зазорах. Этим параметром оказалась длина когерентности транспортируемого излучения.

Экспериментальные исследования явления полного внешнего отражения потоков квазимонохроматического рентгеновского излучения на материальном интерфейсе показали, что они характеризуются образованием интерференционной области стоячей рентгеновской волны [6]. Продольный размер этой области определяется параметром длины когерентности, который фактически отражает продольный размер фотона [7], в то время как поперечный размер этой области характеризуется половиной величины этого параметра [8].

На основе комплекса полученных экспериментальных данных удалось построить самосогласованную модель механизма волноводно-резонансного

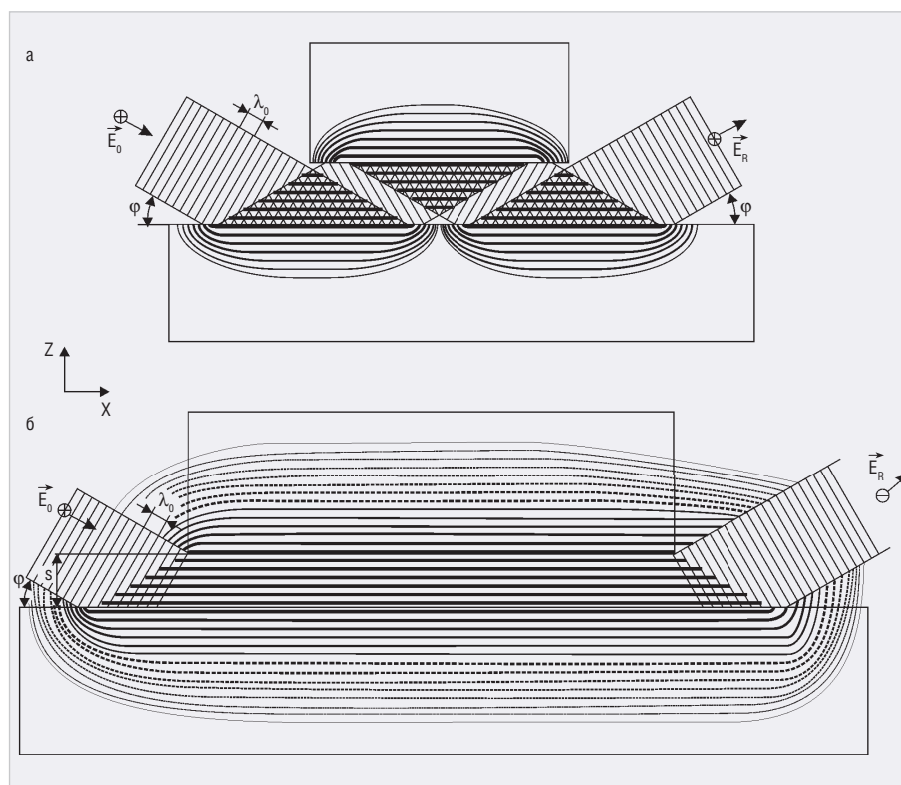


Рис. 2. Схематическое представление транспортировки потока квазимонохроматического рентгеновского излучения плоским протяжённым щелевым зазором в соответствии с механизмами многократного последовательного полного внешнего и брэгговского отражений (а) и его волноводно-резонансного распространения (б)

распространения радиационных потоков и сопоставить её с моделью многократного последовательного полного внешнего отражения квазимонохроматических потоков рентгеновского излучения. На рисунке 2 показаны схемы, визуализирующие эти модели.

Модель многократного полного внешнего отражения (см. рис. 2а) характеризуется образованием набора локальных областей интерференционного поля стоячей рентгеновской волны в пространстве щелевого зазора, образованного плоскими полированными рефлекторами. Вследствие непрерывности поля оно, экспоненциально затухая, заполняет объёмы материала рефлекторов. При этом возможны два варианта распространения потока в соответствии с данным механизмом в зависимости от наличия или отсутствия сфазированности последовательных отражений. При сфазированном отражении объёмы рефлекторов не требуют перевозбуждения, и радиационный поток успешно транспортируется щелевым зазором. При отсутствии сфазированности каждое последовательное отражение перевозбуждает рефлекторные объёмы, приводя к резкому уменьшению интенсивности транспортируемого потока. Таким образом, механизм

многократного полного внешнего отражения оказывается эффективным лишь при попадании в щелевой зазор строго параллельного радиационного потока под определёнными углами к оси протяжённой рентгеновочной структуры, которые получили название «магических». В рентгеновской фотонике этот механизм составил основу рентгеновской поликапиллярной оптики.

При уменьшении расстояния между рефлекторами, составляющими плоский протяжённый щелевой зазор, до величины меньше половины длины когерентности транспортируемого излучения локальные области интерференционного поля стоячей рентгеновской волны сливаются, образуя однородное интерференционное поле стоячей рентгеновской волны во всём пространстве щелевого зазора. Именно появление однородности является важнейшим фактором самоорганизации квазимонохроматического рентгеновского потока при его попадании в сверхузкое щелевое пространство. При этом существенно меняются и особенности транспортировки радиационного потока. В стационарном режиме его прохождения объёмы рефлекторов, получив возбуждение на начальном этапе, более не испытывают

перевозбуждения. В результате протяжённый щелевой зазор, сформированный этими рефлекторами, транспортирует поток почти без ослабления. Более того, для наноразмерных протяжённых щелевых зазоров оказывается бессмысленным понятие «магических» углов, поскольку однородное интерференционное поле стоячей рентгеновской волны образуется при попадании строго параллельного рентгеновского квазимонохроматического потока под любым углом к оси щелевого зазора, не превышающим критического угла полного внешнего отражения транспортируемого излучения для материала рефлектора. Устройства, функционирующие в рамках нового механизма, были названы плоскими рентгеновскими волноводами-резонаторами (ПРВР) [9].

Кроме того, оказалось, что этот механизм возможно реализовать не только в условиях явления полного внешнего отражения, но и в рамках явления брэгговской дифракции. Реализация брэгговского отражения с использованием монокристаллического рефлектора представляется существенно более сложной задачей в сравнении с выполнением исследований в рамках явления полного внешнего отражения. Если для изучения особенностей явления полного внешнего отражения достаточно иметь монокристаллические или аморфные полированные рефлекторы с неискажённым поверхностным слоем, то для изучения явления брэгговского отражения необходимы монокристаллические рефлекторы высокого структурного совершенства с неискажённой полированной поверхностью и возможностью его точной ориентировки по всем трём кристаллографическим направлениям. Явление многократного последовательного брэгговского отражения впервые было экспериментально реализовано в исследованиях Бонзе и Харта [10]. Им удалось изготовить плоский протяжённый щелевой зазор шириной 8 мм, используя в качестве отражающих рефлекторов низкодислокационные монокристаллы кремния и германия с кристаллографической ориентацией [220]. Нам также удалось построить аналогичное устройство, использовав ориентированные монокристаллы NaCl [11]. Оно, как и в случае применения монохроматоров Бонзе-Харта, показало существенное повышение монохроматичности формируемого рентгеновского пучка, но при значительном снижении его интегральной

интенсивности. Визуализация модели многократного последовательного брэгговского отражения потока рентгеновского излучения, несмотря на существенное отличие его механизма в сравнении с многократным последовательным полным внешним отражением, вполне соответствует схеме, представленной на рисунке 2. Естественно ожидать, что при уменьшении расстояния между взаимно ориентированными монокристаллическими рефлекторами, образующими рентгеноводный щелевой зазор, до величины меньше половины длины когерентности транспортируемого излучения будут реализованы условия транспортировки потока квазимонохроматического рентгеновского излучения по механизму его волноводно-резонансного распространения. В отличие от волноводно-резонансных структур, функционирующих в рамках явления полного внешнего отражения рентгеновского излучения, подобные брэгговские устройства, названные волноводно-резонансными ячейками Брега-Лауэ (ВРЯБЛ), характеризуются периодом стоячих рентгеновских волн в однородном интерференционном поле, возникающем во всём пространстве щелевого зазора, мало отличающемся от длины волны транспортируемого излучения. В то же время визуальная схема распространения рентгеновской радиации в устройствах типа ВРЯБЛ не отличается от схемы её транспортировки с помощью ПРВР (см. рис. 2б). Единственным отличием в этом случае будут величины угла разворота рентгеновского потока в условиях применения устройств, построенных на базе использования разноразмерных рефлекторов. Устройства типа ПРВР вследствие малости углов полного внешнего отражения оказываются способными развернуть поток рентгеновского излучения почти без ослабления его интегральной интенсивности лишь на величины, не превышающие 1° . В то же время применение ВРЯБЛ позволяет разворачивать рентгеновские потоки почти без ослабления интенсивности на двойной брэгговский угол, составляющий десятки градусов. Этот факт является определяющим для разработки и построения рентгеновского импульсного лазера на базе кольцевого радиационного накопителя, составленного из комплекта ВРЯБЛ [12]. Подобные рентгено-лазерные установки смогут создать конкуренцию лазерам на свободных электронах и рентгено-плаз-

менным установкам в исследованиях быстро протекающих процессов в нановременной области.

Общность интерференционных явлений дала основания полагать, что волноводно-резонансный механизм распространения радиационных потоков не является прерогативой, характерной только для рентгеновского излучения. Например, изучение особенностей взаимодействия потоков оптического излучения с материалом задолго до экспериментального наблюдения появления рентгеновских стоячих волн показало, что в стационарных условиях отражение световых пучков от материальных объектов генерирует возникновение оптических стоячих волн [13]. При этом диагностика особенностей оптических стоячих волн представляется значительно более простой задачей по сравнению с изучением их рентгеновских аналогов. Дело в том, что длина когерентности характеристических рентгеновских излучений, генерируемых лабораторными источниками, составляет десятки и сотни нанометров [14], в то время как для спектрометрической D-линии натрия (переход $3p \rightarrow 3s$, $\lambda_0 = 589,1$ нм) длина когерентности составляет 350 м, а для лазерных источников света этот параметр составляет десятки и сотни метров [14]. В то же время если принять во внимание общепринятый подход к интерпретации транспортировки потоков оптического излучения оптическими световодами (фибрами), то окажется, что эта интерпретация основана на явлении многократного последовательного полного внутреннего отражения [15–17]. Толщина светопроводящей сердцевинки оптических волокон варьируется от нескольких десятков микрон до нескольких миллиметров. Поэтому очевидно, что общепринятая интерпретация транспортировки световых потоков оптическими световодами, основанная на концепции многократного полного внутреннего отражения, является ошибочной. Поскольку длина когерентности оптических потоков, распространяющихся по оптическим световодам, во много раз превышает толщину (или диаметр) светопроводящей зоны этих волноводов, оптические потоки в них транспортируются в соответствии с механизмом волноводно-резонансного распространения. Именно по этой причине оптические волокна демонстрируют высокую светопроводимость, которая

заметно ухудшается при возникновении поликристалличности в сердцевине или оболочках фибера. В практическом плане следует заметить, что новое понимание механизмов распространения световых потоков в оптических волноводно-резонансных структурах позволит легко адаптировать их к современной промышленной планарной кремниевой полупроводниковой микроэлектронике.

Волноводно-резонансные эффекты характерны не только для квазимонохроматического излучения рентгеновского и оптического диапазонов. Само волноводно-резонансное распространение радиоволн наблюдается при образовании однородного интерференционного поля стоячих радиационных волн в полых резонаторах [18], а также при прохождении радиоволн в ионосфере [19]. В силу показанной выше общности реализации механизма волноводно-резонансного распространения оптических и радиационных потоков и всеобщности волновых процессов можно сделать заключение (предположение), что волноводно-резонансное распространение этих потоков является всеобщим волновым природным явлением. О взаимодействии потоков и проведённых экспериментах читайте в следующем номере.

ЛИТЕРАТУРА

1. V.K. Egorov, E.V. Egorov. Waveguide-resonance mechanism for X-ray beam propagation: physics and experimental background // *Advances in X-ray Analysis*. 2003, vol. 46, pp. 307–313.
2. M.A. Kumabov, F.F. Komarov. Multiple reflection of surface X-ray optics // *Phys. Rept.* 1990, vol. 191, pp. 289–350.
3. V.K. Egorov, E.V. Egorov. The experimental background and the model description for the waveguide-resonance propagation of X-ray radiation through a planar narrow extended slit // *Spectrochimica Acta*. B59 (2004) pp. 1049–1069.
4. K. Tsuji, F. Delalieux. Characterization of X-ray emerging beam between reflector and sample carrier in reflector – assisted TXRF analysis // *X-ray spectrometry*. 2004, vol. 44, pp. 281–284.
5. В.К. Егоров, Е.В. Егоров, М.С. Афанасьев. Особенности планарных щелевых рентгеновских волноводов, построенных на базе поликристаллических рефлекторов // *Материалы 16-й Международной научно-технической конференции «Высокие технологии в промышленности России»*. ОАО ЦНИИ «Техномаш». Москва. 2010. С. 170–180.

6. *M. Bedzyk, G. Bommarito, J. Schildkraud.* X-ray standing waves at a reflection mirror surface // *Phys. Rev. Let.* v69 (1989) pp. 1376–1379.
7. *М. Борн, Э. Вольф.* Основы оптики. М.: Наука. 1973. С. 719.
8. *V.K. Egorov, E.V. Egorov.* Background of X-ray nanophotonics based on the planar air waveguide-resonators // *X-ray spectrometry.* v36 (2007) pp. 381–397.
9. *V.K. Egorov, E.V. Egorov.* Planar waveguide-resonator: new device for X-ray optics // *X-ray spectrometry.* v33 (2004) pp. 360–371.
10. *U. Bonse, M. Hart.* Tailless X-ray single crystal reflection curves obtained by multiple reflection // *Appl. Phys. Let.* v7(9) (1965) pp. 238–240.
11. *В.К. Егоров, Е.В. Егоров.* Плоский рентгеновский волновод-резонатор для жёсткого электромагнитного излучения // Труды 14-й Международной конференции по электромагнитным ускорителям. Обнинск. Изд. ФЭИ. 2002. С. 158–171.
12. *В.К. Егоров, Е.В. Егоров.* Создание импульсного рентгеновского лазера на базе явления волноводно-резонансного распространения радиационных потоков // Материалы 16-й международной научно-технологической конференции «Быстрозакалённые материалы и покрытия». Москва. Изд. «Пробел 2000». 2019. С. 226–233.
13. *O. Wiener.* Stehende lichtwellen und die schwingungsrichtung polarisirten liches // *Ann. Phys.* v276(6) (1890) pp. 203–243.
14. *Д.В. Сивухин.* Курс общей физики. Уч. пособие в 5 томах. Том 4. Оптика. М.: Физматлит, изд. МФТИ. 2002. С. 792.
15. *A.W. Snyder, J.D. Love.* Optical waveguide. Theory. London: Chapman and hall press. 1983. P. 734.
16. *А.М. Гончаренко, В.А. Карпенко.* Основы теории оптических волноводов. М.: Изд. «Едиторал» УРСС. 2004. С. 237.
17. *Chin-Lin Chen.* Foundations for guide-wave optics. New Jersey: Wiley. 2007. С. 462.
18. *И.В. Лебедев.* Техника и приборы СВЧ в 2 томах. М.: Высшая школа. 1970. т.1. С. 442.
19. *Я.Л. Альперт.* Распространение электромагнитных волн в ионосфере. М.: Наука. 1972. С. 564.



НОВОСТИ МИРА

«РОСТЕЛЕКОМ», «РОСТЕХ» И «СИСТЕМА» СОЗДАДУТ РАДИОЭЛЕКТРОННЫЙ КОНСОРЦИУМ

Концерн «Созвездие» (входит в госкорпорацию «Ростех»), «РТК – сетевые технологии» (совместное предприятие «Ростелекома» и Nokia), «Элемент» (совместное предприятие АФК «Система» и «Ростеха») обсуждают создание консорциума в сфере телекоммуникаций, который займётся вопросами радиоэлектроники – АНО «Телекоммуникационные технологии». Об этом говорится в презентации консорциума (есть у «Ведомостей», подлинность подтвердил представитель одной из компаний).

Консорциум планируется зарегистрировать до конца года, подтвердил представитель ГК «Элемент». В «Ростелекоме» от комментариев отказались. В «Ростехе» на запрос «Ведомостей» не ответили.

Необходимость консорциума обусловлена глобальной конкуренцией на высокотехнологичных рынках: российские предприятия не могут конкурировать с глобальными игроками в отдельно взятой стране. Консорциум должен помочь создать гарантированный рынок сбыта на первоначальном этапе с последующим развитием производителя в определённой нише на мировом рынке.

В АНО могут вступить и другие участники. Финансировать АНО планируется за счёт членских взносов.

«Задача консорциума – развитие отрасли: проложить цепочку от базовых технологий, прежде всего российских интегральных схем, до потребителей конечной продукции. Правила и приоритеты должны быть установлены Минпромторгом, а консорци-

ум должен активно помогать сбыту российской продукции. Сейчас технике, использующей российские микросхемы, тяжело конкурировать с иностранными игроками наподобие Cisco», – объясняет представитель МЦСТ (российский разработчик процессоров) Константин Трушкин.



Участники консорциума планируют подписать соглашение с Минпромторгом, говорится в презентации. Сделать это планируется в ближайшее время, сообщила пресс-служба ГК «Элемент». В пресс-службе Минпромторга подтвердили, что проект соглашения находится в стадии разработки.

В соглашении могут быть описаны взаимодействия по нескольким направлениям, говорится в презентации. Консорциум может стать оператором реестра российского телекоммуникационного оборудования и оператором реестра электронной компонентной базы для телекоммуникационного оборудования, администратором субсидий и других мер господдержки, заниматься мониторингом госзакупок в части телекоммуникационного оборудования и др. В частности, предполагается, что производители радиоэлектронной аппаратуры и электронно-компонентной базы смогут получить господдержку в виде кредитов, субсидий, льготного налогообложения.

Компании, которые войдут в консорциум, уже заключили соглашение с правительством о развитии технологий беспроводной связи. «Вероятно, для этого необходимо развитие элементной базы, поскольку на данный момент на этом рынке лидируют только иностранные поставщики оборудования. Создание консорциума позволит компаниям, входящим в него, заняться развитием технологий беспроводной связи, при этом не конкурируя друг с другом. В данном консорциуме будет и производственная база, и возможности для апробации и внедрения оборудования на имеющихся сетях связи или перспективных рынках», – рассуждает директор технологической практики в риск-консалтинге KPMG в России и СНГ Сергей Вихарев.

По данным рейтинга ЦНИИ «Электроника», в 2018 году крупнейшим радиоэлектронным холдингом в России стала «Росэлектроника» с выручкой 167 млрд рублей, а крупнейшей организацией – ГК «Микрон» с выручкой 10 млрд рублей.

«Ведомости»

CADENCE И NATIONAL INSTRUMENTS ЗАКЛЮЧИЛИ СОГЛАШЕНИЕ О СТРАТЕГИЧЕСКОМ АЛЬЯНСЕ ДЛЯ РАЗВИТИЯ ИННОВАЦИЙ В ЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМАХ

National Instruments Corporation (NATI) и Cadence Design Systems, Inc. (CDNS) объявили о системном инновационном стратегическом альянсе для комплексного проектирования, направленного на тестирование используемой повторно потоковой информации, а также на изучение ядер интеллектуальной собственности полупроводников,

НОВОСТИ МИРА

начиная с проектирования и верификации электронных устройств и заканчивая валидацией и серийными испытаниями. Потребителями услуг альянса будут производители электронных систем и полупроводниковых компонентов.

Этот стратегический альянс основывается на широкомасштабном сотрудничестве, которое National Instruments (NI) и Cadence начали в 2018 году, предусматривавшем общее ускорение разработки полупроводниковой продукции и тестирования перспективных беспроводных, автомобильных и мобильных интегральных микросхем (ИС), а также модулей. NI и Cadence рассчитывают, что соглашение о стратегическом альянсе и совместная работа в области технологий, методологии и интеллектуальной собственности позволят оптимизировать разработку электроники.

Цель – предоставить потребителям возможность обеспечить бесперебойный процесс разработки полупроводниковой продукции – от компьютерного моделирования до серийных испытаний – используя проектные, верификационные, аналитические данные Cadence и NI. Сотрудничество за-

креплено в аналоговой и радиочастотной интеграции, интеграции смешанных сигналов на основе платформ Cadence, Virtuoso, SpectreR и физических данных из модульных инструментальных систем NI LabVIEW и PXI. Клиенты могут использовать их для улучшения системного проектирования от разработки концепции продукта до запуска его в производство. Данные системы позволяют ускорить время вывода продукта на рынок и снизить общие издержки.



«Быстрое расширение продуктов в беспроводном, потребительском, автомобильном, аэрокосмическом и оборонном сегментах рынка требует ускоренных темпов системных инноваций и сотрудничества, – сказал Лип Бу Тан, генеральный директор Cadence. – Работая ещё теснее с NI в этом стратегическом альянсе, мы стремимся обеспечить непрерывность процесса интеграции смешанного сигнала от проектирования и верификации до валидации и тестирова-

ния при запуске в серию, сокращая общее время создания электронного продукта».

«Cadence – идеальный партнёр для National Instruments, мы работаем вместе для того, чтобы определить методологию тестирования следующего поколения продуктов, – сказал Алекс Даверн, генеральный директор National Instruments. – Объединяя передовые системы проверки и тестирования полупроводниковых продуктов NI с лидирующей в отрасли технологией Cadence в области радиочастотного проектирования и верификации аналоговых, смешанных сигналов, мы можем помочь нашим клиентам ускорить выход на рынок, снизить затраты и улучшить качество продукции. Мы с нетерпением ждём сотрудничества с Cadence, чтобы превратить это видение в реальность в быстро меняющихся условиях».

В дополнение к соглашению о стратегическом альянсе, Cadence и NI заключили окончательное соглашение, в соответствии с которым Cadence планирует приобрести AWR Corporation, 100-процентную дочернюю компанию NI.

ni.com/nati/news



АО «Компонента» — официальный дистрибутор Multi-Inno в России

Multi-inno выпустил новую модель TFT-дисплея 3,5" серии Blanview **NEW**

TFT-дисплеи серии Blanview применяются в различных портативных приборах, где от дисплея требуется низкое энергопотребление и отличная читаемость на солнце.

Наименование:	MI0350AYT-1
Размер:	3,5"
Разрешение:	480×RGB×640
Габариты:	64×85×3 мм
Яркость:	500 cd
Рабочая температура:	от -20 до +70 C°
Угол обзора:	полный
Интерфейс:	18 bit RGB

На правах рекламы



☎ 8 495 150 2 150

🌐 www.komponenta.ru

✉ info@komponenta.ru

Использование углеродных нанотрубок для отвода тепла от элементов интегральных схем

Юрий Непочатов (nuk3d@mail.ru), Дмитрий Городецкий, Александр Окотруб (г. Новосибирск)

Статья посвящена использованию механических и тепловых свойств углеродных нанотрубок для отвода тепла от мощных элементов гибридных интегральных схем (ГИС). В ней рассматриваются нанотрубчатые структуры, состоящие из пластины, выполненной из керамики на основе нитрида алюминия, с выращенным на её поверхностях слоем вертикально ориентированных углеродных нанотрубок (УНТ), обладающих высокой теплопроводностью вдоль своей вертикальной оси, пропитанных кремнием с образованием карбида кремния на поверхностях УНТ и с нанесённым поверх пропитанных УНТ слоем металлизации. Полученные структуры предназначены для использования в качестве теплоотводящей электроизолирующей подложки при изготовлении мощных интегральных микросхем и силовых полупроводниковых приборов, позволяют снизить тепловое сопротивление, повысить кондуктивную теплопроводность структуры и эффективность отвода тепла от тепловыделяющего активного элемента к теплосъёмнику.

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность создания высокотеплопроводящих материалов для теплонагруженных элементов конструкций электронных приборов и интегральных схем, способных работать при высокой температуре, обусловлена созданием нового поколения высокопроизводительных микропроцессоров и силовых приборов повышенной мощности. Большое количество как зарубежных, так и отечественных работ в настоящее время посвящено разработкам композиционных материалов, предназначенных для изготовления на их основе конструкций для отвода тепла от теплонапряжённых элементов интегральных схем и участков электронных устройств. Постоянное увеличение плотности размещения транзисторов на чипах ведет к обострению связанной с этим проблемы теплоотвода, являющейся одной из важнейших при разработке ГИС и устройств повышенной мощности.

Активные элементы электронных устройств и интегральных схем являются источниками тепла. Для обеспечения надёжной работы таких устройств необходимо поддерживать устойчивые рабочие условия и температуру. Это достигается за счёт использования устройств отвода тепла, на которых расположены источники тепла.

Одним из важнейших моментов при создании и изготовлении мощных интегральных схем и приборов является разработка конструкции, обеспечивающей наилучший отвод тепла от наиболее нагреваемых частей микросхем и приборов. Как правило, это р-п-переходы, расположенные в объёме активных элементов, например в виде мощных кристаллов интегральных схем, силовых модулей и СВЧ-транзисторов.

Основными параметрами, от которых зависит охлаждение, являются: геометрия компонентов, коэффициенты теплопроводности используемых материалов и значения тепловых сопротивлений на границах раздела контактируемых поверхностей. В устройствах будущих поколений плотность мощности, которую необходимо будет рассеивать, составит порядка 100 Вт/см^2 и более. Отсюда очевидна потребность в разработке новых методов охлаждения и применения новых материалов, позволяющих более эффективно отводить тепло. Для оптимальной эффективности необходимо, чтобы теплоотводы имели максимально возможную теплопроводность, хороший тепловой контакт как с источником тепла, так и с его приёмником в виде корпусов и радиаторов. Для достижения этих целей в устройствах используют-

ся материалы с высокой теплопроводностью.

В последние годы для этих целей разрабатываются новые материалы с повышенной теплопроводностью на основе карбида кремния с добавкой алмазных порошков [1].

Из металлов к числу материалов с высокой теплопроводностью относятся алюминий ($180...220 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$) и медь ($370...410 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$), а из диэлектриков лучшей теплопроводностью обладают нитрид алюминия ($180...240 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$) и окись бериллия ($200...260 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$). В работе [2] описывается устройство для отвода тепла в виде пластины из анизотропного углерода, заключённого в герметизирующий изоляционный материал, нанесённый непосредственно на анизотропный углерод, причём анизотропный углерод является пирографитом, который имеет теплопроводность в одной плоскости в пределах от 1550 до $1850 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$, а в другой – от 300 до $420 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$. Для образования электрических контактов на поверхности анизотропного углерода с герметизирующим изоляционным материалом наносят покрытия из металлов для размещения электрических устройств. Недостатком теплоотводящего устройства является низкая механическая прочность анизотропного углерода, сложность механической обработки тонких пластин из него. Нанесённые органические покрытия ограничивают способы металлизации конструкции из-за невозможности нагрева выше $+300^\circ\text{C}$.

Разновидностью графита являются углеродные нанотрубки, которые представляют собой протяжённые структуры, состоящие из свернутых в однослойную (ОСНТ) или многослойную (МСНТ) трубку графитовых слоев. Наименьший диаметр нанотрубки – $0,714 \text{ нм}$, что соответствует диаметру молекулы фуллерена C_{60} . Расстояние между слоями практически всегда составляет $0,34 \text{ нм}$, что соответствует расстоянию между слоями в графите. Длина таких образований достигает десятков микрон и на несколько порядков превышает их диаметр. Основные свойства нанотрубок: малые размеры,

электропроводность, механическая прочность, химическая стабильность и очень высокая теплопроводность, достигающая 6000 Вт/м·К, в то время как теплопроводность чистого алмаза составляет 3320 Вт/м·К (см. табл.).

В работе [3] в качестве анизотропного теплопередающего элемента используется анизотропный наноконпозиционный материал, в котором теплопроводящие углеродные нанотрубки ориентированы в заданном направлении – от тепловыделяющего элемента к теплопоглощающему элементу, т.е. наноконпозиционный элемент обладает направленной теплопроводностью.

Анизотропный элемент имеет форму плоского или круглого кабеля, тепло передается от одного конца кабеля в сторону другого конца, при этом минимальное количество тепла передается через боковые стороны или стенки кабеля. Теплопроводность вдоль одного направления в несколько раз больше, чем теплопроводность в перпендикулярном направлении, благодаря чему образуется эффективный теплопровод. При этом тепло направленно отводится от места расположения тепловыделяющих элементов, температура которых находится вблизи предельных рабочих температур.

Образование нанотрубками многократно скрученных между собой, случайным образом ориентированных спиралевидных структур приводит к возникновению внутри материала нанотрубок значительного количества полостей нанометрового размера, доступных для проникновения извне жидкостей или газов. В результате удельная поверхность материала, составленного из нанотрубок (в случае однослойной нанотрубки) составляет около 600 м²/г. Столь высокое значение удельной поверхности нанотрубок позволяет использовать их в качестве пористого материала. Нанотрубки с открытым концом проявляют капиллярный эффект и способны втягивать в себя расплавленные металлы и другие жидкие вещества, что открывает перспективу пропитки таких трубок металлами и неорганическими материалами. Очень высокая теплопроводность в сочетании с возможностью пропитки позволяет рассматривать углеродные нанотрубки в качестве основы для создания теплоотводящих элементов для микроэлектроники. До недавнего времени был известен только один материал, превосходящий перечисленные

Физико-механические характеристики углеродных нанотрубок

Характеристики \ Материал	Алюминий	Медь	Алмаз	Однослойные углеродные нанотрубки (ОУНТ)	Многослойные углеродные нанотрубки (МУНТ)
Модуль Юнга, ГПа	70	120	–	1054	1200
Прочность на изгиб, ГПа	0,07...0,15	0,14...0,28	–	150	200
Плотность, г/см ³	2,70	8,96	3,47...4,55	2,23...2,60	
Теплопроводность, Вт/м·К	180-220	370...410	900...3320	3000...6000	
Электропроводность, См/м	3,77×10 ⁷	5,95×10 ⁷	–	1×10 ⁵ ...1×10 ⁷	

выше материалы по теплопроводности — это алмаз со своим выдающимся значением ~ 3320 Вт/м·К, однако из-за высокой стоимости он использовался в электронных компонентах в основном в виде пленки, рассеивающей тепло. Поэтому перспективными материалами для замены алмаза являются специализированные анизотропные композиты на основе углеродных нанотрубок. По оценкам, отдельные углеродные нанотрубки обладают очень высокой теплопроводностью – 6000 Вт/м·К [4–7], что позволило создать к настоящему времени широкий ассортимент углеродных нанотрубок различных типов и форм.

В экспериментах с полимерными композициями, заполненными углеродными нанотрубками, при помощи метода лазерной вспышки обнаружено увеличение температур- и теплопроводности при комнатной температуре [8]. Результаты показывают, что в полимерах, содержащих УНТ, теплофизические свойства зависят от ориентации. Если нанотрубки расположены параллельно одной плоскости, то температуропроводность в этой плоскости в 10 раз выше по сравнению с плоскостью, перпендикулярной всем УНТ.

Улучшение теплопроводности композитов на основе нанотрубок и полимеров произошло за счёт использования отличной теплопроводности углеродных нанотрубок, намного превышающей теплопроводность любых других материалов [9–12]. В одной из разработок для улучшения теплоотвода от транзистора высокой мощности применили микроканальную систему жидкостного охлаждения, использующую матрицу из углеродных нанотрубок. Применяя в качестве охлаждающей жидкости поток воды, удалось добиться улучшения эффективности охлаждения на 15 Вт·см² [13–14].

В работе [15] сообщается об использовании для охлаждения кремниевых чипов нанотрубок, интегрирован-

ных непосредственно на компоненты. Этот метод не мог быть реализован ранее из-за проблем, связанных с интеграцией нанотрубочных структур прямо на чипы. Данные проблемы вызваны тем, что обычные температуры выращивания нанотрубок намного превышают температуры, которые способны выдерживать функциональные кремниевые элементы микропроцессоров.

Целью настоящей работы является снижение теплового сопротивления, повышение кондуктивной теплопроводности и эффективности отвода тепла от тепловыделяющего активного элемента ГИС к теплоотводнику за счёт повышения уровня тепловых характеристик керамики из нитрида алюминия с помощью осаждённых на её поверхностях слоёв вертикально ориентированных углеродных нанотрубок, пропитанных кремнием и покрытых металлизационными слоями.

Исходные материалы и методика эксперимента

В экспериментах использовались пластины из керамики на основе нитрида алюминия в виде диска диаметром 17,7 мм и толщиной 2,0 мм и толстые плёнки, состоящие из многослойных углеродных нанотрубок (МУНТ) высотой 0,5 мм. Эти плёнки были выращены методом каталитического химического осаждения из газовой фазы (CVD) при использовании смеси газов, состоящей из 2–5–10 мас.-%-го раствора ферроцена в толуоле. Для пропитки МУНТ жидким кремнием (силицирования) использовались пластины монокристаллического кремния марки КЭФ. Для соединения элементов между собой напылялось многослойное металлизационное покрытие, состоящее из адгезионного подслоя хрома толщиной 0,3...0,5 мкм и слоя меди толщиной 7...8 мкм, которые покрывались гальваническим золотом толщиной 1...3 мкм.

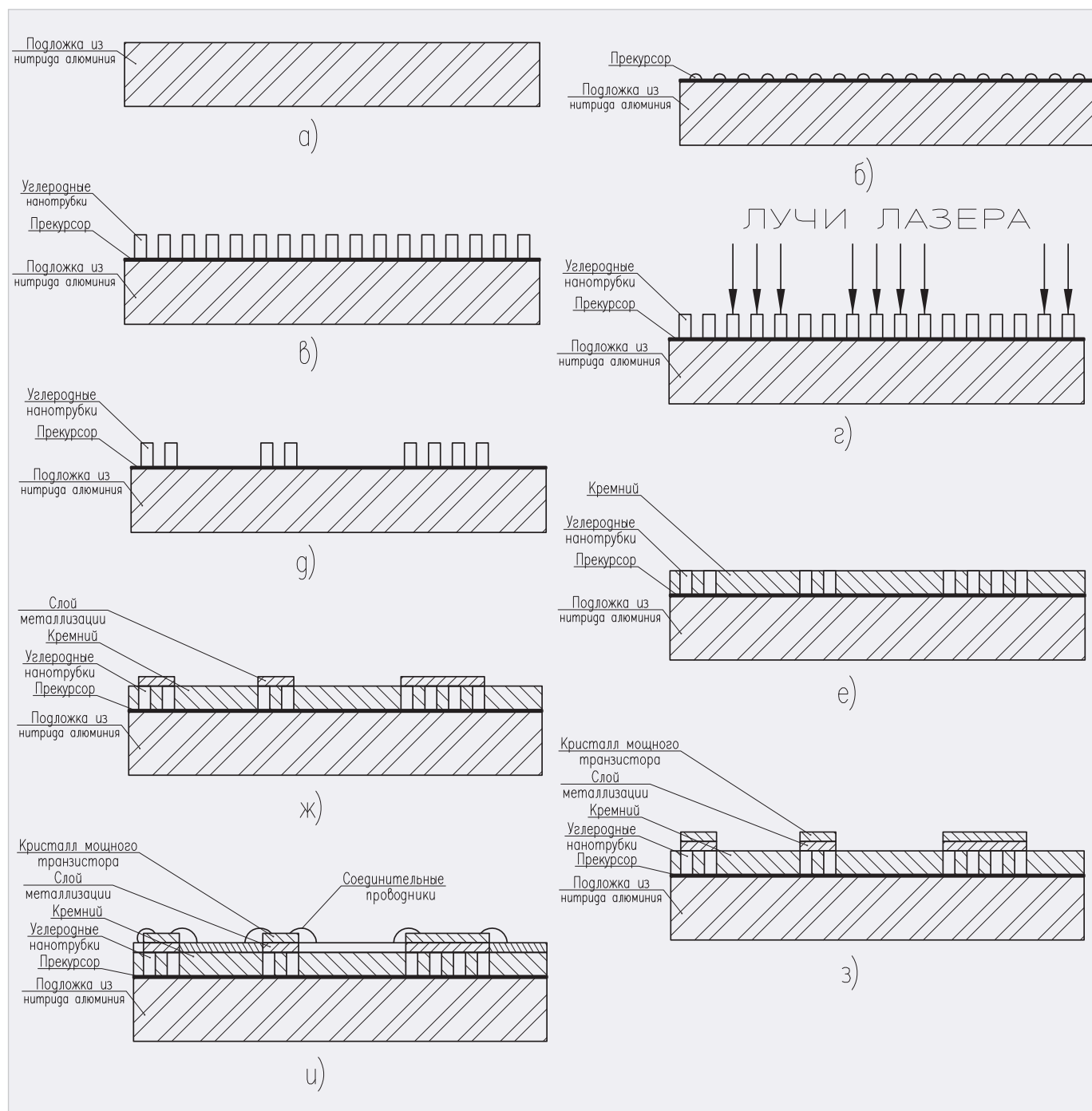


Рис. 1. Конструкция и последовательность операций изготовления гибридной интегральной схемы из осаждённого на поверхностях керамики из нитрида алюминия слоя вертикально ориентированных углеродных нанотрубок, пропитанных кремнием и с нанесёнными на эти поверхности слоями металлов

Конструкция гибридной интегральной схемы из осаждённого на поверхностях керамики из нитрида алюминия слоя вертикально ориентированных углеродных нанотрубок, пропитанных кремнием и с нанесёнными на эти поверхности слоями металлов, представлена на рисунке 1.

Конструкция гибридной интегральной схемы состоит из отшлифованной пластины из керамики на основе нитрида алюминия (а), на которую нанесён слой прекурсора (б) со сформировавшимися ката-

выращен массив УНТ (в) (см. рис. 1). После обработки алюмонитридной пластины с нанесённым массивом УНТ лазерным излучением (г) по специальной программе с целью получения пробельных мест топологического рисунка схемы, часть массива УНТ (д) удалена за счёт сгорания на воздухе УНТ при воздействии на них луча лазера. В процессе пропитки расплавленным кремнием внутренние полости оставшихся УНТ и участки с удалёнными из массива УНТ (пробельные места) заполняются кремнием (е). После пропитки расплавленным кремнием на участки с не-

удалёнными УНТ из массива для получения топологического рисунка схемы нанесён слой металлизации (ж). После травления слоя металлизации и получения топологического рисунка, на участки алюмонитридной пластины с УНТ, пропитанными кремнием и с нанесённым слоем металлизации, установлены кристаллы мощных транзисторов (з). Затем методом ультразвуковой сварки контактные площадки кристаллов мощных транзисторов соединялись алюминиевой проволокой с тонкоплёночными пассивными элементами гибридной интегральной схемы (и).

Гибридную интегральную схему на основе керамики из нитрида алюминия с вертикально ориентированными углеродными нанотрубками, пропитанными кремнием, изготавливали следующим образом.

Пластину в виде диска из нитрида алюминия (AlN) диаметром 17,7 мм и толщиной 2,0 мм перед нанесением углеродных нанотрубок (УНТ) шлифовали до обеспечения шероховатости поверхности с размером микронеровностей 0,63 мкм, после чего производилась очистка от загрязнений, которая проводилась в три цикла в деионизированной воде в УЗ-ванне при температуре +50°C. Затем изготавливался структурированный массив вертикально ориентированных УНТ методом CVD-синтеза при термическом разложении углеводородов. Синтез УНТ осуществлялся на шлифованных подложках из нитрида алюминия (AlN) и проходил при атмосферном давлении, температуре +800°C и скорости потока газа носителя 600 мл/мин. В качестве прекурсора использовался 2, 5 и 10%-й раствор ферроцена в толуоле.

Теплопроводные характеристики слоя из вертикально ориентированных нанотрубок обеспечивались структурой массивов УНТ. Так как длина нанотрубки влияет на тепловое сопротивление, то высота массива УНТ является важным параметром. Поэтому необходимо было точно контролировать основные параметры синтеза, влияющие на высоту массива (температуру синтеза, скорость подачи газа носителя и время синтеза), а также осуществлять визуальный контроль процесса роста УНТ. При выращивании нанотрубок в толуол добавляли ферроцен, который являлся прекурсором катализатора роста слоя из вертикально ориентированных УНТ. При изготовлении массива УНТ использовался CVD-реактор, для которого были определены условия синтеза массивов УНТ на алюмонитридных подложках из паров 2, 5 и 10 мас.%-го раствора ферроцена в толуоле.

Скорость подачи прекурсора в реактор составляла 0,1 мл/мин. В ходе работы были уточнены следующие параметры: температура синтеза – +800°C; скорость потока газа носителя – 200 мл/мин, время синтеза – 1 ч. После проведения часового CVD-синтеза высота массива УНТ составляла порядка 500 мкм. УНТ в полученном массиве равномерно распределены по поверхности алюмонитридной пласти-

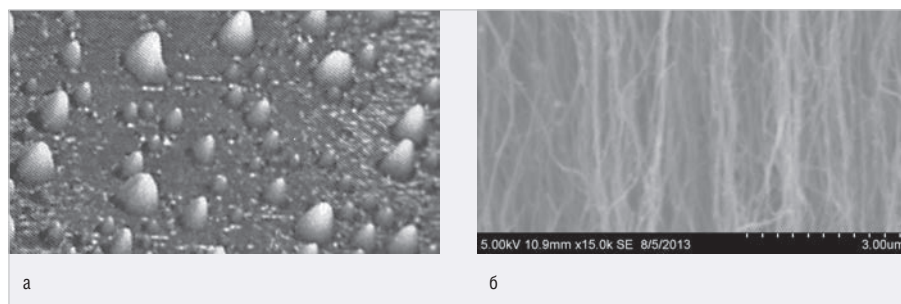


Рис. 2. Микрофотографии дисков из нитрида алюминия с осаждёнными УНТ с использованием прекурсора в виде раствора ферроцена в толуоле: вид слоя прекурсора со сформировавшимися каталитическими центрами УНТ (а) и вид в поперечном сечении массива из вертикально ориентированных УНТ (б)

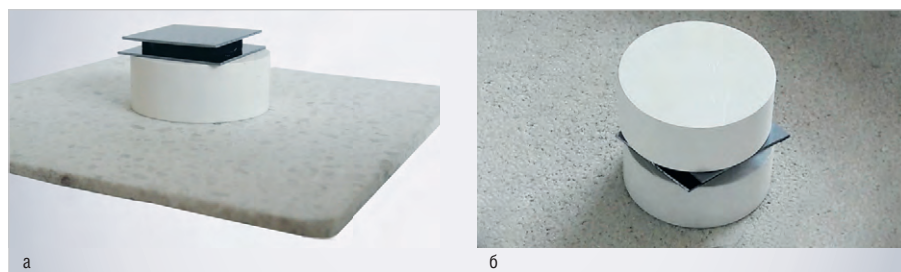


Рис. 3. Пластина из нитрида алюминия с выращенными УНТ, размещённая между 2-х пластин кремния, установленных на цилиндре из гексагонального нитрида бора (а) и на плите из огнеупора (б)

ны, что подтверждает одинаковую скорость роста УНТ на всей её поверхности. Полученный массив УНТ (см. рис. 2) состоял из многослойных УНТ (плотность трубок в массиве со средним диаметром 30–60 нм, выборка и подсчёт диаметра проводятся более чем по 10 микрофотографиям, включающим более 100 нанотрубок) и расстояние между ними в виде образовавшихся пор размером 3–5 нм. В связи с тем, что УНТ являются проводниками, для обеспечения электрической изоляции элементов друг от друга при формировании топологического рисунка проводилась обработка поверхности массива УНТ с помощью излучения ИК-лазера. Обработка образцов массивов на алюмонитридных пластинах с вертикально ориентированными УНТ осуществлялась лазерным излучением на установке лазерного профилирования. Основываясь на измеренном спектре поглощения массива УНТ, была выбрана длина волны лазера ~10 мкм. При проходе лазера мощностью несколько десятков ватт по поверхности массива луч выжигал часть углеродного материала. Скорость прохождения луча составляла 17 мм/с. В результате массив УНТ приобретал чётко структурированный узор в виде участков топологического рисунка, на которые в дальнейшем после пропитки кремнием будут установлены кристаллы мощных транзисторов. Затем на обра-

зец методом напыления наносили многослойную металлизацию и формировали методом фотолитографии рисунок в соответствии с принципиальной электрической схемой, а также схемой монтажа и присоединения выводов тонкоплёночных элементов ГИС к выводам на кристаллах транзисторов.

После лазерной обработки для пропитки жидким кремнием (силицирования) участков из вертикально ориентированных УНТ сверху и снизу диска из алюмонитридной керамики устанавливали пластины из монокристаллического кремния марки КЭФ, а всю эту сборку помещали на шайбу из гексагонального нитрида бора (см. рис. 3), которую прижимали грузом из такой же шайбы.

Силицирование вертикально ориентированных УНТ проводили в вакуумной печи Самсо (см. рис. 4) с использованием монокристаллического кремния марки КЭФ в качестве реакционного источника. Пластины из нитрида алюминия с участками УНТ с размещёнными на них сверху образцами монокристаллического кремния устанавливали в специальный тигель (см. рис. 5) и помещали в реактор, расположенный в рабочей зоне вакуумной печи и представляющий собой многослойный стакан из листов молибдена и с молибденовыми нагревателями, смонтированными на внутренней



Рис. 4. Установка Сатсо для пропитки УНТ кремнием

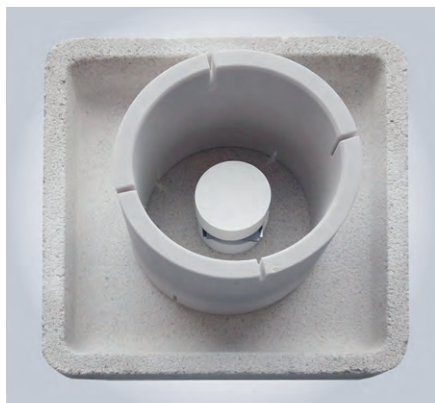


Рис. 5. Тигель без крышки для проведения пропитки УНТ кремнием, установленный в керамической огнеупорной лодочке



Рис. 6. Вакуумная камера установки Сатсо с установленным диском из нитрида алюминия с УНТ и пластинами кремния перед пропиткой

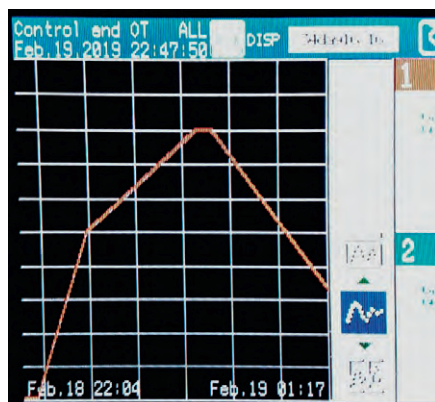


Рис. 7. График пропитки УНТ кремнием

поверхности стакана (см. рис. 6). Пропитку (силицирование) проводили при $+1500...1600^{\circ}\text{C}$ и остаточном давлении в вакуумной камере $10^{-3}...10^{-1}$ Па в течение 15 мин с последующим охлаждением печи до комнатной температуры. График пропитки УНТ представлен на рисунке 7. Особенностью пропитки является быстрый нагрев образцов с УНТ от начальной температуры $+20^{\circ}\text{C}$ до $+1550^{\circ}\text{C}$ в течение 45 мин. со скоростью 33 градуса/минуту для того, чтобы не произошло полного растворения УНТ в жидком кремнии.

В ходе пропитки протекала реакция силицирования, в результате чего поверхность вертикально ориентированных УНТ насыщалась кремнием с формированием кремнийсодержащей фазы – SiC, количественное соотношение которой к кремнию определялось продолжительностью термической обработки. В результате взаимодействия жидкого кремния с углеродом УНТ на их поверхностях образовывался карбид кремния, при этом на пробельных местах оставался кремний. Наибольшей адгезией обладал слой с пропитанным кремнием УНТ, синтез которых осуществлялся на шлифованных подложках из нитрида алюминия, и в качестве прекурсора использовался 10%-й раствор ферроцена в толуоле.

После силицирования пропитанная кремнием поверхность диска из нитрида алюминия шлифовалась и полировалась до уровня шероховатости 0,02 мкм, очищалась от загрязнений в перекисно-аммиачном растворе, и на эту подготовленную поверхность напылялись на установке магнетронного напыления «Оратория-5» последовательно адгезионный подслои хрома толщиной 0,3...0,5 мкм и слой меди толщиной 7–8 мкм, которые покрывались гальваническим золотом толщиной 1–3 мкм. Затем на участки с УНТ, пропитанными

кремнием, монтировались кристаллы мощных транзисторов методом пайки припоем из сплава золото-кремний при температуре $+500^{\circ}\text{C}$, после чего контактные площадки кристаллов соединялись алюминиевой проволокой с тонкоплёночными пассивными элементами гибридной интегральной схемы.

Результаты эксперимента

Согласно разработанной технологии изготовления ГИС участки вертикально ориентированных УНТ подвергаются химическому модифицированию путем их обработки расплавленным кремнием Si при температуре выше $+1500^{\circ}\text{C}$, после чего поверхности силицированных углеродных нанотрубок покрываются карбидом кремния (SiC). После пропитки УНТ кремнием были изготовлены аншлифы для проведения исследований полученной микроструктуры в поперечном сечении (см. рис. 8). Как видно на микрофотографии, массив УНТ (средний слой чёрного цвета) расположен между пластиной из нитрида алюминия (верхний слой) и пластиной кремния (нижний светлый слой). В микроструктуре массива УНТ (см. рис. 9), пропитанного кремнием, на границе с нитридом алюминия наблюдаются отдельные белые вкрапления кремния и многочисленные микропоры, расположенные между нанотрубками. Микроструктура массива УНТ на границе с пластиной кремния более плотная за счёт кремния, заполнившего микропоры каркаса массива УНТ. Строение и расположение нанотрубок на рисунке 10 то же, что и на рисунке 9, но участки между сероватыми нанотрубками, покрытыми карбидом кремния, заполнены кремнием, имеющим более светлую окраску. При более сильном увеличении микроструктуры пропитанных УНТ серые участки карбида кремния на нанотрубках и светлые участки кремния становятся хорошо различимы, что позволяет на основании исследований приведенной микроструктуры сделать вывод о полном проникновении кремния в массив УНТ, качественном сцеплении кремния с УНТ за счёт образования на поверхности УНТ карбида кремния.

Проведение силицирования при $+1500...+1600^{\circ}\text{C}$ позволяет вскрыть большую часть закрытых пор в массиве УНТ и сформировать на их стенках слой SiC при минимальном заполнении объема пор свободным кремнием, который удерживается в мелких порах только в силу капиллярного эффекта,

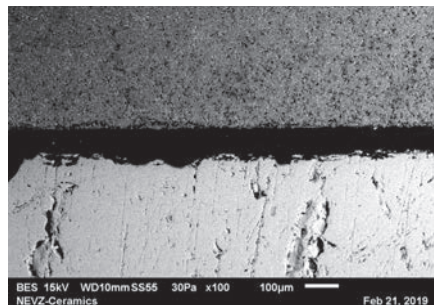


Рис. 8. Микрофотография массива УНТ (средний слой чёрного цвета), выращенных на пластине из нитрида алюминия (верхний слой), после пропитки кремнием (нижний слой)

и таким образом получить слой вертикально ориентированных УНТ с низкой пористостью, в котором углеродные нанотрубки сохраняются некарбидизированными и обеспечивают высокую теплопроводность вдоль своей оси.

Появляется новое свойство разработанной конструкции ГИС – способность обеспечить введение в УНТ сравнительно небольшого количества Si и при этом перевести часть кремния в карбид кремния, не допустив карбидизации всего тела многослойных углеродных нанотрубок. Новое свойство позволяет повысить теплопроводность в продольном и поперечных сечениях участков ГИС с УНТ.

Разработанная технология позволяет при использовании для силицирования пластины из монокристаллического кремния марки КЭФ за счёт сравнительно высокой открытой пористости участков из вертикально ориентированных УНТ получить слой с высоким содержанием SiC как внутри УНТ, так и на их внешних поверхностях. Большая часть избыточного кремния Si после силицирования остаётся на пробельных местах ГИС между участками с УНТ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Создание технологического процесса пропитки УНТ кремнием обеспечивает получение теплопроводящего слоя с содержанием SiC на внешних поверхностях УНТ и малым содержанием свободного Si внутри трубок, что позволяет повысить общую теплопроводность за счёт высокой теплопроводности УНТ и теплопроводности Si, которая в 2 раза выше теплопроводности SiC.

Проведение силицирования при +1500...+1600°C позволяет также вскрыть большую часть закрытых пор углеродного материала и сформировать на их стенках слой SiC при минимальном заполнении объёма пор свободным кремнием, который удерживается в мелких порах только в силу капиллярного эффекта, и таким образом получить высокотеплопроводящие участки на поверхности пластины из нитрида алюминия.

Для получения различных топологических рисунков ГИС проводилось лазерное профилирование образцов алюминитридных пластин с исходной высотой УНТ в массивах 500 мкм. Для применения в ГИС теплоотводящих элементов на основе профилированных массивов УНТ важным является определение влияния размера и высоты УНТ на

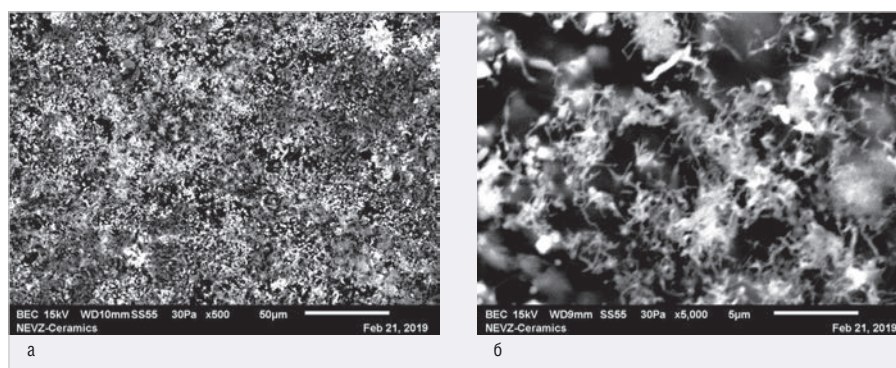


Рис. 9. Микрофотография УНТ, пропитанных кремнием, на границе с нитридом алюминия при увеличении: а) $\times 500$; б) $\times 5000$

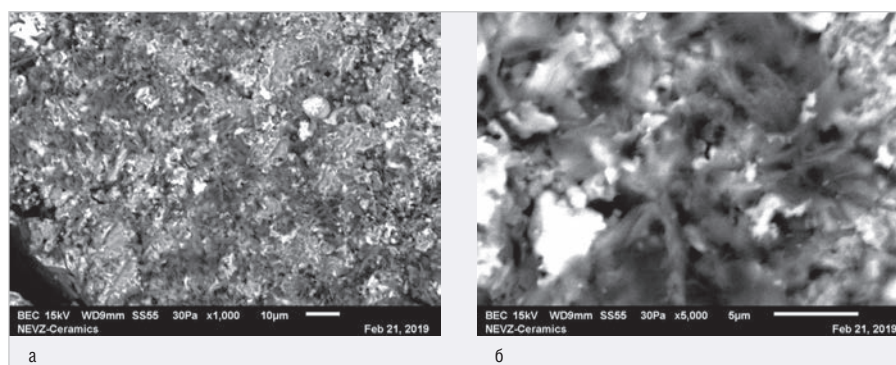


Рис. 10. Микрофотография УНТ на границе с пластиной кремния после пропитки при увеличении: а) $\times 1000$; б) $\times 5000$

тепловые характеристики теплоотвода. Размеры УНТ из массивов и расстояние между ними также были выбраны, исходя из условий обеспечения электрической и тепловой изоляции одиночных участков УНТ. Увеличение расстояния между одиночными участками УНТ, на которых размещаются тепловыделяющие элементы (кристаллы мощных транзисторов), значительно снижает взаимный нагрев соседних с нанотрубками участков, что позволяет использовать такие профилированные теплоотводящие элементы для многокристалльных микросборок ГИС.

Измерения коэффициента теплопроводности методом лазерной вспышки участков с вертикально ориентированными УНТ, пропитанных кремнием, показали, что значение коэффициента теплопроводности находится в диапазоне 2000...2770 Вт/м·К.

После профилирования массива УНТ на поверхности подложки образовались теплопроводные участки, расположенные в соответствии с топологическим рисунком схемы ГИС, на которых затем монтировались кристаллы мощных транзисторов. Таким образом, профилирование массива вертикально ориентированных УНТ позволяет локализовать участки

для размещения активных элементов, выделяющих тепло, обеспечить электрическую изоляцию элементов схемы друг от друга, исключить суперпозицию тепловых полей и влияние теплового поля одного активного элемента на тепловое поле и работу другого активного элемента. Данная технология полностью совместима с технологией интегральных схем (ИС) и позволяет создавать ИС в 3D-конфигурации с формированием активных и пассивных элементов как в объёме кремния, так и на его поверхности в виде навесных компонентов, соединённых с помощью топологического рисунка из слоёв металлизации и алюминиевой проволоки.

Таким образом, появляется перспектива создания нового класса монолитных микросхем со структурой УНТ, пропитанных кремнием, аналогичных микросхемам со структурой «кремний на сапфире», но только значительно более мощных и сочетающих технологии монолитных и гибридно-интегральных схем.

ЛИТЕРАТУРА

1. Патент РФ 2270821 Теплопроводящий материал, кл.С04В35/528, заявл. 10.09.2001, опубл. 20.11.2004.

2. Патент РФ № 2256307 Устройство отвода тепла (варианты), электрическая система, содержащая устройство отвода тепла (варианты), способ изготовления устройства отвода тепла (варианты) и способ изготовления электрического компонента (варианты), кл.Н05К7/20, G06F1/20, H01L23/373, заявл. 08.07.1999, опубл. 10.07.2005
3. Патент РФ № 2516078 Применение композитов с выровненными нанотрубками для теплопередачи в скважинах, кл. F28F21/02, B81B1/00, E21B 12/00, заявл. 10.09.2011, опубл. 20.05.2014
4. M. S. Dresselhaus, and P. C. Eklund. Phonons in carbon nanotubes, Adv. Phys. 49, 705-814 (2000).
5. A. Y. Cao, V. Veedu, X. S. Li, Z. Yao, M. N. Ghasemi-Nejhad and P. M. Ajayan. Multifunctional brushes made of carbon nanotubes, Nature Mater. 4, 540 (2005).
6. X. S. Li, A. Y. Cao, Y. J. Jung, R. Vajtai and P. M. Ajayan. Bottomup growth of carbon nanotube multilayers: Unprecedented growth Nano Lett. 5, 1997(2005).
7. S. Talapatra, S. Kar, S. K. Pal, R. Vajtai, L. Ci, P. Victor, M. M. Shaijumon, S. Kaur, O. Nalamasu and P. M. Ajayan. Direct growth of aligned carbon nanotubes on bulk metals, Nature Nanotech., 1, 112 (2006).
8. Erwin Kaisersberger. Определение теплофизических характеристик наноматериалов. NETZSCH-Geraetebau GmbH, Wittelsbacherstr. 42, 95100 Selb, Germany www.netzsch-thermal-analysis.com.
9. M. J. Biercuk, M. C. Llaguno, M. Radosavljevic, J. K. Hyun, A. T. Johnson, and J. E. Fischer. Carbon nanotube composites for thermal management, Appl. Phys. Lett. 80, 2767 (2002).
10. Y. Wu, C. H. Liu, H. Huang and S. S. Fan. Effects of surface metal layer on the thermal contact resistance of carbon nanotube arrays, Appl. Phys. Lett. 87, 213108(2005).
11. C-W. Nan, Z. Shi and Y. Lin. A simple model for thermal conductivity of carbon nanotube-based composites, Chem. Phys. Lett. 375, 666 (2003).
12. J. Hone, M. C. Liaguno, M. J. Biercuk, A. T. Johnson, B. Batlogg, Z. Benes and J. E. Fischer. Thermal properties of carbon nanotubes and nano-tube-based materials, Appl. Phys. A 74, 339 (2002).
13. M. Zhimin, R. Morjan, J. Anderson, E. E. B. Campbell and J. Liu. Integrated nanotube microcooler for microelectronics applications, IEEE 55 Electronic Components and Technology Conference, Lake Buena Vista, FL, 31 May 2005. Proa, pp. 51-54 (2005).
14. M. Zhimin, J. Anderson and J. Liu. Integrating nano carbontubes with microchannel cooler, IEEE 6 High Density Microsystem Design and Packaging and Component Failure Analysis Conference, Shanghai, China, 30th June 2004. Proa, pp. 373 - 376 (2004).
15. K. Kordas, G. Toth, P. Moilanen, M. Kumpumaki, A. Uusimaki, J. Vabakangas, R. Vajtai, P.M. Ajayan. Chip cooling with integrated carbon nanotube microfin architectures, Appl. Phys. Lett. 90, 123105 (2007).



НОВОСТИ МИРА

Новостной телетайп

Министерство обороны США инвестирует \$170 млн в производителя микроэлектроники Skywater Technology для совершенствования технологии производства RadHard-полупроводников. Данный завод был построен ещё в 80-х годах прошлого века известной компьютерной компанией Control Data. В 1991 году фабрика была куплена компанией Cypress Semiconductor и, эволюционировав из топологических норм 350 нм в 65 нм, была в 2017 году куплена частным инвестфондом Oxbow Industries. Фабрика имеет аккредитацию категории A от DMEA (Defense Microelectronics Activity – лаборатория Минобороны США), что позволяет ей выпускать продукцию для нужд обороны и космоса. Можно отметить, что в 2017 году 78 полупроводниковых компаний США имели такой статус.

Победой компании Power Integration завершается многолетний патентный спор, начатый в далёком 2004 году иском к компании Fairchild по нарушению 4-х патентов на ШИМ-контроллеры. После покупки Fairchild в 2016 году компанией ON Semiconductor последняя подавала встречные иски, но теперь, по данным SEC, компании договорились о мировом соглашении, по которому ON Semiconductor выплатит компенсацию в размере \$175 млн. Что составляет, примерно, половину годового оборота Power Integration.

Как стало известно, компания Texas Instruments (TI) после 25-ти лет сотрудниче-

ства решила прекратить дистрибьюторское соглашение с компанией Avnet. Для TI, являющейся многолетним лидером рынка аналоговых микросхем, такое решение закономерно – начиная с 2017 года компания методично оптимизирует свои дистрибьюторские каналы (около 6 соглашений о дистрибуции было расторгнуто), отдавая предпочтение прямым поставкам конечным потребителям. Для Avnet это решение довольно болезненно – доля продукции TI в линейке 2019 года составляла около 10%. Таким образом, через год в регионе EMEA у TI, вероятно, останется 8 дистрибьюторов. И что удивительно, два из них российские: «Компэл» и «МТ-Системс».

Достаточно редкую модель трансформации бизнеса продемонстрировала компания CUI, ведущая свою родословную с 1989 года. Начиналось всё с осциллографических щупов и электро-механических компонентов. Позднее компания освоила нишу AC/DC- и DC/DC-преобразователей, которые в настоящее время составляют 64% оборота подразделения P&EM. Начиная примерно с 2009 года, компания стала активно развиваться в секторе системной электротехники, создавая сетевые платформы для разных отраслей, и постепенно это стало основным бизнесом компании CUI Global. По этой причине компания решила продать часть своего P&EM-подразделения руководителям и основателям направлений: соединители, аудио компоненты, термокомпоненты и датчики, вклад которых в оборот компании достиг \$30 млн

в 2018 году. Сумма сделки составила \$15 млн и по её условиям 40 сотрудников переходят в новую компанию CUI Devices, которая сохранит тесные производственные отношения с «родительской».

Появилась информация о планах компании Panasonic продать свой полупроводниковый бизнес (Panasonic Semiconductor Solutions) тайваньской компании Nuvoton Technology. В последние годы японский вендор старается перейти на лайт-модель бизнеса, свидетельством чему было и создание в 2017 году СП с израильским производителем Tower Jazz, в которое было передано три японских завода.

Dialog Semiconductor покупает за \$100 млн небольшую немецкую компанию-разработчика Creativechips. Фирма ведёт свою историю с 1999 года, когда 7 первых сотрудников начали разработку заказных ИС в городке Бинген-на-Рейне (Германия). Сейчас в компании работают 64 сотрудника, а сама фирма имеет два филиала (в США и Японии). Есть ещё офис в Дрездене, где в 80-е годы учился и получил докторскую степень один из основателей компании Лутц Поромбка. Компания специализируется на разработке ASIC (аналого-цифровых, интерфейсных), а также датчиков, главным образом для промышленных и автомобильных применений. Покупателю интересны опыт компании в сфере промышленного Интернета вещей.

*Новостная рассылка проекта
«Мониторинг рынка электроники»*



МИНПРОМТОРГ
РОССИИ



Главное событие отрасли
в России и странах СНГ

ФОТОНИКА

МИР
ЛАЗЕРОВ
И ОПТИКИ

31 марта – 3 апреля 2020

При поддержке Министерства
промышленности и торговли РФ

Под патронатом ТПП РФ



Реклама 12+



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

Россия, Москва, ЦВК «Экспоцентр»
www.photonics-expo.ru



ЛАЗЕРНАЯ АССОЦИАЦИЯ



Беспроводная передача энергии большой мощности для устройств, работающих в условиях индустриальной среды

Часть 2

Андреас Надлер, Кем Сом (Würth Elektronik eiSos GmbH & Co. KG)
Перевод, дополнения и комментарии: Владимир Рентюк

В предыдущей публикации были рассмотрены принципы беспроводной передачи энергии и базовое схемотехническое решение.

Во второй части внимание будет сосредоточено на проблемах, связанных с электромагнитными помехами (ЭМП), и вытекающими из этого вопросами соответствия устройств беспроводной передачи энергии большой мощности, работающих в условиях индустриальной среды, требованиям по электромагнитной совместимости (ЭМС). Авторский перевод статьи выполнен на основе оригинальной публикации [1].

Поскольку энергия питания передаётся одновременно с функционированием приложений в режиме передачи данных по беспроводной сети, то соблюдение допустимых уровней ЭМС требует внимательности и ответственного отношения. Проблема в том, что катушки передатчика и приёмника ведут себя, как трансформатор с малым коэффициентом связи и очень большим воздушным зазором. Это приводит к достаточно большому уровню электромагнитного поля вблизи катушек. Измерения в части выполнения требований по ЭМС

показали, что широкополосные помехи могут возникать в спектре основной волны вплоть до частот порядка 80 МГц. Если уровень помех измеряется ниже установленного предела с хорошим запасом, то можно предположить, что требования по напряжённости поля радиопомех также будут соблюдаться. В общем, при разработке устройств беспроводной передачи мощности выполнение требований стандарта EN55022 для класса В может представлять собой проблему, сложность решения которой нельзя недооценивать. Пример результата

измерения уровня кондуктивных ЭМП приведён на рисунке 1.

Магнитное поле H (dI/dt) может создать индуктивную связь и, следовательно, навести ток помехи на соседние проводящие дорожки. Обычно для борьбы с этим явлением полезно максимально разнести такие цепи или использовать ферритовые гибкие материалы, например WE-FSFS [4] (подробно об этом материале и вопросах применения магнитного экранирования, в том числе и для беспроводных зарядных устройств, написано в [5]).

В отличие от магнитного электрическое поле E (dV/dt) имеет ёмкостную связь с «землёй». Это можно наблюдать при измерении напряжения помех или напряжённости поля. Вот почему такие источники синфазных помех необходимо подавлять как в низкочастотном (килогерцевом), так в более высокочастотном (мегагерцевом) диапазоне.

Поскольку в рассматриваемых приложениях беспроводной передачи энергии именно электрическое поле E (а точнее, поле рассеяния) является основной причиной проблем ЭМС, то рекомендуется принять следующие меры:

- для уменьшения вихревых токов под катушкой, особенно если это передатчик, должна быть установлена и ориентирована по направлению к ней перфорированная металлическая пластина. Это может быть, например, медная фольга на печатной плате, подключённая через конденсатор (например, типа WE-CSMH ёмкостью 1–100 нФ, рассчитанный на рабочее напряжение 2000 В) к заземлению или корпусу схемы. Он коротко замкнёт большую часть электрического поля на источник, и оно уже не будет распространяться через землю (общий провод);
- защитить катушки передатчика и приёмника и их цепи возбуждения

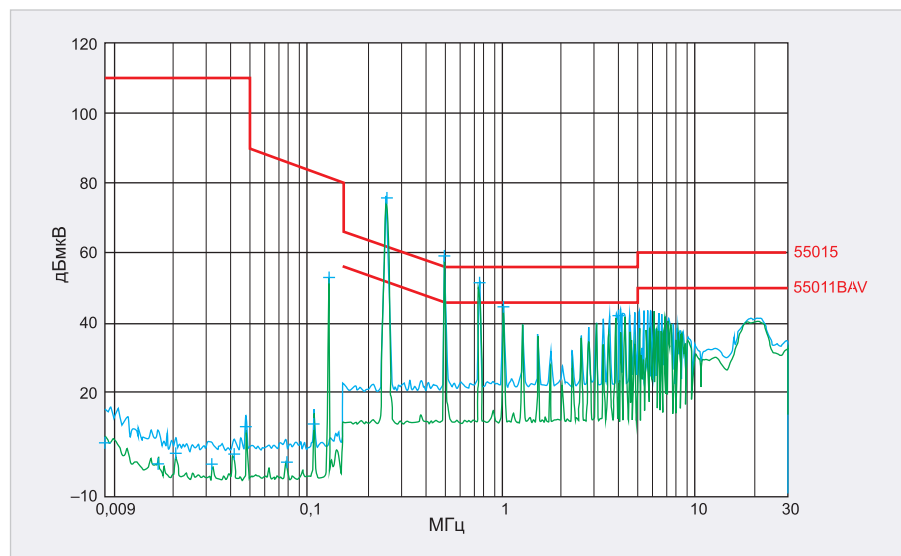


Рис. 1. Результат измерения спектра кондуктивных электромагнитных помех в диапазоне частот от 9 кГц до 30 МГц (предел по классу В)

Статья впервые была опубликована в журнале «Компоненты и технологии» № 8, 2017

и приёма энергии хорошо экранирующим металлическим и/или поглощающим материалом WE-FAS, WE-FSFS [5];

- если это допускают уровни токов утечки (они нормируются стандартами по электробезопасности, в частности в медицинском оборудовании [2]), то снизить уровни помех в широком частотном спектре помогут Y-конденсаторы максимальной ёмкостью $2 \times 4,7$ нФ, например серии WE-CSSA;
- для фильтрации источников синфазных помех в низкочастотном диапазоне 0,05...5,0 МГц, в зависимости от рабочего напряжения и тока, могут использоваться синфазные дроссели с компенсацией тока из следующих серий: WE-CMB, WE-CMBNC, WE-UCF, WE-SL или WE-FC;
- для фильтрации синфазных помех в более высокочастотном диапазоне 5...100 МГц, в зависимости от рабочего напряжения и тока, могут применяться синфазные дроссели с компенсацией тока из следующих серий: WE-CMB NiZn, WE-CMBNC, WE-SL5HC или WE-SCC;
- подавить дифференциальные ЭМП в зависимости от рабочего напряжения помогут подключённые между обеими линейными шинами и нейтралью X-конденсаторы из следующих серий: WE-FTXX или WE-CSGP;
- поскольку во всей цепи, в зависимости от приложения, протекает очень большой переменный ток, то для соответствия устройства требованиям по ЭМС важно иметь компактную печатную плату с малой собственной индуктивностью проводников. Компоненты силовой цепи и колебательного контура должны быть расположены максимально близко друг к другу и подключаться проводниками с малой собственной индуктивностью. Для этого необходимо оптимально использовать «заливку» свободных областей с применением обычных полигонов.

Пример решения по выполнению требований ЭМС с использованием X- и Y-конденсаторов приведён на рисунке 2, а пример конструктивного решения, когда ввиду специфики устройства нельзя использовать Y-конденсатор с подключением на «землю», скажем в медицинских устройствах, носимой аппаратуре и оборудовании для работы в потенциально взрывоопасной среде, показан на рисунке 3.

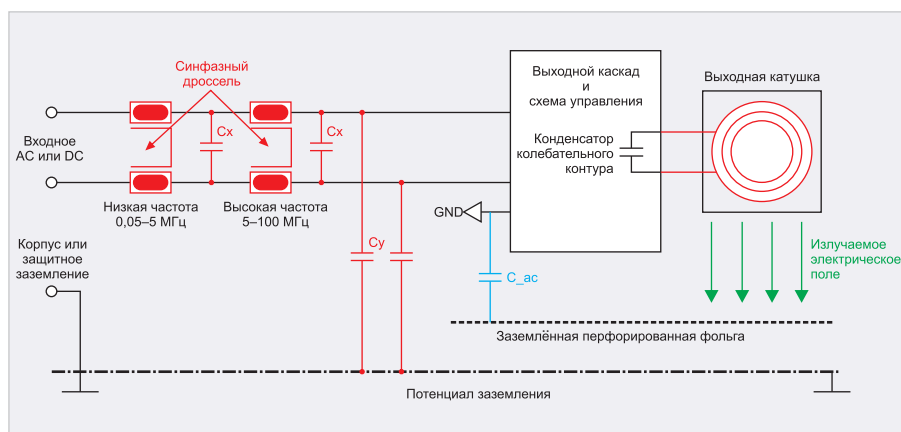


Рис. 2. Предлагаемое общее решение по снижению уровня синфазных и дифференциальных помех

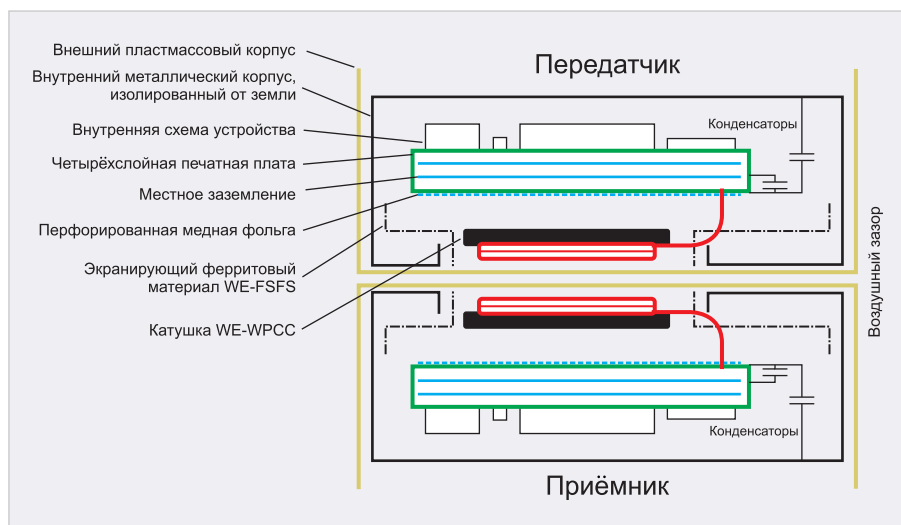


Рис. 3. Пример решения, когда из-за ограничения по току утечки или ввиду специфики устройства нельзя использовать Y-конденсатор

Как правило, во время проведения ОКР необходимо измерять уровни ЭМП на всех этапах проектирования, начиная с прототипа. Для этого рекомендуется заключить договор и поручить выполнять измерения компетентной лаборатории, профессионально занимающейся вопросами ЭМС. Внесение изменений в массовом производстве всегда связано с более высокими материальными затратами [3].

Кроме того, следует учитывать, что требования национальных стандартов могут отличаться, поэтому если конечный продукт будет продаваться в разных странах, то для ускорения процесса разработки и вывода изделия на рынок необходимо заранее учитывать регламенты стандартов и допустимые пределы частот для каждой страны.

ПЕРЕДАЮЩИЕ И ПРИЁМНЫЕ КАТУШКИ: ОСОБЕННОСТИ ВЫБОРА

Для того чтобы найти подходящую беспроводную катушку для системы

беспроводной передачи энергии, необходимо обратить внимание на следующие вопросы:

- насколько высок ожидаемый максимальный ток в катушке (реактивный и номинальный ток);
- каковы максимально допустимые размеры корпуса устройства (длина, высота и ширина).

Во избежание нежелательного насыщения или перегрева у катушек всегда должен быть запланирован некий запас, обычно на уровне 30% от расчётного номинального рабочего тока. Если можно использовать несколько вариантов катушек, предпочтение следует отдавать тем катушкам, которые имеют наивысшую индуктивность, поскольку в этом случае конденсатор колебательного контура может быть меньше. Кроме того, такой подход сокращает уровень реактивных токов, возникающих в колебательном контуре. Меньшие токи в контуре приводят к снижению самонагрева и улучшению свойств в части ЭМС.

Максимальный ток в колебательном контуре равен:

$$I_{max} = \pi \times U_{in} \times \sqrt{\frac{C}{L}},$$

где U_{in} – напряжение на контуре.

Лучший коэффициент связи достигается тогда, когда катушки передатчика и приёмника имеют одинаковые геометрические размеры, поэтому здесь рекомендуются катушки с соотношением размеров 1:1. Компоненты семейства WE-WPCC, например 760308102142 (53×53 мм), 760308100143 (Ø50 мм), 760308100110 (Ø50 мм), были специально разработаны для устройств высокой мощности. Эти катушки могут использоваться в качестве передатчиков и приёмников. Они характеризуются весьма низкими значениями сопротивления по постоянному току R_{dc} , очень высокими значениями добротности Q и очень высокими токами насыщения I_R .

Конденсатор колебательного контура: особенности выбора

Поскольку в параллельном колебательном контуре, как известно из теории, циркулируют большие токи, то при выборе типа используемых в нём конденсаторов подходит далеко не любая технология. В зависимости от приложения пригодны только три типа конденсаторов: МКР (например, WEFTXX и WE-FTBP), с диэлектриком NP0 (в частности, WE-CSGP) или FKP. В связи с низким уровнем собственных потерь данные типы конденсаторов способны выдерживать высокие переменные токи без перегрева. Однако в зависимости от мощности резонансного преобразователя, для того чтобы уменьшить нагрев, применяют разделение токов, которое достигается параллельным включением нескольких конденсаторов. Здесь следует тщательно следить за тем, чтобы ни один из конденсаторов не нагревался до температуры, превышающей +85°C. Именно по этой причине конденсаторы с более высокими потерями (особенно следует оценивать уровень диэлектрических потерь) X7R, X5R, MKS и т.д. не подходят для колебательных контуров в резонансных преобразователях. Принимая во внимание размер корпуса, общие затраты и минимально возможный реактивный ток в резонансном контуре, необходимо выбрать максимально низкую ёмкость конденсатора. Предельными факторами здесь являются максимальная рабочая частота пре-

образователя, индуктивность катушки передатчика и приёмника. Номинальное рабочее напряжение конденсатора должно быть не менее $\pi \times V_{in}$ плюс дополнительный запас 20%. Также следует учитывать, что максимально допустимое среднеквадратичное напряжение переменного тока $V_{AC_{rms}}$ для конденсаторов типа МКР заметно падает на частотах выше 5 кГц.

Коэффициент потерь конденсатора в процентах определяется как: $DF = 2\pi \times f \times ESR_{cap} \times C \times 100\%$.

Индуктивности фильтра: особенности выбора

Колебательный контур с переменным током отделяют от источника питания две катушки индуктивности (дрессели). Через них подаётся напряжение от источника питания постоянного тока, при этом они играют роль фильтрующих элементов. Дрессели следует выбирать, исходя из максимально возможного номинального тока конкретной схемы. Здесь должен использоваться классический силовой дроссель с воздушным зазором и высокой добротностью, например WE-HCI, WE-PD, WE-LHMI. Его номинальная индуктивность должна быть как минимум в 5 раз выше индуктивности катушки колебательного контура. Это требуется для того, чтобы доставить в колебательный контур достаточную энергию. Если пульсация входного (для передатчика) или выходного (для приёмника) напряжения всё ещё слишком высока, то номинальные значения индуктивности дросселя или ёмкость конденсатора фильтра могут быть увеличены. В качестве альтернативы, для достижения низких уровней пульсаций, можно уменьшить ESR фильтрующих компонентов. Кроме того, более эффективными здесь будут SMD-дрессели (WE-HCF или WE-HCI), преимущество которых заключается в том, что они имеют меньшие потери на больших токах (как постоянных, так и переменных). Поскольку эти дроссели должны постоянно подавать большой переменный ток в колебательный контур, их нагрев происходит из-за наличия гистерезиса и потерь из-за вихревых токов в материале сердечника. Требуемый уровень индуктивности дросселя напрямую связан с ёмкостью фильтрующего конденсатора.

Добротность дросселя Q определяется как: $Q_L = X_L/R_{dc}$.

К ВОПРОСУ ВЫБОРА МОП-ТРАНЗИСТОРОВ

Выбор подходящего N-канального МОП-транзистора в основном зависит от уровня напряжения питания. Если это лишь 5 В, то для надёжного управления может, например, использоваться транзистор с логическими уровнями управления по затвору. Поскольку большинство мощных МОП-транзисторов имеют максимально допустимое напряжение затвор/исток ± 20 В, то при использовании напряжения питания выше 20 В необходимо принять меры для защиты затвора. Это может быть, скажем, стабилитрон, включённый с затвора на общий провод, или ёмкостный делитель напряжения, который удержит напряжение затвора в оптимальном диапазоне. Следует также обратить внимание на то, чтобы напряжение на затворе не было слишком низким, поскольку в таком случае МОП-транзистор резонансного преобразователя может оказаться в режиме линейного усилителя, в результате чего схема перестанет функционировать.

Такой режим, когда транзистор окажется в активной области своей вольт-амперной характеристики (ВАХ), как правило, приводит к перегреву одного из двух МОП-транзисторов. Кроме того, необходимо соблюдать осторожность, чтобы предотвратить превышение напряжения с учётом увеличения напряжения на множитель π . Так, при напряжении питания 20 В МОП-транзисторы должны выдерживать напряжение исток/сток не менее 63 В. В этом случае следует использовать 100-вольтные транзисторы. Эффективность (КПД) схемы в значительной степени зависит от того, насколько высоки сопротивление канала транзисторов в открытом состоянии $R_{ds,on}$ и требования по заряду затвора (имеется в виду общий заряд затвора) выбранных МОП-транзисторов. Здесь нужно найти компромисс, поскольку МОП-транзисторы с низким $R_{ds,on}$ обычно имеют более высокую ёмкость затвора и, следовательно, требуется высокий общий заряд затвора.

Ток заряда/разряда по затвору МОП-транзистора: $I_{gate} = C_{gate} \times (\Delta V_{gate}/\Delta t_{su})$, где C_{gate} – ёмкость затвора транзистора; ΔV_{gate} – управляющее напряжение на затворе; Δt_{su} – длительность импульса.

При этом коммутационные потери равны: $P_v = I_d^2 \times R_{ds,on}$, где I_d – ток стока.

Диоды и схема подтяжки

Поскольку МОП-транзисторы необходимо переключать относительно быстро, то в результате появляются связанные с быстрым переключением токи на уровне ампер как следствие заряда и разряда ёмкости затвора. Такие зарядно-разрядные токи должны поступать через резисторы подтяжки и диоды. Возникающие при этом потери не столь уж малы. Вот почему необходимо принять меры по оптимизации максимально допустимых потерь мощности (P_v), при этом учитывать и токовую нагрузку компонентов в цепи управления затвором. Аналогично защитные диоды транзисторов должны иметь такое же максимально допустимое обратное напряжение, как и МОП-транзисторы. В качестве альтернативы классическим диодам или диодам Шоттки можно использовать диоды, которые имеются в корпусах МОП-транзисторов. В зависимости от типа они способны выдерживать большие нагрузки, сохранять свои характеристики при более высокой температуре, чем та, что обычно указана в спецификации на транзистор. Не следует недооценивать и потери обратного восстановления, их тоже надо учитывать.

Потери мощности в цепи управления затвором: $P_v = (U_{diode} \times I) + (I^2 \times R_{pull-up})$, где U_{diode} – падение напряжения на диоде; $R_{pull-up}$ – номинальное сопротивление резистора подтяжки.

Входной и выходной конденсаторы: особенности выбора

Входные и выходные конденсаторы в сочетании с дросселями служат в основном как элементы входного и выходного фильтров. Поскольку резонансные частоты в системе беспроводной передачи энергии находятся ниже 200 кГц, то конденсаторы должны быть рассчитаны на более высокие рабочие частоты. Проведённые испытания показали, что значения их номинальных ёмкостей в зависимости от конкретных решений системы и индуктивности дросселей могут находиться в диапазоне 10–1000 мкФ. Частота среза по уровню –6 дБ такого LC-фильтра должна составлять около 1/10 от частоты колебательного контура системы. При этом её ослабление теоретически ожидается с коэффициентом 40 дБ/декада. Принимая во внимание неидеальность реальных компонентов фильтра, на практике следует

ожидать уровень затухания 30 дБ/декада. В зависимости от используемого типа дросселя на текущий через него постоянный ток может быть наложен значительный компонент переменного тока. Если этот ток слишком высок, то для работы на больших токах пульсаций вместо обычного алюминиевого электролитического конденсатора лучше использовать полимерный электролитический конденсатор, выдерживающий большие токи переменной составляющей. Полимерные и керамические конденсаторы с присущим им низким ESR также обеспечивают возможность значительного уменьшения амплитуды пульсации отражённого напряжения. Меньшая пульсация напряжения означает, что при измерении помех, влияющих на ЭМС, их уровень будет ниже. Наилучший результат достигается при использовании параллельного соединения алюминиевых электролитических конденсаторов и полимерных или керамических конденсаторов, например WCAP-PTHF или WCAP-PSLC.

Частота среза входного/выходного фильтра:

$$f_{-6dB} = \frac{1}{2\pi \times \sqrt{LC}},$$

где L – индуктивность дросселя фильтра; C – ёмкость конденсатора или суммарная ёмкость всех конденсаторов фильтра.

Падение напряжения (напряжение пульсаций) на конденсаторе фильтра: $U_{ripple} = ESR \times I_{AC}$, где ESR – эквивалентное сопротивление конденсатора или суммарное эквивалентное сопротивление всех конденсаторов фильтра; I_{AC} – переменная составляющая тока.

Возможные проблемы, которые необходимо учитывать при разработке резонансного преобразователя

На практике, если вы остановили выбор на предлагаемой топологии схемы, основа которой, несомненно, это удобный для использования генератор Ройера, потребуется рассмотреть два момента, связанных с тем, чтобы исключить защёлкивание МОП-транзисторов.

1. Требования к источнику питания передатчика в момент включения системы беспроводной передачи мощности

Если источник питания не в состоянии обеспечить достаточный пуско-

вой ток во время переходного процесса при включении, произойдёт просадка напряжения, и может случиться так, что один из двух МОП-транзисторов начнёт зависать в режиме линейного усиления, а через напряжение питания постоянно закорачиваться на «землю», что способно привести к перегреву МОП-транзистора и, как следствие, его выходу из строя. Следует также обратить внимание на то, чтобы конденсатор входного фильтра не имел чрезмерного номинала, поскольку это может ещё больше усугубить эффект защёлкивания, ведь блок питания, кроме пускового тока для генератора, должен будет зарядить и этот конденсатор.

На практике подобного негативного эффекта удастся избежать, подключив конденсаторы и резонансный контур к рабочему напряжению ещё до остальной части схемы. Затем затворы МОП-транзисторов можно переключать с помощью оптопар или транзисторов. Затворами также управляют и через отдельный источник питающего напряжения, например уже упомянутый модуль серии MagI³C, его включение от основного источника питания выполняется с некоторой задержкой.

2. Импеданс, отражённый от приёмника к передатчику

С учётом больших скачков нагрузки на стороне приёмника и вполне реальных внезапных изменений коэффициентов связи катушек может случиться так, что частично отражённый импеданс накоротко замыкает индуктивность намагничивания со стороны передатчика. Это, в свою очередь, приводит к срыву колебаний, а схема «защёлкивается».

Коэффициент связи можно определить как:

$$k = \frac{U_{sec}}{\pi \times U_{pri}} \times \frac{N_{pri}}{N_{sec}} = \frac{M}{\sqrt{L_{pri} \times L_{sec}}},$$

где U_{sec} – напряжение на вторичной обмотке; U_{pri} – напряжение на первичной обмотке; N_{pri} – число витков первичной обмотки; N_{sec} – число витков вторичной обмотки; L_{pri} – индуктивность первичной обмотки; L_{sec} – индуктивность вторичной обмотки.

M – коэффициент взаимной индукции определяется как:

$$M = k \times \sqrt{L_{pri} \times L_{sec}}.$$

Для противодействия этому негативному эффекту полезно слегка отстроить частоту резонансного контура приёмника при помощи подключения дополнительного параллельного

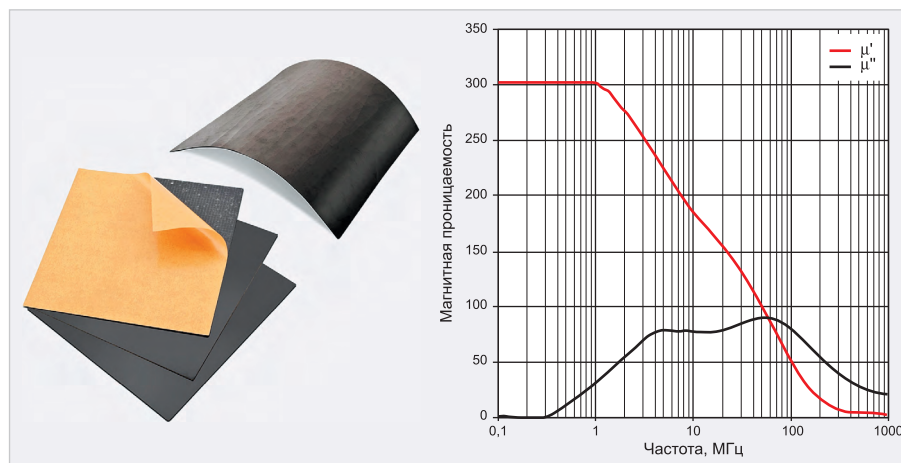


Рис. 4. Внешний вид и зависимость относительной магнитной проницаемости гибкого ферритового материала типа WE-FSFS

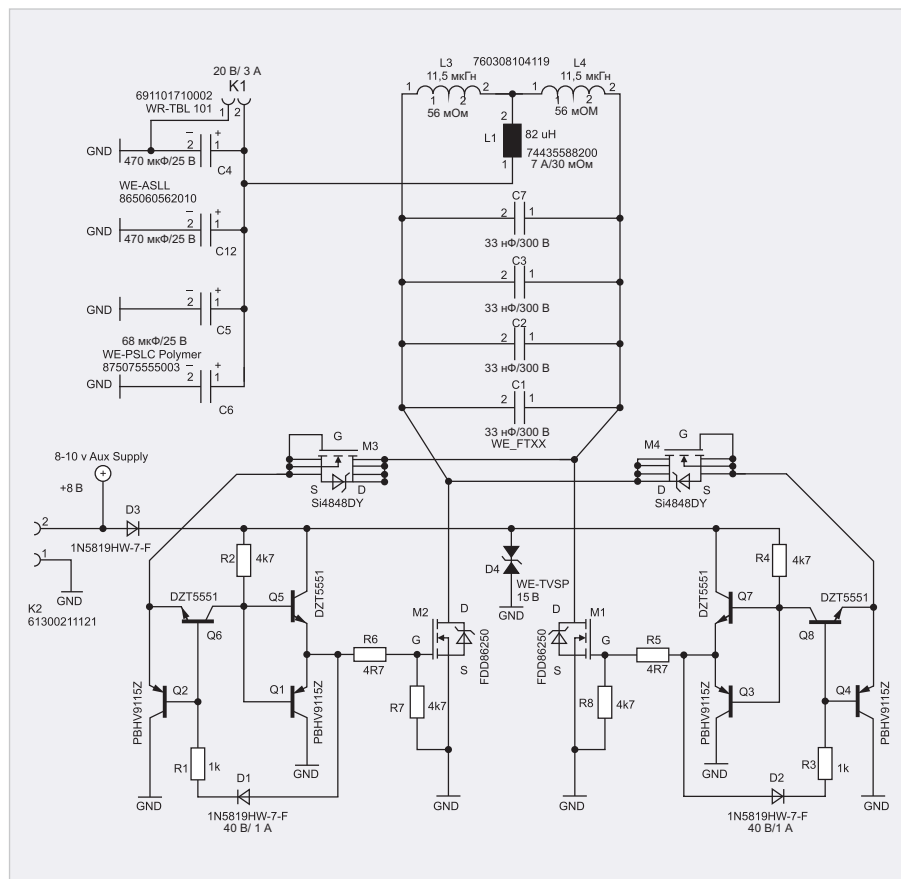


Рис. 5. Резонансный преобразователь для катушек со средним отводом, который можно использовать на стороне передатчика и на стороне приёмника

конденсатора так, чтобы резонансная частота самого контура приёмника была на 10–20% выше частоты контура передатчика. Альтернативно, параллельно катушке передатчика, может быть подсоединена дополнительная индуктивность (дроссель), причём так, чтобы не возникло магнитной связи с каналом передачи энергии. Эта параллельная индуктивность должна быть равна или меньше индуктивности намагничивания катушки передатчика. Дроссель сохраняет энергию во

время ZVS-процесса и помогает поддерживать колебания в случае неблагоприятных переходных процессов, связанных с изменением нагрузки.

Отражённый импеданс с параллельной компенсацией:

$$Z_{re} = \frac{(2\pi \times f)^2 \times M^2}{L_{sec}} \times \left(\frac{R_{load}}{2\pi \times f \times L_{sec}} - j \right),$$

где f – частота; R_{load} – сопротивление нагрузки.

Резонансный конденсаторный приёмник:

$$C_{sec} = \frac{1}{L_{sec} \times \sqrt{1 - k^2} \times (2\pi \times f)^2}.$$

Дополнительная компенсирующая ёмкость приёмника:

$$C_{comp} = \frac{1}{(2\pi \times f)^2 \times L_{pri} \times \sqrt{1 - k^2}}.$$

На первом этапе, ещё при создании прототипа, важно насколько это возможно проверить все ситуации, связанные с изменением нагрузки, что критично для обеспечения надёжной конструкции с надлежащей функциональностью.

ОПТИМИЗАЦИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ КАТУШЕК WPT

Если катушки WPT закреплены на металле, то в этом случае могут возникать индуктивные потери из-за индуцированных вихревых токов, вызванных магнитным полем рассеяния. Кроме того, металл, например медь на печатных платах, способен нагреваться. Мощные магнитные поля рассеяния также могут оказывать непреднамеренное влияние на электронные компоненты схемы. Этот эффект будет увеличиваться при разном расположении катушек WPT.

Меры предупреждения предполагают максимальное удаление излучающей катушки от элементов печатной платы и металлических частей катушек, а также использование гибких ферритовых материалов с высокой магнитной проницаемостью, таких как WE-FSFS [4] (код заказа 374006), что позволит сфокусировать магнитный поток в заданном направлении и не превращать его в ненужное тепло. Для рассматриваемого материала на рисунке 4 приведены графики поведения действительной и реактивной составляющих относительной магнитной проницаемости.

Здесь μ' – это действительная часть, μ'' – реактивная, или мнимая, часть, описывающая зависящие от частоты потери либо, как их называют, потери на гистерезис. Данные потери приводят к разогреву материала и ухудшению его магнитных свойств, более подробно об этом написано в [5].

ПРИМЕР РЕШЕНИЯ

Примеры решений, которые рассматривались в рамках настоящей статьи, приведены в [1]. На рисунке 5 представлен пример обратимой схемы, которая может использоваться как передатчик

и приёмник для беспроводных систем передачи энергии мощностью 100 Вт.

Внимание! В схеме присутствуют напряжения, опасные для прикосновения человека.

Преимущество схемы (см. рис. 5) состоит в том, что здесь требуется только одна катушка фильтра. Центральный отвод увеличивает частоту колебаний в 2 раза, а уровень пульсаций входного/выходного напряжения становится меньше. Это позволяет использовать менее габаритные дроссели в фильтрах. Кроме того, благодаря наличию двух перекрывающихся катушек снижаются требования по точности сопряжения катушек передающей и приёмной стороны. Дополнительное напряжение 8...10 В можно получить из основного рабочего напряжения посредством маломощного линейного стабилизатора или стабилизатора компании Würth Elektronik (код заказа 171012401). Транзисторы M3 и M4, выполняющие роль диодов, могут быть заменены быстрыми одноамперными диодами Шоттки с номинальным обратным напряжением 100 В.

Если для запитки подтягивающих резисторов применить более низкое напряжение от вспомогательного источника, то удастся сократить потери мощности. В качестве конденсаторов C5 и C6 могут быть использованы конденсаторы номинальной емкостью 1 нФ, рассчитанные на рабочее напряжение 50 В, с TKE NP0. Они необходимы для формирования крутых фронтов при переключении транзисторов M1 и M2. Конструктивное исполнение данной схемы приведено на рисунке 6.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложенный вниманию читателей резонансный преобразователь представляет собой очень гибкое решение, которое легко адаптируется к условиям работы самых разнообразных приложений. Он может обеспечить наиболее эффективную беспроводную передачу энергии до нескольких сотен ватт. Если для конкретного приложения необходимо ужесточить требования по безопасности (в частности, отсутствие электрической искры при включении/выключении, обнаружение состояния передачи энергии, например при заряде аккумуляторной батареи и т.д.), то предпочтительным окажется именно представленный вариант. Предложенное в настоящей статье схемотехническое решение может стать основой и легко адаптироваться

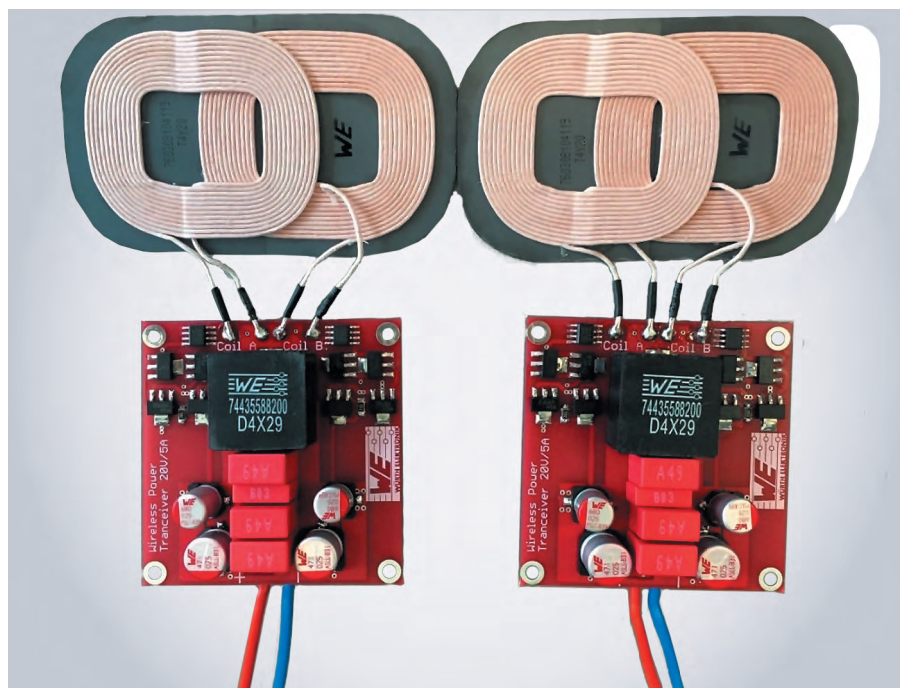


Рис. 6. Пример конструкции передатчика/приёмника, схема которого приведена на рисунке 5 (с катушками 760308104119, выполненными на одном основании)

к специфике проектируемого оборудования. Вместо топологии резонансного преобразователя основой может служить и классическая мостовая схема с активным регулированием. В любом случае измерения на соответствие требованиям стандартов по ЭМС должны выполняться уже на первых прототипах и на самой ранней стадии разработки.

Высокая эффективность, малые габариты и выполнение требований стандартов в части ЭМС в большей степени зависят от схемы генератора, чем от катушек передатчика и приёмника. Помимо широкого ассортимента самой разнообразной продукции, компания Würth Elektronik предлагает удобные в применении, полностью собранные катушки с наивысшими значениями добротности Q, которые благодаря высоким значениям индуктивности позволяют использовать малогабаритные конденсаторы.

На катушки намотан высокочастотный специальный многожильный провод, каждая жила которого покрыта изолирующим лаком – литцендратом (от нем. Litzen – пряжи и Draht – провод). Этот провод создан именно для изготовления высокодобротных катушек индуктивности. Данное конструктивное решение позволяет катушкам компании Würth Elektronik работать на большой мощности с низкими потерями на токах частоты преобразования. В сочетании с высококачественными ферритовыми материалами,

имеющими высокую магнитную проницаемость, обеспечивается не только максимальная эффективность, но и наилучшие показатели электромагнитной совместимости уже как свойство конечного продукта.

Подводя итоги, в настоящей статье показаны принцип и общее решение устройств беспроводной передачи энергии большой мощности, работающих в условиях промышленной среды, представлены варианты возможных технических решений, даны рекомендации, приведено перспективное практическое решение.

ЛИТЕРАТУРА

1. Nadler A., Som C. ANP032e – High Power Wireless Power Transfer for the Industrial Environment. 2016-08-09, Würth Elektronik eiSos GmbH. www.we-online.com/web/en/electronic_components/produkte_pb/application_notes/anp032.php.
2. Бейлис А.М. Безопасное использование DC/DC-преобразователей: требования третьей редакции стандарта IEC 60601-1. Компоненты и технологии. 2015. № 11.
3. Рентюк В. Что нужно знать об испытаниях по выполнению требований по ЭМС для изделий коммерческого назначения. Компоненты и технологии. 2017. № 7.
4. www.katalog.we-online.de/en/pbs/WE-FSFS.
5. Рентюк В. Решение проблемы магнитного экранирования на примере материалов компании Würth Elektronik. Компоненты и технологии. 2015. № 8.



Современные 32-разрядные ARM-микроконтроллеры серии STM32.

Внутрисхемный отладчик ST-LINK V2

Олег Вальпа (sandh@narod.ru)

В статье приводятся описание недорогого внутрисхемного отладчика ST-LINK V2 и методы его использования для отладки и программирования микроконтроллеров серии STM32 компании STMicroelectronics.

Для программирования и внутрисхемной отладки микроконтроллеров семейства STM [1] необходимо специальное устройство, которое позволяет загружать программу в микроконтроллер и выполнять её по шагам с возможностью просмотра содержимого регистров и памяти самого микроконтроллера. Одним из таких устройств является широко распространённый и недорогой отладчик ST-LINK V2, который может подключаться к микроконтроллеру по двухпроводному интерфейсу SWD с помощью сигнальных цепей SWDIO и SWCLK.

Отладчик ST-LINK V2 входит в состав многих отладочных плат семейства STM32 DISCOVERY и доступен в интернет-магазинах в виде самостоятельного устройства. Внешний вид отладчика представлен на рисунке 1. Отладчик спроектирован на базе микроконтроллера STM32F103C8 с высокопроизводительным ядром ARM Cortex-M3, получает питание 5 В непосредственно от USB-разъёма через кабель типа mini-USB и поддерживает высокоскоростное подключение Full Speed USB 2.0.

Свободно распространяемое программное обеспечение для отладчика доступно на сайте разработчика [2]. Внешний вид главного окна программы отладчика показан на рисунке 2. Кроме

того, данное устройство поддерживается такими инструментальными средствами, как Atollic TrueSTUDIO [3], IAR EWARM [4], Keil MDK-ARM [5] и TASKING VX-toolset [6].

Программное обеспечение отладчика имеет интуитивно понятный интерфейс и позволяет выполнять операции чтения, очистки и записи памяти микроконтроллера, а также выполнять программы в пошаговом режиме. По умолчанию программа устанавливается в каталог *C:/Program Files/STMicroelectronics/STM32 ST-LINK Utility*. В этом же каталоге присутствует консольная утилита *ST-LINK_CLI.exe*, которую можно подключить к средам разработки и с её помощью автоматизировать загрузку программы в серию контроллеров.

Консольная утилита обладает такими же функциональными возможностями, что и графический интерфейс программы отладчика, но работа с ней

производится в текстовом режиме. Для получения перечня команд консольной утилиты на экране нужно запустить её без параметров. Сохранить перечень команд можно с помощью перенаправления вывода в заданный файл, например так: *ST-LINK_CLI.exe → ST-LINK_CLI.txt*.

Рассмотрим основные команды консольной утилиты и примеры их применения. Все команды утилиты имеют формат ключевого синтаксиса, т.е. вводятся после имени самой утилиты через дефис с дополнительными параметрами. Например, команда *ST-LINK_CLI.exe -c SWD* выполнит подключение отладчика к устройству по интерфейсу SWD. Описание основных команд консольной утилиты приведено в таблице. Все параметры команд должны задаваться в шестнадцатеричном формате.

Выполнение любой команды консольной утилитой сопровождается выводом на экран сообщений о ходе выполнения операции. Например, при выполнении команды загрузки файла *test.bin* в микроконтроллер с адреса *0x08000000* – *ST-LINK_CLI.exe -P "D:\test.bin" 0x08000000* – утилита сформирует сообщение, подобное приведённому в листинге 1.



Рис. 1. Отладчик ST-LINK V2

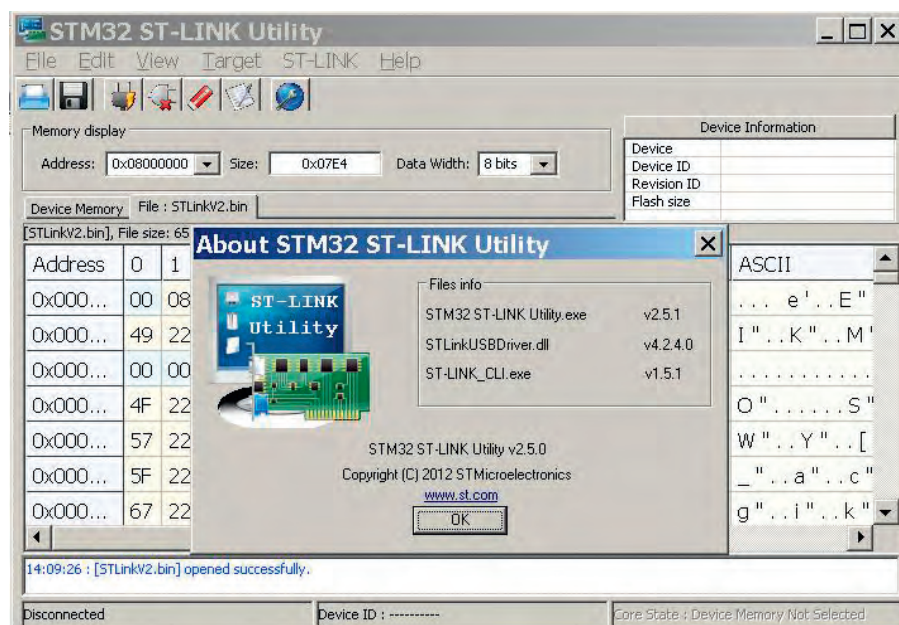


Рис. 2. Главное окно программы отладчика

Описание основных команд консольной утилиты

Команда	Описание
-c [JTAG / SWD]	Подключиться к устройству по интерфейсу JTAG или SWD. Пример: -c SWD
-Q	Включить «тихий» режим без отображения служебной информации
-w8 adr dat	Записать по указанному адресу 8-битные данные. Пример: -w8 0x08000000 0xAA
-w32 adr dat	Записать по указанному адресу 32-битные данные. Пример: -w32 0x08000000 0x00010000
-r8 adr nb	Читать из памяти по указанному адресу заданное количество 8-битных данных. Пример: -r8 0x08000000 0x3
-Rst	Перезапустить микроконтроллер
-ME	Полностью очистить флэш-память микроконтроллера
-SE start end	Стереть указанные сектора флэш-памяти. Пример 1. Стереть сектор 0: -SE 0. Пример 2. Стереть сектора со 2 по 12: -SE 2 12
-P file [adr]	Загрузить данные из заданного файла в микроконтроллер, начиная с указанного адреса или с адреса по умолчанию 0x08000000. Пример 1: -P "D:\file.bin" 0x08020000. Пример 2: -P "D:\file.hex"
-V	Проверить загрузку данных указанного файла в память микроконтроллера. Пример: -P "D:\file.hex" -V
-OB RDP=Level	Установить защиту от чтения памяти, где: Level=0 – защита отключена, Level=1 – защита включена, Level=2 – защита включена, но отладчик и загрузчик в оперативной памяти SRAM использовать можно
-Run [adr]	Запуск программы с указанного адреса или с адреса 0x08000000 по умолчанию
-Halt	Остановить работу микропроцессора
-Step	Выполнить одну команду программы
-SetBP adr	Установить точку останова по указанному адресу
-ClrBP	Очистить все точки останова программы
-CoreReg	Читать регистры процессора
-Score	Получить статус процессора

Использование данной утилиты позволяет создавать командные файлы, с помощью которых можно выполнять несколько операций в автоматизированном режиме. Например, командный файл *prog.bat*, позволяющий загрузить программу поочередно в несколько микроконтроллеров простым нажатием одной клавиши, состоит из следующих строк (см. листинг 2).

Подобный командный файл можно создать в любом текстовом редакторе и сохранить его с расширением **.bat*. Данный файл следует поместить в каталог, который содержит саму консольную утилиту, или хранить в любом каталоге, дополнив при этом файл первой строкой `path=C:\Program Files\STMicroelectronics\STM32 ST-LINK Utility\ST-LINK Utility` с указанием пути к утилите *ST-LINK_CLI.exe*.

Известно, что флэш-память любого микроконтроллера имеет ограничение по количеству циклов записи. С целью сбережения данного ресурса можно производить отладку новых программ в оперативной памяти микроконтроллера, не беспокоясь при этом о количестве операций записи и стирания программы из памяти. Для этих целей следует создать командный файл, позволяющий загружать программу и запускать её в оперативной памяти. Можно использовать приведённый выше, заменив в нём строку команды загрузки программы на следующую: **ST-LINK_CLI.exe -P Output\prog1.hex -Run**

Листинг 1

```
STM32 ST-LINK CLI v1.5.1
STM32 ST-LINK Command Line Interface

Connected via SWD.
Connexion mode : Normal.
ST-LINK Firmware version : V1J12S0
Device ID:0x420
Device flash Size : 128 Kbytes
Device family :STM32F100xx Low/Medium density Value Line
Loading file...
Flash Programming:
File : D:\test.bin
Address : 0x08000000
Flash memory programming... 100%
Flash memory programmed in 0s and 83ms.
Programming Complete.
```

Листинг 2

```
TM32 ST-LINK CLI v1.5.1
ST-LINK_CLI.exe -c SWD
:M1
ST-LINK_CLI.exe -P "D:\test.bin" 0x08000000
ST-LINK_CLI.exe -Rst
pause
```

0x20000000, где файл *prog1.hex* является загрузочным.

Такой командный файл легко внести как внешнюю утилиту в конфигурацию среды разработки, например Keil, для загрузки программ в микроконтроллер с помощью кнопки *Download*. Удобство данного метода очевидно, поскольку позволяет беречь ресурсы микроконтроллера и экономить время на отладку программ.

Отладчик ST-LINK V2 имеет встроенную функцию обновления прошивки. В связи с добавлением новой функциональности, поддержки новых семейств микроконтроллеров, исправ-

лением ошибок прошивка для отладчика модернизируется на протяжении всего жизненного цикла ST-LINK V2. По этой причине рекомендуется периодически обновлять версию прошивки на сайте разработчика [2], где также можно найти дополнительную информацию о продукте.

ЛИТЕРАТУРА

1. www.st.com.
2. www.st.com/stlinkv2.
3. www.atollic.com.
4. www.iar.com.
5. www.keil.com.
6. www.tasking.com.



Функция Deembedding в осциллографах R&S RTP: учёт и компенсация амплитудно-фазовых искажений для пробников и измерительной оснастки

Часть 2

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

Во второй части проанализирован алгоритм компенсации оснастки, применяемый в новейших осциллографах серии R&S RTP, основанный на использовании аппаратных и программных цифровых фильтров. На примере осциллографии сигналов в шине SuperSpeed интерфейса USB 3.1 gen.1 показана эффективность опций R&S RTP-K121 и RTP-K122.

РЕАЛИЗАЦИЯ ФУНКЦИИ DEEMBEDDING В ОСЦИЛЛОГРАФАХ СЕРИИ R&S RTP

Реализация функции Deembedding включает в себя следующие этапы:

- калибровка измерительной оснастки для получения её характеристики в требуемом формате;
- расчёт характеристик компенсирующих виртуальных цепей;
- встраивание виртуальных цепей в схему измерений;
- перенормировка опорного импеданса к виртуальному измерительному сечению;
- введение элементов или дополнительной обработки для разложения сигнала на дифференциальную и общую моды.

Совершенно очевидно, что такой алгоритм должен выполняться макси-

мально автоматизированно и давать ощутимое улучшение качества результатов измерений. При разработке концепции его реализации в осциллографах серии R&S RTP ставилась цель компенсировать вносимые оснасткой затухание, асимметрию передачи дифференциального сигнала (skew), нелинейность фаз, вызванную зависимостью электрофизических параметров материалов от частоты и погрешности волнового сопротивления, т.е. фактически все факторы, оказывающие определяющее влияние на форму сигнала во временной области.

В осциллографах R&S RTP коррективировка такого рода искажений осуществляется без перехода в частотную область с использованием цифровых фильтров с амплитудно-фазовой харак-

теристикой, рассчитываемой на основе измеренных характеристик оснастки. Если такой фильтр имеет аппаратную реализацию, то компенсация осуществляется в реальном времени.

Такой подход, обладая собственными функциями Deembedding достоинствами, имеет и некоторые недостатки, например одновременное увеличение уровня широкополосного шума. В этом случае целесообразно использовать фильтр низких частот, в достаточной мере ограничивающий полную мощность шума и минимально влияющий на измеряемый сигнал. Если функция Deembedding реализуется в реальном времени, то одним из способов снижения времени обработки является переход к фильтрам более низких порядков, но это одновременно снижает и точность компенсации. Коррекция точки запуска может осуществляться только в случае программного исполнения Deembedding. Но поскольку запуск развёртки осуществляется на аппаратном уровне, то определение нового положения точки запуска может выполняться со значительной погрешностью. В случае программного исполнения Deembedding визуализация результатов измерений в реальном времени невозможна, поскольку программный фильтр может быть применён только после захвата и сохранения первичного массива данных.

Решение, предложенное компанией R&S для выполнения функции Deembedding, в общем случае предусматривает комбинирование аппаратной и программной обработок (см. рис. 3), выполняемых для оцифрованного входного сигнала осциллографа. В аппаратной части фильтр для Deembedding установлен непосредственно после аналого-цифрового преобразователя. При помощи этого фильтра осуществляется первый этап

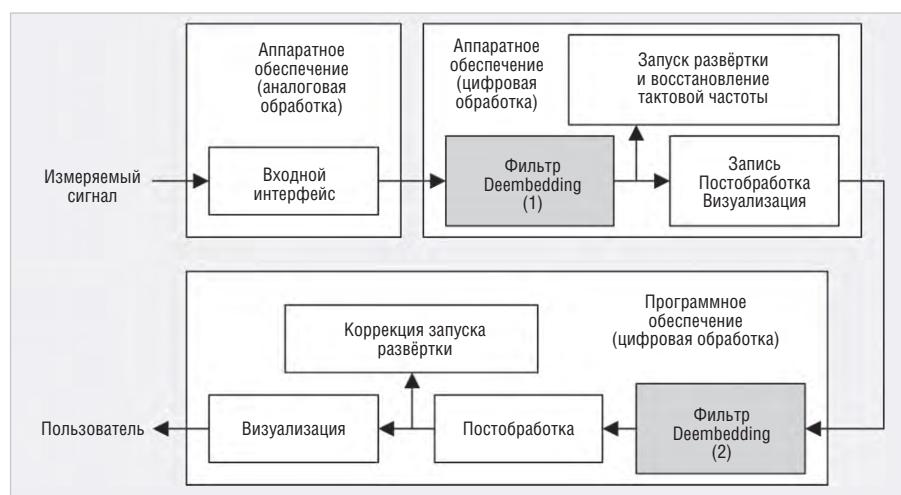


Рис. 3. Архитектура реализации функции Deembedding в реальном времени

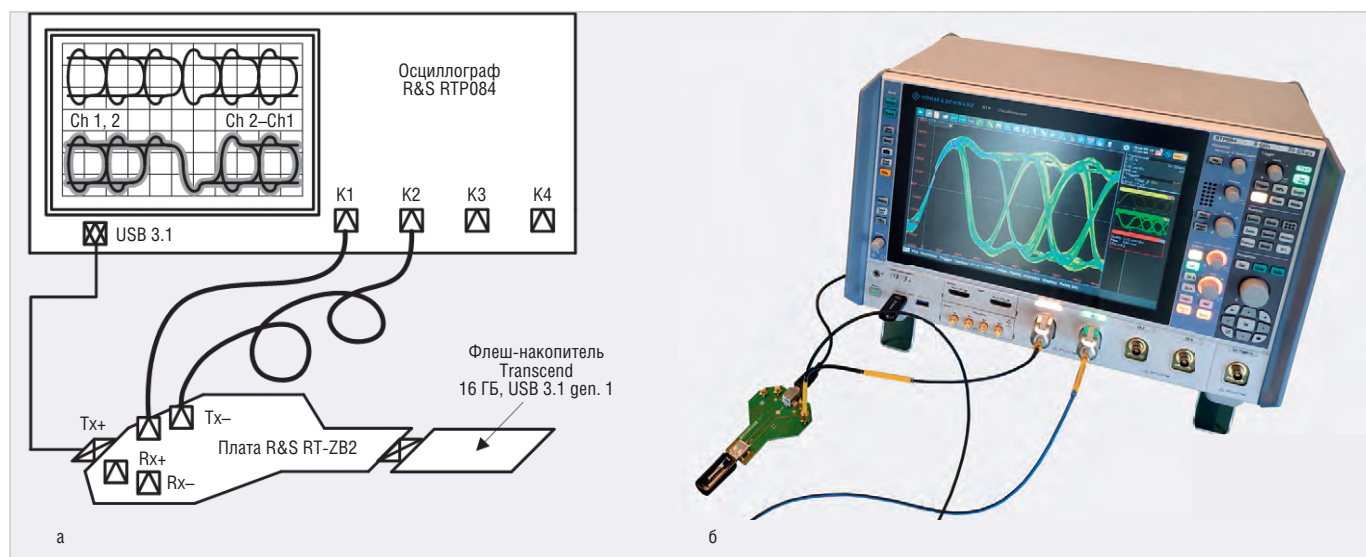


Рис. 4. Установка для проведения измерений: а) схема; б) фотография

компенсации искажений, результат которого оказывается достаточным для коррекции запуска развёртки и правильного восстановления тактовой частоты, необходимого для анализа сигналов цифровых последовательных интерфейсов типа USB 3.1. В осциллографах R&S RTP имеется возможность управления отображением результатов применения аппаратной функции Deembedding к входному сигналу, что позволяет не только оценить её эффект, но и проверить правильность соблюдения условий запуска.

Альтернативная архитектура осциллографа, в которой фильтр Deembedding отсутствует в аппаратной части, предусматривает отображение сигнала после программной коррекции, но запуск развёртки осуществляется по нескорректированному сигналу. Ввиду этого возможно появление расхождения между заданным и наблюдаемым событиями запуска. Таким образом, реализация Deembedding в реальном времени должна считаться приоритетной, в особенности с учётом возможности распределения обработки между аппаратной и программной частью.

Для осциллографов серии R&S RTP функция Deembedding может быть реализована при помощи двух опций разной функциональности:

- опция R&S **RTP-K121** предназначена для реализации компенсации типовых искажений, в первую очередь потерь в линиях передачи, пробниках, зондах и элементах измерительной оснастки;
- опция R&S **RTP-K122** представляет собой функциональное расширение для опции R&S RTP-K121 и обеспечивает

повышение скорости захвата и запуск по скорректированным сигналам.

К настоящему времени эффективность и полезность функции Deembedding подтверждена для анализа цифровых сигналов со скоростями гигабитного диапазона, а также радиосигналов со сложными видами модуляции [9]. Рассмотрим примеры её практического применения для анализа цифровых и аналоговых сигналов во временной области.

ПРИМЕР РЕАЛИЗАЦИИ ФУНКЦИИ DEEMBEDDING В ОСЦИЛЛОГРАФЕ СЕРИИ R&S RTP ДЛЯ СИГНАЛА СТАНДАРТА USB 3.1 GEN.1

Оборудование и средства измерений.

Одной из важнейших проблем современных цифровых систем является обеспечение синхронности сигналов в параллельных шинах, необходимой для их правильного захвата и обработки, т.е. тайминга [3, 6]. Соблюдение тайминга важно и для сигналов в дифференциальных парах, особенно при скоростях передачи выше 100 Мбит/с. Представленный ниже пример демонстрирует возможности функции Deembedding по исправлению проблем тайминга, вызванных измерительной оснасткой.

Для выполнения измерений была применена схема (см. рис. 4), предназначенная для измерений дифференциальных сигналов в линиях Tx хоста шины SuperSpeed интерфейса USB 3.1 gen.1. Схема измерений включала в себя осциллограф R&S RTP084 с полосой рабочих частот до 8 ГГц и четырьмя каналами, а также установленными опциями R&S RTP-K121 и RTP-K122. Работой шины управлял хост

USB 3.1 в составе аппаратной платформы осциллографа. В качестве периферийного устройства USB использовался флеш-накопитель Transcend объёмом 16 Гб. Для согласованного соединения хоста, каналов осциллографа и флеш-накопителя применялась специальная плата R&S RT-ZB2 (USB 3.1 Demo Board 1). Сигналы Tx+ и Tx- подавались на каналы 1 и 2 осциллографа через коаксиальные кабели и адаптеры R&S RT-ZA (прецизионный BNC/SMA), причём длина кабеля, соединяющего выход Tx-платы с каналом 2 осциллографа, была существенно больше, чем второго кабеля. Выходы Rx+ и Rx- платы R&S RT-ZB2 при измерениях оставались неподключёнными.

Перед проведением измерений для длинного и короткого кабелей при помощи векторного анализатора цепей типа R&S ZVA были сняты зависимости S-параметров от частоты, сохранённые в стандартные файлы «S2P», которые могут быть использованы опциями R&S RTP-K121 и RTP-K122 для реализации функции Deembedding. К настоящему времени компания Rohde&Schwarz готовит к представлению на рынке аппаратно-программную опцию для осциллографов R&S RTP, которая позволит снимать характеристику компонентов измерительной оснастки без привлечения других средств измерений.

Осциллограмма сигналов в шине SS без активации функции Deembedding получена на основе пакетов, которые хост передаёт флеш-накопителю. На рисунке 5а показаны осциллограммы сигналов в линиях Tx+ (канал 1) и Tx- (канал 2) при синхронизации по фрон-

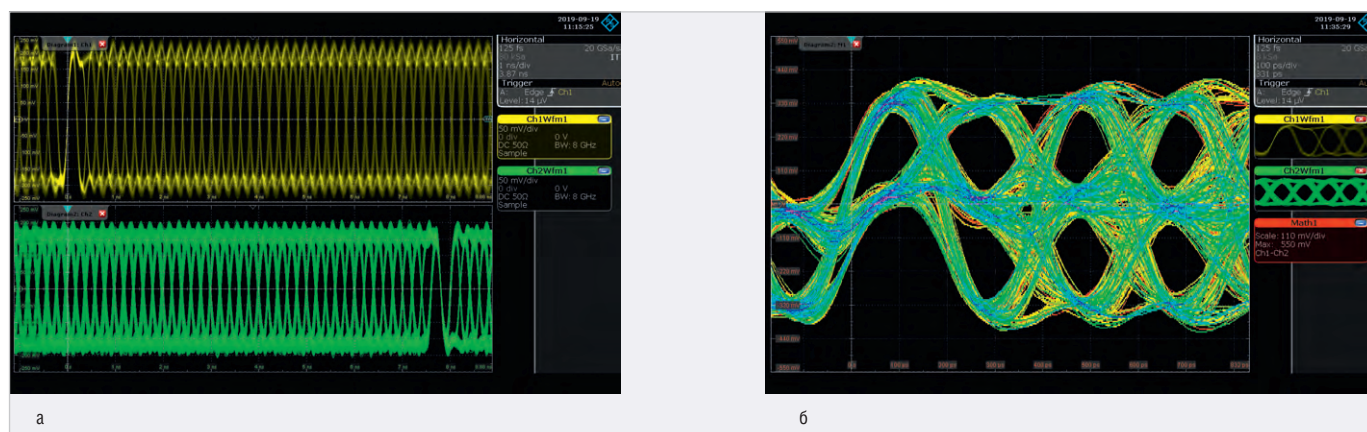


Рис. 5. Осциллограммы, полученные без активации функции Deembedding: а) сигналов в линиях Tx+ и Tx-; б) дифференциального сигнала

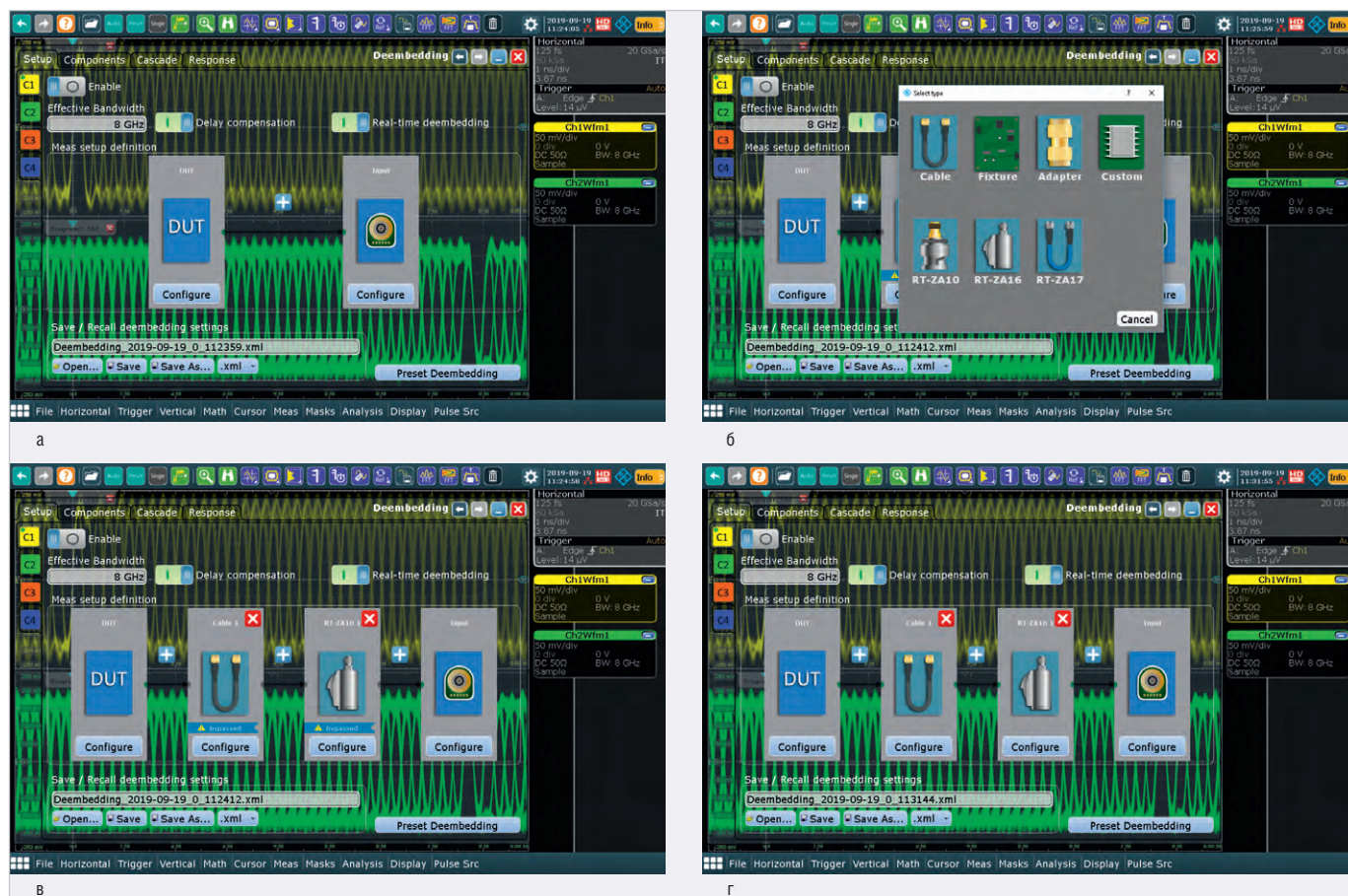


Рис. 6. Добавление элементов измерительной оснастки при конфигурировании опций R&S RTP-K121 и RTP-K122 для реализации функции Deembedding: а) первоначальное окно; б) окно выбора элементов оснастки; в) окно после выбора элементов оснастки; г) окно после загрузки файлов с S-параметрами для элементов измерительной оснастки

ту в канале 1. Из-за разного времени запаздывания сигналов в длинном и коротком кабелях сигнал в канале 2 оказывается смещённым на 7,8 нс, что категорически неприемлемо, поскольку номинальная длительность битового интервала для сигналов в шине SuperSpeed составляет 200 пс [10]. На осциллограммах заметно и проявление ослабления сигналов в кабеле: максимальное напряжение на входе канала 1 составляет около 225 мВ, а на входе канала 2 – 200 мВ. Диффе-

ренциальный сигнал (см. рис. 5б), полученный как разность сигналов в каналах 1 и 2, не соответствует требованиям спецификации [10] по конфигурации глазковой диаграммы из-за пересечений на нулевом уровне, и поэтому не может быть декодирован. Глазковая диаграмма должна иметь раскрыв не менее 62,5% длительности битового интервала от 100 до 1200 мВ. Таким образом, выделение отдельных бит в цифровом сигнале оказывается невозможным только из-за проблем

тайминга, вызванных измерительной оснасткой.

Функция *Deembedding* в типовых случаях реализуется при помощи специальной вкладки (см. рис. 6а) для каждого канала осциллографа в отдельности, на которой могут быть активированы компенсация задержки и режим реального времени. Для выбора дополнительного элемента оснастки достаточно нажать пиктограмму с символом «+», в результате чего откроется окно, показанное



Рис. 7. Загрузка файла с S-параметрами для кабеля в составе измерительной установки: а) первоначальное окно; б) окно после загрузки файла с S-параметрами

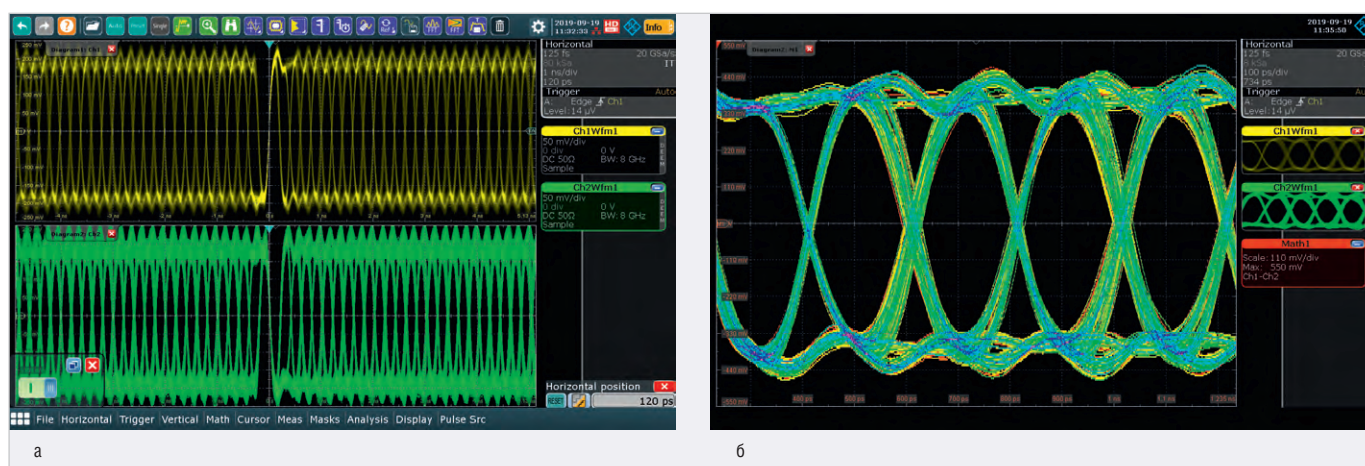


Рис. 8. Осциллограммы, полученные после активации функции Deembedding: а) сигналов в линиях Tx+ и Tx-; б) дифференциального сигнала

в середине на рисунке 6б. В нижнем ряду перечислены стандартные переходники и кабели, которые поставляет компания Rohde&Schwarz, причём их характеристика уже записана в памяти осциллографа. Основными типами оснастки являются кабели, переходники и платы, при необходимости можно сконфигурировать описание элемента со специальными свойствами. После добавления адаптера R&S RT-ZA и кабеля вкладка конфигурирования функции Deembedding для отдельного канала приобретает вид, показанный на рисунке 6в. Метка *bypassed* означает, что при реализации функции Deembedding данный элемент оснастки будет игнорироваться, поскольку не загружен файл с его S-параметрами. После их загрузки конфигурирование завершается (см. рис. 6г).

Для загрузки файла с характеристикой элемента измерительной оснастки следует нажать кнопку *Configure*, после чего откроется окно, представленное на рисунке 7а. Загрузка файла с S-параметрами осуществляется путём

выбора соответствующего файла в его левой нижней части, после чего в правой части окна в виде графика отображается зависимость значения выбранного S-параметра и соответствующей ему фазы от частоты (см. рис. 7б). При необходимости она может быть масштабирована для улучшения отображения.

В соответствии с описанной последовательностью действий для каждого канала было сформировано описание использовавшейся измерительной оснастки, после которого для активации функции Deembedding достаточно переключить движок в окне, показанном на рисунке 6г.

Осциллограмма сигналов в шине SS при активированной функции Deembedding при тех же условиях запуска показана на рисунке 8а. Компенсация свойств используемой оснастки позволила устранить разность по времени запаздывания сигналов, приходящих на каналы 1 и 2 осциллографа, как это видно из сопоставления с рисунком 5а. Кро-

ме того, компенсированы и потери в кабеле: теперь максимальное напряжение для каналов 1 и 2 составляет около 245 и 253 мВ. На рисунке 8б показан полученный дифференциальный сигнал, для которого установленные спецификацией требования по минимальному раскрытию глазковой диаграммы оказываются выполненными.

При необходимости сигналы в шине SuperSpeed после реализации функции Deembedding могут быть подвергнуты более глубокому анализу с выделением пакетов в передаваемом битовом потоке и декодированием содержимого их полей. Такой анализ может быть выполнен с использованием программной опции R&S RTP-K61.

Таким образом, представленный пример подтвердил эффективность применения функции Deembedding при анализе цифровых сигналов высокоскоростных протоколов передачи данных со скоростями выше 1 Гбит/с для компенсации потерь и временной задержки в измерительной оснастке.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Компенсация свойств измерительной оснастки с использованием опций R&S RTP-K121 и RTP-K122 выполняется автоматически, с минимальным участием пользователя. Это не только упрощает использование Deembedding, но и позволяет избежать ошибок, связанных с самостоятельным построением моделей компенсируемых цепей. Планируемый выпуск специальной аппаратно-программной опции для осциллографов серии R&S RTP, позволяющей измерять S-параметры для элементов измерительной оснастки, в будущем сделает использование функции Deembedding полностью независимым от вспомогательных средств измерений.

Функция Deembedding, реализованная в осциллографах R&S RTP, может использоваться и для решения некоторых проектных и исследовательских задач. В частности, с её помощью можно осуществлять выбор элементов для последующего физического введения в существующие радиочастотные тракты. Для такого применения файлы должны содержать информацию о свойствах цепей с обратными передаточными функциями.

Результатом реализации функции Deembedding станет их виртуальное добавление к имеющимся трактам.

Несомненно, что дальнейшее развитие цифровой электроники будет следовать по пути увеличения скоростей и расширения полос частот, необходимых для передачи сигналов. Этой закономерности подчинена и эволюция средств измерений, находящаяся в прямой зависимости от потребностей разработчиков. Можно ожидать, что для осциллографов и многих других классов средств измерений, работающих в гигагерцевом диапазоне, компенсация таких свойств измерительной оснастки, как задержка, рассогласование и потери, станет одним из основных условий обеспечения точности измерений, а функция Deembedding будет привычным и полезным инструментом при разработке и отладке цифровых устройств современного уровня быстродействия.

ЛИТЕРАТУРА

1. Девяткин Е.Е., Кечиев Л.Н., Степанов П.В. Радиочастотный ресурс и его использование. Учебное пособие. М.: МИЭМ, 2002. 188 с.
2. Дансмор Д.П. Измерения параметров СВЧ-устройств с использованием передовых методик векторного анализа цепей. Серия книг «Мир электроники». М.: Техносфера, 2018. 753 с.
3. Кечиев Л.Н. Печатные платы и узлы гигабитной электроники. М.: Грифон, 2017. 424 с.
4. Афонский А.А., Дьяков В.П. Измерительные приборы и массовые электронные измерения. Серия книг «Библиотека инженера». М.: СОЛОН-Пресс, 2017. 540 с.
5. Ефимов Е.И., Остапкович Г.А. Радиочастотные линии передачи. Радиочастотные кабели. М.: Связь, 1977. 408 с.
6. Кечиев Л.Н. Проектирование печатных плат для цифровой быстродействующей аппаратуры. М.: ООО «Группа ИДТ», 2007. 616 с.
7. Хибел М. Основы векторного анализа цепей. Глава 4. Линейные измерения. М.: Издательский дом МЭИ, 2018. 65 с.
8. Алексеев О.В., Головкин А.А., Пивоваров И.Ю. и др. Автоматизация проектирования радиоэлектронных средств. Учебное пособие для вузов. Под ред. Алексеева О.В. М.: Высшая школа, 2000. 400 с.
9. Realtime deembedding with the R&S®RTP. Application Card | Version 01.00.
10. Universal Serial Bus 3.2 Specification. Rev.1, 22.09.2017. Интернет-ресурс <http://www.usb.org> (дата обращения 01.05.2019). ©

LUMINEQ

POWERED BY ВПЕО

ДИСПЛЕИ ДЛЯ

от -50°C



Реклама

PROSOFT®
WWW.PROSOFT.RU

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР

НОВОСТИ МИРА

МТС, «ЭЛЕМЕНТ» И СКОЛТЕХ БУДУТ СОТРУДНИЧАТЬ В РАЗРАБОТКЕ РОССИЙСКОГО 5G-ОБОРУДОВАНИЯ

ПАО «МТС», группа компаний «Элемент», объединяющая ведущие российские предприятия микроэлектроники, и Сколковский институт науки и технологий (Сколтех), подписали трёхстороннее соглашение о сотрудничестве в разработке и производстве в России оборудования для сетей 5G на основе международных открытых стандартов радиодоступа проекта Open RAN.

В рамках соглашения МТС и «Элемент» намерены содействовать лидирующему исследовательскому центру Сколтеха в реализации проекта по разработке сквозного цифрового решения Open RAN для сетей 5G и последующей локализации производства в России разработанных решений с использованием отечественной компонентной базы «Элемента».

«Мы надеемся, что сотрудничество операторов связи, производителей элементной базы, системных интеграторов, научных центров и стартапов в России выльется в создание широкой экосистемы поставщиков оборудования и ПО за счёт эффективной локализации

перспективных решений радиодоступа. Разработчики и производители получат мощный импульс в инновационном развитии, а операторы связи – возможность снижать затраты, сокращать сроки вывода на рынок новых технологий, быть гибкими в создании кастомизированных решений, в том числе с использованием элементов собственной разработки», – отметил руководитель по развитию цифровых технологий RAN МТС Алексей Маслянкин.

«Являясь технологическими лидерами отрасли микроэлектроники в России, мы уверены, что объединение наших компетенций с МТС и Сколтехом позволит существенно ускорить внедрение технологий 5G в России. Синергия между участниками проекта станет безусловным драйвером в расширении спектра отечественных решений 5G и доступности сервисов «цифровой экономики». Развитие внутреннего рынка для российского телеком-оборудования и появление конкурентоспособной продукции даст сильный позитивный эффект. Важно, что от данного партнёрства выигрывают, в первую очередь, потребители конечных услуг мобильной связи и Интернета вещей», – прокомментировал соглашение директор по проектам «Элемента» Юрий Халиф.

«Смена парадигмы построения беспроводных сетей в сторону открытых архитектур и интерфейсов – новый мощный тренд в глобальной телеком-индустрии. Теперь к внедрению концепции Open RAN подключаются и отечественные компании», – отметил руководитель Центра компетенций НТИ по беспроводной связи и Интернету вещей при Сколтехе Дмитрий Лаконцев.

Соглашение предполагает сотрудничество МТС, «Элемента» и Сколтеха в следующих направлениях:

- исследования новых принципов и архитектур построения мобильных сетей новых поколений;
- оценка параметров и вариантов применения мобильных сетей новых поколений;
- оценка влияния мобильных сетей новых поколений на новые бизнес-модели операторов связи в рамках цифровизации экономики РФ;
- анализ компонентной базы изделий с целью формирования стратегии их локализации;
- оценка возможностей создания отечественного оборудования с характеристиками не хуже иностранных аналогов.

Группа МТС

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

LUMINEQ
POWERED BY **benep**

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

Малошумящие источники высокого напряжения для чувствительных фотодетекторов

Виктор Жданкин (Москва)

В статье рассматриваются общие вопросы повышения стабильности выходного напряжения и снижения уровня пульсаций в выходном напряжении высоковольтных преобразователей напряжения в системах регистрации сигналов низкой интенсивности.

Статья подготовлена на основе материалов, предоставленных компанией XP Power.

При регистрации светового излучения низкой интенсивности приходится использовать устройства с более высокой чувствительностью, чем обычные фотодиоды или приборы с зарядовой связью. Для этих целей часто применяются специализированные детекторы, такие как лавинные диоды, фотоэлектронные умножители и микроканальные пластины. Высокая чувствительность данных устройств обуславливает ряд особых требований при проектировании электроники для обеспечения высокой эффективности и функциональности регистрирующих систем.

Приложения, в которых требуется регистрация светового излучения низкой интенсивности, включают в себя спектроскопию, обнаружение ионизирующего излучения, ночное видение, лазерные дальномеры, волоконно-оптические средства связи, анализаторы крови, эмиссионную томографию и физику элементарных частиц. Рассматриваемые в этой статье устройства преобразуют поступающее световое излучение в электронный сигнал посредством фотоэффекта, когда электроны высвобождаются при взаимодействии фотонов со светочувствительной поверхностью. Светочувстви-

тельная поверхность обычно находится под высоким отрицательным потенциалом, как правило от -100 до -6000 В (в зависимости от устройства). Некоторые примеры применения высоковольтных преобразователей напряжения различных типов в системах регистрации светового потока представлены в статье [1].

Чрезвычайно небольшая величина поступающего светового излучения ввиду высокой чувствительности детектора вызывает поток электронов. В некоторых случаях возможна регистрация отдельного фотона. Очевидно, что даже незначительные величины смещения амплитуды напряжения, шум или нестабильность на фоточувствительной поверхности способны ухудшить качество функционирования детектора. Кроме того, фотоэлектронные умножители особенно чувствительны к электромагнитному полю. Магнитные поля могут исказить траектории электронов, снижать коэффициент передачи детектора. Электронные схемы, не содержащие фотоэлектронные умножители, также являются незащищенными, и качество их функционирования может снижаться под воздействием электромагнитного излу-

чения и радиопомех. Вследствие этих причин для достижения максимального качества функционирования системы особое внимание должно быть уделено электронным схемам питания и усиления сигнала. Применение высокого напряжения усложняет проблему.

Формирование высокого напряжения смещения является задачей источника высокого напряжения. Внутри такого источника поступающее постоянное напряжение низкого уровня (обычно 5, 12 или 24 В) преобразуется в переменное напряжение с помощью инвертора, повышается высоковольтным трансформатором, затем выпрямляется и фильтруется (см. рис. 1).

Остаточная пульсация выходного высокого напряжения, проходящая через каскад выпрямления, является нежелательной в рассматриваемых здесь высокостабильных малошумящих применениях. Магнитные и радиочастотные излучения особенно нежелательны по указанным ранее причинам. Известно, что для уменьшения перечисленных проблем требуется хорошая фильтрация и экранирование, но эти меры могут быть минимизированы в том случае, когда высоковольтный генератор спроектирован таким образом, что генерирует минимальное электромагнитное излучение и радиопомехи.

С появлением импульсных источников питания возникла проблема повышенных коммутационных пульсаций и помех. Прямоугольная форма напряжения генерирует токи с высокой амплитудой и гармоники, которые создают помехи на высоких частотах. Эти частоты нередко являются сложными для фильтрации и экранирования, особенно в компактных системах, где присутствие высокого напряжения усложняет ситуацию. Кроме того, вследствие необходимости выдерживать высокое напряжение, высоковольтные трансформаторы характеризуются высокочастотными паразитными элементами, главным образом ёмкостями, и могут являться основным источником излучаемых электромагнитных помех.

Свойственные высоковольтным трансформаторам паразитные элементы приводят к появлению узкопо-

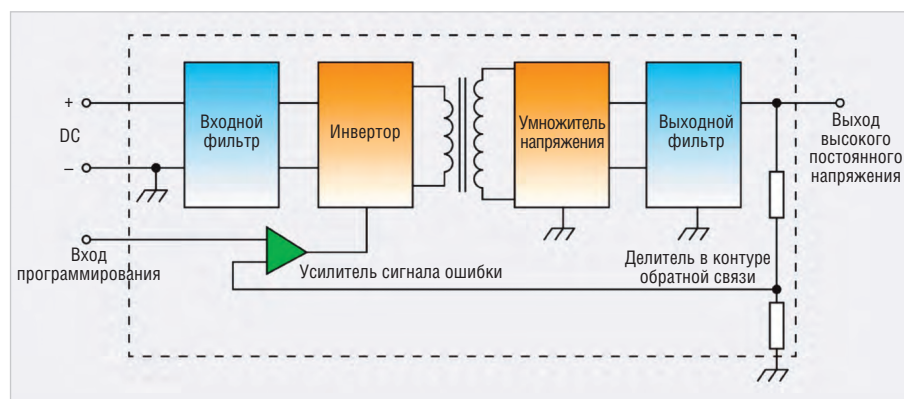
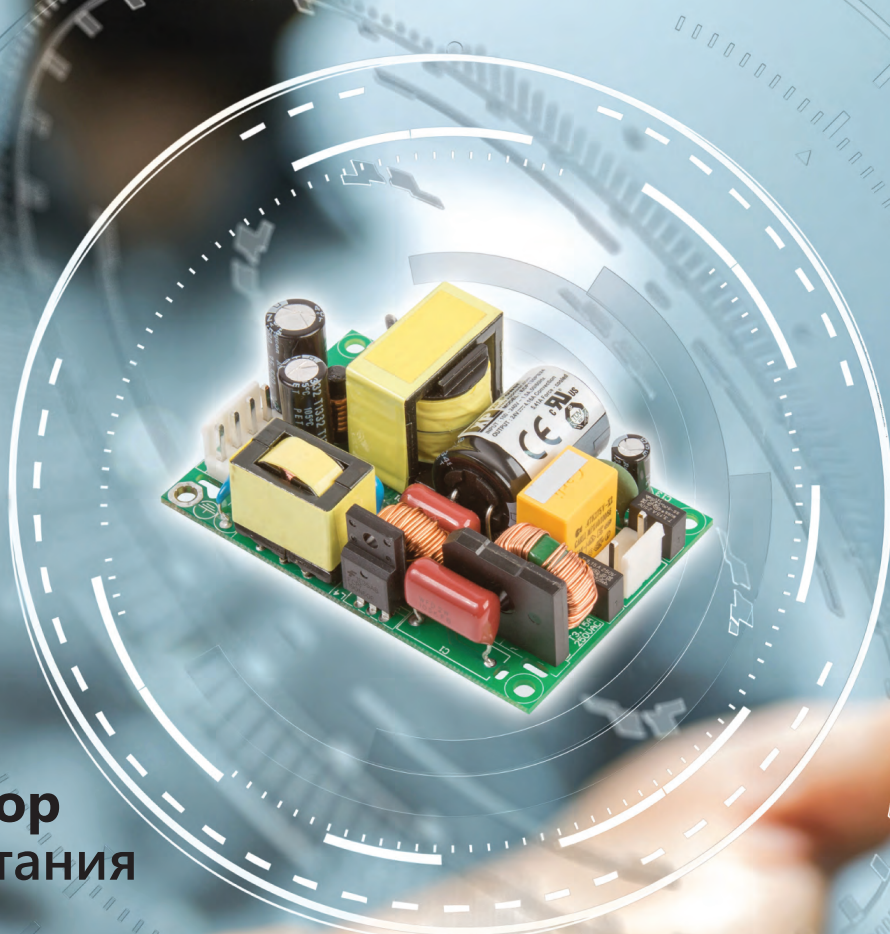


Рис.1. Структурная схема преобразователя постоянного напряжения в высокое напряжение



Простой выбор источника питания

Компания XP Power предлагает широкий ряд стандартных и конфигурируемых устройств электропитания AC/DC и DC/DC. Источники питания сочетают подтверждённую надёжность с габаритами и ценой, соответствующими практически любому требованию.



Источники питания открытого типа

- от 5 до 350 Вт
- Компактная конструкция
- Сертифицированы для медицинского и ИТ-оборудования



Конфигурируемые источники питания

- от 25 до 5000 Вт
- Высокоэффективная конструкция
- Работа от одно- и трёхфазной сети
- Сертифицированы для медицинского и ИТ-оборудования



Для монтажа на DIN-рейку

- от 5 до 960 Вт
- Сверхкомпактные
- AC/DC- и DC/DC-преобразователи



Корпусированные источники питания

- от 25 до 5000 Вт
- Высокоэффективная конструкция
- Сертифицированы для медицинского и ИТ-оборудования



DC/DC-преобразователи

- от 0,25 до 750 Вт
- Монтаж в отверстия печатной платы и поверхностный монтаж
- Для железнодорожного и медицинского оборудования



Высоковольтные источники питания

- До 500 кВ и 200 кВт
- Конструкция модульного типа и для монтажа в стойку
- Входное напряжение переменное и постоянное



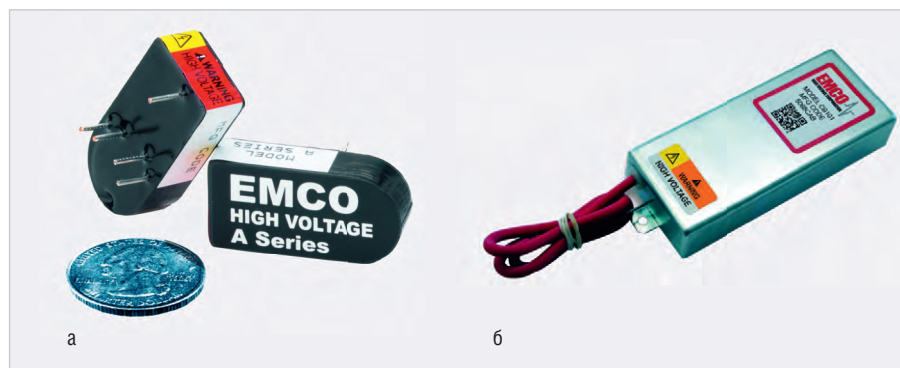


Рис. 2. Миниатюрные источники питания высокого напряжения для чувствительных фотодетекторов: а) EMCO 5120 A Series; б) XP EMCO CB101

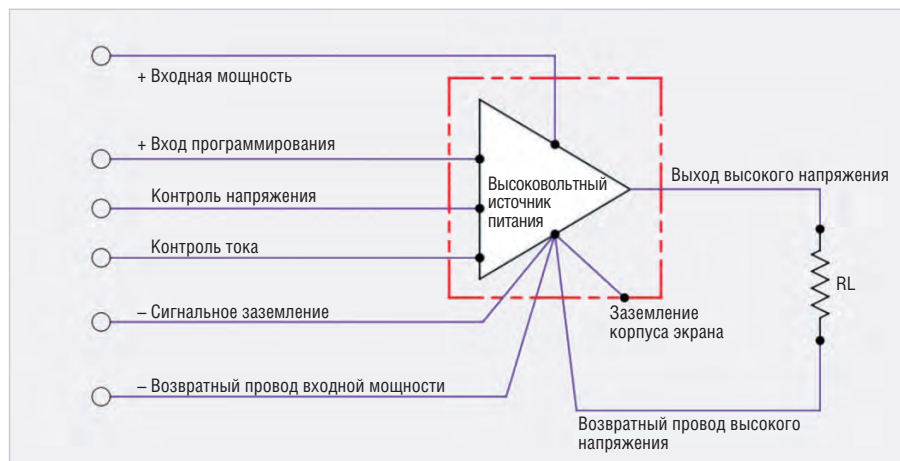


Рис. 3. Разделение соединений заземления силовых и управляющих цепей

лосной резонансной частоты с высокой добротностью. Эта резонансная частота может меняться от устройства к устройству, а также с изменением нагрузки, выходного напряжения и температуры. Частотное рассогласование между фиксированной частотой, широтно-модулированным сигналом управления и собственной резонансной частотой трансформатора вызывает короткие импульсы высокого тока, перенапряжения и высокие переходные напряжения. По этим причинам топологии переключательного типа с прямоугольной формой напряжения и тока являются нежелательными в чувствительном к шумам оборудовании, таком как детекторы светового излучения низкой интенсивности. К тому же при повышении частоты преобразования возрастают коммутационные потери в полупроводниковых приборах.

Более предпочтительной топологией, которая свободна от указанных выше недостатков, является резонансное преобразование, которое используется в ряде модулей-преобразователей постоянного напряжения в высокое напряжение от компании XP Power (см. рис. 2). Автогенерация на собствен-

ной резонансной частоте трансформатора приводит к тому, что сильноточные выбросы, переходные напряжения и шумовые гармоники минимизируются. Выбор этого режима переключения, также известного в литературе как резонанс на фронтах или «мягкое» переключение, особенно актуален в малошумящих применениях.

Электромагнитное излучение содержит связанные электрические и магнитные поля, а также электростатические поля из-за наличия высокого напряжения. Дополнительными мерами, доступными для уменьшения уровня шума в преобразователе постоянного напряжения в высокое напряжение, являются использование конфигурации с экранированным магнитным сердечником, технологии «мягкого» переключения, схемы подавления помех, высокоэффективной фильтрации и хорошего экранирования от ЭМИ и радиопомех.

Когда эти меры реализованы должным образом, формирователь высокого напряжения может быть расположен весьма близко к детектору без ухудшения рабочих характеристик, что позволяет использовать компактные корпуса

конструкции. Размещение небольшого высоковольтного источника рядом с детектором устраняет необходимость в высоковольтной кабельной проводке от габаритного источника питания.

Важно заметить, что обычно используемые пластиковые и алюминиевые корпуса обеспечивают недостаточное ослабление ЭМИ и радиопомех. Пластик вовсе не обладает эффектом экранирования. Металлы, не содержащие железа, такие как медь, латунь и алюминий, имеют магнитную проницаемость, которая идентична «свободному пространству». То есть относительная магнитная проницаемость такой конструкции равна 1. Обычная малоуглеродистая сталь имеет магнитную проницаемость около 2000. Сталь весьма подвержена окислению и обладает плохой пригодностью к пайке, поэтому на практике часто применяется дополнительное покрытие, например цинк. Подробно вопросы снижения уровней помех излучения в источниках электропитания импульсного типа экранированием узлов рассмотрены в работе [2].

На выходе детектора используется чувствительная схема электронного усилителя для обеспечения устойчивого сигнала. Эти элементы схемы часто экранированы от ЭМИ. Специальные методы заземления позволяют уменьшить влияние на работу прибора схем, генерирующих помехи, например источников питания. Тщательное разделение заземлений силовых каскадов, управляющих цепей и экранов уменьшает влияние нежелательных эффектов в чувствительных приложениях. В системе высоковольтного источника питания существует три контура заземления: источник входной мощности, низковольтные схемы управления текущего контроля и возвратный провод высокого напряжения (см. рис. 3). Эти три контура заземления должны иметь собственные независимые выделенные обратные тракты и соединяться с использованием метода заземления «звезда».

Миниатюрные высоковольтные источники характеризуются точной стабилизацией, дистанционной программируемостью и управлением. Наряду с этим предусмотренная в них динамическая обратная связь и внутренняя схема стабилизации позволяют поддерживать стабильное высокое напряжение при изменении тока

нагрузки, входного напряжения, температуры и времени. Благодаря этому можно легко интегрировать высоковольтный источник питания в систему, используя только низковольтные сигналы входа/выхода.

Применение небольших модулей для установки на печатной плате исключает временные издержки, стоимость и риск, связанный с приобретением или разработкой традиционного источника питания. Изменения в уровнях напряжения и тока могут быть достаточно просто внесены даже на поздней стадии проектирования системы, так как одинаковая площадь основания обеспечивает взаимозаменяемость различных моделей.

Миниатюрные высоковольтные источники питания выпускаются в больших количествах и хорошо зарекомендовали себя среди разработчиков и потребителей. При разработке данных источников обеспечено соответствие требованиям стандартов по безопасности, что способствует снижению рисков при проектировании систем. Устанавливаемые на плату высоковольтные источники питания доступны на рынке, как обычные электронные компоненты, что благоприятно сказывается на скорости разработки прототипа. Обзор популярных высоковольтных преобразователей напряжения XP Power EMCO приводится в статье [3], где представлены некоторые применения этих модулей и показана,

что компоновка высоковольтных систем электропитания из стандартных модулей позволяет преодолеть распространённые трудности проектирования высоковольтных подсистем.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Жданкин В.К.* Миниатюрные высоковольтные модули электропитания нового поколения. Компоненты и технологии. 2017. № 4.
2. *Павлов А.В., Павлова В.А.* Экранирование электромагнитных помех в ИВЭП. Практическая силовая электроника. 2011. № 2 (42).
3. *Жданкин В.К.* Высоковольтные преобразователи напряжения в виде стандартных модулей: просто, компактно, экономно. Современная электроника. 2016. № 4. 

НОВОСТИ МИРА

ВИЦЕ-ПРЕМЬЕР ЮРИЙ БОРИСОВ РАССКАЗАЛ, КТО РАЗВАЛИЛ МИКРОЭЛЕКТРОНИКУ В РОССИИ

На конференции «Электроника в России: будущее отрасли» вице-премьер Юрий Борисов рассказал, что СССР в 1970–1980-х занимал второе место в мире по производству микроэлектроники и даже в начале 1990-х поставлял простейшую электронику в Китай.



«С 90-х годов фактически начался закат того, что было наработано в Советском Союзе. Я думаю, что (причина этого – Прим. ред.) – бездумная приватизация в первую очередь, когда активы оказались в частных руках. Сегодня глупо говорить, что в России существует серийное микроэлектронное производство. Мы даже отсутствуем в статистике мировой», – отметил он.

Борисов объяснил, что частники не смогли выдержать темп, не вкладывали средства в развитие производства, государство же не занималось этим вопросом, не обеспечивало заказ. Ситуация начала меняться только после совещания в апреле 2018 года, когда решили возродить производство.

«Государством выделены деньги на достройку фабрик. Это даёт надежду на то, что у нас появятся подконтрольные государству микроэлектронные производства. <...> Средства

инвестиционные, которые государство вкладывает в это направление, требуют кратного, повторюсь, кратного увеличения. Мы задумываемся об одной-двух серийных фабриках в России. В Китае их свыше 30», – добавил он.

По мнению заместителя председателя правительства, развитие микроэлектронной промышленности затягивается в том числе из-за бюрократии в Минфине, Минэкономразвития и ВЭБе.

«Средние сроки строительства передовых производств в чистом поле – 9–12 месяцев, а у нас на одно только согласование столько уходит. Будем с коллегами обсуждать это и с предложениями идти к руководству страны. В отрасли не хватает 25–30 тыс. специалистов, нам нужно сделать сферу и образование более привлекательными, чтобы молодые люди сами шли. В перспективные разработки нужно где-то 10 млрд, надеюсь, смогу убедить правительство выделить эти деньги», – добавил Борисов. Он отметил, что микроэлектроника – важная отрасль, и назвал данное направление самым рентабельным в мире.

Телеканал «Звезда», РИА Новости

ШЕСТЬ КАТЕГОРИЙ OSD-ПРОДУКТОВ ПОКАЖУТ РЕКОРДНЫЙ РОСТ

По оценке аналитической компании IC INSIGHTS, мировой рынок микропроцессоров, росший последние 9 лет, в 2019 году «просядет» на 4%, достигнув объёма \$77,3 млрд. Причина состоит в слабости смартфонного и компьютерного рынков и в ожиданиях убытков от торговых войн. Вместе с тем аналитик предсказывает значитель-

ный рост продаж в последующие годы – до \$91,7 млрд в 2023 году. Примечательно, что, по оценке аналитика, физический объём рынка практически не меняется от года к году (начиная с 2016 года) и колеблется в диапазоне 2,2...2,4 млрд штук MPU. По прогнозу, в 2019 году 29% всего «парка MPU» придёт на сегмент сотовых телефонов, ещё 3% – на планшеты, самая большая доля 52% будет установлена в ноутбуках, компьютерах, серверах и т.п., а оставшаяся доля придёт на «встраиваемые процессоры», главной нишей для которых являются IoT-, AI- и Industry 4.0-приложения. Последний сегмент самый динамичный – рост составил 10% по сравнению с показателем 2018 года.

6 категорий OSD-продуктов (Optoelectronics, Sensors, Discretes) покажут в 2019 году рекордный рост. И это на фоне общего замедления полупроводниковой отрасли. Двухзначный рост ожидается у КМОП-датчиков изображения (+19%) и лазерных передатчиков (+10%). Силовые транзисторы «вырастут» на 4%. В целом же OSD-группа покажет рост лишь на 1% до \$83,5 млрд, что составит около 19% всего рынка полупроводников.

Постепенное замедление роста ВВП Китая может иметь серьёзные последствия. И хотя на фоне трёхпроцентного роста мирового ВВП китайская цифра кажется огромной, она способна «обрушиться» с большой долей вероятности. Ведь, по оценке китайского правительства, для поддержания текущих темпов роста в стране ежегодно необходимо создавать около 8 млн новых рабочих мест.

*Новостная рассылка проекта
«Мониторинг рынка электроники»*

Однополярное питание аудиоусилителя на мощных ОУ в мостовом включении

Часть 1

Алексей Кузьминов (compmicrosys@mail.ru)

В статье описывается альтернативный вариант питания аудиоусилителя на мощных операционных усилителях (ОУ), включённых в мостовом режиме работы, от однополярного стабилизированного источника питания (ИП) напряжением 28 В и простейшего формирователя половинного напряжения (14 В), используемого в качестве искусственного земляного потенциала. Преимущество такого питания – двукратное снижение количества выпрямительных диодов, сглаживающих электролитических конденсаторов и наличие всего одного стабилизатора напряжения (вместо двух – в двуполярном ИП).

Но главный эффект от применения такого ИП – полное исключение 50 Гц фона в акустической системе (АС) при отсутствии звукового сигнала или в паузе между фонограммами. В статье приведены принципиальные схемы, разводка плат и фотографии применённых устройств: стабилизатора 28 В на базе мощного полевого транзистора IRFP4710 и ОУ MC33072/MC34072 и формирователя искусственной земли на базе мощного ОУ LA6500.

Даны рекомендации по их настройке и тестированию, а также показаны результаты их работы.

Введение

В усилителях мощности звуковой частоты (УМЗЧ) на базе мощных ОУ (например, LM3886, LM4780, TDA7293 и др.), работающих в стандартном включении, акустическая система одним концом (+) подключена к выходу ОУ, а второй её конец (–) заземлён. Для такого режима работы ОУ, как правило, используется двуполярный источник питания. Такой ИП выдаёт два напряжения питания – положительное $+U_{\text{н}}$ и отрицательное $-U_{\text{н}}$ – относительно общего земляного провода (например, ± 14 В и земля). Поскольку АС заземлена, а из ИП выходят три провода: $+U_{\text{н}}$, $-U_{\text{н}}$ и силовая земля, причём земляной провод должен обеспечивать прохождение большого тока, то все три провода должны обладать достаточно большим поперечным сечением. Помимо силовой земли в ОУ присутствует ещё вспомогательная земля, к которой подключаются электролитические конденсаторы (по питанию, с вывода Mute и др.), положенные в штатном режиме работы ОУ, различные RC-цепочки, подключаемые к ОУ, а также земляной вывод самого ОУ (GND). Кроме того, имеется ещё так называемая сигнальная земля, которая также должна подключаться к общему земляному проводу. В таком режиме работы ОУ основным источником помех является сило-

вая земля. Во-первых, потому, что по этому проводу передаются пульсации выпрямленного напряжения (100 Гц), т.к. сглаживающие конденсаторы ИП заземлены, во-вторых, по этому же проводу неизбежно проходят наводки сетевого напряжения (50 Гц), и, наконец, большие токи силовой земли ОУ являются существенным источником перекрёстных помех. Всё это приводит к тому, что в АС при отсутствии аудиосигнала прослушивается относительно высокий уровень фона (в основном, частотой 50 Гц), избавиться от которого практически невозможно, даже несмотря на то, что стабилизаторы ИП имеют достаточно низкий уровень размаха пульсаций выходных напряжений (до нескольких мВ и меньше).

Если же ОУ включён в мостовом режиме работы, то АС подключается к выходам двух ОУ, на вход первого из которых подаётся прямой аудиосигнал, а на вход второго – инверсный [1, 2]. В этом случае «+» АС подключается к выходу первого ОУ, а «–» АС – к выходу второго, или, другими словами, роль виртуальной силовой земли выполняет выход второго ОУ. А раз так, то силовая земля при таком включении не требуется, хотя вспомогательная и сигнальная земли всё равно должны присутствовать. Здесь следует заметить, что токи

вспомогательной земли на порядок меньше токов силовой, не говоря уже о сигнальной, токи которой ничтожно малы.

Но из двуполярного ИП, как уже было упомянуто выше, выходят три провода: $+U_{\text{н}}$, $-U_{\text{н}}$ и силовая земля (по которой и передаются все помехи). Автор задался вопросом: если силовая земля не нужна, нельзя ли вообще исключить земляной провод, приходящий из ИП, и использовать только два провода: $+U_{\text{н}}$ и $-U_{\text{н}}$, а для вспомогательной земли использовать искусственно созданную землю из двух напряжений $+U_{\text{н}}$ и $-U_{\text{н}}$. В этом случае все помехи останутся в ИП и передаваться в аудиоусилитель уже не будут. Таким образом, если используется двуполярный ИП с напряжениями $+U_{\text{н}}$ и $-U_{\text{н}}$, то аудиоусилитель будет питаться однополярным напряжением U , равным $2U_{\text{н}}$, из которого будет создана искусственная земля, напряжение на которой будет равно половине U . Создание такой искусственной земли не представляет особой проблемы, поскольку она легко может быть получена с помощью хорошо известных схем преобразователей однополярного напряжения в двуполярное. Есть, конечно, некоторые нюансы таких схем, но это уже другой вопрос (который в том числе и является предметом настоящей статьи).

Как показал эксперимент автора (см. далее), если питать аудиоусилитель однополярным напряжением питания, а для вспомогательной земли использовать искусственно созданную таким образом землю, то все помехи (и главное, 50-герцовый фон) не только снижаются, а вообще полностью исчезают.

Но тут возникает ещё один вопрос: а нужен ли вообще двуполярный ИП со стабилизированными напряжениями, например ± 14 В, который автор использовал для питания аудиоусилителя [3, 4], если вместо него можно использовать один однополярный ИП с напряжением 28 В. Такой ИП, во-первых, в 2 раза проще (и дешевле) двуполярного, во-вторых, двукратно снижается количество дорогих сгла-

живающих электролитических конденсаторов и выпрямительных диодов. В-третьих, мощность трансформатора также может быть несколько снижена. Как показал эксперимент автора (см. далее), это вполне возможно. Мало того, размах пульсаций такого ИП также несколько снижен.

Таким образом, дальнейшее изложение будет построено следующим образом. Вначале будут рассмотрены принципиальные схемы преобразователя однополярного напряжения в двуполярное и однополярного стабилизатора на напряжение 28 В, затем будет приведена разводка плат этих устройств и их фотографии, и далее будут обсуждены результаты их работы.

ПРИНЦИПИАЛЬНЫЕ СХЕМЫ УСТРОЙСТВ

Хорошо известная схема преобразователя однополярного напряжения в двуполярное состоит из стандартного ОУ (например, TL072), включённого как повторитель напряжения, выставляемого подстроечным резистором делителя напряжения, подключённого к двум напряжениям питания. В качестве умуощняющих ток используются два биполярных транзистора противоположной полярности (например, KT815 и KT814), коллекторы которых подключены к напряжениям питания (к положительному – коллектор прп-транзистора, к отрицательному – коллектор рпр), эмиттеры и базы транзисторов объединены; к базам подключён выход ОУ, а с эмиттеров снимается напряжение земли (в связи с простотой схема не приводится). Такую схему автор не рискнул бы использовать, поскольку выходные транзисторы никак не защищены от перегрузки по току, и при выходе из строя одного из них моментально выходит из строя второй, а с ним и ОУ, и нагрузка (например, аудиоусилитель).

Схема преобразователя (формирователя) может быть значительно упрощена (см. рис. 1), если в качестве ОУ использовать не стандартный, а мощный ОУ, например LA6500 (DA1), максимальный выходной ток которого составляет 1 А, причём в ОУ предусмотрен ограничитель такого тока (Current Limiter). ОУ также включён как повторитель напряжения, т.е. его выход (4-й вывод DA1) соединён с инвертирующим входом (2-й вывод DA1). Входное напряжение, получаемое с делителя напряжения R1, R2, R3, подключён-

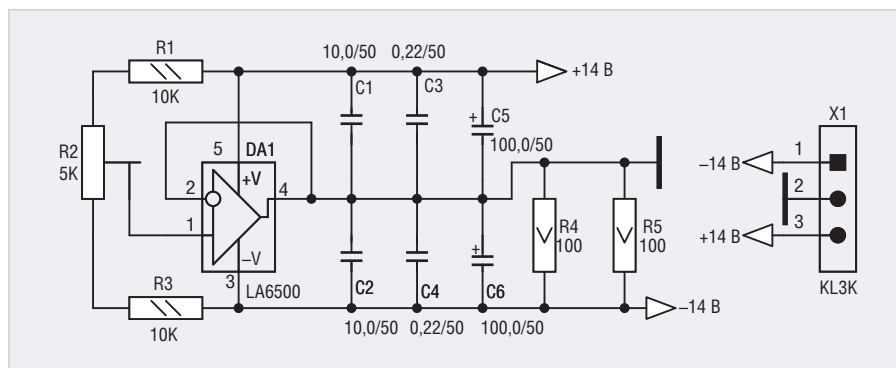


Рис. 1. Принципиальная схема формирователя искусственной земли

ного к напряжениям питания (+14 В и -14 В) и снимаемое с движка подстроечного резистора R2, подключено к неинвертирующему входу ОУ (1-й вывод DA1). Конденсаторы C3, C4 предназначены для штатного режима работы ОУ, а C1, C2, C5 и C6 предотвращают самовозбуждение ОУ. Подтягивающие к напряжению -14 В резисторы R4 и R5 компенсируют перекос токов аудиоусилителя, отбираемых от положительного напряжения (около 0,5 А) и отрицательного (не более 0,1 А). Здесь следует заметить, что хотя ОУ LA6500 и имеет ограничение по току в 1 А, максимальный ток нагрузки ОУ не должен превышать 0,25 А, иначе выходное напряжение будет уже зависеть от тока нагрузки.

Для увеличения нагрузочной способности ОУ по положительному напряжению (т.е. для исключения его зависимости от тока нагрузки в 0,5 А по положительному напряжению) и используются подтягивающие резисторы R4, R5. Необходимо также отметить, что увеличение нагрузочной способности ОУ с помощью подтяжки его выхода к какому-либо из напряжений питания с помощью резисторов является достаточно широко распространённой практикой. Аналогичные подтягивающие к положительному напряжению питания резисторы используются в цифровых микросхемах и микроконтроллерах, а некоторые из них выпускаются вообще без подтягивающих резисторов (с так называемым открытым коллектором), и подтягивающие резисторы положены таким цифровым микросхемам и микроконтроллерам для их штатной работы.

Некоторые цифровые микросхемы выпускаются с так называемым открытым эмиттером, где установка подтягивающих резисторов к отрицательному напряжению питания (земле) также обязательна (как раз рассматриваемый вариант). Другое дело, что токи в стандартных ОУ и цифровых микро-

схемах не превышают 10–20 мА, поэтому подтягивающие резисторы имеют номиналы, измеряемые в кОм, и малые мощности (0,25 Вт и меньше). Резисторы же R4 и R5 (для работы с токами в сотни мА) должны быть рассчитаны на мощность 5 Вт, и, кроме того, их желательно устанавливать на радиатор, т.к. они довольно сильно нагреваются. Вместо них можно использовать один цементный резистор 47 Ом 7 Вт (SQP), отечественный резистор С5-47 10 Вт (47 или 51 Ом) в металлическом охладителе, который легко прикручивается к радиатору двумя винтами, или его китайский аналог.

Необходимо добавить, что микросхема LA6500 достаточно распространена, легкодоступна, недорога (не более 60 рублей за штуку) и выпускается в транзисторном корпусе TO220-5, который также легко может быть установлен на радиатор. Входные напряжения (-14 В и +14 В) подключаются соответственно к 1-му и 3-му контактам трёхконтактной клеммы X1, а выходное напряжение земли снимается с её 2-го контакта. Как видно на рисунке 1, схема формирователя достаточно проста, а потому её плата легко разводится.

Как было отмечено во введении, искусственно созданная земля по вышеприведённой схеме и однополярное питание аудиоусилителя (без силовой земли) привели к тому, что в АС полностью исчез 50-герцовый фон. В эксперименте в качестве ИП использовался двуполярный ИП, описанный в [1], который был подключён к аудиоусилителю без земляного провода. В этом ИП используется активный фильтр на полевом транзисторе и стабилизатор также на полевом транзисторе (по каждому из двух питающих напряжений), а защита от превышения тока отсутствует.

В принципе, на этом можно было бы и закончить статью, однако, как было отмечено во введении, вместо двупо-

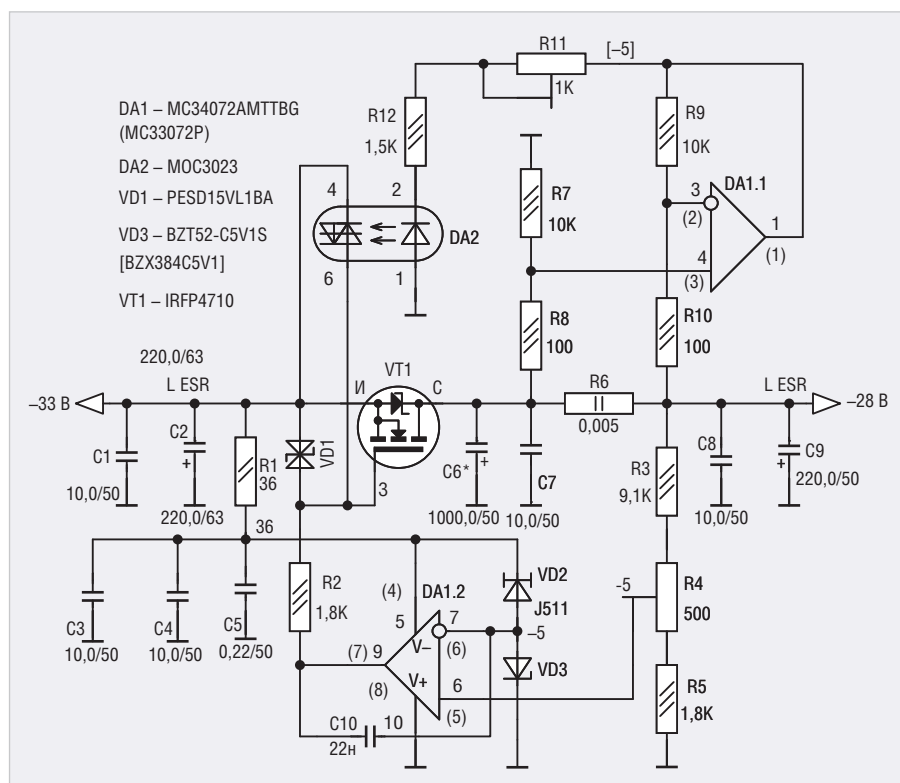


Рис. 2. Принципиальная схема стабилизатора –28 В

лярного ИП можно применить более простой однополярный ИП с питающим напряжением 28 В.

СХЕМА СТАБИЛИЗАТОРА для однополярного ИП

Схема стабилизатора для такого однополярного ИП (см. рис. 2) была разработана на основе схемы, опубликованной автором в статье [3]. В этой статье достаточно подробно описана схема двух идентичных однополярных стабилизаторов с защитой от превышения тока с выходным напряжением 15 В, включённых последовательно (для получения двуполярного ИП). Поэтому, на взгляд автора, подробное описание схемы на рисунке 2 не имеет смысла. Однако краткое её описание и некоторые моменты, связанные с корректировками схемы в связи с более высоким напряжением (28 В), приводятся ниже.

Вначале расскажем о самой идее работы схемы. В схеме стабилизатора положительной полярности на основе n-канального полевого транзистора, включённого стандартным способом, как известно, входное напряжение подаётся на сток транзистора, а выходное снимается с его истока, т.е. входное напряжение более положительно, чем выходное. При этом для того чтобы открыть транзистор, на его затвор должно быть подано напряжение, превышающее напряжение истока (а значит, и напряжение сто-

ка, т.е. входное напряжение) на несколько вольт (2–5 В). Но где его взять, если кроме входного напряжения другого напряжения нет? Однако если транзистор перевернуть, т.е. поменять местами сток и исток, и на его исток подать входное отрицательное напряжение (как на схеме выше), то на стоке будет напряжение также более положительное по отношению к истоку, или, другими словами, транзистор будет работать в штатном режиме. При этом для того чтобы открыть транзистор, на его затвор необходимо подать напряжение более положительное, чем напряжение истока, т.е. входное напряжение, или, другими словами, это напряжение должно быть не выше входного (как в стандартном режиме), а ниже его (по абсолютному значению), т.е. ближе к земле на те же 2–5 В. Если, например, входное напряжение составляет –40 В, то напряжение, поданное на затвор, должно быть –38...–35 В. Такое напряжение может быть легко подано на затвор с выхода ОУ, питаемого входным напряжением (–40 В). В этом и состоит основная идея схемы.

Есть и некоторые нюансы схемы, которые отличаются от той, что была приведена в статье [3]. Здесь необходимо отметить, что, поскольку в схеме могут быть использованы микросхемы ОУ в разных корпусах, отличающиеся номерами выводов, при дальнейшем изложении будут использоваться номера выводов микросхемы ОУ

MC34072MTTBG (DA1), а номера выводов микросхемы MC33072P указаны на рисунке 2 в скобках.

1. Вместо двунаправленного защитного стабилитрона PESD12VL1BA, рассчитанного на напряжение 12 В и применённого в схеме, о которой рассказывалось в статье [3], в текущей схеме использован стабилитрон PESD15VL1BA (VD1), который защищает переход затвор-исток от перенапряжения при включении питания. Напряжение защиты VD1 увеличено до 15 В (максимальное напряжение затвор-исток транзистора IRFP4710 (VT1) составляет ± 20 В).
2. Для питания ОУ DA1 (MC33072P/MC34072AMTTBG) и источника опорного напряжения (ИОН) на базе стабилизатора тока J511 (VD2) и стабилитрона BZX384C5V1 (VD3) вместо двухзвенного НЧ RC-фильтра применён более простой однозвенный RC-фильтр R1, C3, C4, C5, в котором использованы исключительно керамические конденсаторы (электролитические конденсаторы, как показала практика, применять здесь нежелательно).
3. В связи с иным выходным напряжением стабилизатора (–28 В вместо –15 В) номиналы резисторов делителя напряжений R3, R4, R5 также изменены для того, чтобы на неинвертирующем входе ОУ DA1 (6-й вывод) при выходном напряжении –28 В было напряжение –5 В.
4. Для получения стабильного тока для питания стабилитрона VD3 (на 5,1 В), установленного в ИОН, вместо микросхемы LM334Z использован диодный стабилизатор тока J511 (VD2). Такой диодный стабилизатор тока в зарубежной литературе именуется Constant-Current Diode (CCD) и представляет собой полевой транзистор (JFET), у которого затвор соединён с истоком. При напряжении между стоком и истоком, превышающем 10 В, такой транзистор входит в насыщение, и при дальнейшем росте напряжения ток сток-исток практически не меняется, т.е. этот транзистор является источником стабильного тока. При входном напряжении 15 В и напряжении стабилизации 5,1 В стабилитрона применение J511 исключено, поскольку ему требуется напряжение более 10 В (а разница составляет 15 В – 5,1 В = 9,9 В), а микросхема LM334Z работоспособна уже при напряжении 1,5 В. Но в нашем случае минимальное входное напряжение (32 В) намного превышает 10 В,

поэтому и использован стабилизатор тока J511, который имеет кардинально меньший шум по сравнению с микросхемой LM334Z, т.к. основан на простом физическом принципе, а LM334Z включает в себя несколько транзисторов и других компонентов, и поэтому её шум существенно повышен.

5. В схему добавлен конденсатор C10, включённый в отрицательную обратную связь (ООС) ОУ DA1.2 (между его выходом – 9-й вывод – и инвертирующим входом – 7-й вывод) и предназначенный для подавления самовозбуждения ОУ, проявляющегося при более высоком напряжении.
6. Номинал резистора R2, включённого между выходом ОУ (9-й вывод DA1) и затвором транзистора VT1, увеличен почти в 2 раза: 1,8 К вместо 1 К (R14 в статье [3]). Это сделано в связи с тем, что входное напряжение более высокое, а поддерживающий включённое состояние оптосимистора ток (4-й и 6-й выводы DA2) должен оставаться на прежнем уровне (как при 15).
7. В схему на рисунке 2 добавлен конденсатор C6* ёмкостью не менее 1000 мкФ, подключённый к стоку VT1 (и к левому по схеме выводу токоизмерительного резистора R6) по следующей причине.

Роль резистора R6 номиналом 5 мОм заключается в том, что при токе в 10 А падение напряжения на нём составит 50 мВ (что нетрудно подсчитать). Это напряжение, усиленное дифференциальным усилителем (на основе ОУ DA1.1 и резисторов R7 – R10) в 100 раз, т.е. до 5 В [3], через резисторы R11 (им подстраивают порог) и R12 подаётся на катод инфракрасного светодиода оптрона DA2 (2-й вывод), а анод этого диода (1-й вывод) заземлён. При превышении тока порога 10 А светодиод загорается, отчего фотосимистор оптрона включается и своими выводами (4-й и 6-й выводы DA2) закорачивает затвор с истоком транзистора, в связи с чем транзистор закрывается, выходное напряжение стабилизатора падает практически до нуля, и ток через резистор R6 становится также нулевым. При этом ток через светодиод также пропадает, и он перестаёт светить. Но поскольку оптосимистор обладает триггерным эффектом, он не выключается, т.к. через него протекает поддерживающий его включённое состояние ток: он течёт от входного напряжения через резистор R2 до выхода ОУ DA1.2 (9-й вывод), на котором в этом режи-

ме потенциал почти равен напряжению земли. В этом состоянии схема может находиться сколь угодно долго, и единственным выходом из этого состояния является выключение питания и после полного разряда сглаживающих электролитических конденсаторов, используемых в выпрямительной схеме (см. далее), повторное его включение.

Таким способом и осуществляется защита по току. Но причём же здесь конденсатор C6*? О нём в описании схемы защиты не сказано ни слова. Тут всё дело в том, что описанная схема защиты хорошо работает на активную (резистивную нагрузку). Но если нагрузка имеет реактивную (в данном случае ёмкостную) составляющую, а в аудиосулителе имеется масса различных электролитических конденсаторов общей ёмкостью более 1000 мкФ, то схема защиты при включении питания ведёт себя по-другому. При включении питания, поскольку конденсаторы усилителя разряжены, в соответствии с теорией переходных процессов возникает достаточно большой зарядный ток, который существенно больше порогового тока в 10 А, установленного в схеме защиты. А поскольку схема защиты достаточно быстродействующая (время срабатывания защиты составляет не более 1–2 мс), этот большой ток заряда, проходя через резистор R6, приводит к срабатыванию защиты, в результате чего усилитель не получает питания и, естественно, работать не будет. При выключении питания и повторном его включении (после разряда сглаживающих электролитических конденсаторов в выпрямителе – см. далее) вся описанная последовательность повторяется, т.е. усилитель питания не получит. Но если перед R6 установлен конденсатор C6*, ёмкость которого (в данном случае это 1000 мкФ) соизмерима с ёмкостью всех конденсаторов усилителя (более 1000 мкФ), то при включении питания весь ток, протекающий через открытый транзистор, уже некоторым образом перераспределяется: одна (меньшая) часть этого тока идёт на заряд конденсатора C6*, а вторая (ток через резистор R6) – на заряд конденсаторов усилителя. Причём вторая часть тока в этом случае уже меньше порогового тока, а потому ток заряда конденсаторов усилителя при включении питания уже не приводит к срабатыванию защиты.

Ёмкость конденсатора C6* была подобрана экспериментально: минимальная ёмкость, при которой не срабатывает защита, составила около 800 мкФ (470 мкФ + 330 мкФ). Поэтому авто-

ром и выбрана ёмкость C6* 1000 мкФ (с запасом). Если ёмкостная составляющая нагрузки меньше, то и ёмкость конденсатора C6* можно уменьшить, в противном случае – увеличить. Кроме того, если при установке конденсатора C6* конкретной ёмкости (например, 1000 мкФ) защита иногда срабатывает, а иногда нет, её можно несколько заглубить, например на 1–2 А, подкрутив резистор R11. Ведь ничего критического не произойдёт, если защита будет срабатывать при токе, например, 12 А, а не 10 А, поскольку основное назначение такой защиты – не допустить выхода из строя стабилизатора и нагрузки при коротком замыкании.

Помимо прочего, конденсатор C6* несколько снижает уровень пульсаций выходного напряжения, правда, не особенно существенно (не более чем на 10–15%), но этого от него и не требуется. А вот свою основную функцию – предотвращение срабатывания защиты при включении питания – он выполняет безукоризненно.

Если к выходу стабилизатора подключается нагрузка, то выходное напряжение падает, в связи с чем падает и напряжение на движке R4 и одновременно на неинвертирующем входе ОУ DA1.2 (6-й вывод), что приводит к снижению выходного напряжения этого ОУ (9-й вывод DA1.2) и, соответственно, снижению напряжения на затворе транзистора VT1, отчего транзистор приоткрывается, восстанавливая выходное напряжение стабилизатора до прежнего уровня.

В ИП применён силовой трансформатор Т1 (см. рис. 3) мощностью 300 Вт с первичной обмоткой, рассчитанной на входное переменное напряжение ~220 В и двумя вторичными обмотками с выходными напряжениями по ~15 В, соединёнными последовательно (со средней точкой) и рассчитанными на максимальный ток 10 А. Выходное напряжение ~30 В, снятое с двух вторичных обмоток, выпрямленное четырьмя диодами Шоттки DSA30I100PA (VD1–VD4) с максимальным током 30 А и максимальным обратным напряжением 100 В и сглаженное четырьмя конденсаторами C1–C4 ёмкостью 10000 мкФ каждый с максимальным напряжением 50 В и составляющее около –40 В без нагрузки, подавалось на вход стабилизатора (см. рис. 2). При максимальной нагрузке (около 2,7 Ом – см. далее) выходное напряжение выпрямителя падало с –40 В до –31 В при токе 10,5 А. Выходное напряжение выпрямителя на рисун-

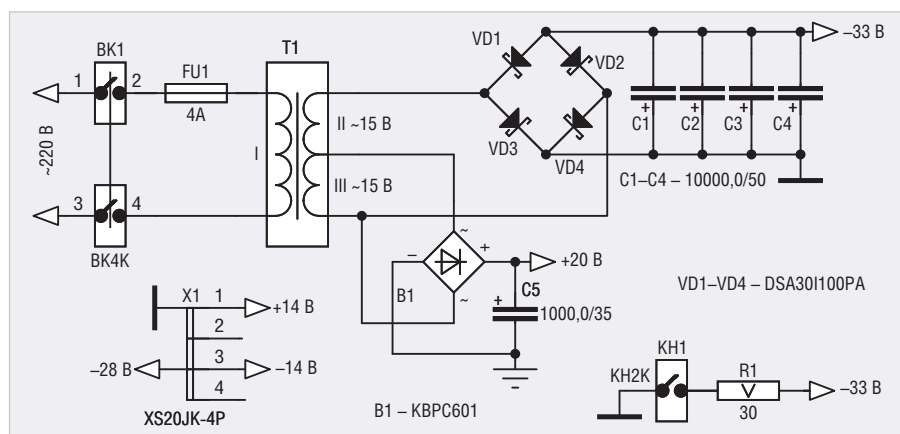


Рис. 3. Принципиальная схема вспомогательных устройств ИП

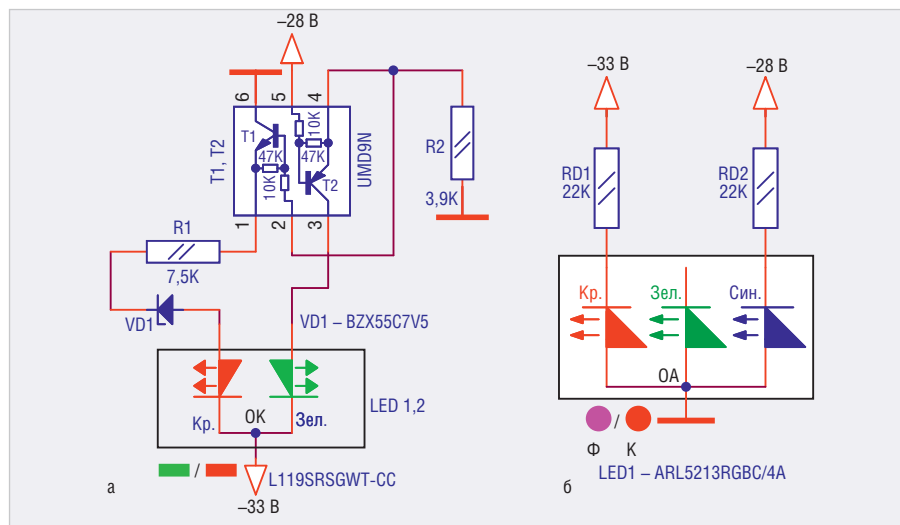


Рис. 4. Принципиальная схема индикации наличия напряжения питания и перегрузки: а) на базе двухцветного светодиода с общим катодом и двухтранзисторной сборки; б) на базе трёхцветного (RGB) светодиода с общим анодом

ке 3 условно обозначено как -33 В. Для принудительного охлаждения радиатора (при необходимости и, скорее, для страховки от перегрева), на котором укреплен силовой транзистор (VT1, см. рис. 2), автор использовал устройство на базе термистора, включающее два вентилятора при температуре около $+50^{\circ}\text{C}$ и выключающее их при снижении температуры до $+44^{\circ}\text{C}$. Устройство подробно описано автором в статье [5]. Для работы этого устройства требуется нестабилизированный источник питания с напряжением 15–20 В. Для этого автор использовал одну из вторичных обмоток трансформатора, выпрямитель KBPC601 (B1) и сглаживающий конденсатор ёмкостью 1000 мкФ с максимальным напряжением 35 В (C5). Если трансформатор не имеет средней точки, то для получения напряжения, требующегося для работы устройства принудительного охлаждения, можно использовать ещё один такой же формирователь по схеме, представленной на рисунке 1.

Включение трансформатора в сеть ~ 220 В осуществляется с помощью 4-контактного выключателя BK1, а для защиты ИП дополнительно используется предохранитель, рассчитанный на 4 А (FU1). Принудительная разрядка конденсаторов C1–C4 через резистор 30 Ом (R1) при срабатывании защиты осуществляется 2-контактной кнопкой KH1. Выходное напряжение стабилизатора (-28 В и земля – см. рис. 2) подключено к 4-контактному разъёму XS20JK-4P (X1, см. рис. 3) с максимальным током 25 А на контакт. К этому разъёму подключается ответный разъём двухпроводного кабеля питания усилителя. В качестве такого кабеля используется гибкий медный провод ПУГНП 2×4 (две жилы сечением 4 мм^2 каждая).

Разъём X1, держатель предохранителя и кнопка KH1 расположены на задней стенке корпуса ИП, а сетевой провод ~ 220 В выведен наружу и закреплён также на задней стенке корпуса с помощью гермоввода.

Для индикации наличия напряжения питания и перегрузки могут быть использованы схемы, приведённые на рисунке 4. Подробное описание схем, рассчитанных на напряжение 14 В, можно найти в работе автора [6], однако в связи с 2 раза повышенным напряжением (28 В) в схемах изменены номиналы резисторов.

В схеме на рисунке 4а номинал резистора R1 увеличен до 7,5 К, а R2 – до 3,9 К. При штатном режиме работы, когда присутствуют оба напряжения стабилизатора (входное и выходное), горит зелёный светодиод, а при срабатывании защиты (при перегрузке) выходное напряжение пропадает, зелёный светодиод гаснет, и загорается красный светодиод (оба светодиода расположены в одном корпусе двухцветного светодиода с общим катодом L119SRSGWT-CC – LED1,2).

В схеме на рисунке 4б номиналы резисторов RD1 и RD2 увеличены до 22 К. В штатном режиме работы горят оба светодиода – красный и синий – и общий цвет трёхцветного светодиода с общим анодом ARL5213RGBC/4A – LED1 фиолетовый. При перегрузке синий светодиод гаснет, и общий цвет светодиода LED1 становится красным. В данном ИП автор использовал схему, представленную на рисунке 4а, а двухцветный светодиод был расположен на лицевой поверхности корпуса.

В следующей части статьи будет рассказано о разводке плат устройств, их настройке, тестировании и результатах работы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кузьминов А.Ю. Применение инструментального усилителя для мостового включения двух мощных ОУ. Современная электроника. 2017. № 4–7.
2. Кузьминов А.Ю. Усовершенствованный УМЗЧ на базе ИУ и мощных ОУ. Современная электроника. 2019. № 5.
3. Кузьминов А.Ю. Двухканальный сетевой источник питания с низким уровнем пульсаций и токовой защитой. Радио. 2018. № 4.
4. Кузьминов А.Ю. Усовершенствованный двуполярный стабилизатор на ОУ и мощных полевых транзисторах с токовой защитой и ультранизким уровнем пульсаций. Радиолюцман. 2019. № 3.
5. Кузьминов А.Ю. Управление включением вентилятора для поддержания оптимальной температуры радиатора охлаждения. Радиолюцман. 2019. № 6, 7.
6. Кузьминов А.Ю. Двуполярный стабилизатор на ОУ и мощных полевых транзисторах с токовой защитой. Ч. 2. Радиолюцман. 2018. № 5





МОСКВА '20
Экспоцентр

31 марта – 2 апреля

+7 (495) 78-601-78 | expocontrol.online

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

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

в рамках выставки


**METROLOGY
DAYS**
MOSCOW

Законодательная, научная и
практическая метрология
открытые лекции и семинары

Медиа-партнёр:

**ГЛАВНЫЙ
МЕТРОЛОГ**
ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

ВНИИМС
На метрологической службе
с 1900 года

При поддержке:

 **ЭКСПОЦЕНТР**
МЕЖДУНАРОДНЫЕ ВЫСТАВКИ И КОНГРЕССЫ
МОСКВА

Реклама

Реле времени с индикатором Data Vision

Сергей Шишкин (schischckin.sergei2014@yandex.ru)

В статье представлено описание 8-канального реле времени, разработанного на базе микроконтроллера семейства AVR и жидкокристаллического индикатора Data Vision.

Устройство состоит из трёх функциональных узлов: платы клавиатуры и двух плат реле времени № 1 и № 2, которые идентичны по схеме, конструкции и алгоритму работы. Фактически каждая плата представляет собой независимое 4-канальное реле времени, которое разработано на базе микроконтроллера семейства AVR ATTINY2313-20PU и двухстрочного знакосинтезирующего жидкокристаллического индикатора DV-16232 FBLY-H/R Data Vision. Принципиальная схема платы реле времени №1 представлена на рисунке 1. Принципиальная схема платы клавиатуры представлена на рисунке 2.

Интерфейс устройства включает в себя элементы управления платы клавиатуры (см. рис. 2), клавиатуру (кнопки S1...S7), светодиоды HL1, HL2, а также элементы контроля и управления реле времени № 1, № 2 (см. рис. 1) – инди-

каторы DV-16232 FBLY-H/R и светодиоды HL1.

Кнопки S6, S7 (кнопки без фиксации) на плате подключают клавиатуру устройства (кнопки S1...S5) либо к реле времени № 1, либо к реле времени № 2. В начальном состоянии после подачи питания на устройство включается светодиод HL2 «P1», кнопки S1...S5 подключены к реле времени № 1 – в этом случае можно задать его параметры. При нажатии на кнопку S7 включается светодиод HL1, светодиод HL2 выключается. Кнопки S1...S5 при этом подключены к реле времени № 2 – соответственно, в этом случае можно задать параметры данного реле. Соединители X1 счётчиков № 1 и № 2 подключаются соответственно к соединителям X2, X3 платы клавиатуры.

Пусть клавиатура (кнопки S1...S5) подключена к реле времени №1.

Рассмотрим алгоритм его работы. В устройстве предусмотрены следующие функции: счёт реального времени, индикация текущего времени в 24-часовом формате в режиме часы – минуты – секунды, установка текущего времени и его корректировка, установка четырёх интервалов времени, в течение которых нагрузки, подключённые к соединителю X1, управляются в соответствии с заранее запрограммированным алгоритмом. В реле времени № 1 имеются 4 независимых канала № 1...№ 4, соответственно, количество подключаемых (управляемых) нагрузок равно 4, а во всём устройстве – 8.

Сигнал управления по каждому каналу (лог. 1 или лог. 0) определяется в каждом конкретном случае типом силового ключа (транзистор, симистор, твёрдотельное реле и пр.) или даже конкретной нагрузкой, поэтому условно примем, что при инициализации во все каналы выходного регистра DD2 загружается лог. 1. После этого пользователь устанавливает нужную конфигурацию.

Окончание любого интервала является началом следующего. Границы

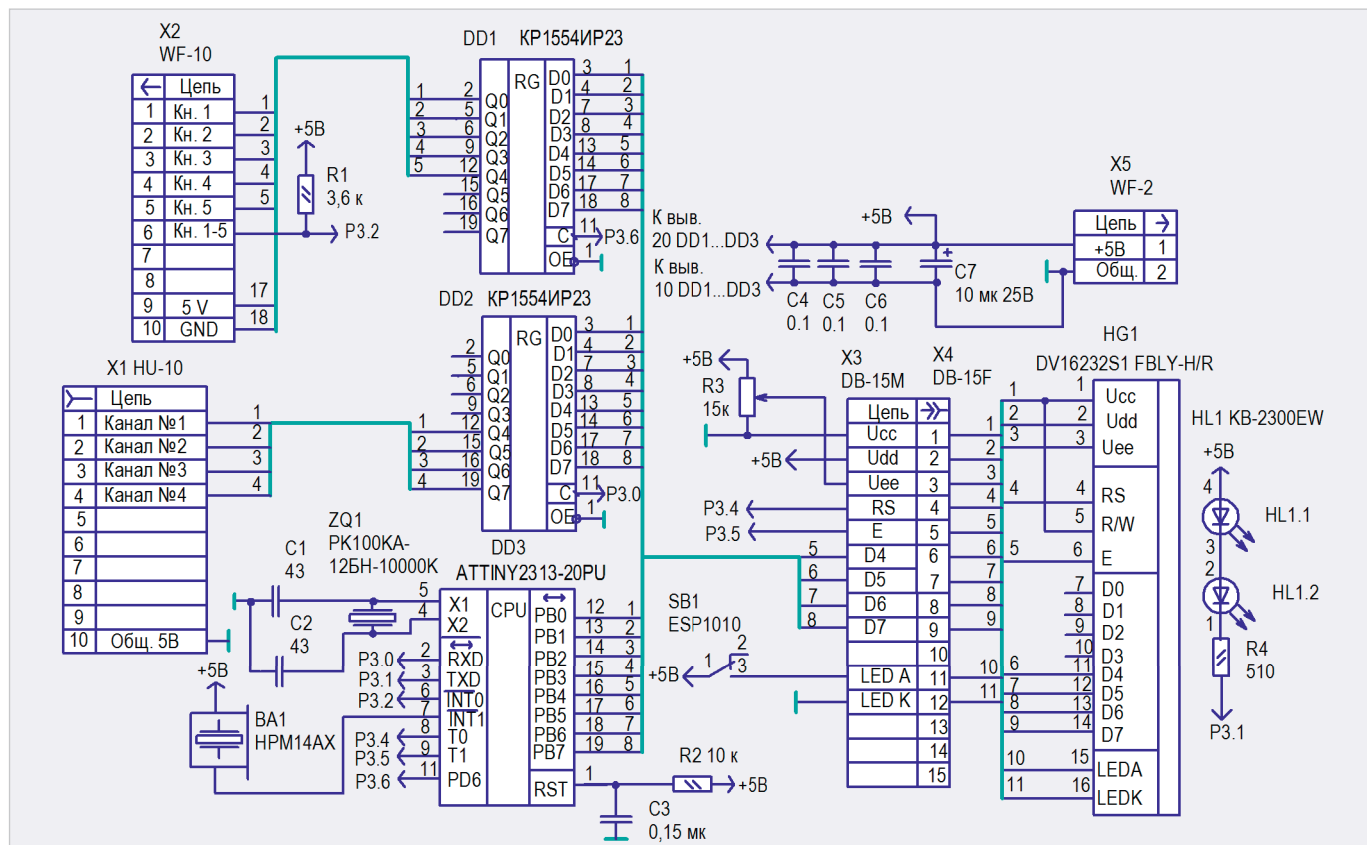


Рис. 1. Принципиальная схема реле времени № 1

интервалов в рамках 24-часового формата также программируются. Проще говоря, в устройстве можно запрограммировать 3 будильника, в момент срабатывания которых включаются или выключаются 4 нагрузки, подключённые к устройству. Время включения каждого будильника может быть установлено в 24-часовом формате в режиме часы – минуты, т.е. в данном формате можно установить любое время срабатывания для каждого будильника или границы 3 интервалов. Например, интервал №1 00:00–6:00; интервал №2 6:00–12:00; интервал №3 12:00–24:00.

На дисплее ЖК-индикатора HG1 можно одновременно наблюдать текущее время и границы одного из трёх интервалов, а также состояние 4 нагрузок (лог. 1 или лог. 0.) в данном интервале. Если текущее время совпало с началом какого-либо интервала, включается звуковая сигнализация длительностью 60 с с частотой повторения 2 Гц и в регистр DD2 загружается байт управления нагрузками для данного интервала времени.

Кнопки клавиатуры имеют следующее назначение:

- S1 (P) – выбор режима работы устройства в замкнутом цикле («Интервал 1», «Интервал 2», «Интервал 3»); после подачи питания устройство сразу переходит в режим «Интервал 1»; каждое нажатие данной кнопки переводит устройство в следующий режим; после интервала 3 следует интервал 1;
- S2 (▲) – увеличение на единицу значения каждого разряда при установке текущего времени часов и временных интервалов, а также принудительное выключение звукового и светового сигналов в начале каждого интервала: инкремент происходит в разрядах временных значений, в разрядах отображения состояния нагрузок происходит изменение состояния лог. 1 на лог. 0 и наоборот;
- S3 (◀) – выбор разряда: при установке значений во всех указанных режимах у выбранного разряда устанавливается курсор; при каждом нажатии на данную кнопку курсор сдвигается на один разряд влево;
- S4 (▶) – выбор разряда: при установке значений во всех указанных режимах у выбранного разряда устанавливается курсор; при каждом нажатии на данную кнопку курсор сдвигается на один разряд вправо;
- S («Общ. выкл») – экстренное выключение всех нагрузок, подключённых

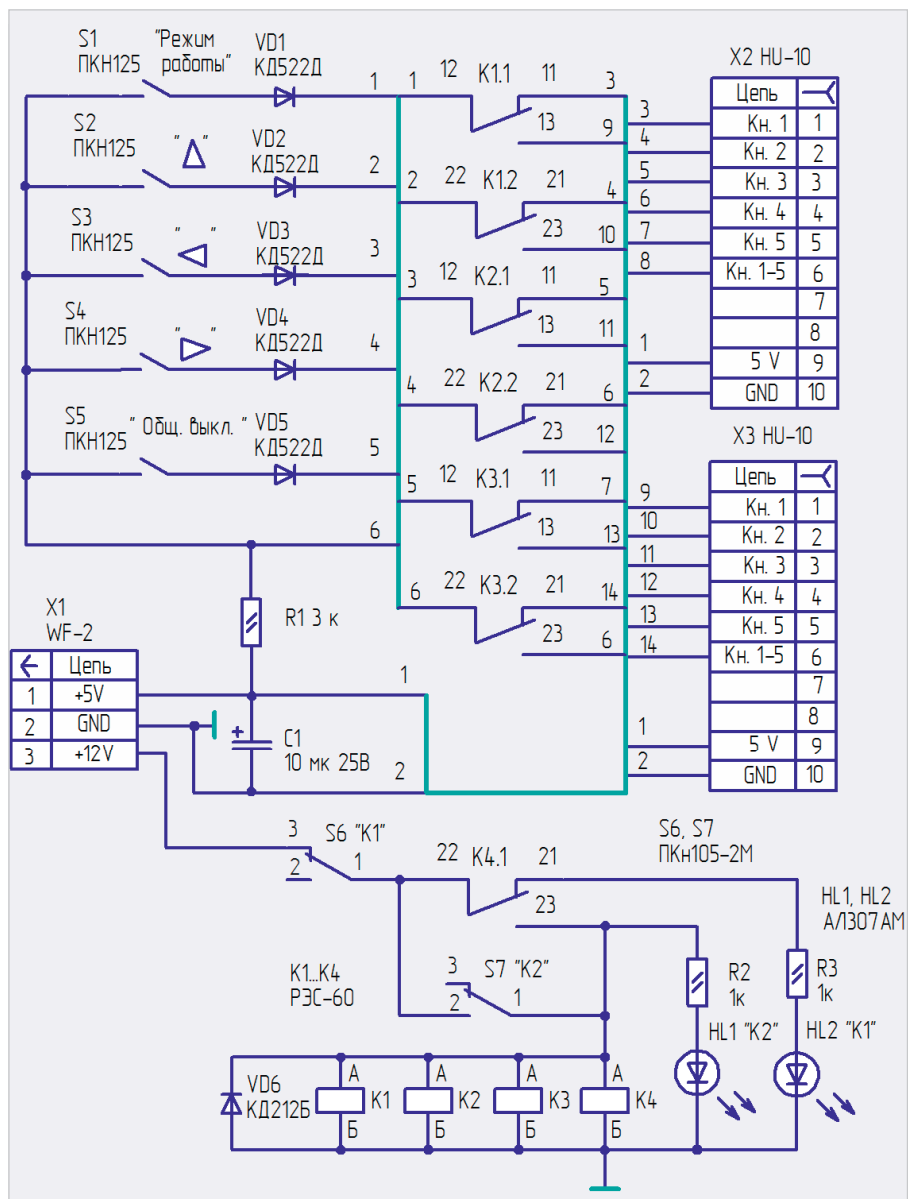


Рис. 2. Принципиальная схема платы клавиатуры

к устройству, установка сигналов уровня лог. 1 во всех каналах.

В каждой строке ЖК-индикатора HG1 отображается 16 символов. Подробное описание индикатора DV-16232 FBLYN/R можно найти в [1]. Разряды дисплея индикатора HG1 в устройстве имеют следующее назначение:

- первая строка:
 - разряд 1 отображает десятки часов текущего времени;
 - разряд 2 отображает единицы часов текущего времени;
 - разряд 3 отображает символ «:» с периодом включения 1 с во всех режимах; во время корректировки или установки текущего времени символ «:» включён постоянно;
 - разряд 4 отображает десятки минут текущего времени;
 - разряд 5 отображает единицы минут текущего времени;

- разряд 6 отображает символ «.» с периодом включения 1 с во всех режимах; во время корректировки или установки текущего времени символ «.» включён постоянно;
- разряд 7 отображает десятки секунд текущего времени;
- разряд 8 отображает единицы секунд текущего времени;
- разряды 9...12 отображают пробел;
- разряды 13...16 отображают состояние нагрузок № 1–4 в текущем выбранном режиме; если разряд отображает «1» – соответствующая нагрузка включена (или будет включена, когда текущее время будет в границах отображаемого интервала), если разряд отображает «0» – соответствующая нагрузка отключена;
- вторая строка:
 - разряд 1 отображает текущий режим работы устройства; если

Система команд индикатора HG1

Инструкция	Код										Время исполнения, мкс
	RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0	
Очистка дисплея	0	0	0	0	0	0	0	–	0	0	82–1640
Возврат в начало	0	0	0	0	0	0	0	0	1	*	40–1640
Установка режима ввода	0	0	0	0	0	0	0	1	I/D	S	40
Дисплей включить/ выключить	0	0	0	0	0	0	1	D	C	B	40
Сдвиг курсора и дисплея	0	0	0	0	0	1	S/C	R/L	*	*	40
Установка функций	0	0	0	0	1	DL	N	F	*	*	40
Установка адреса GG RAM	0	0	0	1	Acs						40
Чтение флага BF и счётчика AC	0	1	BF	AC							1
Запись данных GG или DD RAM	1	0	Записываемые данные								40
Чтение данных GG или DD RAM	1	1	Читаемые данные								40

Примечание: * – безразличное состояние.

устройство работает в режиме «Интервал 1», в данном разряде индицируется «1», при работе в режиме «Интервал 2» индицируется «2», при работе в режиме «Интервал 3» индицируется «3»;

- разряд 2 отображает пробел;
- разряды 3...7 показывают в часах и минутах (значения разделены символом «:») начало интервала в отображаемом режиме работы устройства;
- разряд 8 отображает пробел;
- разряды 9...13 отображают в часах и минутах (значения разделены символом «:») конец интервала в отображаемом режиме работы устройства;
- разряд 14 отображает пробел;
- разряд 15 отображает флаг RAZ, разрешающий включение нагрузок во всех запрограммированных интервалах;
- разряд 16 отображает курсор (во всех режимах сразу после подачи напряжения питания).

После подачи питания устройство переходит в режим «Интервал 1». В первом разряде второй строки дисплея индицируется «1». Только в данном режиме можно устанавливать или корректировать текущее время. Для этого необходимо кнопками S3 или S4 подвести курсор к изменяемым разрядам текущего времени и кнопкой S2 изменить значение разряда. Для установки начального и конечного значений интервалов необходимо проделать аналогичные операции. Текущее время и флаг RAZ отображаются во всех режимах. Для программирования подключаемых нагрузок необходимо подвести курсор к нужному разряду и кнопкой S2 изменить его значение. Каждое нажатие кнопки S2 в данном случае инвертирует предыдущее состояние разряда. После подачи питания при инициализации в раз-

ряды 10...15 первой строки заносится «1» (нагрузки отключены). Для разрешения управления нагрузками необходимо флаг RAZ (отображаемый в 15-м разряде второй строки на дисплее индикатора) установить в единицу. Для этого кнопками S3 или S4 следует подвести курсор к данному разряду и кнопкой S2 установить нужное значение. Каждое нажатие кнопки S2 в этом случае инвертирует предыдущее состояние данного разряда. Изменение режима работы (перебор программируемых интервалов времени), как уже упоминалось ранее, осуществляется кнопкой S1.

Таким образом, устанавливая показания каждого разряда индикатора, можно оперативно выставить требуемое текущее время, границы интервалов и каналы управления нагрузками в данных интервалах. Изменить флаг RAZ можно только в режиме «Интервал 1». Границы интервалов можно перепрограммировать. В приведённом на рисунке 2 примере дисплей индикатора отображает текущее время 12 ч 43 мин. 56 с, в режиме работы «Интервал 3» запрограммировано включение нагрузок 3, 4. Однако нагрузки включены не будут, поскольку флаг RAZ не установлен.

Пьезоэлектрический излучатель BA1 включается с вывода 7 микроконтроллера DD3. Сигнал с выхода 3 микроконтроллера DD3 через резистор R4 с периодичностью 1 с включает световую полосу HL1 в соответствии с алгоритмом работы устройства. С порта PB микроконтроллер DD3 управляет ЖК-индикатором HG1 и клавиатурой (кнопки S1...S5) через регистр DD1. Для функционирования клавиатуры также задействован вывод 6 микроконтроллера DD3. Резистор R4 – токоограничительный для световой полосы HL1. Питающее напряжение поступает на плату реле с соединителя X5. Конден-

саторы C4...C6 отфильтровывают пульсации в цепи питания +5 В.

ЖК-индикатор HG1 работает в режиме 4-разрядной шины данных. Для передачи данных в ЖК-индикатор HG1 задействована старшая тетрада байта, пересылаемого микроконтроллером в порт PB1. С вывода 8 микроконтроллера DD1 поступает сигнал, информирующий индикатор о типе передаваемых данных (RS=1 – данные, RS=0 – сигнал). С вывода 9 микроконтроллера DD3 поступает строб-сигнал, по падению которого из 1 в 0 осуществляется запись данных в индикатор. В чтении данных из индикатора необходимость отсутствует, поэтому вывод 5 (R/W) подключён к общему проводнику. С переменного резистора R3 на вывод 3 индикатора поступает напряжение, уровень которого регулирует контраст формируемого индикатором изображения. В двухстрочном дисплее курсор автоматически сдвигается с первой на вторую строку после достижения 40-го знакоместа. Если дисплей содержит в строке 16 символов, то для перехода на вторую строку необходимо снова устанавливать адрес ячейки видеопамати индикатора (DD RAM). Система команд индикатора HG1 приведена в таблице.

Подробное описание инструкций, а также таблицу знакогенератора индикатора можно найти в интернете или в каталогах фирмы-производителя. Следует отметить, что подобные индикаторы со встроенным микроконтроллером – очень гибкие изделия, позволяющие оптимизировать схемотехнический узел базовый микроконтроллер – индикатор и организовывать различные режимы ввода в него информации. Вывод информации из базового микроконтроллера в индикатор легко оформить в виде процедуры. Как видно из схемы, для подключения индикатора задействовано 6 линий порта P1.

Программное обеспечение микроконтроллера полностью обеспечивает реализацию алгоритма работы электронных часов. Задача «часовой части» программы – формирование точных временных интервалов длительностью 1 с – решена с помощью прерываний от таймера T/C1 и счётчика на регистре R25 (sek1), который подсчитывает количество прерываний. Когда оно достигает определённого значения, текущее время увеличивается на 1 с. В памяти данных микроконтроллера по

адресам \$2...\$F организован буфер отображения для вывода информации на дисплей индикатора.

Адресное пространство памяти данных контроллера разбито на следующие функциональные группы:

- \$2...\$7 – адреса, где хранятся данные о текущем времени в минутах и секундах (регистры R2...R7); эти адреса выводятся на индикатор во всех режимах;
- \$80...\$83 – адреса, где хранятся данные о времени начала первого или окончания третьего интервала в часах и минутах; эти адреса выводятся на индикатор в режимах «Интервал 1» и «Интервал 3»;
- \$84...\$87 – адреса, где хранятся данные о времени начала второго интервала в часах и минутах; эти адреса выводятся на индикатор в режимах «Интервал 1» и «Интервал 2»;
- \$88...\$8B – адреса, где хранятся данные о времени начала третьего интервала; эти адреса выводятся на индикатор в режиме «Интервал 2» и «Интервал 3».

Сразу после подачи питания на выводе 1 микроконтроллера DD1 через RC-цепь R2C3 формируется сигнал системного аппаратного сброса микроконтроллера DD3, после чего начинается процесс инициализации программы, в которой настраивается индикатор HG1. При этом происходит очистка его буфера, разрешается отображение курсора. Для уменьшения числа линий ввода, требуемых для записи информации в индикатор, размер шины устанавливается равным 4 бит. В регистр DD2 записываются сигналы уровня лог. 1 (нагрузки выключены). Сразу после инициализации индикатора HG1 на нём индицируется следующее состояние:

00:00:00 1111
1 00:00 00:00 0_

Далее начинается отсчёт текущего времени и разрешается работа устройства по приведённому ранее алгоритму. Каждый байт из функциональной группы буфера отображения в подпрограмме обработки прерывания таймера выводится в порт PB микроконтроллера DD3. Номер группы или режим работы записан в регистре R16 (regim). В процессе обработки подпрограммы прерывания происходит опрос клавиатуры. Старшая тетрада выводимого при

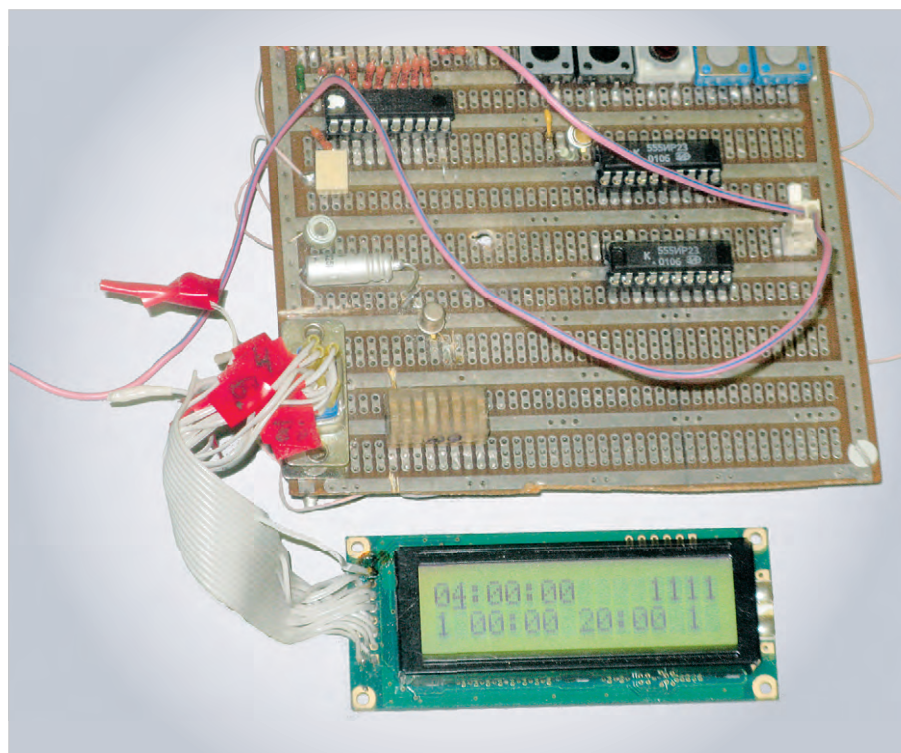


Рис. 3. Макет устройства

этом в регистр DD1 байта для клавиатуры представляет собой код «бегущий ноль». После записи данного байта в регистр DD1 микроконтроллер DD3 анализирует сигнал на входе 6 (PD2). В рамках вышеуказанной подпрограммы при любой нажатой кнопке на входе 6 микроконтроллера присутствует лог. 0. Таким образом, каждая кнопка клавиатуры привязана к своему биту в старшей тетраде байта данных для клавиатуры.

Посредством нажатия на кнопку S1 инкрементируется регистр R16 и тем самым задаётся один из ранее описанных девяти режимов работы. На регистре R21 (KURSОР) реализован счётчик, который определяет сдвиг курсора на дисплее индикатора HG1 в этой же подпрограмме. Посредством нажатия кнопки S3 счётчик инкрементируется, курсор на дисплее индикатора сдвигается на разряд влево. При нажатии на кнопку S4 счётчик декрементируется, курсор на дисплее индикатора сдвигается на разряд вправо. При нажатии на кнопку S2 устанавливается флаг, разрешающий инкрементировать разряд, выбранный кнопками S2, S3. В основной программе происходит отсчёт текущего времени, установка времени включения будильников, сравнение текущего времени с временем срабатывания будильников, включение световых и звуковых сигналов, задание значений текущего времени, будильников и байта нагруз-

зок. Байт нагрузок BTOUT2 выводится в регистр DD2. Разработанная программа на ассемблере занимает почти всю память программ микроконтроллера DD3 – порядка 2 Кбайт. Общий вид реле времени представлен на рисунке 3.

В реле времени использованы резисторы C2-33H-0.125, но подойдут и любые другие с такой же мощностью рассеивания и погрешностью 5%, резистор R3 типа СП5-2ВА и любой другой такого же номинала. Конденсаторы C7 типа K50-35. Остальные конденсаторы типа K10-17. Движковый переключатель SB1 для включения подсветки индикатора HG1 расположен на печатной плате устройства. Конденсаторы C4...C6 расположены у корпусов микросхем DD1...DD3 и между цепью +5 В и общим проводником. Световая полоса HL1 – KB-2300EW красного цвета. В устройстве отсутствуют какие-либо настройки и регулировки, кроме регулировки контрастности индикатора HG1 переменным резистором R3, и если монтаж выполнен правильно, то оно начинает работать сразу после подачи напряжения питания. Вращением движка в переменном резисторе R3 выставляется приемлемый контраст изображения индикатора HG1.

ЛИТЕРАТУРА

1. www.chipdip.ru.

Altium Designer 20.0: обзор новых возможностей

Павел Демидов (pavel.demidov@altium.com)

В конце 2019 года была выпущена новая версия системы автоматизированного проектирования устройств на базе печатных плат – Altium Designer 20.0. В этом релизе были добавлены нововведения, расширяющие возможности проектирования, а также повышающие быстродействие системы. В данной статье рассмотрены основные нововведения Altium Designer 20.0.

УЛУЧШЕНИЯ ТРАССИРОВКИ

Возможности интерактивной трассировки активно развиваются от версии к версии [1, 2], и в Altium Designer 20.0 также доступен ряд нововведений и улучшений, касающихся этого ключевого для конструирования печатных плат инструмента.

Трассировка под любым углом и дугами

В Altium Designer 20.0 большой упор сделан на трассировку под произвольным углом и дугами. При использовании режима *Any Angle* (Любой угол) в процессе интерактивной трассировки система использует дуги в изломах для обхода препятствий, таких как, напри-

мер, переходные отверстия (см. рис. 1). Это работает как при самой интерактивной трассировке, так и при перетаскивании существующих трасс и сглаживании выделенных трасс. Такие возможности могут быть крайне эффективными для трассировки современных конструкций плат, например содержащих компоненты в корпусах BGA.

Улучшения перетаскивания трасс

Были также внесены значительные улучшения в перетаскивание сегментов, что сделало изменение существующих трасс намного более удобным и предсказуемым. Кроме того, эти улучшения поддерживают работу с трассами под произвольным углом, дугами и с Т-образными соединени-

ями сегментов трасс, а также перетаскивание сразу множества сегментов.

Улучшения подстройки длины трасс

Были улучшены инструменты подстройки длины трасс: теперь меандры (объекты *Accordion*), полученные в результате работы команды *Interactive Length Tuning*, изменять проще и быстрее. Появилась возможность перетаскивать меандр мышью с его автоматическим перестроением на лету и поддержкой направления меандра перпендикулярно трассе (см. рис. 2а). Те же самые улучшения работают и для дифференциальных пар (см. рис. 2б).

УЛУЧШЕНИЯ РЕДАКТОРА СХЕМ

Новая динамическая модель данных

Одним из основных преимуществ системы является то, что Altium Designer – это единая среда проектирования, в основе которой лежит использование унифицированной модели данных. Эта модель позволяет обращаться к ней из различных редакторов Altium Designer, что избавляет от необходимости ручной передачи данных между ними и обеспечивает унификацию процесса проектирования. Для построения этой модели и доступа к ней для всех связанных процессов необходимо запустить компиляцию проекта. В Altium Designer 20.0 эта концепция получила дальнейшее развитие, и теперь для многих процессов нет необходимости в ручном запуске компиляции. К таким процессам относятся: отображение списка цепей и компонентов в панели *Navigator* (см. рис. 3), формирование состава изделия в ActiveBOM и многие другие. Компиляция теперь осуществляется в фоне, и таким образом модель данных динамически обновляется при различных действиях пользователя, в ходе которых происходит изменение проекта. Это большое обновление обеспечивает фундамент для будущих улучшений системы.

Рендеринг схем DirectX

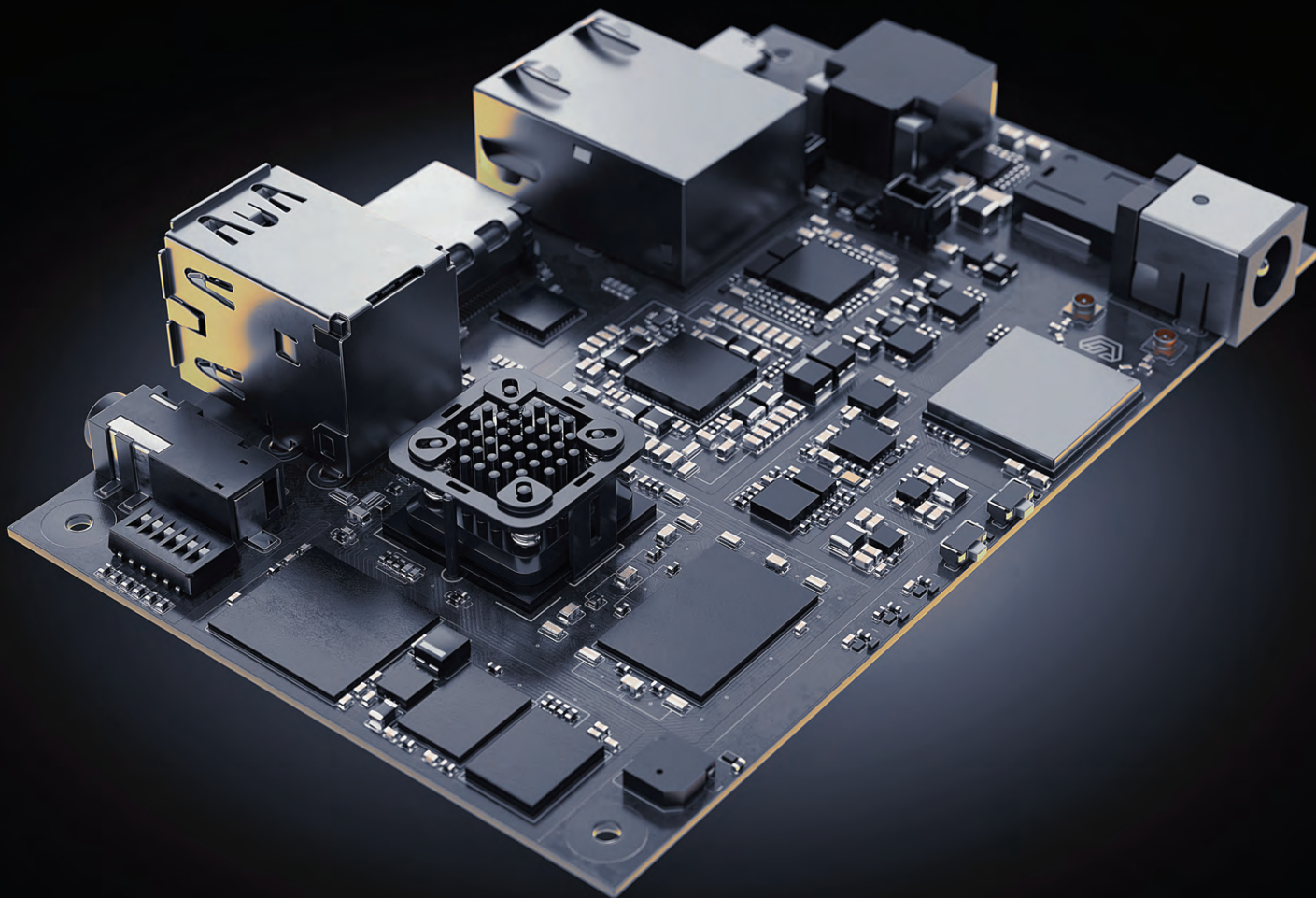
В Altium Designer 20.0 было обновлено графическое ядро, за счёт которого схемы визуализируются на экране. Теперь это ядро, работающее на осно-



Рис. 1. Режим Snake Routing интерактивной трассировки

ALTIUM

STARTUP PROGRAM 2020



Altium

Компания ООО “ЭЛМ”, официальный дистрибьютор компании ALTИUM на территории Российской Федерации, объявляет о начале действия программы ALTИUM DESIGNER STARTUP PROGRAM 2020. Данная программа позволит получить стартапам и индивидуальным предпринимателям доступ к современному программному обеспечению ALTИUM DESIGNER 20.

WWW.ALTИUMDESIGNER-20.RU



Тел. +7 (495) 005-51-45 Email: info@elm-c.ru www.elm-c.ru

Реклама

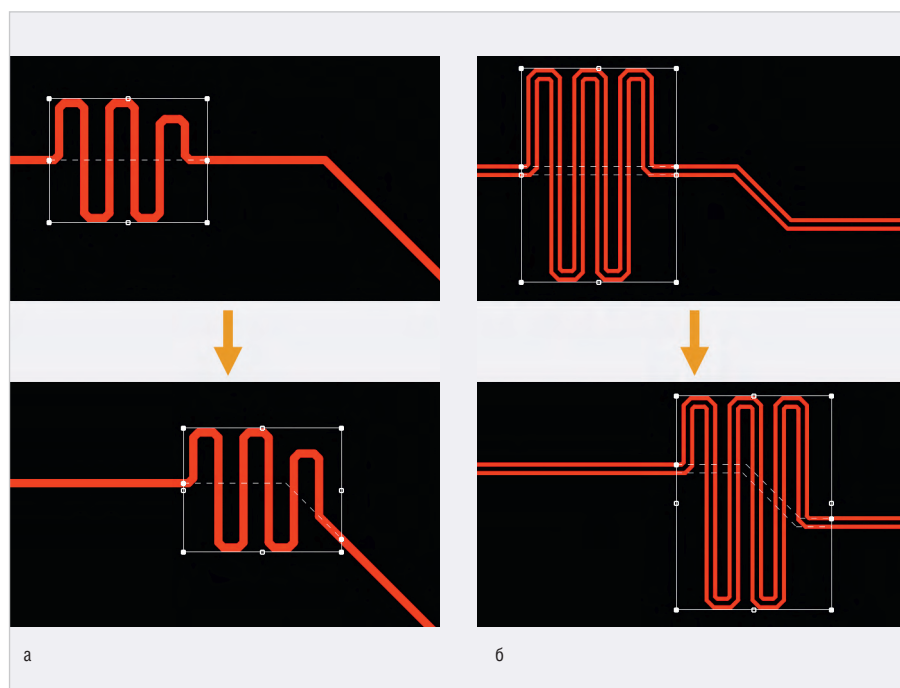


Рис. 2. Перетаскивание подстроечного меандра мышью: а) для одиночной цепи ; б) для дифференциальной пары

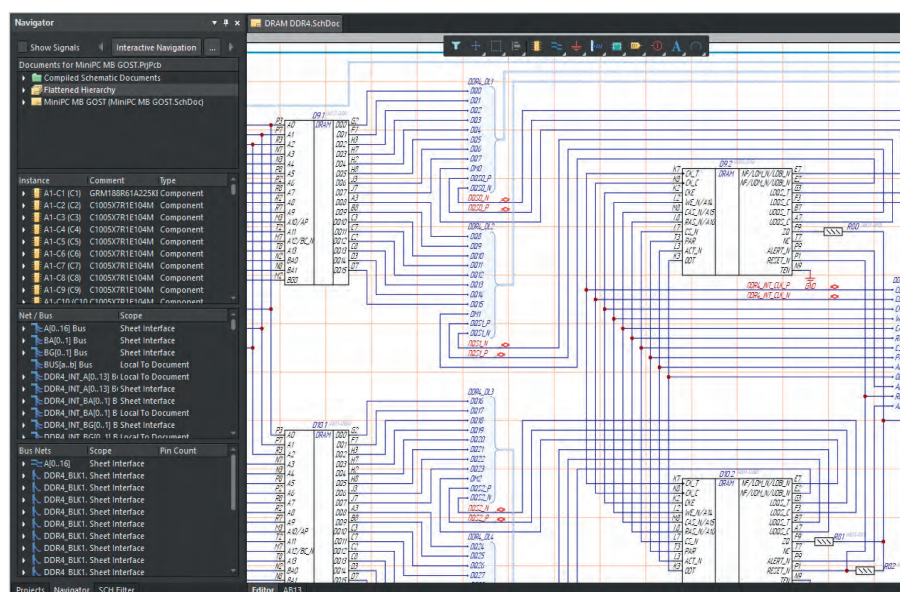


Рис. 3. Объекты проекта в панели Navigator

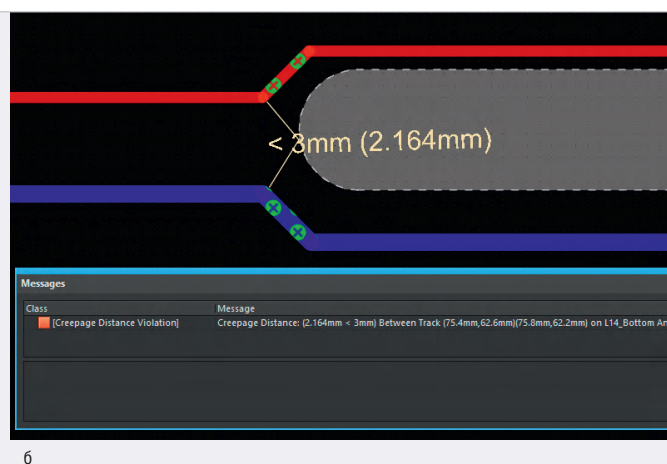
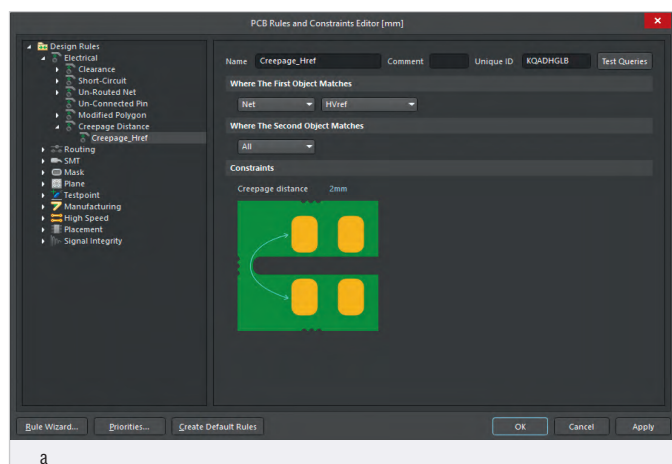


Рис. 4. Правило Creepage (а) и найденное с его помощью нарушение в конструкции платы (б)

ве DirectX, позволяет быстрее визуализировать сложные схемы, содержащие множество объектов. Скорость увеличена по сравнению с предыдущими версиями примерно в 10 раз, что позволяет масштабировать и панорамировать вид больших схем быстрее и плавнее.

Обновление имитатора SPICE

В Altium Designer 20.0 модуль расчётов был заменён на новый более эффективный имитатор SPICE, разработанный компанией Altium. Новое вычислительное ядро и его алгоритмы расчётов обеспечивают увеличенную в несколько раз производительность, а также более стабильные результаты расчётов.

Улучшения редактора плат

Помимо улучшений интерактивной трассировки, рассмотренных выше, редактора плат коснулись ещё несколько масштабных нововведений.

Новые правила проектирования

Были добавлены новые правила проектирования: *Creepage Distance* (Расстояние утечки) и *Return Path* (Возвратный путь).

Правило *Creepage Distance* позволяет задавать ограничения на минимальное расстояние между объектами различных цепей, но, в отличие от правила *Clearance* (Зазор), правило *Creepage Distance* считает это расстояние по непроводящей поверхности платы или по границе платы (см. рис. 4). Это может оказаться полезным, например, при конструировании силовых конструкций, где необходимо учитывать напряжение пробоя.

Правило *Return Path* проверяет непрерывный возвратный путь сигнала на указанном отсчётном слое, который находится выше или ниже сигнала, заданного правилом (см. рис. 5). Возвратный путь может быть сформирован из объектов *Fill*, *Region*

и *Polygon*, размещённых на сигнальном слое, или из экранных слоёв. Слои возвратных токов определяются указанным в правиле профилем импеданса.

Расчёт времени распространения сигнала

В Altium Designer 20.0 появилась возможность использования времени распространения сигнала вместо физической длины трасс. Правила проектирования *Length* и *Matched Length* для задания ограничений соответственно на длину трасс цепей и на допустимое расхождение между длинами групп цепей теперь поддерживают определение допуска в единицах измерения времени, а не длины (новая опция *Delay Units* в обоих правилах – см. рис. 6). Если применимые правила проектирования заданы в единицах времени распространения сигнала, то в процессе интерактивной подстройки длины трассы соответствующие значения будут отображаться в рабочей области, а также в панели *Properties*.

Помимо этого, значения времени распространения сигнала будут отображаться для отдельных сегментов трасс в панели *Properties*, а также эти значения могут быть заданы для контактных площадок или переходных отверстий (автоматический расчёт для объектов *Pad* и *Via* планируется реализовать в будущих версиях). Расчётные значения времени распространения сигнала могут быть отображены для цепей, дифференциальных пар и путей xSignal в соответствующих режимах панели PCB.

Для расчёта времени распространения сигнала используется решатель Simbeor SFS от компании Simberian®. Исходными данными для этих расчётов являются физические свойства, заданные в *Layer Stack Manager*.

Улучшения проектов Multi-board

В проектах Multi-board, появившихся в Altium Designer 18.0 [2], стало доступно формирование документа ActiveBOM с информацией о составе изделия для всей сборки многомодульного устройства. Таким образом, больше нет необходимости создавать документ с составом изделия для каждого отдельного проекта платы, после чего объединять все полученные данные в каком-либо стороннем приложении, например в электронной таблице.

Также для проектов Multi-board теперь доступен экспорт сборок в формат PDF3D, что позволяет просматривать 3D-модели этих сборок участникам процесса даже

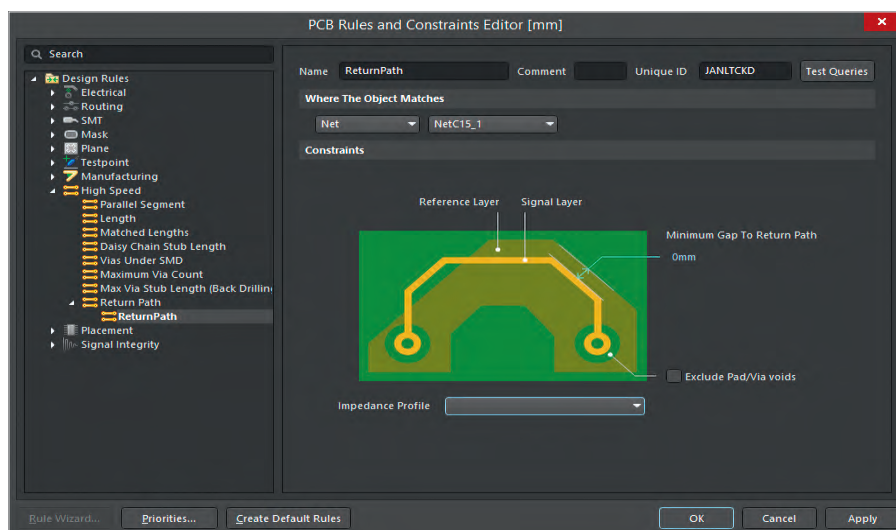


Рис. 5. Правило *Return Path*

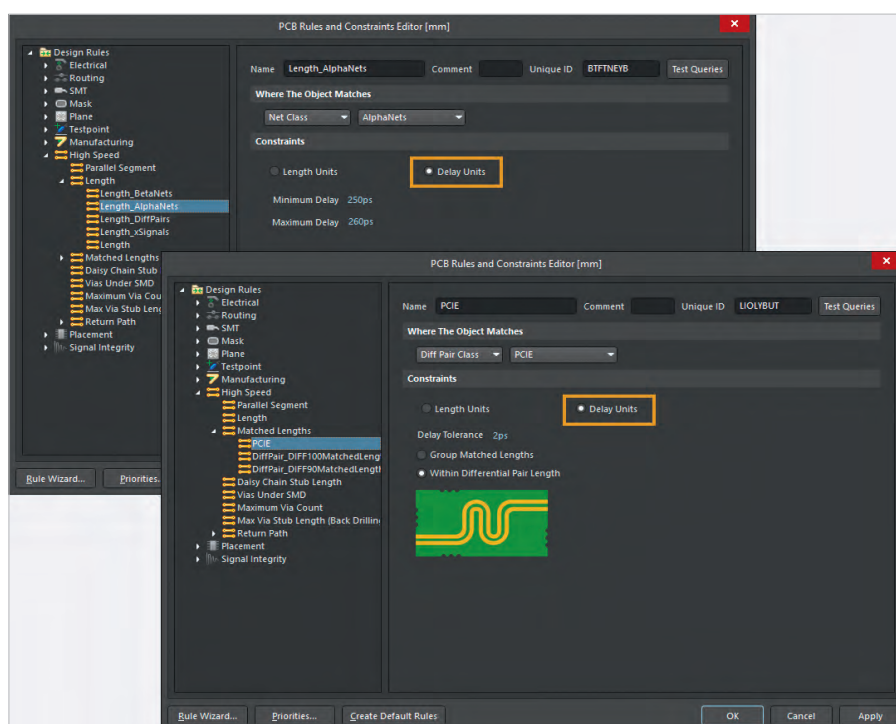


Рис. 6. Определение ограничений на основе времени распространения сигнала

без установленного Altium Designer и, с другой стороны, избавляет от необходимости формировать подобные документы в механических САПР или каких-либо других системах (см. рис. 7).

Некоторые из прочих улучшений

Улучшения средства миграции библиотек

Значительные улучшения коснулись средства миграции библиотек. Если вы используете или только переходите на серверные решения Altium, такие как Altium Concord Pro, вы можете перенести свои текущие файловые библиотеки на сервер управляемых данных и сделать компоненты управляемы-

ми. Обновлённое средство миграции библиотек *Library Migrator* теперь автоматически анализирует добавленные библиотеки и определяет типы компонентов по их префиксам позиционных обозначений и ключевым параметрам компонентов. Далее миграцию компонентов можно начать сразу, по нажатию одной кнопки, на основе доступных шаблонов компонентов система автоматически определит серверные папки, схемы именования ревизий и определения жизненных циклов для новых управляемых компонентов. При необходимости настройки процесса миграции пользователь может перейти в режим полного интерфейса средства *Library Migrator* и с помощью

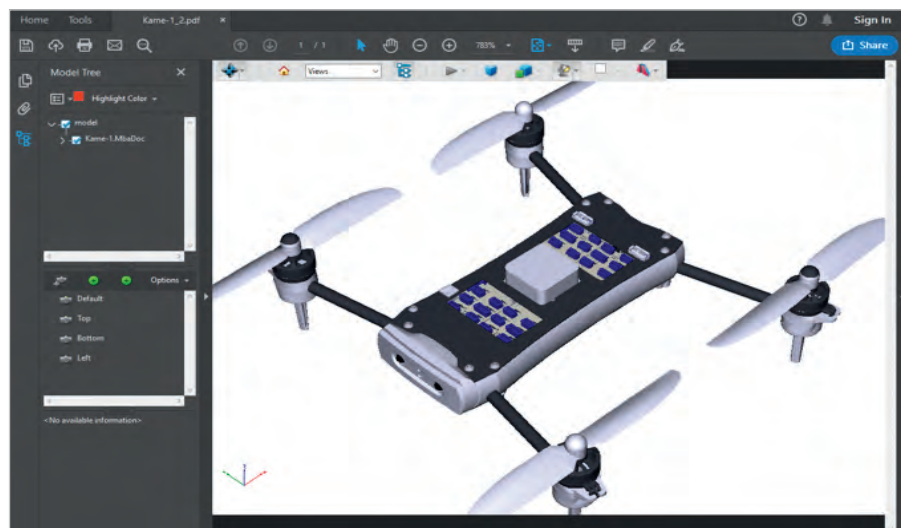


Рис. 7. Сборка *Multi-board*, экспортированная в PDF3D

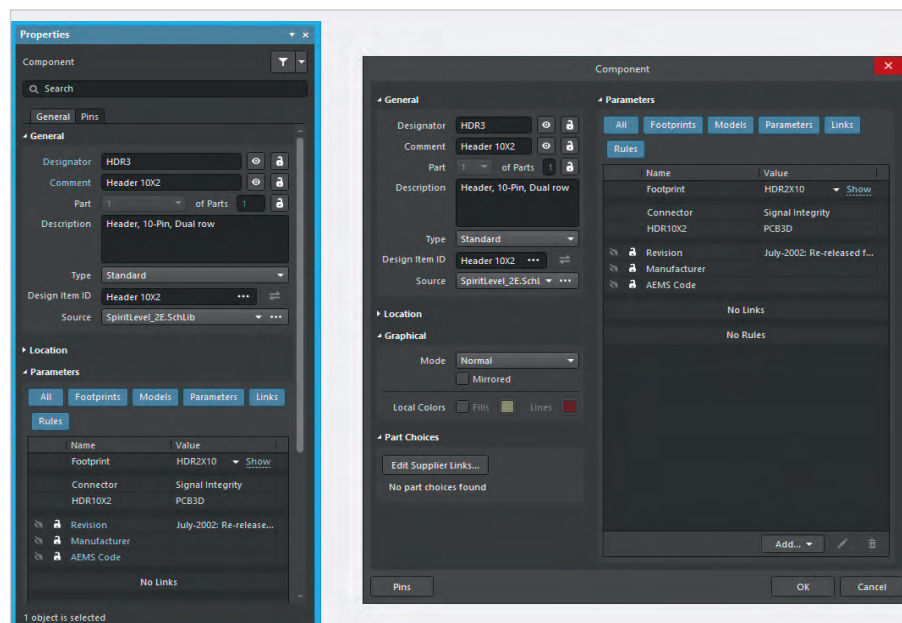


Рис. 8. Панель *Properties* в режиме *Component* (слева) и диалоговое окно *Component* (справа)

панели *Properties* внести необходимые изменения в преобразуемые библиотеки перед началом миграции.

Улучшения панели свойств

Панель *Properties*, ставшая с выходом Altium Designer 18.0 основным инструментом редактирования свойств различных объектов [2], также претерпела ряд улучшений.

Параметры объекта *Component* (Компонент) редактора схем теперь отображаются в раскрывающейся области *Parameters* панели *Properties*, а не на отдельной вкладке, которая была исключена. С помощью элементов управления этой области теперь также можно осуществлять редактирование таких аспектов компонента, как подключённые посадочные места, моде-

ли, правила, ссылки на справочную информацию и т.п.

Панель свойств для объекта *Polygon Pour* (Заливка полигоном) редактора плат теперь включает в себя область *Actions*, позволяющую выполнять основные действия над полигоном, такие как его повторная заливка и отключение, что ранее было доступно только через главное меню редактора или контекстное меню выделенного полигона.

Помимо редактирования свойств объектов редактора схем и редактора плат с помощью панели *Properties*, в Altium Designer 20.0 для этого стали доступны модальные диалоговые окна, которые открываются двойным щелчком кнопкой мыши по объекту (настроить такое поведение системы можно через окно системных настроек *Preferences*). В этих диало-

говых окнах доступны те же самые поля и настройки, что и в панели *Properties*. Пример панели *Properties* и нового диалогового окна для объекта *Component* редактора схем показан на рисунке 8.

Экспорт документов *Draftsman* в DXF

Документ *Draftsman* теперь можно экспортировать в векторный формат DXF (команда *File* » *Export to Dxf*), что позволяет его дорабатывать в сторонних 2D-САПР при необходимости.

Восстановление панелей *To-Do* и *Clipboard*

По запросам многих пользователей в Altium Designer 20.0 восстановлены панели *To-Do* и *Clipboard*, которые были удалены с выходом Altium Designer 18.0. Панель *To-Do* служит для записи инструкций и задач, которые необходимо выполнить для текущего проекта или документа. В панели *Clipboard* отображаются скопированные объекты, которые могут быть добавлены в документы Altium Designer.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной статье рассмотрены лишь основные нововведения Altium Designer 20.0. Помимо них, новая версия включает в себя множество менее масштабных улучшений и исправлений практически для всех редакторов и инструментов Altium Designer, которые, тем не менее, могут значительно повысить производительность и удобство работы в системе.

Большая часть нововведений была реализована на основе требований сообщества пользователей, транслированных через порталы BugCrunch [3] и Ideas [4], официальный форум [5] и службу поддержки SupportCenter [6]. С полным описанием всех изменений вы можете ознакомиться на сайте документации Altium [7].

ЛИТЕРАТУРА

1. Демидов П. Altium Designer 19.0: обзор новых возможностей. Современная электроника. 2019. № 1.
2. Демидов П. Altium Designer 18.0: обзор новых возможностей. Технологии в электронной промышленности. 2018. № 1.
3. <https://bugcrunch.live.altium.com>.
4. <https://bugcrunch.live.altium.com/#Ideas/New>.
5. <https://forum.live.altium.com>.
6. <https://www.altium.com/support>.
7. <https://www.altium.com/ru/documentation/altium-designer/new-in-altium-designer>.



НОВОСТИ МИРА

На RIW-2019 обсудили готовность российского бизнеса к искусственному интеллекту

43% российских предпринимателей не используют и не планируют использовать технологии искусственного интеллекта (ИИ) в своей работе, хотя 91% опрошенных отечественных бизнесменов осведомлены о существовании подобных технологий. Таковы результаты совместного исследования ВЦИОМ и Проектного офиса по реализации нацпрограммы «Цифровая экономика», которое было представлено на сессии «Россия – территория искусственного интеллекта» Российской недели интернета (RIW-2019).



«Среди спикеров сегодня – ведущие российские и международные игроки, которые, как мы надеемся, честно расскажут о том, как решения в области искусственного интеллекта трансформировали сложившиеся в их отраслях бизнес-модели, а также поделятся лучшими практиками и проблемами, с которыми пришлось столкнуться на пути реализации стратегий по внедрению ИИ», – задал тон дискуссии её модератор, директор департамента координации и реализации проектов по цифровой экономике Минкомсвязи России Михаил Насибулин.

Результаты исследования об отношении российских предпринимателей к технологиям ИИ представил руководитель Проектного офиса по реализации нацпрограммы «Цифровая экономика» Владимир Месропян. По его словам, в вопросах развития ИИ бизнес, в первую очередь, ждёт от государства поддержки профильного профессионального образования и переподготовки кадров, а также совершенствования законодательства в этой сфере.

Главный аналитик РАЭК Карен Казарян представил ключевые тренды применения ИИ в отраслях российской экономики: особое внимание спикер уделил сектору розничных продаж, где почти у трети российских компаний уже реализуются стратегии или планы по внедрению ИИ.

Владислав Шершульский, директор по перспективным технологиям Microsoft Россия, проанализировал сильные и слабые стороны России в области развития экосистемы ИИ. К первым он, отнёс наличие чёт-

ко сформулированной национальной стратегии, большое количество выпускников по STEM-специальностям (аббр. от англ. science, technology, engineering, mathematics) и высокие показатели одобрения ИИ в обществе.

Гендиректор ABBYY Дмитрий Шушкин особое внимание уделил барьерам на пути внедрения технологий искусственного интеллекта в российском бизнесе. Ключевым из них, по мнению эксперта, выступает отсутствие культуры инноваций и «права на ошибку»: российские компании слишком осторожно подходят к принятию решений, в то время как высокотехнологичные экономики, как правило, делают ставку на подход fail fast (ошибиться не страшно – гораздо важнее как можно раньше осознать, что было принято не самое эффективное решение, и отказаться от него).

Директор центра искусственного интеллекта ПАО «МТС» Аркадий Сандлер рассказал, как ИИ трансформирует сквозные бизнес-процессы в его компании, а вице-президент по корпоративному развитию и инвестициям Cognitive Technologies Альфия Каюмова – как будет развиваться рынок транспорта и логистики в условиях наступающей эры ИИ. По её мнению, развитие будет осуществляться по модели CASE. Иными словами, всё большее распространение будут получать подключённые (connected), беспилотные (autonomous), доступные для совместного использования (shared) и электрические (electric) транспортные средства.

Своё видение ситуации также представили IT-директор Procter & Gamble в Восточной Европе Евгений Ягнатынский, руководитель аналитических проектов департамента информационных технологий Москвы Иван Бутурлин и руководитель DataLab «Росбанка» Дмитрий Смирнов.

Закрывая сессию, Михаил Насибулин подчеркнул, что государство хочет способствовать тому, чтобы планы участников российской экосистемы ИИ воплотились в жизнь.

«Искусственный интеллект стал одной из приоритетных сквозных цифровых технологий федерального проекта «Цифровые технологии», в октябре была утверждена Национальная стратегия развития искусственного интеллекта на период до 2030 года, а сейчас на финальной стадии согласования находится одноименный федеральный проект, – напомнил он. – При этом мы осознаём, что ключевая роль в развитии ИИ будет принадлежать бизнесу. Наша же задача как государства – обеспечить максимально прозрачные и понятные правила игры для российского AI community».

Министерство цифрового развития, связи и массовых коммуникаций РФ

Новости из Азии

По информации агентства Bloomberg, китайские власти создали инвестфонд для поддержки местных производителей микросхем. В формировании фонда объёмом \$28,9 млрд участвуют как министерство финансов и госбанки, так и региональные власти и госпредприятия, типа China Tobacco. Главная задача, – снизить зависимость страны от импорта микросхем, в первую очередь из США. Страна ежегодно импортирует полупроводников на \$200 млрд, и в свете обострения отношений с Западом это не может не беспокоить китайское руководство.

Крупнейший азиатский дистрибьютор полупроводников со штаб-квартирой на Тайване, компания WPG, сообщила о планах покупки 30-процентной доли своего тайваньского же конкурента, компании WT Microelectronics. На эти цели планируется израсходовать \$266,6 млн. Покупатель называет это «чисто финансовыми инвестициями» в прибыльный бизнес и заявляет об отсутствии планов вмешательства в операционную деятельность WT Microelectronics. По итогам прошлого года компании занимали соответственно 2-е и 3-е места в глобальном рейтинге EPS.

Крупнейший тайваньский производитель и один из лидеров рынка пассивных компонентов, компания Yageo договорилась о покупке за \$1,8 млрд своего американского конкурента, компании Kemet. Обе компании имеют сходный номенклатурный портфель и близкие «весовые категории»: оборот Kemet за последние 12 месяцев составил \$1,38 млрд при числе работников в 16 тыс. человек, у Yageo оборот за тот же период (по сентябрь 2019) – \$1,56 млрд при штате 17 тыс. человек. Производственные мощности у компаний тоже схожи: у Yageo есть 19 заводов и 14 R&D-центров, у Kemet – 24 завода. Существенным отличием является тот факт, что Kemet ведёт свою историю с 1919 года, и весной компания отмечала своё 100-летие. А Yageo была основана в 1977 году и отметилась активной M&A-политикой. Последними её приобретениями в 2018 году стали Brightking Electronics и Pulse Electronics. Сделка одобрена советами директоров обеих компаний, и завершить её планируется во второй половине 2020 года. В России обе компании представлены и глобальными, и локальными дистрибьюторами и, наверняка, их состав будет трансформирован.

Новостная рассылка проекта «Мониторинг рынка электроники»

Динамическая индикация на базе светодиодных матриц в программной среде Proteus

Татьяна Колесникова (beluikluk@gmail.com)

В статье рассмотрены возможности программы Proteus по реализации динамической индикации на базе точечных светодиодных матриц разрешением 8×8 и 16×16. Кроме того, приведены примеры моделирования схем вывода информации с использованием микросхем матриц, работающих под управлением микроконтроллера ATmega16, компиляция программы инициализации которого выполнена в CodeVisionAVR.

ВВЕДЕНИЕ

Светодиодная матрица – это графический индикатор, который можно использовать для вывода простых изображений, букв и цифр, математических и специальных знаков, символов. Матричные светодиодные индикаторы позволяют отображать статический и анимированный текст (все символы латинского и русского алфавитов в достаточно узнаваемом виде) и графику и применяются в устройствах отображения информации различного характера, например в информационных табло в общественных местах (супермаркетах, банковских учреждениях и т.п.).

Для проектирования устройства вывода информации и моделирования его работы удобно использовать программную среду Proteus (в данном случае версии 8.1), библиотека компонентов которой содержит как аналоговые, так и цифровые компоненты, а также светодиодные матрицы и микроконтроллеры с возможностью их программирования.

При проектировании устройства вывода информации, работающего под управлением микроконтроллера AVR, написание программы инициализации и её компиляцию можно выполнить с помощью CodeVisionAVR 3.12 (интегрированной

среды разработки программного обеспечения для микроконтроллеров семейства AVR фирмы Atmel, которая имеет в своём составе компилятор языка C для AVR). CodeVisionAVR поддерживает все базовые конструкции языка C, которые используются при написании программ (алфавит, константы, идентификаторы, комментарии) и разрешены архитектурой AVR, некоторыми добавленными характеристиками, реализующими преимущество специфики архитектуры AVR. Используя специальные директивы, в любом месте программы можно включить ассемблерный код. Программные средства позволяют напрямую обращаться к регистрам микроконтроллера, управлять состоянием линий портов, а следовательно, и состоянием светодиодов (зажжён/отключён) проектируемого на базе светодиодных матриц устройства.

Матричный индикатор представляет собой массив светодиодов, объединённых в один корпус, и позволяет управлять каждым из них. Множество светодиодов сгруппировано в столбцы и строки. Разрешение матричного индикатора – это количество светодиодов по горизонтали и вертикали. Самые распространённые индикаторы имеют разрешение 8×8 точек (светодиодов). Встречаются матрицы разрешением 5×7, 5×8, 16×16. Если требуется светодиодная матрица большого разрешения, то её составляют из нескольких индикаторов.

Для управления светодиодной матрицей применяются два распространённых метода: статический и динамический. Для упрощения схемы управления, а также для сокращения количества выводов индикатора используется динамический способ управления, который подразумевает поочерёдное включение различных групп элементов отображения со скоростью, превышающей время

реакции человеческого глаза. Несмотря на то что изображение на индикаторе при таком способе управления в каждый момент времени неполное, глаз человека интегрирует его и видит целостную картинку. Динамическая индикация широко применяется для отображения различной информации, например температуры, напряжения, времени или просто количества срабатываний каких-либо устройств или датчиков.

Для реализации динамического способа управления все светодиоды в столбцах объединяются по анодам, а в рядах (строках) – по катодам (существуют варианты исполнения матричных индикаторов, в которых светодиоды в рядах объединяются по анодам). На аноды последовательно подаются положительные периоды напряжения, на катоды подаётся отрицательный сигнал. Чтобы сформировать полное изображение, необходимо для каждого столбца последовательно установить соответствующий код. Так, в случае индикатора на 5 столбцов по 7 точек в столбце необходимо установить для каждого из столбцов код из 7 бит. При этом чтобы зажечь точки, расположенные в нескольких строках определённого столбца светодиодной матрицы, нужно подать на вывод этого столбца логическую единицу, а на выводы этих строк – логический ноль (если в индикаторе светодиоды в столбцах объединены по анодам). В результате этого зажгутся светодиоды, которые находятся на пересечении столбца и строк.

Принцип работы точечного индикатора разрешением 5×7 демонстрирует рисунок 1, где светодиоды в строках объединены по катодам, а в столбцах по анодам. Чтобы сформировать полное изображение, для каждого столбца последовательно подаётся свой 7-битный код.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СХЕМЫ В PROTEUS

В Proteus светодиодные матрицы собраны в разделе *Dot Matrix Displays* библиотеки *Optoelectronics* и представлены точечными индикаторами разрешением 5×7 и 8×8 со светодиодами синего, зелёного, оранжевого и красного цветов. Также в программе есть

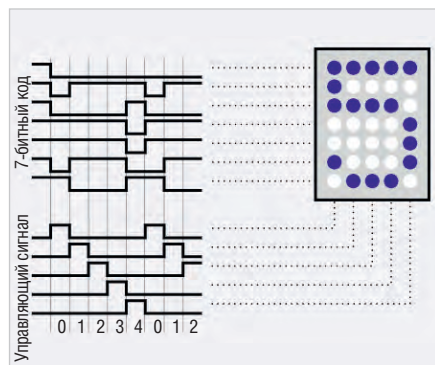


Рис. 1. Принцип работы точечного индикатора разрешением 5×7 пикселей

возможность создания и добавления в библиотеку компонентов пользовательских моделей, например матрицы разрешением 16×16 точек. Управление подсвечиванием точек выполняется путём подачи комбинаций логических нулей и единиц на выводы матрицы. Верхние выводы соответствуют строкам, а нижние – столбцам таблицы светодиодов.

К примеру, если необходимо зажечь два светодиода в 3-й и 4-й строках 2-го столбца (см. рис. 2а) точечного индикатора разрешением 8×8, то нужно на 2-й нижний вывод подать логическую единицу, а на 3-й и 4-й верхние выводы – логический ноль. Для того чтобы зажечь пять последних точек в 7-й и 8-й строках матрицы (см. рис. 2б), нужно подать логическую единицу на 4–8-й нижние выводы и логический ноль на 7–8-й верхние выводы. На свободные верхние выводы подаётся логическая единица, на нижние выводы – логический ноль.

Аналогичным образом управляют светодиодами матрицы разрешением 16×6. Например, чтобы зажечь шесть светодиодов в 6–11-й строках 7–11-го и 15-го столбца, нужно подать логическую единицу на 7–11-й нижние выводы и логический ноль на 6–11-й верхние выводы (см. рис. 2в).

В представленном примере значения логического нуля и единицы подаются на выводы микросхем точечных матриц с помощью инструментов *GROUND* и *POWER* панели *TERMINALS*. Открывают панель нажатием кнопки *Terminals Mode* на левой панели инструментов редактора *ISIS*.

Для управления матричным индикатором можно использовать микроконтроллер с достаточным количеством линий

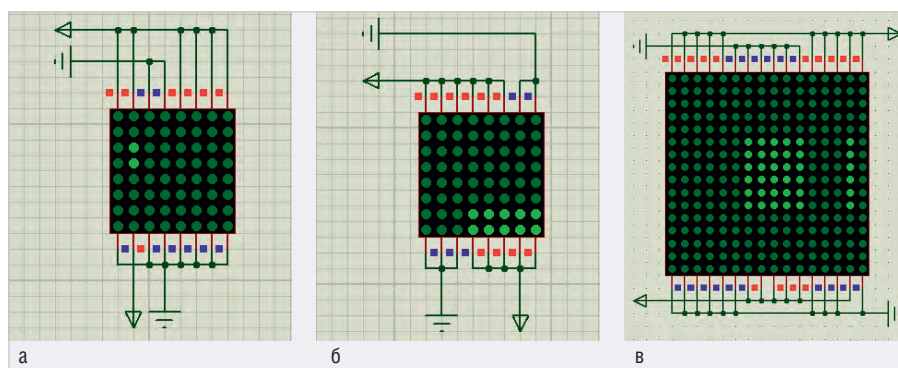


Рис. 2. Подсветка в матрицах разрешением 8×8 и 16×16: а) двух светодиодов во втором столбце; б) группы светодиодов в правом нижнем углу матрицы; в) группы светодиодов в 7–11-м и 15-м столбцах

ввода/вывода. Каких-либо стандартных правил сопряжения микроконтроллеров с точечными матрицами не существует. На практике для ограничения величины тока, протекающего через светодиоды, между выводами портов микроконтроллера и анодов светодиодов индикатора включают резисторы номиналом 300 Ом.

Создадим в Proteus новый проект и добавим в рабочее поле микросхему светодиодной матрицы зелёного цвета разрешением 8×8, для чего с помощью команды контекстного меню *Place* → *Component* → *From Libraries* редактора *ISIS* откроем окно *Pick Devices* и выберем левой кнопкой мыши из раздела *Dot Matrix Displays* библиотеки *Optoelectronics* микросхему *MATRIX-8X8-GREEN* (см. рис. 3а). Нажмём кнопку *OK* (окно *Pick Devices* будет закрыто) и разместим микросхему в рабочей области проекта.

Для тестирования работы светодиодной матрицы будем использовать микроконтроллер, в качестве которого применим микросхему *ATmega16*, представленную в разделе

AVR Family библиотеки *Microprocessor ICs* (см. рис. 3б).

Подсоединим верхние выводы микросхемы светодиодной матрицы к линиям *PC0–PC7*, а нижние к линиям *PD0–PD7* микроконтроллера *ATmega16*, как показано на рисунке 4. В данном примере управление строками светодиодной матрицы осуществляется с помощью выводов порта *PC* микроконтроллера, управление столбцами – с помощью выводов порта *PD*. Выбор линий портов микроконтроллера для подключения к выводам светодиодной матрицы производится разработчиком произвольно.

Создание программного кода в CodeVisionAVR

Формирование программного кода в *CodeVisionAVR* выполняют при помощи автоматического генератора *CodeWizardAVR* или вручную с нуля, используя синтаксис языка программирования *C* и функции стандартных библиотек программы. Удобство применения генератора состоит в быстром получении кода выполнения функций

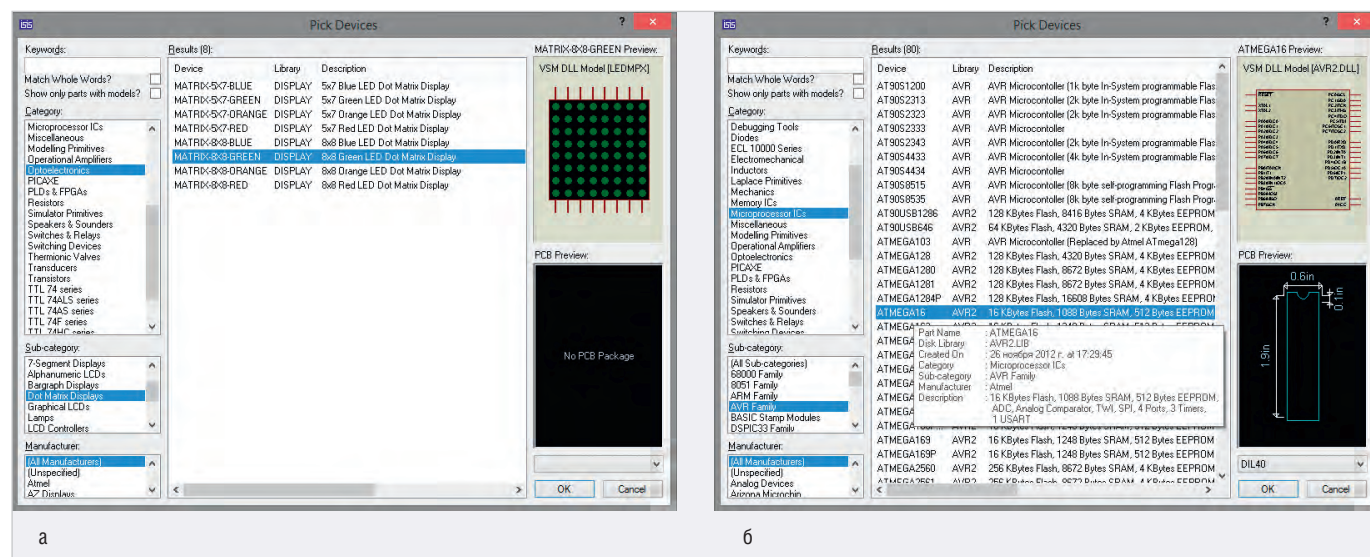


Рис. 3. Окно *Pick Devices* редактора *ISIS*: а) раздел *Dot Matrix Displays* библиотеки *Optoelectronics*; б) раздел *AVR Family* библиотеки *Microprocessor ICs*

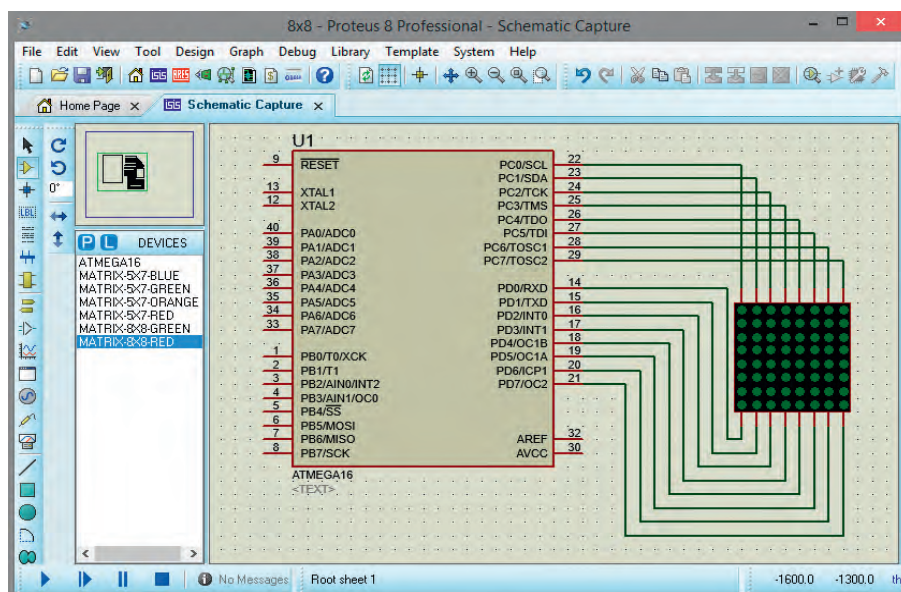


Рис. 4. Сопряжение микроконтроллера ATmega16 и микросхемы светодиодной матрицы разрешением 8×8

инициализации микроконтроллера и его портов ввода/вывода, аналогового компаратора, таймеров/счётчиков, интерфейсов UART и SPI, буквенно-цифровых и графических дисплеев и др. Однако в процессе работы мастера формируется достаточно объёмный код, который впоследствии приходится редактировать.

После создания с помощью команды основного меню *File* → *New* →

Project нового проекта в CodeVisionAVR открывается окно генератора кода *CodeWizardAVR*, где задаются параметры микроконтроллера, его внутренних ресурсов и используемых в схеме периферийных устройств. В данном примере это тип и частота работы микроконтроллера (вкладка *Chip Settings* – см. рис. 5а), опции портов ввода/вывода микроконтроллера (вкладка *Ports*

Settings – см. рис. 5б). Важно, чтобы значение тактовой частоты микроконтроллера, указанное в поле *Clock* вкладки *Chip Settings*, совпадало со значением в поле *CKSEL Fuses* его окна свойств в Proteus (в данном примере это 8 МГц). Окно генератора кода в *CodeVisionAVR* можно также открыть нажатием пиктограммы *Run the CodeWizardAVR* панели *Tools*, которую добавляют в проект с помощью команды *View* → *Toolbars* → *Tools* основного меню.

На вкладке *Ports Settings* для каждого отдельного порта микроконтроллера отведена своя закладка, где в поле *Direction* щелчком левой кнопки мыши можно выбрать одно из значений битов порта: *Out* (линия порта работает на вывод данных), *In* (линия порта работает на приём данных). В данном примере для бит Bit 0 – Bit 7 портов Port D и Port C нужно указать значение *Out*.

Предварительный просмотр кода программы, который генерируют с помощью команды *Program* → *Generate* основного меню, выполняют в поле *Program Preview*. После настройки параметров и генерации кода с помощью команды *Program* → *Generate, Save and Exit* основного меню или пиктограммы *Generate program, save and exit* верхней панели инструментов окно *CodeWizardAVR* будет автоматически закрыто. Полученный код отобразится в окне кода *CodeVisionAVR*, где и будет вестись дальнейшее написание программы. При этом автоматически сгенерированный код можно отредактировать на своё усмотрение.

Записывая в порт PD соответствующие биты, микроконтроллер может переключать столбцы матрицы. Между переключениями столбцов микроконтроллер должен выдержать паузу. Чтобы зажечь нужные светодиоды в столбце, необходимо программным путём записать в порт PC микроконтроллера соответствующий двоичный код. К примеру, чтобы зажечь три первых и один последний светодиоды второго столбца матричного индикатора разрешением 8×8, необходимо в порт PC записать двоичный код 0b01111000, а в порт PD – код 0b00000010. При таком способе подачи управляющих сигналов будут подсвечены сразу все светодиоды столбца, на катоды которых был подан логический ноль. Чтобы получить полную картинку, вывод столбцов символа/рисунка выполняется последовательно в цикле.

Для уменьшения мерцания отображаемых на индикаторе символов подсвет-

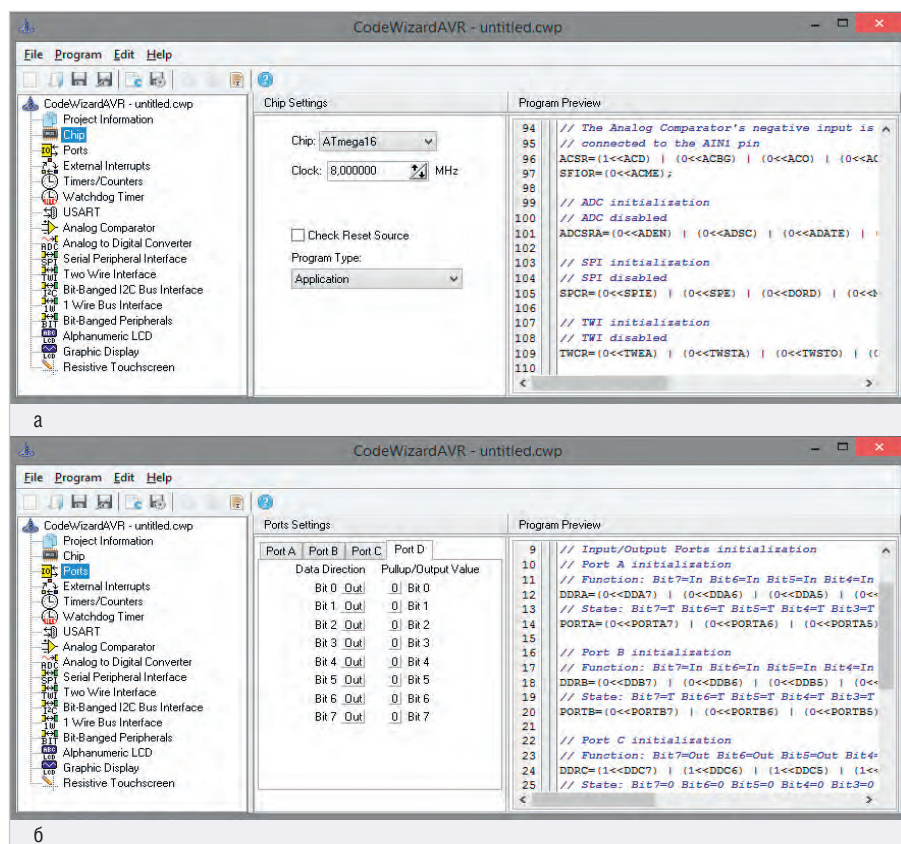


Рис. 5. Окно *CodeWizardAVR*: а) настройка параметров микроконтроллера; б) настройка параметров портов ввода/вывода микроконтроллера

Таблица 1. Двоичный код символа «5»

1	1	0	0	0	0	1	1
2	1	0	0	1	1	1	1
3	1	0	0	0	0	1	1
4	1	0	0	1	1	0	1
5	1	1	1	1	1	0	1
6	1	1	1	1	1	0	1
7	1	0	0	1	1	0	1
8	1	1	0	0	0	1	1
В.в.м. Н.в.м.	1	2	3	4	5	6	7 8

Примечание: В.в.м. – верхние выходы матрицы светодио-
дов; Н.в.м. – нижние выходы матрицы светодиодов.

ку светодиодов в столбце можно выпол-
нять по одному последовательно. Тогда
в программе инициализации микро-
контроллера вместо одной команды
PORTC=0b01111000, с помощью кото-
рой подаются управляющие сигналы
(логические нули) на катоды матрич-
ного индикатора, нужно записать
четыре команды PORTC=0b01111111,
PORTC=0b11111110, PORTC=0b11111101,
PORTC=0b11111011 и, соответственно,
четыре раза выдержать паузу длитель-
ностью в 1 мс – команда `delay_ms (1)`.

Вывод символов на матричном индикаторе разрешением 8×8

В качестве примера рассмотрим вывод
на экран микросхемы точечного инди-
катора разрешением 8×8 цифры 5. Дво-
ичный код данного символа представ-
лен в таблице 1. Точки, которые нужно
зажечь на матричном индикаторе, обо-
значены в таблице нулями, точки, кото-
рые не используются – единицами.

Формирование изображения на инди-
каторе выполним при помощи програм-
мы, написанной на языке C с включени-
ем с помощью директив `#asm` и `#endasm`
ассемблерного кода, что позволит
использовать регистры R0–R31 микро-
контроллера. При этом к регистру дан-
ных порта PD можно обращаться по
адресу ввода/вывода 0x12, а к регистру
данных порта PC – по адресу 0x15.

Текст программы представлен в
листинге 1.

Введём текст программы в окне кода
CodeVisionAVR и с помощью команды
основного меню *Project* → *Build All* запу-
стим компиляцию, по окончании кото-
рой выдаётся отчёт о наличии ошибок в
коде программы. Если ошибки не обнару-
жены, на диске компьютера будет создан
hex-файл для записи в микроконтроллер.

Теперь перейдём в Proteus и в окне
свойств микросхемы ATmega16 (окно
открывают двойным щелчком левой
кнопки мыши по выбранному на схе-

Листинг 1

```
#include <mega16.h> // подключение заголовочных файлов
#include <delay.h>

void main(void)
{
    PORTD=PORTC=0x00; // инициализация портов
    DDRD=0xff; // порт PD работает на вывод данных
    DDRC=0xff; // порт PC работает на вывод данных
    #asm
    ldi R19, 20 ; // запись в регистр R19 числа 20

    Loop: ; // начало цикла вывода рисунка на экран дисплея
    clr R18 ; // очистка регистра R18
    clr R17 ; // очистка регистра R17
    ldi R18, 0b00000010
    out 0x12, R18 ; // активизация второго столбца точечной матрицы
    ldi R17, 0b10110000
    out 0x15, R17 ; // вывод первого столбца символа «5»
    rcall pause ; // вызов подпрограммы задержки

    clr R18 ; // очистка регистра R18
    clr R17 ; // очистка регистра R17
    ldi R18, 0b00000100
    out 0x12, R18 ; // активизация 3-го столбца точечной матрицы
    ldi R17, 0b00110000
    out 0x15, R17 ; // вывод второго столбца символа «5»
    rcall pause ; // вызов подпрограммы задержки

    clr R18 ; // очистка регистра R18
    clr R17 ; // очистка регистра R17
    ldi R18, 0b00011000
    out 0x12, R18 ; // активизация 4-го и 5-го столбцов точечной матрицы
    ldi R17, 0b01111010
    out 0x15, R17 ; // вывод 3-го и 4-го столбцов символа «5»
    rcall pause ; // вызов подпрограммы задержки

    clr R18 ; // очистка регистра R18
    clr R17 ; // очистка регистра R17
    ldi R18, 0b00100000
    out 0x12, R18 ; // активизация 6-го столбца точечной матрицы
    ldi R17, 0b00000010
    out 0x15, R17 ; // вывод 5-го столбца символа «5»
    rcall pause ; // вызов подпрограммы задержки

    clr R18 ; // очистка регистра R18
    clr R17 ; // очистка регистра R17
    ldi R18, 0b01000000
    out 0x12, R18 ; // активизация 7-го столбца точечной матрицы
    ldi R17, 0b10000111
    out 0x15, R17 ; // вывод 6-го столбца символа «5»
    rcall pause ; // вызов подпрограммы задержки
    rjmp Loop ; // бесконечный цикл

    pause: ; // подпрограмма задержки
    subi R19, 1 ; // вычесть 1 из значения регистра R19
    brne pause ; // перейти на начало подпрограммы, если значение реги-
    стра R19 не равно 1
    ldi R19, 20 ; // если значение регистра R19 равно 1, записать в ре-
    гистр число 20
    ret ; // выход из подпрограммы
    #endasm
}
```

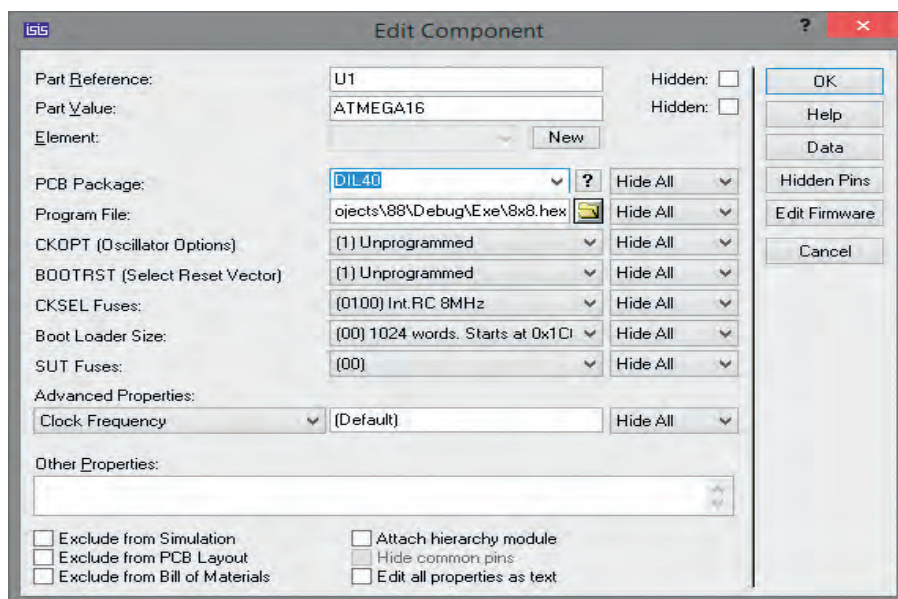


Рис. 6. Окно настроек микроконтроллера ATmega16

ме микроконтроллеру) в поле *Program
File* укажем путь к файлу прошивки на
диске компьютера (см. рис. 6). С помо-
щью команды основного меню *Debug* →
Run Simulation запустим в Proteus моде-
лирование собранной схемы (результат

представлен на рисунке 7) и про-
анализируем её работу.

Программным путём были даны ука-
зания микроконтроллеру через порт PD
отправить на нижние выходы микро-
схемы точечного индикатора двоич-

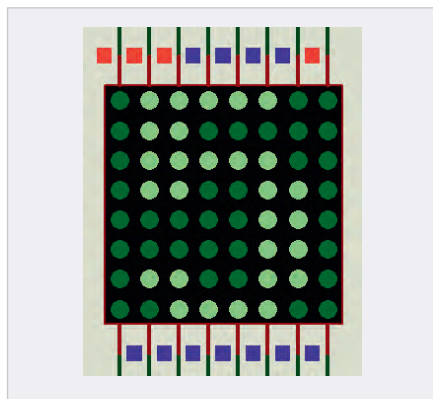


Рис. 7. Результат работы программы вывода символа на дисплей точечной светодиодной матрицы разрешением 8×8

ный код 0b00000010, который активизирует второй столбец матрицы. При этом через порт PC на верхние выводы микросхемы точечного индикатора подаётся двоичный код 0b10110000, который включает 5 светодиодов второго столбца матрицы (см. рис. 8а). После паузы длительностью 20 мс в порт PD программным путём подаётся двоичный код 0b00000100, который активизирует третий столбец матрицы. В порт PC подаётся двоичный код 0b00110000, который включает 6 светодиодов в этом столбце (см. рис. 8б). После паузы длительностью 20 мс в порт PD подаётся двоичный код 0b00011000, который активизирует два столбца матрицы (4-й и 5-й). Как в 4-м, так и в 5-м столбцах точечной матрицы нужно включить светодиоды, расположенные в 1-й, 3-й и 8-й строках (см. рис. 8в), поэтому в данном случае удобно активизировать сразу два столбца и подать через порт PC микроконтроллера на верхние выводы индикатора двоичный код 0b01111010, значения 1-го, 3-го и 8-го бита которого равны нулю. После паузы длительностью 20 мс в порт PD подаётся двоичный код 0b00100000, активизирующий 6-й столбец матрицы, в котором в результате записи кода 0b00000010 в порт PC будут подсвечены 1-й и с 3-го по 8-й светодиоды (см. рис. 8г). Далее после паузы программа инициализации микроконтроллера выводит в порт PD двоичный код 0b01000000, который активизирует 7-й столбец матрицы. При этом через порт PC на верхние выводы микросхемы точечного индикатора подаётся двоичный код 0b10000111, который включает четыре светодиода (см. рис. 8д).

Когда на дисплее отрисовано всё изображение, последовательность действий повторяется сначала. В результате на дисплее точечного индикатора будет отображён символ (цифра 5). Статиче-

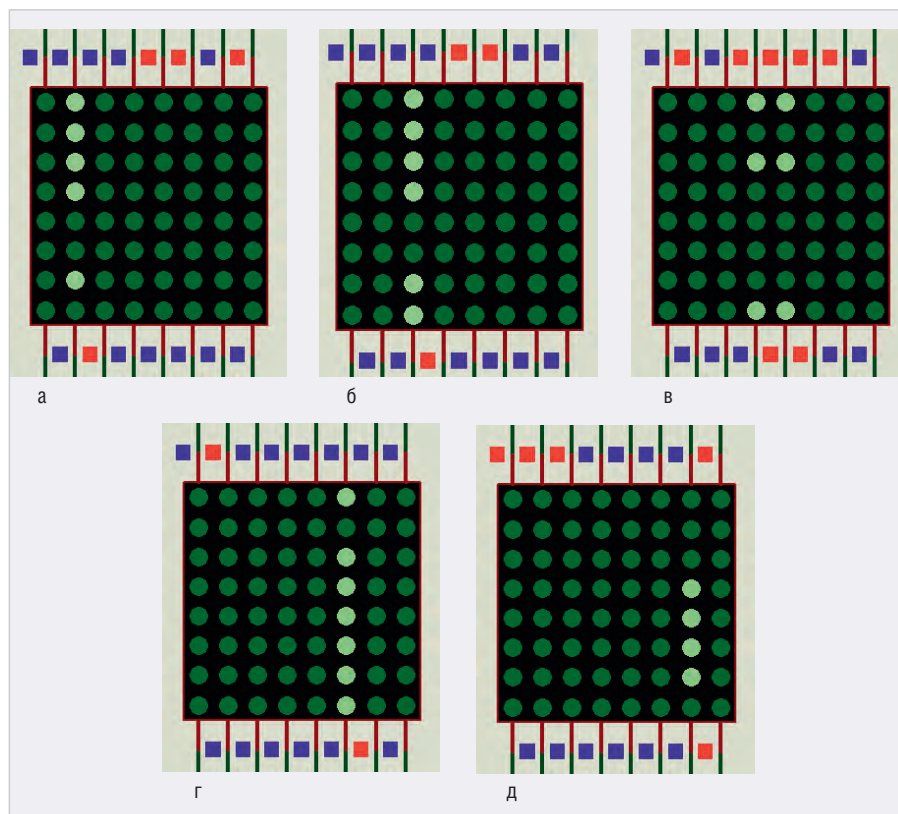


Рис. 8. Процесс формирования изображения на дисплее точечной светодиодной матрицы разрешением 8×8: а) вывод первого столбца символа; б) вывод второго столбца символа; в) вывод 3-го и 4-го столбцов символа; г) вывод 5-го столбца символа; д) вывод 6-го столбца символа

Листинг 2

```
while(1) { // начало цикла
    PORTC=0b10110000; // вывод первого столбца символа «5»
    PORTD=0b00000010;
    delay_ms(20); // задержка 20 мс
    PORTC=0b00110000; // вывод второго столбца символа «5»
    PORTD=0b00000100;
    delay_ms(20);
    PORTC=0b01111010; // вывод 3-го и 4-го столбца символа «5»
    PORTD=0b00011000;
    delay_ms(20);
    PORTC=0b00000010; // вывод 5-го столбца символа «5»
    PORTD=0b00100000;
    delay_ms(20);
    PORTC=0b10000111; // вывод 6-го столбца символа «5»
    PORTD=0b01000000;
    delay_ms(20);
}
```

ское изображение получено вследствие непрерывного выполнения в цикле последовательной активизации заданных столбцов точечной матрицы и подсветки в них указанных светодиодов.

Для формирования изображения на индикаторе можно применить и код, написанный на языке C (см. листинг 2), однако в результате применения подпрограммы, написанной на ассемблере, на дисплее точечной матрицы была получена более чёткая и стабильная картинка.

Рассмотрим формирование изображения с эффектом бегущей строки. Для этого внесём изменения в программу вывода символа (цифры 5), написанную на языке C (см. листинг 3).

Запустим в CodeVisionAVR компиляцию кода программы. По её оконча-

нии на диске компьютера будет создан hex-файл, путь к которому укажем в окне свойств микросхемы ATmega16 в Proteus. В поле CKSEL Fuses этого окна установим значение тактовой частоты микроконтроллера 1MHz.

Запустим в Proteus моделирование собранной схемы (см. рис. 9) и проанализируем её работу. Программным путём были даны указания микроконтроллеру через порт PD отправить поочерёдно на нижние выводы микросхемы точечного индикатора двоичный код, который активизирует 2–7-й столбцы матрицы. При этом через порт PC на верхние выводы микросхемы точечного индикатора подаётся двоичный код, который включает нужные светодиоды активного столбца матрицы. Подача зна-

чений выполняется в цикле `for`, в первом проходе которого картинка выводится на дисплей матрицы начиная со второго столбца. Далее при помощи операции `<<1` производится сдвиг столбцов на одну позицию вправо. При этом значения строк остаются неизменными. Таким образом, во втором проходе картинка будет выводиться начиная с третьего столбца. Аналогичным образом выполняются следующие шесть проходов, после чего повторяется цикл `while(1)`. В 7-м проходе будут подсвечены 5 светодиодов в 8-м столбце. В результате на дисплее точечной матрицы будет непрерывно отображаться картинка, последовательно сдвигающаяся вправо.

Часовые диаграммы работы схемы управления светодиодной матрицей, полученные с помощью логического анализатора, представлены на рисунке 10. Сигналы с выводов PC0–PC7 микроконтроллера отображены на графическом экране анализатора зелёным цветом, сигналы, полученные с выводов PD0–PD7 – синим цветом. Подключение логического анализатора к схеме управления светодиодной матрицей показано на рисунке 9.

Последовательный вывод символов на матричном индикаторе разрешением 16×16

Соберём в рабочей области проекта схему с использованием микроконтроллера ATmega16 и матричного индикатора зелёного цвета разрешением 16×16. Подсоединим верхние выводы микросхемы светодиодной матрицы к линиям PA0–PA6, а нижние к линиям PB0–PB4 микроконтроллера ATmega16, как показано на рисунке 11.

Листинг 3

```
#include <mega16.h> // подключение заголовочных файлов
#include <delay.h>
unsigned short column2, column3, column45, column6, column7, num;
void main(void)
{
    PORTD=PORTC=0x00; // инициализация портов
    DDRD=0xff; // порт PD работает на вывод данных
    DDRC=0xff; // порт PC работает на вывод данных
    while(1) { // начало цикла
        // начальные значения переменных
        column2 = 0b00000010; // активизация 2-го столбца точечной матрицы
        column3 = 0b00000100; // активизация 3-го столбца
        column45 = 0b00011000; // активизация 4-го и 5-го столбцов
        column6 = 0b01000000; // активизация 6-го столбца
        column7 = 0b10000000; // активизация 7-го столбца
        for (num=0; num<8; num++) { // перебор столбцов матрицы от 1-го до 8-го
            PORTC = column2; // запись значения переменной column2 в порт PC
            delay_ms(20); // задержка
            PORTC = 0b00110000; // вывод второго столбца символа «5»
            PORTD = column3; // запись значения переменной column3 в порт PD
            delay_ms(20); // задержка
            PORTC = 0b01111010; // вывод 3-го и 4-го столбцов символа «5»
            PORTD = column45; // запись значения переменной column45 в порт PD
            delay_ms(20);
            PORTC = 0b00000010; // вывод 5-го столбца символа «5»
            PORTD = column6; // запись значения переменной column6 в порт PD
            delay_ms(20);
            PORTC = 0b10000111; // вывод 6-го столбца символа «5» на дисплей индикатора
            PORTD = column7; // запись значения переменной column7 в порт PD
            delay_ms(20);
            column2 = column2<<1; // сдвиг первого столбца символа «5»
            column3 = column3<<1; // сдвиг второго столбца символа «5»
            column45 = column45<<1; // сдвиг третьего и четвертого столбца символа «5»
            column6 = column6<<1; // сдвиг пятого столбца символа «5»
            column7 = column7<<1; // сдвиг шестого столбца символа «5»
        }
    }
}
```

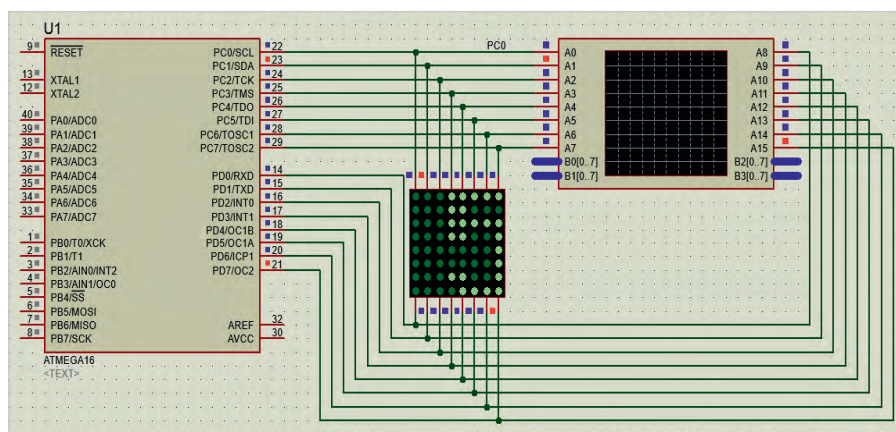


Рис. 9. Формирование изображения с эффектом бегущей строки на дисплее светодиодной матрицы разрешением 8×8

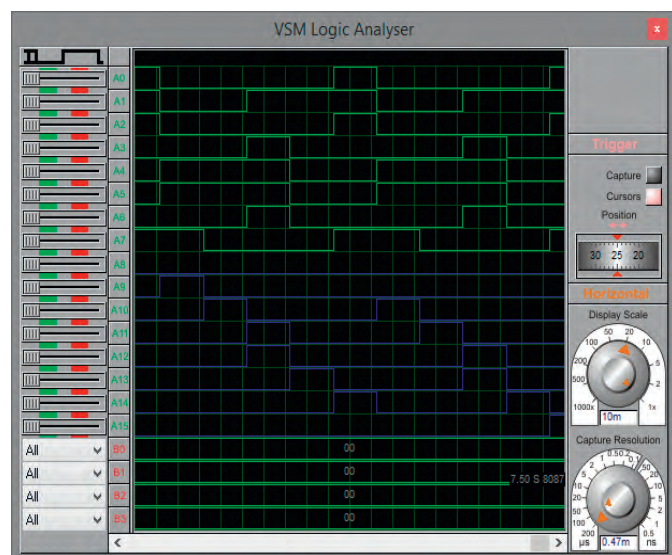


Рис. 10. Часовые диаграммы работы схемы управления светодиодной матрицей разрешением 8×8

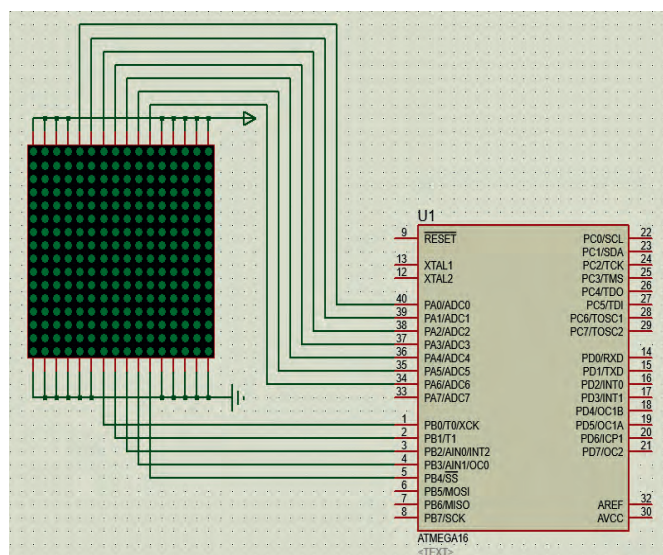


Рис. 11. Сопряжение микроконтроллера ATmega16 и микросхемы светодиодной матрицы разрешением 16×16

Таблица 2. Двоичные коды символов «а», «b», «с»

7	1	1	1	1	1	0	1	Двоичный код символа «а»	0	0	0	0	0	0	0	Двоичный код символа «б»	1	1	1	0	0	0	1	Двоичный код символа «с»
8	1	1	0	1	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0		0							
9	1	1	0	0	0	1	0		1	1	1	0	1	1	0		1							
10	1	1	0	0	0	0	0		1	1	0	0	0	0	0		0							
11	1	1	1	0	0	0	0		1	1	1	0	0	0	1		1							
№ н.в. № в.в.	5	6	7	8	9	10	11		5	6	7	8	9	10	11		5	6	7	8	9	10	11	

Примечание: № н.в. – номер нижнего вывода матрицы светодиодов; № в.в. – номер верхнего вывода матрицы светодиодов.

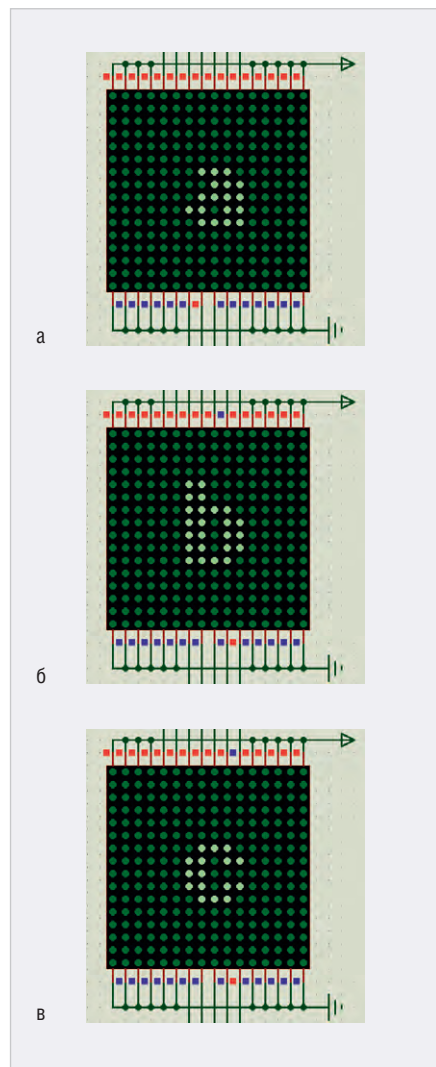


Рис. 12. Результат вывода последовательно сменяющихся символов на дисплей точечной светодиодной матрицы разрешением 16×16:
а) символ «а»; б) символ «b»; в) символ «с»

В данном примере управление строками светодиодной матрицы осуществляется с помощью выводов порта RA микроконтроллера, управление столбцами – с помощью выводов порта RB.

В качестве примера рассмотрим последовательный вывод символов «a», «b», «c» на дисплей микросхемы точечного индикатора разрешением 16×16. Двоичный код символов представлен в таблице 2. Точки, которые нужно зажечь на матричном индикаторе, отмечены крестиками.

Листинг 4

```
#include <mega16.h>
#include <delay.h>

const unsigned short a[35]={ // двоичный код символа «а»
0b11111111, 0b11111111, 0b11111111, 0b11111111, 0b11111111,
0b11011111, 0b11111111,
0b11111111, 0b11111111, 0b11111011, 0b11111111, 0b11101111,
0b11011111, 0b10111111,
0b11111111, 0b11111111, 0b11111011, 0b11110111, 0b11011111,
0b11111111, 0b10111111,
0b11111111, 0b11111111, 0b11111011, 0b11110111, 0b11011111,
0b11011111, 0b10111111,
0b11111111, 0b11111111, 0b11111011, 0b11110111, 0b11011111,
0b11011111, 0b10111111,
0b11111111, 0b11111111, 0b11111011, 0b11110111, 0b11011111,
0b11011111, 0b10111111,
};

const unsigned short b[35]={ // двоичный код символа «б»
0b11111110, 0b11111101, 0b11111011, 0b11110111, 0b11011111,
0b11011111, 0b10111111,
0b11111110, 0b11111101, 0b11111011, 0b11110111, 0b11011111,
0b11011111, 0b10111111,
0b11111111, 0b11111111, 0b11111011, 0b11111111, 0b11111111,
0b11111111, 0b10111111,
0b11111111, 0b11111111, 0b11111011, 0b11110111, 0b11011111,
0b11011111, 0b10111111,
0b11111111, 0b11111111, 0b11111011, 0b11110111, 0b11011111,
0b11011111, 0b11111111,
};

const unsigned short c[35]={ // двоичный код символа «с»
0b11111111, 0b11111111, 0b11111111, 0b11110111, 0b11011111,
0b11011111, 0b11111111,
0b11111111, 0b11111111, 0b11111011, 0b11110111, 0b11011111,
0b11011111, 0b10111111,
0b11111111, 0b11111011, 0b11111111, 0b11111111,
0b11111111, 0b10111111,
0b11111111, 0b11111111, 0b11111011, 0b11110111, 0b11111111,
0b11011111, 0b10111111,
0b11111111, 0b11111111, 0b11111011, 0b11110111, 0b11111111,
0b11011111, 0b11111111,
};

unsigned short count, column, num, repeat; // определение типа данных переменных

void main(void) {
PORTA=PORTB=0x00; // инициализация портов
DDRA=0xff; // порт PA работает на вывод данных
DDRB=0xff; // порт PB работает на вывод данных

do{
for (repeat=0; repeat<25; repeat++){ // вывод символа «а»
column = 0b00000001; // начиная с первого управляемого столбца
for (num=0; num<5; num++){ // выполнение 5 проходов по столбцам
for(count = num*7;count < (num*7+7);count++){ // выполнение прохода в
каждом столбце по точкам матрицы
PORTA = a[count]; // определение состояния каждого светодиода в
столбце

PORTB = column; // запись кода активного столбца в порт PB
delay_ms(1);} // пауза длительностью 1 мс
column = column<<1;} // переход на следующий столбец
} // повтор вывода символа несколько раз для получения чёткого изо-
бражения

for (repeat=0; repeat<25; repeat++){ // вывод символа «б»
column = 0b00000001;
for (num=0; num<5; num++){
for(count = num*7;count < (num*7+7);count++){
PORTA = b[count];
PORTB = column;
delay_ms(1);}
column = column<<1;}}

for (repeat=0; repeat<25; repeat++){ // вывод символа «с»
column = 0b00000001;
for (num=0; num<5; num++){
for(count = num*7;count < (num*7+7);count++){
PORTA = c[count];
PORTB = column;
delay_ms(1);}
column = column<<1;}}
} while(1); } // бесконечный цикл
```

торе, обозначены в таблице нулями, точки, которые не используются – единицами.

Формирование изображения на индикаторе (см. рис. 12) выполним при помощи программы микроконтролле-

ра, написанной на языке программирования С (см. листинг 4).

Запустим в CodeVisionAVR компиляцию кода программы. Затем перейдём в Proteus и укажем в окне свойств микросхемы ATmega16 путь к hex-

файлу на диске компьютера. В поле *CKSEL Fuses* окна свойств установим значение тактовой частоты микроконтроллера 8MHz. При создании проекта в CodeVisionAVR в окне генератора кода на вкладке *Ports Settings* в поле *Direction* для бит Bit 0 – Bit 7 портов Port A и Port B укажем значение *Out* (порты работают на вывод данных).

Двоичный код символов, который записывается в порт PA микроконтроллера, представлен в программе инициализации в виде трёх массивов данных `a[35]`, `b[35]`, `c[35]` размерностью 5×7. Каждой точке символа соответствует отдельный элемент массива, определяющий состояние светодиода матричного индикатора (0 – светодиод включён, 1 – светодиод выключен). Двоичный код, который включает нужные светодиоды активного столбца матрицы, подаётся через порт PA на верхние выходы микросхемы точечного индикатора. Подача значений выполняет-

ся программным путём с помощью двух циклов `for` следующим образом. В первом цикле выбирается активный столбец матрицы, после чего во втором цикле выполняются 7 проходов. В каждом проходе в порт PA записывается двоичный код, определяющий состояние одной из 7 точек активного столбца, двоичный код которого записан в порт PB. По окончании 7-го прохода производится выход из второго цикла `for`. Переключение столбцов выполняется при помощи операции `<<1`. Далее 7 проходов второго цикла повторяются для следующего столбца.

Первым в программе определён вывод символа «a». Рисунок отображается на дисплее матрицы начиная с её 7-го столбца. Для получения чёткого изображения на дисплее индикатора повторим вывод символа несколько раз в цикле `for (repeat=0; repeat<25; repeat++)`, где `repeat` – это переменная, которая определяет число повторений. По окон-

чании вывода символа «a» на дисплей матричного индикатора аналогичным образом выполняется вывод символов «b» и «c», после чего все действия повторяются в цикле `do { } while (1);`. В результате на дисплей светодиодной матрицы непрерывно последовательно выводятся символы «a», «b», «c».

В данном примере двоичный код символов подаётся на верхние выходы матрицы побитно, что подразумевает более чёткое изображение по сравнению с побайтным выводом кода. Для вывода изображения шириной 5 точек и высотой 7 точек задействованы 12 контактов точечной матрицы и два порта микроконтроллера. Вывод символов с применением большего числа светодиодов можно организовать, используя большее количество контактов микроконтроллера и матрицы.

ЛИТЕРАТУРА

1. ISIS Help, Labcenter Electronics, 2014. 

НОВОСТИ МИРА

Индустрия 4.0: RFID «Микрона» контролирует логику

RFID-решение ГК «Микрон» для автоматизации производственной логистики реализовано на московском высокотехнологичном предприятии по производству медицинского оборудования ООО «С.П. Гелпик». Каждый промаркированный объект теперь можно оперативно отследить на всех этапах логистической цепочки – от начала производства до отгрузки клиенту.

Для контроля перемещения по производственным цехам все объекты (оборудование, детали и маршрутные листы) оснащены радиочастотными метками, входы и выходы оборудованы стационарными считывателями, контролирующими маршрут движения промаркированных объектов. Метки позволяют идентифицировать объект на расстоянии до 12 метров. Данные интегрируются в единую информационную базу для автоматизированного учёта единиц продукции, мониторинга их перемещений, контроля плана работ в режиме реального времени и получения отчётов по соблюдению производственного графика.

«Простая автоматизация логистики позволяет оптимизировать производственный цикл, сократить время простоев и минимизировать возможные ошибки из-за человеческого фактора, обеспечить оперативный контроль за всеми ключевыми

процессами и, тем самым, увеличить эффективность производства, – отметил Василий Волосов, руководитель группы развития продуктов RFID и IT ПАО «Микрон». Подобные системы могут быть применены на любых предприятиях, в том числе используется у нас на «Микроне» для маркировки SMIF-контейнеров при производстве микросхем, что позволяет быстро и точно контролировать технический маршрут и последовательность операции».

На сложном технологическом производстве, где требуется ряд последовательных операций в строго определённом порядке с учётом различных переменных факторов (таких как готовность площадок, специалистов, комплектующих и материалов), технические простои, связанные с комплектностью деталей и документов и контролем местонахождения объекта являются одним из основных ресурсов оптимизации производственного цикла. Применение RFID-технологии даёт эффективный инструмент управления производственными процессами и позволяет обеспечить рост операционной эффективности предприятия за счёт точного планирования и контроля операций, сокращения непроизводительных издержек и простоев.

Функционал решения «Микрона» для автоматизации производственной логистики настраивается в зависимости от требований заказчика и решаемых задач. В про-

дуктовой линейке фабрики более 150 видов различных контактных и бесконтактных RFID-меток. Предприятие имеет собственную RFID-лабораторию по разработке и тестированию изделий и полный цикл производства RFID-продукции.

Пресс-служба ПАО «Микрон»

Второй рейтинг крупнейших радиоэлектронных предприятий России

Во второй рейтинг крупнейших радиоэлектронных предприятий России, представленный ЦНИИ «Электроника», попало 50 предприятий, суммарная выручка которых в 2018 году составила 97,9 млрд рублей. Показательно, что объём экспорта предприятий из списка составил 4,3 млрд рублей или менее 5%.

Рейтинг довольно своеобразный: вернее их несколько – для производственных, научно-производственных предприятий и просто организаций, что несколько запутывает ситуацию. К примеру, для производителей электронных компонентов существует отдельный рейтинг из десяти позиций, в котором только две компании являются стопроцентными производителями компонентов («Кулон» и «ММП-Ирбис»), у остальных восьми доля выручки от производства ЭК варьируется от 6% («Кремний») до 87% («Магнетон»).

Новостная рассылка проекта «Мониторинг рынка электроники»

Ноу-хау инноваций и франшиз

Геннадий Фокин (finas@live.ru)

Суть инноваций – нововведения как следствие результатов интеллектуальной или научно-технической деятельности, охраняемых авторским, смежным, патентным правом и используемых в режиме ноу-хау (только для объектов авторского права). При этом ноу-хау является основой франшиз, а средства индивидуализации и ноу-хау не имеют автора, соответственно, исключительное право на средства индивидуализации и ноу-хау (секреты производства) не является интеллектуальным (считайте его «ритуальным»), а само ноу-хау – лишь «контейнер охраняемых законом результатов интеллектуальной деятельности (РИД)».

Ценность инноваций – исключительные (имущественные интеллектуальные) права, монополизация рынка (без антимонопольных нарушений, санкций) и льготы по налогам на прибыль (для нематериальных активов), налогам на добавленную стоимость для гражданского оборота интеллектуальной собственности. При этом интеллектуальная собственность является коммерческой сутью инноваций как следствие креативности, как инструмент конкурентных преимуществ и франшиз.

Суть франшизы – лицензия на секреты производства с товарным знаком (репутационной составляющей бизнес-практик) лицензиара. При этом товарные знаки интеллектуальной собственностью не являются и её не охраняют. Интерес к инновациям и франшизам вызван, прежде всего, интересами в области конкурентных преимуществ, добавленной стоимости научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИОКР) и результатов научно-технической деятельности (РНТД), методик и технологий, роялти и совершенствования производства, потребительских качеств продукции и технологий. Однако этот интерес и бизнес-практики повсеместно сопровождаются правовым нигилизмом высшей школы и консультантов в отношении гражданского оборота интеллектуальной собственности.

Характерно, что продукция, выпускаемая серийно, инноваций и добавленной стоимости конкурентных преимуществ компетентности и креативности не содержит. Технологии её производства и использования регламентируются имеющейся конструкторской и эксплуатационной документацией, стандартами технических условий на продукцию, паспортами и формуляра-

ми изделий, регламентами гарантийного сервиса и утилизации.

СТАРЕНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ АКТИВОВ

Жизненный цикл серийной продукции – завершающий этап эволюции технологии. Серийная продукция интеллектуальной собственности в режиме патентного права обычно уже не содержит. А если содержит методики, РНТД, технологии, ноу-хау в режиме авторского права или если интеллектуальная собственность – основа ценовой практики реализации продукции, то необходимы постоянные инновации с созданием новой интеллектуальной собственности. Увы, интеллектуальные активы, особенно в части патентного права, очень быстро «стареют» и теряют ценностные, ценовые преимущества (к любому изобретению легко «прикрутить гайку» и заявить «инновацию»).

Современной экономике и бизнесу наиболее интересны именно инновации как возможность создания новых продуктов и технологий для снижения издержек производства или достижения иных конкурентных преимуществ, а разработчику продуктов интересны: секреты производства (ноу-хау); исключительные права (монополия) и франшизы (лицензии в порядке реализации коммерческой концессии) – единственный способ коммерциализации инноваций как нематериального объекта.

Только не нужно «увлекаться» и заниматься введением партнёров, лицензиатов, потребителей, государства и правосудия в заблуждение, это уже правонарушение с негативными административными, налоговыми, уголовными последствиями.

Негативный пример – «упаковка франшиз» от Российской Ассоциации Франчайзинга и других «кулибинных» во франчайзинге. Это уже правонарушение с негатив-

ными административными, налоговыми, уголовными последствиями. Так, профессор МГУ Кибальников Сергей Владимирович изобрёл и практикует «цепочку добавленной стоимости креативности студентов» в режиме ноу-хау своего предприятия. Получил грант Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере на основании заказной справки «экспертов» о признании ноу-хау и включил «исключительное право на ноу-хау» в состав нематериальных активов своего предприятия. При этом ноу-хау нет, так как отсутствует объективное признание и подтверждение интеллектуальных прав на РИД необходимыми право-подтверждающими документами. По сути, профессор МГУ ввёл инвестора (фонд) в заблуждение, стал организатором преступного сообщества по нецелевому использованию бюджетных средств и уклоняется от налогов на прибыль, имитируя учёт нематериальных активов.

Данные утверждения не являются квалификацией его противоправных действий, они лишь дают общую картину правового нигилизма отечественной науки и высшей школы в гражданском обороте интеллектуальной собственности и защите инвестиций в инновации.

Исключительное право – имущественное интеллектуальное право. Признание, подтверждение, реализация, коммерциализация и защита интеллектуальных прав осуществляются на произведения (науки, литературы, искусства), программы для ЭВМ и базы данных, которые являются объектами авторских и смежных прав; на технические решения (изобретения, полезные модели) и селекционные достижения, которые являются объектами патентных прав; на ноу-хау.

Конфиденциальность и коммерческая тайна

Чтобы в отношении ноу-хау (сведений о результатах интеллектуальной деятельности, используемых в режиме конфиденциальности информации и коммерческой тайны) признавалось исключительное право, сами результаты интеллектуальной деятельности должны охраняться авторским правом. Патентное право не подходит, так как при патентовании теряются конфиденциальность информации и коммерческая тайна, а до патентования технических решений, решений внешне-

го вида изделий и селекционных достижений отсутствует их правовая охрана и нет интеллектуальных прав.

Вместе с тем технологии как сложные объекты гражданского оборота интеллектуальной собственности могут содержать объекты авторского, смежного, патентного права и ноу-хау в любой комплектации и конфигурации. Соответственно, для формирования и реализации исключительных прав технологии должны оформляться стандартами на методы, процессы, качество и технологическими регламентами, методиками; а стандарты, регламенты и методики должны признаваться объектами авторского права. Пока это редко практикуется, так как требует затрат, объективного признания и паспортизации интеллектуальной собственности в режиме авторского права... но уже работает.

Например, все отраслевые стандарты профессионального менеджмента интеллектуальной собственности серии «Интеллектуальная собственность и инновации» (их более 20) охраняются авторским правом и используются в режиме франшиз на условиях присоединения к «Конвенции ПМИС».

Исходя из условий стабильности серийного производства, требований к интеллектуальной собственности и её гражданскому обороту, научных, технологических и бизнес-практик, инновации – продукт исследований, разработки и подготовки производства, кустарного или опытного. Именно там возникают инновации, именно там их и следует искать. При этом покупателю (правопреемнику) инноваций интересен не материальный продукт, а перспективная технология для создания нового продукта или расширения «экосистемы» старого. Сам же материальный продукт рассматривается им как опытный образец для создания технологии производства новых продуктов. Чтобы коммерциализация инновации состоялась, необходима её презентация на выставке или другом event-мероприятии.

Наиболее перспективным способом демонстрации инноваций является презентация ноу-хау по их косвенным признакам с приложением опытного образца продукта или продуктов, созданных по новой технологии, и правоподтверждающих документов независимой от продавца и покупателя стороны: спецификаций результатов интеллектуальной деятельности и ноу-хау; авторского свидетельства; сертификата признания интеллектуальной собственности, ноу-хау и

правопреемника; паспорта IP-актива и франшизы, используемых в России с 2007 года.

Как правило, необходимые правоподтверждающие документы (их более 260 наименований) оформляются по правилам СДС ОИС (государственный регистрационный № РОСС RU.Ж157.04АД00, стандарт СТО.9003-10-2011 серии «Интеллектуальная собственность и инновации»). На подходе прогрессивная система сертификации IP-активов и IP-менеджмента в регламентах международного стандарта «IP-менеджмент. Требования, правила, рекомендации», познакомиться с проектом этого стандарта можно в экспертной группе «IP-МЕНЕДЖМЕНТ» в Facebook.

КОММЕРЦИАЛИЗАЦИЯ СЕКРЕТОВ ПРОИЗВОДСТВА

Последующая коммерциализация ноу-хау (секретов производства) или технологии (методики, регламента, стандарта) осуществляется на условиях договора коммерческой концессии с отчуждением покупателю (правопреемнику) исключительного права или предоставления ему лицензии на ноу-хау или технологию с выплатой разового, многократного лицензионного вознаграждения или роялти (доли от прибыли, например, от совместного производства, реализации и сервисного сопровождения продукции). Профилактика рисков упущенной выгоды, роста издержек производства, негативных последствий противоречивых реко-

мендаций консультантов, исков конкурентов и административных, налоговых, уголовных правонарушений гражданского оборота интеллектуальной собственности в составе инноваций и франшиз включает:

- оценку соответствия РИД условиям охраны авторским, смежным, патентным правом;
- объективное признание и сертификацию интеллектуальных прав, IP-активов и ноу-хау;
- паспортизацию интеллектуальной собственности, технологий и ноу-хау франшиз;
- оценку стоимости исключительных прав и ущерба от их имитации, нарушений, утраты;
- юридическую проработку лицензионной политики, франшиз и договорной практики.

Активным разработчикам инноваций целесообразно обратить внимание на международную консультационно-методическую конференцию «Интеллектуальная собственность: добавленная стоимость и монополия инноваций цифровой экономики». Это поможет системно получать знания и навыки IP-менеджмента, необходимые методические материалы и правоподтверждающие документы для ГОИС, сертификаты профессиональной компетентности по IP-менеджменту и паспортизации IP-активов.

Подробности – на мастер-классах Международной школы IP-менеджмента. ©



IF/RF & Microwave Design

Advantex





СВЧ-блоки

Синтезаторы частот до 20 ГГц, -140 дБн/Гц @ 1 ГГц, при отстройке 10 кГц, умножители частоты

Аттенюаторы, управляемые напряжением до 26 ГГц

Усилители до 20 ГГц, 0.5 Вт

I/Q модуляторы / демодуляторы, смесители, фильтры

Приборы

Генераторы сигналов, электронные аттенюаторы, I/Q-модуляторы

www.advantex.ru

Реклама

Антисанкции-2019: IT-импортозамещение в России

Что мешает отечественному рынку перейти на российские IT-технологии

В конце ноября 2019 года в Москве прошла конференция «Антисанкции. В чём выгода импортозамещения в сфере IT». Её участники, среди которых были ведущие IT-вендоры, представители органов государственной власти и госкомпаний, рассказали о достижениях и провалах импортозамещения в области информационных технологий, степени доверия к отечественным разработкам и ожиданиях потребителей.

В соответствии с правительственной директивой к 2021 году доля отечественного программного обеспечения в органах власти и местного самоуправления, а также в госкомпаниях должна превысить 50%. Однако в настоящий момент только 10% программного обеспечения, которое используется российскими госкомпаниями, являются отечественными. Об этом сообщил директор Центра компетенций по импортозамещению в сфере информационно-коммуникационных технологий Илья Масух на пленарной сессии конференции.

Также участники, среди которых были член Совета по развитию цифровой экономики при Совете Федерации Андрей Безруков, президент НП «Руссофт» Валентин Макаров, заместитель министра информационных технологий и связи Челябинской области Василий Кокорюкин, заместитель генерального директора компании «Новые

облачные технологии» Армен Кочаров, заместитель начальника Управления информационной инфраструктурой Федерального казначейства Руслан Усманов, генеральный директор «Корус консалтинг ДМ» Александр Аксельрод и многие другие, обсудили экономические аспекты миграции и возможности влияния на разработку и развитие ПО.

Из достижений импортозамещения были отмечены реализованные проекты федеральных служб и ведомств по переходу на отечественное программное обеспечение. Успешно импортозамещаются Крым и Челябинская область. О собственном опыте миграции с зарубежных решений на отечественные аналоги ОС с уже имеющимся в наличии оборудованием рассказали заместитель министра информационных технологий и связи Челябинской области Василий Кокорюкин и начальник управления информационно-техниче-

ского сопровождения Учреждения централизованного обслуживания Министерства образования, науки и молодежи Республики Крым Дмитрий Окунь.

Участники дискуссии отметили ряд проблем, с которыми пришлось столкнуться. Это отсутствие опыта разработки архитектурных решений на базе отечественного ПО, а также типовых («коробочных») отраслевых решений. Для эффективного импортозамещения иностранных решений необходимо создать полностью отечественный технологический стек, состоящий из аппаратного оборудования, системного и прикладного ПО.

В своём докладе **Валентин Макаров** сообщил, что большинство участников ассоциации ориентируются в своих планах на экспортное развитие бизнеса. Уже сейчас экспорт составляет около 60% совокупной выручки участников ассоциации. Причина – недостаточный объём спроса на российском внутреннем рынке. Имеющийся на внутреннем рынке объём заказов зачастую не позволяет окупить доработки IT-решений по требованию заказчиков, и компании обращают внимание на внешние рынки.

Что касается провалов в реализации программы по импортозамещению, то, по словам Валентина Макарова, для того чтобы замещать платформу компании, сами разработчики каких-то блоков не смогут ничего сделать, пока в государстве не будет согласованной политики приоритетов замещения и согласованной политики кнута и пряника по отношению к госкорпорациям.

Александр Гутин, директор по маркетингу ГК Astra Linux, рассказал о практическом опыте компании по переводу инфраструктуры российских заказчиков на отечественное программное обеспечение. По его словам, для успешной реализации проектов импортозамещения необходима единая платформа, пригодная для использования всех типов устройств. Также обязательна совместимость с оборудованием производителей аппаратного обеспечения. Основным препятствием при переходе на рос-





сийский софт является унаследованная инфраструктура, в которой доминируют ОС Windows и связанные с ней продукты. Предлагаемый выход из сложившейся ситуации – развитие экосистемы, которая объединит ключевых российских вендоров аппаратного обеспечения, разработчиков системного и прикладного ПО. В рамках этой экосистемы возможна внутренняя конкуренция. Развивать предлагается все ключевые сегменты: системы СКУД, SCADA, офисные программы, системы документооборота, телефонию и видеоконференцсвязь,

системы защиты информации, средства резервного копирования, обучающие программы, почтовые клиенты и сервисы для обмена сообщениями.

Армен Кочаров дал оценку процессу импортозамещения с точки зрения разработчика прикладного ПО. По словам эксперта, России необходимо научиться продавать высокие технологии, поскольку сейчас российские компании либо производят интеллектуальную собственность, либо покупают чужую. К числу проблем в отрасли Армен Кочаров также отнёс нехватку кадров. «У нас мно-

го специалистов по продаже американских, немецких продуктов, а специалистов по программированию конечного продукта мало, – посетовал высокопоставленный менеджер. – При этом у нас достаточно большое количество людей, которые умеют программировать, и достаточно большое количество вузов».

Кроме того, по мнению Армена Кочарова, в государстве отсутствует мотивация «первых смелых». Есть ведомства и компании, которые рискнули перейти на российское ПО. Для таких организаций должны быть предусмотрены опре-

МАГнетрон РАЗработка ТЕхнология Применение **МАГРАТЕП**

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



ЗАО «НПП «МАГРАТЕП»

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

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

Реклама



делённые льготы, поощряющие миграцию на отечественные продукты.

Он также акцентировал внимание на необходимости изменений в системе образования, так как в школах и вузах в обучающем процессе ориентируются на западное ПО. Для решения проблемы предлагается ввести гранты на разработку и выпуск учебников по информатике и другим предметам, провести переподготовку преподавателей. Спикер также подчеркнул, что использование отечественного ПО позволяет решить ряд стратегических задач, в частности по безопасности. При разработке собственного ПО возможно осуществлять контроль исходного кода, вовремя выявлять уязвимости и устранять их, а также консолидировать ключевые компетенции по разработке и поддержке программных продуктов непосредственно на территории России.

Ольга Пестерева, заместитель генерального директора по управлению коммуникациями ПАО «Микрон», рассказала об импортозамещении в области микроэлектроники. Создание российского ПО не решает проблему полного перехода на отечественные IT-продукты, поскольку отсутствует собственная элементная база. А здесь отставание России значительно. Ситуация непростая: сейчас большинство продуктов разрабатывается на элементной базе иностранных производителей. «Микрон» конкурирует с ними в ряде проектов, но это довольно сложно. Иностранные производители пользуются дотациями со стороны своих государств, что зачастую позволяет им предлагать свои продукты по демпинговым ценам. В планах ПАО «Микрон» производство элементной базы для телекоммуникационного оборудования. С переходом на сети 5-го поколения у отечественных разработчиков будет больше шансов сформировать общую экосистему и использовать для решений по развитию цифровой экономики продукты собственного, а не иностранного производства.

«Софт, конечно, не в воздухе живёт, и без импортозамещения аппаратной базы мы всё равно далеко в этой теме не продвинемся», – сказала Ольга Пестерева. При этом эксперт призвала не концентрировать все усилия только на импортозамещении, но в то же время работать над развитием экспорта и уровнем технической состоятельности с тем, чтобы конкурировать на глобальном рынке.

«Микрон», по словам его представителя, производит несколько категорий изделий. Самая старая из них, экспорт которой даёт 20% от всей выручки компании, это простейшие диоды Шоттки, транзисторы. Эти простейшие изделия уходят в страны Юго-Восточной Азии и возвращаются потом в Россию в составе модулей, блоков аппаратуры под другими брендами. Получается, что завод продаёт продукцию «за копейки, а покупает за дорого».

«Микрон» также располагает большим ассортиментом RFID-продукции, необходимой для цифровизации предприятий. Среди последних разработок – устройства для Интернета вещей. «Технически нам доступны не все технологии, мы не делаем смартфоны Huawei и процессоры Intel, но микросхемы, необходимые для устройств Интернета вещей на 180 – 190 нм делаются нами легко», – отметила Ольга Пестерева.

«Именно с микросхем и чипов начинается база цифровой экономики, именно на них строится функционал, удобство и безопасность всех сервисов. Между тем важно понимать, что большинство сервисов цифровой экономики сейчас предоставляются иностранными компаниями как в части софта, так и железа», – отметила представитель завода.

Получается, что участники отечественного рынка «кормят» своими инвестициями в цифровую экономику иностранные компании, наращивая их компетенции. В результате происходит увеличение (технологического) разрыва между заграничными и отечественными компаниями, который все так хотят преодолеть.

«Да, мы растём, но растём пока совсем не теми темпами, которые необходимы, чтобы обеспечить интересы и задачи, заложенные в программе цифровой экономики», – подытожила Ольга Пестерева.

О трудностях реализации программы импортозамещения в IT-сфере рассказал и заместитель генерального директора по маркетингу АО «МЦСТ» **Константин Трушкин**. По его словам, система закупок абсолютно не приспособлена к реальному производству в России. Например, заказчик требует поставки через пару недель 1000 компьютеров. Западные вендоры, учитывая их развитую логистическую сеть, легко справятся с задачей. Для отечественной компании подобное требование станет катастрофой.

У российской компании не получится сделать это физически. Придётся запустить реальное производство компьютеров, закупив за рубежом многие ком-

поненты вплоть до дисков и видеокарт. После продукты должны будут пройти через отделы технического контроля, что также отнимет время.

То есть российские компании должны будут обеспечить качество и только потом отправить компьютеры к заказчику. Плюс ко всему отечественной компании потребуется ещё и найти кредит на всё это.

Как считает Константин Трушкин, для изменения ситуации заказчик должен иметь право и стимул закупать средства вычислительной техники на базе российских микропроцессоров. Для этого необходимо изменить правила субсидирования, интенсифицировать постановку ОКР для капиталоемких технологий, лежащих в основе IT (IP-блоки, процессоры и другие СБИС, компиляторы, средства разработки). Необходим запрет на использование зарубежных АПП в ряде сфер (КИИ, работа с гостайной). Нужно пустить на рынок российские средства вычислительной техники вместе с российским ПО, пересмотреть стандарты инфобезопасности в сторону, поддерживающую российских разработчиков микропроцессоров и базового ПО.

Участники конференции смогли познакомиться с решениями по импортозамещению в выставочной зоне, где были развернуты стенды компаний iRU, ICL, Depo, «Аквариус», «Гарант», Axoft, BellSoft, NSG, «Постмет-Р», Mobile Inform Group. Помимо офисных приложений, участникам продемонстрировали системы документооборота, решения по телефонии и видеоконференцсвязи, обучающие программы.

Всероссийская конференция Информационного агентства России «ТАСС», посвящённая самым заметным событиям на рынке IT-импортозамещения, состоялась в Москве 26 ноября 2019 года. Генеральными партнёрами мероприятия выступили группа компаний Astra Linux и «МойОфис», официальным партнёром – компания «Корус консалтинг». В конференции «Антисанкции. В чём выгода импортозамещения в сфере IT» приняли участие представители компаний-разработчиков ПО, микроэлектроники и аппаратных решений, а также органов государственной власти и госкомпаний. ☺

*Материал подготовил
Андрей Филатов*



Подробный фотоотчёт с мероприятия смотрите на сайте www.soel.ru в разделе «Фотоотчёты».



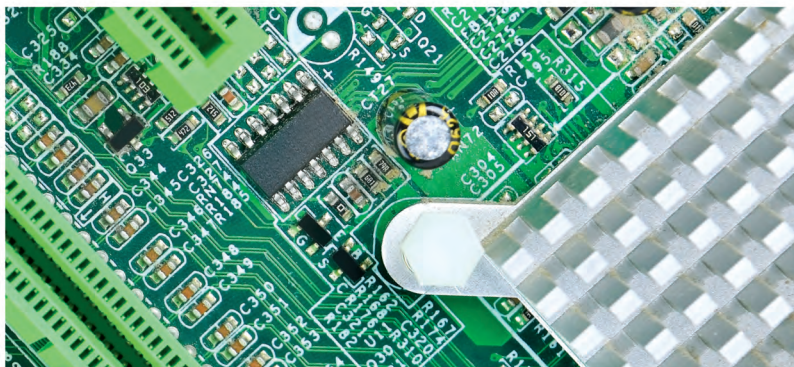
**E·X·P·O
ELECTRONICA**



Самая крупная в России
выставка электронных
компонентов, модулей
и комплектующих

14–16 апреля 2020

Москва, МВЦ «Крокус Экспо»



Ключевые темы:

5G IoT AI

Приглашаем к участию
производителей и поставщиков ЭКБ,
комплектующих и ПО для:

- Базовых станций для 5G
- Ядер сети
- Транспортных сетей
- Приложений для 5G
- Абонентских устройств
- Систем IoT и искусственного интеллекта



**Ваш
компонент
успеха!**

expoelectronica.ru

Реклама



Организатор
Группа компаний ITE
+7 (499) 750-08-28
electron@ite-expo.ru

Совместно с выставкой





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

**3-5 МАРТА 2020 ГОДА
МОСКВА, ЦВК ЭКСПОЦЕНТР**

**ТРАНСФОРМАЦИЯ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ
И ТЕХНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ В ЭПОХУ ЦИФРОВИЗАЦИИ.
ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ОБЩЕСТВА
В ИЗМЕНЯЮЩЕМСЯ МИРЕ.**

ПЛЕНАРНЫЕ ВЫСТУПЛЕНИЯ

ВЫЗОВЫ 4-Й ПРОМЫШЛЕННОЙ РЕВОЛЮЦИИ ДЛЯ
ПРИБОРОСТРОЕНИЯ И МЕТРОЛОГИИ В ОБЛАСТИ НК И ТД

НЕИНВАЗИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ АНАЛИЗА ОБЪЕКТОВ
КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ

ЗАДАЧИ НК И ТД В ПЕРИОД ЦИФРОВОЙ
ТРАНСФОРМАЦИИ ЭКОНОМИКИ РОССИИ

СМЫСЛОВЫЕ БЛОКИ

АДДИТИВНЫЕ, МИКРО-
И НАНОТЕХНОЛОГИИ

НК КОМПОЗИЦИОННЫХ
МАТЕРИАЛОВ

КОНТРОЛЬ ОБЪЕКТОВ
КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ

МОНИТОРИНГ
СОСТОЯНИЯ

КЛАССИЧЕСКИЕ
МЕТОДЫ НК

ОБЩЕСТВЕННАЯ
БЕЗОПАСНОСТЬ

КОНТРОЛЬ
ХАРАКТЕРИСТИК
МАТЕРИАЛОВ

НК ОБЪЕКТОВ
ПРОМЫШЛЕННОСТИ,
ЭНЕРГЕТИКИ
И ТРАНСПОРТА

НК И ИНДУСТРИЯ 4.0

ДОСТОВЕРНОСТЬ НК И ТД

СБОРНИК ДОКЛАДОВ БУДЕТ ВКЛЮЧЕН В БАЗУ SCOPUS

**РЕГИСТРАЦИЯ ТЕЗИСОВ ДО 15.11.2019
CONFRONKTD.RU**



ОРГАНИЗАТОР:
РОССИЙСКОЕ ОБЩЕСТВО
ПО НЕРАЗРУШАЮЩЕМУ КОНТРОЛЮ
И ТЕХНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКЕ
WWW.RONKTD.RU

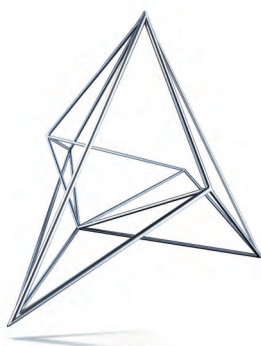


Stay cool, be **MAPI**

МИНИАТЮРНЫЕ ЭКРАНИРОВАННЫЕ ИНДУКТИВНОСТИ, С УЛЬТРА-НИЗКИМИ ЗНАЧЕНИЯМИ СОПРОТИВЛЕНИЯ
И ВЫСОКИМИ НОМИНАЛЬНЫМИ ТОКАМИ ДО 12 А



размер	1610	2010	2506	2508	2510	2512	3010	3012	3015	3020	4020HT	4020	4030	5020	5030
[мм]	1.6×1.0	2.0×1.0	2.5×0.6	2.5×0.8	2.5×1.0	2.5×1.2	3.0×1.0	3.0×1.2	3.0×1.5	3.0×2.0	4.0×2.0	4.0×2.0	4.0×3.0	5.0×2.0	5.0×3.0
L [мкГн]	0.33...2.20	0.33...2.20	0.47...1.00	0.47...2.00	0.47...10.0	0.47...10.0	2.20...4.70	0.33...6.80	0.47...47.0	0.33...10.0	0.33...5.60	0.33...22.0	1.00...10.0	0.82...4.70	1.00...8.20
I _r [А]	1.90...0.85	2.50...1.10	2.20...1.25	2.25...1.34	3.40...0.60	3.40...0.70	1.40...0.90	4.80...0.88	4.60...0.39	5.50...1.20	9.90...2.90	9.60...1.70	7.40...2.70	8.80...4.10	9.00...4.40
I _a [А]	4.90...2.50	5.90...2.50	3.70...2.50	4.40...2.20	6.20...1.35	6.25...1.40	3.90...2.40	11.1...2.70	5.80...1.18	8.30...2.35	11.0...3.50	12.4...1.85	9.60...4.60	11.0...5.50	9.60...5.00
расширенный температурный диапазон -55...150°C															



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. 507
Тел. +375 17 336-06-06
minsk@symmetron.ru

www.symmetron.ru

www.symmetron.ru/mapi



Реклама