

СОВРЕМЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА 2 2012

В НОМЕРЕ

Согласование логопериодической антенны
Вакуумно-плазменные технологии в электронике
Тепловое сопротивление СВЧ-транзисторов
Импульсный стабилизатор без помех
Контроллер памяти DDR3 SDRAM

и многое другое

Источники питания Agilent: НЕ ТОЛЬКО питание



▶▶ Полный Вперед с уникальной функциональностью приборов Agilent

Высококласные источники питания - это не только стабильное и надежное питание. Разработанные нами приборы упрощают решение сложных задач и построение сложных измерительных систем. Созданные на основе многолетнего опыта и революционных технологий, источники питания Agilent Technologies гарантируют качественное и стабильное питание, быстрые и точные измерения. С ними Вы будете уверены в результатах своей работы.

Источники питания постоянного тока Agilent (выберите нужный источник из более чем 200 моделей)

- ▶▶ Более глубокий анализ благодаря информативному дисплею, как у осциллографа, функциональности генератора сигналов произвольной формы и регистратора длительных сигналов
- ▶▶ Надежная защита Вашего тестируемого устройства благодаря встроенным защитным механизмам
- ▶▶ Повышение производительности благодаря уникальному быстрдействию

© 2011,
Agilent Technologies, Inc.

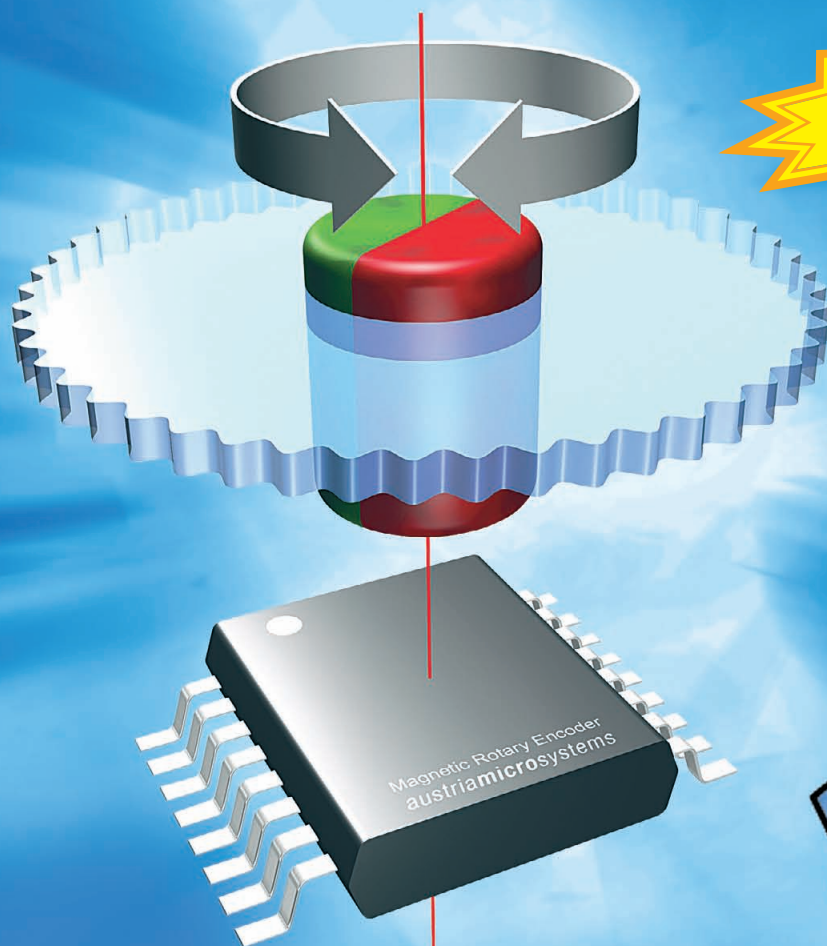
Подробная информация
по телефону 8 800 500 9286
(звонок по России бесплатный)

Загрузите Руководство по выбору источников
питания, чтобы выбрать нужное вам решение
www.agilent.com/find/powerguide



Agilent Technologies

ПРОГРАММИРУЕМЫЕ МАГНИТНЫЕ ДАТЧИКИ УГЛА ПОВОРОТА



150°C

 austriamicrosystems

ХАРАКТЕРИСТИКИ

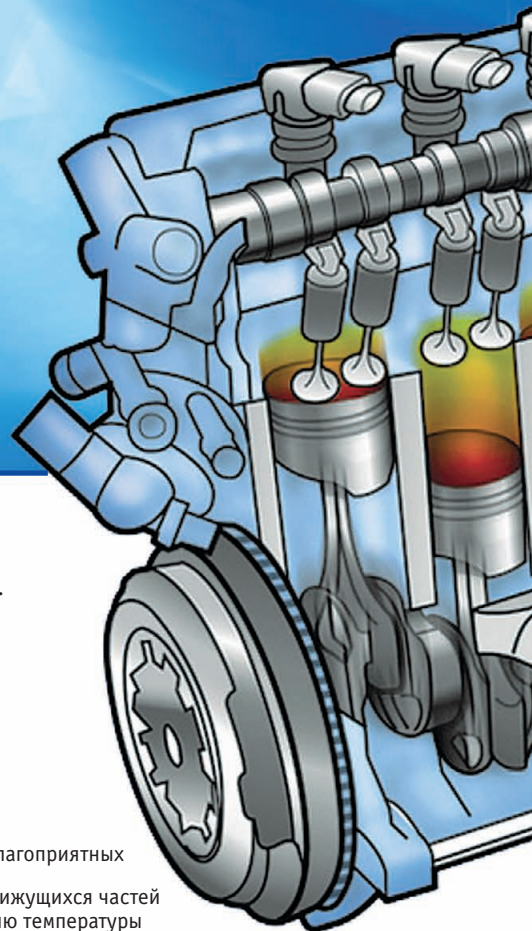
- разрешение 8, 10 и 12 бит
- точность до 0,0875° (4096 позиций)
- интерфейсы
 - синхронный последовательный интерфейс
 - широтно-импульсная модуляция
 - инкрементный
 - аналоговый
 - управляющие сигналы для бесколлекторного двигателя постоянного тока
- программирование «нулевой позиции»
- высокая скорость (до 30 000 об/мин)
- функция «кнопки»
- магнитная чувствительность 20...80 мТл
- диапазон рабочих температур от -40 до +150°C
- маленький корпус SSOP 16 (5,3×6,2 мм)
- ультранизкий ток потребления 30 мкА

ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

- поворотные выключатели
- контроль позиции АС/DC-моторов
- офисная техника: принтеры, сканеры и др.
- контроль положения клапанов, вентилях
- замена оптических энкодеров
- датчик угла поворота руля
- датчик позиции педали «газа»
- робототехника
- автоматика

ПРЕИМУЩЕСТВА

- энкодер на одном кристалле
- не требуется калибровка
- идеально подходит для применения в неблагоприятных условиях окружающей среды
- высокая надёжность за счет отсутствия движущихся частей
- устойчивость к разбрызгиванию и изменению температуры окружающей среды



ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР КОМПАНИИ AUSTRIAMICROSYSTEMS

PROSOFT[®]
COMPONENTS

АКТИВНЫЙ КОМПОНЕНТ ВАШЕГО БИЗНЕСА
Тел.: (495) 232-2522 • info@prochip.ru • www.prochip.ru

Главный редактор
Александр Майстренко

Зам. главного редактора
Татьяна Крюк

Редакционная коллегия
Александр Балакирев, Андрей Данилов,
Виктор Жданкин, Сергей Сорокин,
Рифат Хакимов

Вёрстка
Олеся Фрейберг

Обложка
Дмитрий Юсим

Служба распространения
(info@soel.ru)
Ирина Лобанова

Служба рекламы
(advert@soel.ru)
Ирина Савина

Издательство «СТА-ПРЕСС»
Директор Константин Седов
Почтовый адрес: 119313, Москва, а/я 26
Телефон: (495) 232-0087
Факс: (495) 232-1653
Сайт: www.soel.ru
E-mail: info@soel.ru

Журнал выходит 9 раз в год

Тираж 10 000 экземпляров
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 года)
Свидетельство № 00271-000
о внесении в Реестр надёжных партнеров
Торгово-промышленной палаты Российской Федерации
Цена договорная

Отпечатано:
ООО ПО «Периодика»
Адрес: 105005, Москва, Гарднеровский пер.,
д. 3, стр. 4
http://www.printshop13.ru

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.
© СТА-ПРЕСС, 2011

2/2012 Contents

MARKET

News from the Russian Market	4
Getting More for Less?	8
<i>Peter Blyth</i>	

MODERN TECHNOLOGIES

Vacuum Plasma Technologies in Electronics	12
<i>Vladimir Beletskii, Valerii Kireev, Sergei Knyazev, Danil Chelapkin</i>	

ELEMENTS AND COMPONENTS

Next-Generation Connectors for Industrial Ethernet Networks	20
<i>Bernd Horrmeyer</i>	

DEVICES AND SYSTEMS

Protek 7830 Portable Spectrum Analyzers	24
<i>Aleksei Karepanov</i>	
Measurement of the Microwave Transistor Thermal Resistance	28
<i>Vladimir Vyakhirev, Mikhail Dukhnovskii, Yurii Fedorov, Viktor Pchelin, Vyacheslav Tregubov</i>	
Validate Your Mobile Device's Battery Management for Optimum Battery Performance	32
<i>Edward Brorain</i>	

PRACTICAL ELECTRONICS

USB-SPI Interface Converter with Galvanic Isolation: Part 2	36
<i>Aleksandr Kuz'minov</i>	

DESIGN AND SIMULATION

Cooling of Signal and Data Processing Units	46
<i>Aleksei Karikh</i>	
Log-Periodic Antenna Matching in a Wide Frequency Range	52
<i>Vladislav Bondarev, Roman Kalenov</i>	
Conversion of Spartan 3 FPGA Projects to Custom VLSI	58
<i>Petr Bibilo, Danila Gorodetskii, Dmitrii Novikov, Artem Solov'ev, Dmitrii Chermisinov</i>	
Printed Circuit Board Layout Guidelines for Step-Down Regulators, Optimizing for Low Noise Design with Dual Channel Switching Controllers	62
<i>Scott Zheng</i>	

PROGRAMMING

DDR3 SDRAM Memory Controller	66
<i>Aleksei Grebennikov</i>	

EVENTS

Pioneer Home-Produced Long-Range Radar in the Battle of Moscow	74
<i>Vladimir Bartenev</i>	
Creating Opportunities	78
<i>Aleksandr Bilenko</i>	
Conference «Embedded Technology 2012»	79
Seminar on Lighting Products for Vehicles Included in the Program of the Exhibition «ElectroTrans 2012»	79

Содержание 2/2012

РЫНОК

- 4 **Новости российского рынка**
8 **Получить больше за меньшую цену?**
Питер Блис

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

- 12 **Применение вакуумно-плазменных технологий в электронике**
Владимир Белецкий, Валерий Киреев, Сергей Князев, Данил Челапкин

ЭЛЕМЕНТЫ И КОМПОНЕНТЫ

- 20 **Соединители нового поколения для промышленных Ethernet-сетей**
Бернд Хоррмейер

ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

- 24 **Портативные анализаторы спектра Protek 7830**
Алексей Карепанов
28 **Измерение теплового сопротивления СВЧ-транзисторов**
Владимир Вяжирев, Михаил Духновский, Юрий Федоров, Виктор Пчелин, Вячеслав Трегубов
32 **Проверка системы управления аккумуляторной батареей мобильного устройства**
Эдвард Брорейн

ПРАКТИЧЕСКАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

- 36 **Преобразователь интерфейсов USB-SPI с гальванической развязкой (часть 2)**
Алексей Кузьминов

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И МОДЕЛИРОВАНИЕ

- 46 **Охлаждение блоков обработки сигналов и информации**
Алексей Карих
52 **Согласование логопериодической антенны в широком диапазоне частот**
Владислав Бондарев, Роман Каленов
58 **Конвертация проектов FPGA семейства Spartan 3 в заказные СБИС**
Пётр Бибило, Данила Городецкий, Дмитрий Новиков, Артём Соловьев, Дмитрий Черемисинов
62 **Инструкции по разводке печатной платы для понижающих импульсных стабилизаторов, оптимизированных по уровню помех**
Скотт Женг

ПРОГРАММИРОВАНИЕ

- 66 **Контроллер памяти DDR3 SDRAM**
Алексей Гребенников

СОБЫТИЯ

- 74 **Первая отечественная РЛС дальнего обнаружения в битве под Москвой**
Владимир Бартенов
78 **Создавая возможности**
Александр Биленко
79 **Конференция «Встраиваемые технологии 2012»**
79 **Семинар по светотехнической продукции для транспорта включен в программу выставки «ЭлектроТранс 2012»**

Уважаемый читатель!

Число бесплатных подписчиков журнала «Современная электроника» неуклонно растёт, соответственно растёт и число рассылаемых по почте журналов. Безусловно, нам приятно осознавать рост читательского интереса к нашему журналу. Но вместе с тем, всё больше подписчиков сообщают нам о фактах пропажи журнала на почте или из почтового ящика.

Редакция гарантирует только отправку журнала бесплатному подписчику, но не может гарантировать его доставку.

Риск пропажи журнала можно уменьшить. Во-первых, можно обратиться в отдел доставки вашего почтового отделения и оформить получение журнала до востребования. Во-вторых, можно оформить платную подписку на журнал, и в этом случае почта будет нести ответственность за его доставку.

Преимущества платной подписки:

- подписаться может любой желающий, тогда как бесплатная подписка оформляется только для специалистов в области электроники. Поступающие в редакцию подписные анкеты тщательно обрабатываются, и часть их отсеивается;
- журнал будет гарантированно доставлен, тогда как при бесплатной подписке редакция гарантирует только отправку, но не доставку журнала;
- эту подписку могут оформить иностранные граждане.

«Роспечать»

Оформить платную подписку можно в почтовом отделении через агентство «Роспечать». Тел.: (495) 921-2550. Факс: (495) 785-1470

Подписаться можно как на 6 месяцев, так и на год. Подписные индексы по каталогу агентства «Роспечать»: на полугодие – **46459**, на год – **36280**.

Кроме того, можно оформить платную подписку через альтернативные подписные агентства.

«Агентство «ГАЛ»»

Тел.: (495) 981-0324, (499) 685-1220
artos-gal@mail.ru

«Интер-Почта-2003»

Тел./факс: (495) 500-0060; 788-0060
interpochta@interpochta.ru
<http://www.interpochta.ru>

«Урал-Пресс»

Тел.: (495) 961-2362
<http://www.ural-press.ru>

Читатели из дальнего зарубежья могут оформить подписку через агентство

«МК-Периодика»

Тел.: +7 (495) 672-7012
Факс: +7 (495) 306-3757
info@periodicals.ru

Новости российского рынка

Элементы и компоненты

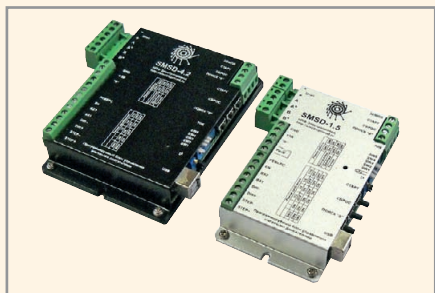
Блоки управления шаговыми двигателями SMSD

Блоки SMSD являются одной из разработок компании ООО «НПФ Электропривод» – ведущего производителя устройств управления шаговыми, коллекторными и вентильными двигателями.

Серия SMSD представлена блоками SMSD-1.5, SMSD-4.2 и SMSD-9.0, которые предназначены для биполярного управления шаговыми двигателями с током фазы от 0,16 до 9,0 А.

Блоки SMSD поддерживают полношаговый и микрошаговый режимы работы.

Блоки могут задавать направление, скорость, ускорение движения, работать автономно или управляться от компьютера.



Каждый из блоков работает в одном из трёх режимов:

- в режиме драйвера, наиболее часто применяются в составе станков с ЧПУ;
- ручной режим управления, используется при необходимости плавной регулировки скорости на ходу в режиме реального времени;
- в режиме программируемого контроллера, блок получает команды от компьютера и работает по записанной в память программе.

В этом режиме блоки SMSD используются чаще всего. Режим программируемого контроллера позволяет создавать и использовать сложные алгоритмы работы двигателей, настраивать все параметры движения, синхронизировать работу нескольких приводов.

www.electroprivod.ru

Тел.: (812) 493-2726, 703-0981

Новые синтезаторы с ФАПЧ ADF4151 и ADF4196 Analog Devices

Синтезаторы облегчают проектирование во многих областях, включая базовые станции систем связи, импульсные и доплеровские радары, испытательное и измерительное оборудование, микроволновые системы типа «точка-точка», профессиональную мо-

бильную радиосвязь (PMR, professional mobile radio), спутниковые терминалы с очень малой апертурой (VSAT, very small aperture terminals) и космические системы.

При помощи ИМС ADF4151, имеющей ширину полосы 3,5 ГГц, можно реализовать синтезаторы с ФАПЧ с дробным или целочисленным коэффициентами деления. Компонент включает в себя малошумящий цифровой фазочастотный детектор (PFD), прецизионную схему накачки заряда и программируемый делитель опорной частоты. Он совместим программно и по выводам с популярным синтезатором с ФАПЧ ADF4350 компании Analog Devices, обладающим шириной полосы 4,4 ГГц. Применение ADF4151 упрощает работу с внешним генератором, управляемым напряжением (ГУН), и значительно улучшает показатели фазового шума без внесения серьёзных изменений. ADF4196 – это синтезатор с ФАПЧ с дробным коэффициентом деления, который имеет ширину полосы 6 ГГц и очень короткое время установления сигнала. Он был разработан специально с учётом требований к времени входа в синхронизм системы GSM/EDGE и предназначен для инфраструктуры систем связи, а также импульсных и доплеровских радиолокаторов. При использовании в комбинации с внешним петлевым фильтром и ГУН синтезатор ADF4196 способен обеспечивать время входа в синхронизм менее 5 мкс. Он включает в себя малошумящий цифровой фазочастотный детектор (PFD) и прецизионную дифференциальную схему накачки заряда.

Поддержка синтезаторов с ФАПЧ ADF4151 и ADF4196 реализована в новой версии ADIsimPLL™ – инструмента моделирования и проектирования синтезаторов с ФАПЧ с исчерпывающими возможностями. Кроме того, в анонсированной версии ADIsimPLL 3.41 добавлена поддержка новейших микросхем синтезаторов компании Analog Devices и улучшен ряд функций. Этот бесплатный инструмент проектирования можно загрузить по ссылке: www.analog.com/adisimpll.

Синтезатор с ФАПЧ ADF4151 хорошо подходит для совместной работы с ВЧ смесителями ADL5801 и ADL5802 компании Analog Devices и является дополнением к синтезаторам с ФАПЧ ADF4350 и ADF4351. ADF4196 хорошо работает совместно с модулятором ADL5375 и является дополнением к синтезатору с ФАПЧ ADF4193.

www.autex.ru

Тел.: (495) 334-9151, 334-7741

Новое поколение кварцевых генераторов ОАО «Морион» в категории качества «ВП»

ОАО «Морион» (Санкт-Петербург) представляет новый прецизионный термокомпенсированный кварцевый генератор ГК270-ТК. Ключевой особенностью прибора является сочетание следующих характеристик:

- стабильность частоты на уровне термостатированного генератора ($\sim 10^{-7}$);
- малое значение потребляемой мощности – как после включения генератора, так и в установившемся режиме (около 100 мВт);
- малое время стабилизации частоты после включения (около 2...3 с);
- низкий уровень фазовых шумов.

ГК270-ТК является продолжением семейства качественно новых прецизионных термокомпенсированных генераторов ГК202-ТК и ГК203-ТК, но при этом разработан для поставок в категории качества «ВП».

ГК270-ТК имеет стандартные частоты: 9,8304; 10,0; 12,288; 12,8 МГц, выходной сигнал SIN и напряжение питания 5 или 12 В. Прибор обеспечивает температурную стабильность частоты до $1,0 \times 10^{-7}$ в широком интервале рабочих температур $-50...+70^\circ\text{C}$ и долговременную стабильность частоты до $1,5 \times 10^{-7}$ за год. Генератор выполнен в стандартном корпусе с размерами $36 \times 27 \times 12,7$ мм, однако при этом имеет очень перспективное исполнение с высотой 10 мм.

ГК270-ТК предназначен для специальных применений и поставляется в категории качества «ВП» со 4-го квартала 2011 г.

Также ОАО «Морион» закончил разработку и освоение в серийном производстве новой модели малогабаритного прецизионного термостатированного генератора категории качества «ВП» (приёмка «5») – ГК208-ТС.

ГК208-ТС имеет стандартный европейский корпус с размерами 36×27 мм и высотой 16 мм. Новая модель характеризуется высокой температурной стабильностью (до $\pm 5 \times 10^{-10}$) в широком интервале рабочих температур (до $-60...+85^\circ\text{C}$) и высокой долговременной стабильностью (до $\pm 3 \times 10^{-9}$ /год).

ГК208-ТС имеет низкий уровень фазовых шумов: до -125 дБ/Гц для $\Delta f = 10$ Гц и до -155 дБ/Гц для $\Delta f = 10$ кГц. ГК208-ТС выпускается с напряжением питания 12 В и выходными сигналами SIN или КМОП.

Дополнительная информация об этих и других новых приборах доступна на сайте ОАО «Морион» www.morion.com.ru.

www.morion.com.ru

Тел.: (812) 350-7572, (812) 350-9243

Новости российского рынка

Цифровой бессенсорный модуль драйвера двигателя

IRMCT3UF1 от компании IRF поддерживает интеграцию систем двигателя, требующих бессенсорного управления в широком диапазоне скорости вращения (20 : 1) и обеспечивает стабильность работы (высокий пусковой момент и скорость). Синусоидальные коммутации и профильное управление в сочетании с ШИМ-выпрямителем минимизируют пульсации вращающего момента и повышают КПД двигателя.

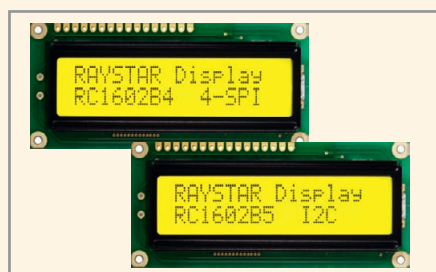
Разработанный для обеспечения высокой надёжности IRMCT3UF1 является драйвером двигателя, имеющим компактный герметичный корпус. Этот драйвер имеет ряд преимуществ перед традиционными решениями:

- встраиваемый IRMCT3UF1 не требует дополнительного программного обеспечения;
- контур бессенсорного управления не требует обратной связи по напряжению, что минимизирует дополнительные аппаратные средства;
- настраиваемая конфигурация поддерживает различные типы двигателей (PMAС/BLDC);
- точное регулирование скорости (1% и меньше) с комбинированным стартом и линейно-нарастающей функцией;
- быстрое управление временем вычисления контура – 11 мкс;
- командно-диагностический интерфейс RS232C со скоростью 57,6 Кбит/с;
- диапазон рабочих температур от –40 до +85°С.

www.favorit-ec.ru
Тел.: (495) 627-7624

Низкопрофильные символьные ЖК-индикаторы серии RC1602B с интерфейсами SPI и I²C

Компания Raystar Optronics начала производство новых моделей ЖК-индикаторов серии RC1602B с интерфейсами SPI и I²C, которые имеют габариты, видимую область экрана и расположение выводов подобно существующим модулям RC1602B2. Модуль RC1602B4 оснащён последовательным интерфейсом SPI, передача по которому идёт бит за битом; в модулях инди-



каторов RC1602B5 используется интерфейс I²C.

Встроенный последовательный интерфейс не требует применения дополнительного устройства передачи данных. Предлагаемые варианты последовательных интерфейсов позволяют пользователю сделать выбор, который наиболее полно соответствует требованиям проекта. Используя только два контакта ввода/вывода, можно управлять последовательно аппаратными или программными средствами. В том случае, когда уже используется шина I²C, можно присвоить ЖК-модулю уникальный ID и добавить его к существующей двухпроводной шине I²C (прекрасное решение, когда необходимо управлять несколькими ЖК-дисплеями одновременно).

Основные технические характеристики:

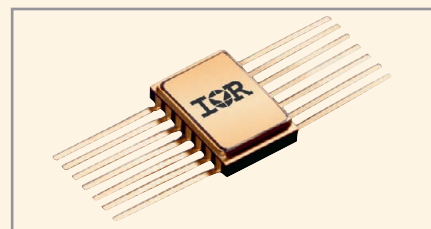
- габариты модуля: 80 × 36 × 10 мм (макс.);
- видимая область экрана: 66 × 16 мм;
- рабочая площадь экрана: 56,2 × 11,5 мм;
- размер символа: 2,95 × 5,55 мм;
- число знаков: 16 знаков × 2 строки;
- драйвер: ИМС, обеспечивающая высокий уровень функциональности;
- для расширенного управления доступен прямой доступ к контроллеру нижнего уровня;
- зарезервировано место для восьми специальных знаков;
- напряжение питания 5 или 3 В;
- интерфейсы: RC1602B4 – четырёхпроводный SPI; RC1602B5 – I²C;
- диапазон рабочих температур от –20 до +70°С.

www.prosoft.ru
Тел.: (495) 234-0636

Радиационно-стойкие драйверы затворов MOSFET/IGBT серии RIC7113 для применения в аппаратуре ракетно-космической техники

Компания International Rectifier закупила 50 000 кремниевых пластин для выпуска популярных радиационно-стойких микросхем драйверов затворов серии RIC7113 транзисторов MOSFET с каналами N-типа верхнего и нижнего плеч. Этого количества пластин достаточно, чтобы обеспечить всех заказчиков по всему миру и значительно сократить сроки изготовления микросхем.

Драйверы серии RIC7113, выпуск которых был начат в марте 2000 г., являются полными функциональными аналогами и совместимы по расположению выводов с драйверами серии IR2110 для промышленных применений. Рабочее напряжение



400 В верхнего плеча RIC7113 предоставляет для разработчиков источников питания возможность использовать структуры источников питания, которые требуют применения «плавающего» ключа в конфигурациях верхнего уровня.

Типичными структурами являются полумостовая и полномостовая прямоходовые конфигурации. Драйвер RIC7113 способен выдерживать воздействие ионизирующих излучений космического пространства и сохраняет работоспособность без ухудшения технических параметров до значений поглощённой дозы 100 крад (Si). Гарантируется отсутствие обратимых и катастрофических отказов от одиночных эффектов при пороговых линейных потерях (ЛПЭ) ионов >37 МэВ·см²/мг.

Драйвер имеет два независимых выходных канала для управления верхними и нижними плечами полумоста (стойки транзисторов MOSFET или IGBT). Собственная технология производства высоковольтных схем (HVIC) и КМОП-схем, устойчивых к защёлкиванию до определённых значений наведённого тока, обеспечивают устойчивую монолитную структуру. Логические входы совместимы с выходными уровнями микросхем TTL и LSTTL. Выходные каскады драйвера характеризуются высоким импульсным током нагрузки и обеспечивают минимальную взаимную проводимость. Задержки распространения подобраны для упрощения использования в высокочастотных применениях. Плавающий выходной каскад может быть использован для управления мощными транзисторами MOSFET или IGBT с каналами типа N в конфигурациях с верхним плечом.

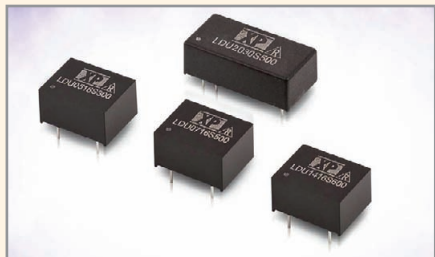
Драйверы RIC7113 выпускаются в 14-выводном керамическом корпусе MO-036AB (RIC7113L4), в 18-выводном корпусе LCC-18 (RIC7113E4) для поверхностного монтажа, в 14-выводном корпусе FlatPack (RIC7113A4).

www.prochip.ru
Тел.: (495) 232-2522

XP Power расширяет линейку миниатюрных DC/DC-драйверов светодиодов для монтажа на печатную плату

Компания XP Power объявила о расширении серии LDU драйверов светодиодов, пре-

Новости российского рынка



образующих входное постоянное напряжение в уровень постоянного тока, для монтажа на печатную плату. Эти высокоэффективные драйверы светодиодов характеризуются значением КПД до 93% (для 5...14-Вт моделей) и 95% для 20-Вт моделей.

Серия LDU20 обеспечивает на выходе ток до 700 мА, а драйверы серий LDU05, 07 и 14 характеризуются максимальным значением тока 1000 мА. Модули драйверов способны работать при широком изменении входного напряжения от 7 до 30 В, которое должно быть по меньшей мере на 2 В выше, чем выходное напряжение.

Выходной ток может регулироваться переменным резистором, уровнем постоянного напряжения, сигналом с широтно-импульсной модуляцией (ШИМ) через вывод управления. Управление яркостью светодиодов осуществляется с помощью ШИМ с максимальной частотой 1 кГц, с минимальным временем нарастания и спада импульса 200 нс. При использовании метода регулирования яркостью аналоговым способом диапазон выходного тока может регулироваться от 25 до 100% от номинального значения.

Вход дистанционного включения/выключения предоставляет возможность управления выходом или формирования последовательности включения отдельных модулей в соответствии с необходимым алгоритмом. Все модели обладают функцией защиты от

короткого замыкания или разрыва цепи светодиодного устройства.

Драйверы светодиодов серии LDU удовлетворяют требованиям широкого ряда светодиодных систем освещения, таких как наружные, комнатные, подводные и автомобильные, а также могут применяться для приложений с батарейным питанием.

Диапазон рабочих температур от -40 до $+85^{\circ}\text{C}$, за исключением моделей LDU14 с выходным током 1000 мА, которые могут работать в диапазоне температур от -40 до $+70^{\circ}\text{C}$.

www.prosoft.ru

Тел.: (495) 234-0636

Новые источники питания AC/DC со степенью защиты IP66 для светодиодных систем освещения

Компания TDK-Lambda расширила серию AL источников питания AC/DC для светодиодных систем освещения тремя новыми уровнями мощности, которые предназначены для светодиодных (LED) систем освещения нового поколения и подсветки вывесок и указателей, требующих повышенной мощности и высокой надежности. В полной мере подходящие как для наружных, так и для комнатных установок, включая уличное освещение, архитектурную подсветку, аварийное освещение, а также световые щиты, знаки и дисплеи, эти источники питания характеризуются степенью защиты IP66 и способны работать от сетей с широким диапазоном изменения напряжения от 90 до 305 В.

Источники питания AC/DC серии AL доступны в двух исполнениях – для постоянного напряжения (ALV) и постоянного тока (ALC). Оба варианта доступны с уровнями выходных мощностей 60, 80 и 100 Вт с выходными напряжениями 12, 24 и 36 В для



серии ALV и выходными токами 1050, 1400, 1700, 3000, 3300 и 4000 мА для серии ALC.

Источники питания серии AL выполнены в компактных корпусах с размерами $241 \times 43 \times 35$ мм, стойких к воздействию вибраций и ударов. При конвекционном отводе тепла обеспечивается диапазон рабочих температур от -30 до $+50^{\circ}\text{C}$ без понижения выходной мощности, с гарантированным запуском при -40°C и КПД до 89%. Все модели оснащены защитой от перенапряжения и перегрузки по току.

Модули соответствуют требованиям стандартов EN55015, EN55022, CISPR22 и FCC к уровню кондуктивных помех и помех излучения (Class B со значительным запасом), требованиям европейских стандартов безопасности EN61347-1 и EN61347-2-13 (для ламповых устройств управления), а также UL8750, CSA C22.2 60950 (второе издание) и DENAN PSE. Модули способны надежно функционировать в условиях воздействия различных помех в соответствии с требованиями ряда стандартов IEC61000-4-2, -3, -4, -6, -8, -11. Уровень гармонических составляющих входного тока соответствует требованиям стандарта IEC61000-3-2 Class C при нагрузках до 50%.

www.prosoft.ru

Тел.: (495) 234-0636

Приборы и системы

Высокочастотный генератор сигналов 10 МГц...8 ГГц

ООО «АДВАНТЕХ» (Advantex), российский разработчик и производитель СВЧ-узлов и систем, представляет новый прибор – высокочастотный генератор сигналов SG8. Прибор обладает следующими особенностями:



- высокая мощность выходного сигнала;
- небольшие габариты;
- высокая точность установки уровня выходного сигнала;
- произвольная частота внешнего опорного сигнала;
- невысокая стоимость.

Генератор основан на синтезе частот с фазовой автоподстройкой (ФАПЧ) и поддерживает следующие режимы работы: постоянные колебания (CW), качание частоты и уровня, частотная и фазовая модуляция. В качестве модулирующего воздействия можно использовать как внутренний источник, так и внешний сигнал, подаваемый на вход, расположенный на задней панели прибора.

Основные характеристики:

- диапазон частот: 10 МГц...8 ГГц;
- шаг перестройки: $<0,001$ Гц;
- фазовый шум: -120 дБн/Гц при отстройке 10 кГц на частоте 1 ГГц;
- выходная мощность: $-20...+28$ дБм;
- погрешность уровня: $\pm 0,2$ дБ;
- шаг перестройки уровня: 0,05 дБ;
- регулировка фазы: 360° ;
- шаг регулировки фазы: 0,15 на 1 ГГц;
- интерфейсы управления: USB, RS-232;
- формат команд: SCPI;
- габариты (В × Ш × Г): $104 \times 246 \times 336$;
- масса: 3,5 кг.

www.advantex.ru

Тел.: +7 (495) 721-4774

Новости российского рынка

Компактный 3-кВА DC/AC-инвертор с высокой удельной мощностью доступен с интерфейсом SNMP Ethernet

Компания Schaefer (США) объявила о начале поставок популярного DC/AC-инвертора AEP-A3000R с дополнительным интерфейсом SNMP Ethernet, который обеспечивает управление инвертором через протокол сетевого уровня IP.



Всяма эффективные DC/AC-инверторы серии AEP-A3000R с низким значением коэффициента гармоник обеспечивают выходную мощность 3 кВА в компактном 19" корпусе высотой 1U и доступны с входными напряжениями 24 и 48 В. Выходное напряжение регулируется с отклонением $\pm 3\%$ или меньше. Встроенный автоматический переключатель байпаса (время переключения 4...6 мс) предусмотрен для резервированной работы от вспомогательного источника в том случае, когда входное постоянное напряжение отключается. В режиме ИБП вход переменного напряжения не требуется для работы инвертора в стандартном режиме.

Все модели серии AEP-A3000R оснащены защитой от перегрузки и выдают сигналы тревоги («низкое напряжение», «короткое замыкание», «перегрузка по входному напряжению», «перегрев», «перегрузка» и «низкий заряд батареи»), которые отображаются на удобном цифровом дисплее. Дисплей также показывает напряжение, силу тока и температуру перегрева наиболее критичных компонентов. Значение КПД колеблется от 87 до 90%. Соответствие требованиям электромагнитной совместимости, Class B, минимизирует влияние на другое чувствительное оборудование.

www.prosoft.ru
Тел.: (495) 234-0636

Компактный недорогой 5-кВт DC/AC-инвертор с низким коэффициентом гармоник

Компания Schaefer (США) представила прочные, высокоэффективные 5000-Вт DC/AC-инверторы серии AEP-5000 с низким коэффициентом гармоник. «Чистая» синусоидальная форма выходного напряжения с общими суммарными искажениями 3% является идеальной для обеспечения питанием чувствительных к форме напряжения потребителей и для повыше-

ния технических показателей оборудования, питаемого переменным напряжением.

Инверторы серии AEP-5000 доступны в конфигурациях с входными напряжениями 24, 48, 110 и 220 В постоянного тока. Доступны модели с выходными стабилизированными напряжениями 115 и 230 В (частота 50/60 Гц).

Все модели серии AEP-5000 характеризуются широким диапазоном рабочих температур от -30 до $+50^{\circ}\text{C}$, комплексной схемой защиты и цифровым дисплеем для отображения низкого уровня напряжения на входе, короткого замыкания нагрузки, перенапряжения на входе, перегрева, перегрузки и низкого уровня заряда батарей. Дисплей также отображает напряжение, силу тока, потребляемую мощность и температуру наиболее критичных компонентов.



Компактная конструкция является прочной и удобной для применений в промышленности, коммунальном хозяйстве, военном, коммуникационном оборудовании, морской аппаратуре, автомобилях технической помощи и других аналогичных применениях для резервирования сетей энергоснабжения. Конструкция модуля с габаритами (Д × Ш × В) 496 × 324 × 142 мм обеспечивает мощность 5000 Вт, экономия при этом место в стеснённых приложениях. Простая монтажная схема и высокая надёжность обеспечивает низкую стоимость.

www.prosoft.ru
Тел.: (495) 234-0636

XP Power расширяет серию fleXPower конфигурируемых источников питания 2500-Вт моделями

Компания XP Power объявила о начале выпуска моделей X15 и XM15 серии fleXPower конфигурируемых многоканальных источников питания AC/DC, которые соответствуют требованиям к большой мощности в медицинских и IT/промышленных применениях.

Источники питания X15 соответствуют требованиям международно признанных стандартов безопасности EN/UL60950 к IT и промышленному оборудованию. Соответствие жёстким требованиям самых последних стандартов безопасности (3-е издание) к медицинским электрическим приборам и



аппаратам и низкий уровень тока утечки на землю позволяют применять источники питания XM15 в медицинских диагностических приборах, компьютерной томографии и магнитно-резонансной томографии.

Способные обеспечить выходную мощность 1500 Вт при низком напряжении в сети и 2500 Вт при высоком напряжении в сети (>180 В), эти компактные блоки с принудительным охлаждением имеют габариты 279,4 × 127 × 127 мм и характеризуются значением удельной мощности до 555 Вт/дм³ (9,09 Вт/дюйм³). Модули, доступные с одним и двумя выходными каналами, охватывают все популярные номинальные значения напряжений от +3,3 до +60 В с разнообразными выходными токами. Возможность соединения выходов параллельно для повышения мощности или подключение модулей последовательно для получения нестандартных значений выходных напряжений предоставляют инженерам-разработчикам тысячи различных комбинаций выходных параметров.

Выходной дополнительный канал 5 В/1 А всегда доступен для питания логических схем или цепей управления в законченной системе без необходимости каких-либо дополнительных источников напряжения или понижающих преобразователей. Модули оснащены контрольными сигналами и сигналами управления AC OK (состояние входного напряжения), Power Fail (аварийное состояние входного напряжения), DC OK (состояние выходного напряжения), Global Inhibit (сигнал дистанционного включения/выключения), Fan Fail (отказ вентилятора) и Module OK/Inhibit.

Доступная по заказу функция управления скоростью вращения вентилятора позволяет уменьшать скорость вращения вентилятора и связанный с работой вентилятора шум при пониженных уровнях выходной мощности.

Семейство источников питания fleXPower включает модули с шестью уровнями выходных мощностей от 400 до 2500 Вт и предлагает высокоэффективные источники напряжения в конфигурируемом формате за короткое время.

Источники питания fleXPower X15 и XM15 поддерживаются трёхлетней гарантией.

www.prosoft.ru
Тел.: (495) 234-0636

Получить больше за меньшую цену?

Питер Блис (Великобритания)

Перевод Виктора Жданкина

«Получить больше за меньшую цену», – сейчас я сталкиваюсь с этим выражением буквально на каждом шагу. Оно характерно и для бизнеса, задачей которого является борьба за повышение эффективности преобразования энергии.

Несомненно, «зелёные» проблемы, связанные с защитой окружающей среды, приобретают особое значение во всех сферах жизни. Правительства, всемирные организации и учреждения, многонациональные корпорации, местные предприятия и отдельные личности так или иначе чувствуют повышение цен на энергоносители и сокращение мировых энергетических ресурсов. И что более важно, приходит должное понимание всё возрастающей угрозы для планеты и её экосистем, связанной с использованием основных современных источников энергии, таких как нефть и уголь.

В настоящее время в числе возможных решений предлагается контроль над возникновением т.н. «парникового эффекта». Читателей и телезрителей впечатляют дискуссии о переходе с ископаемых видов топлива на атомную энергию или возобновляемые источники, такие как энергия солнца или ветра. И, наверное, многие понимают, что следовало бы меньше летать на самолётах, переходить на гибридные автомобили или электромобили, а ещё лучше – оставить автомобиль дома и ездить на общественном транспорте или на велосипеде.

Несомненно, все прогнозы говорят о том, что в мировом масштабе потребление энергии в следующие десятилетия будет расти. Поэтому следует также задуматься о повышении эффективности использования энергии – о том, как получить больше за меньшую цену.

Новые технологии начинают внедряться в самых разных отраслях: это замена ламп накаливания на лампы с холодным катодом или на светодиодные; или улучшение теплоизоляции в наших домах. Но я уверен, что мощность, потребляемая электронными устройствами и оборудованием, а также КПД источников питания являются

существенными факторами в решении проблем энергопотребления в мире.

Являются ли источники питания, интегрированные в электронное оборудование, которое используется в большинстве организаций, действительно неэффективными или только недостаточно эффективными?

Источники питания, несомненно, могут быть высокоэффективными, когда они работают с максимальной выходной мощностью или близкой к максимальной. Однако суммарная эффективность резко падает, когда нагрузка отключена. Конечно, источник питания будет продолжать потреблять энергию, если он подключен к питающей сети, возможно, всего несколько ватт, но это вырастает в проблему.

Эффективность в режиме холостого хода или режиме ожидания (дежурном) вызывает в последние годы растущую озабоченность, которая, как хорошо известно, привела к появлению международных инициатив по энергоэффективности, таких как программа Energy Star Агентства США по защите окружающей среды (US Environmental Protection Agency – EPA). Технические требования EPA Energy Efficiency Level V включают анализ эффективности в режимах полной мощности и холостого хода, которые для многих применений могут составлять весьма существенную часть всего срока службы изделия. Компания XP Power получила заказ от консалтинговой фирмы Inekon Energy Efficiency Consulting на проведение комплексного исследования эффективности медицинского электронного оборудования, которое используется в течение длительного времени в типичном европейском госпитале. Это частная клиника Fiderklinik, расположенная около Штутгарта (Германия). По раз-

мерам госпиталь является средним, по крайней мере, в пределах Германии (в 2009 г. 11 000 стационарных больных, 31 000 амбулаторных больных, 1100 врачей, 520 служащих, 219 больничных коек), но, возможно, оснащён более современным оборудованием, чем среднее лечебное учреждение. К тому же госпиталь имеет множество отделений, включая отделения анестезии, хирургии, акушерства и гинекологии, медицины внутренних органов, интенсивной терапии, педиатрии, онкологии, паллиативного лечения, психотерапии и психосоматики, рентгенологии.

Изучение состояло из трёх главных частей: 1) инвентаризация медицинских электрических приборов и аппаратов, которые были впоследствии сгруппированы в соответствии с потреблением энергии, 2) измерение параметров устройств, определение продолжительности их использования, и в заключение 3) анализ и оценка результатов.

Так как большая часть устройств использовалась ежедневно, необходимо было применять дистанционную мобильную беспроводную измерительную систему. Регистратор данных получал данные о потребляемой мощности удалённо, при этом они анализировались за периоды от нескольких часов до нескольких дней. Данные от самых крупных устройств, таких как магнитно-резонансные томографы и рентгеновские аппараты с высокой потребляемой мощностью, были получены регистраторами данных с анализатором мощности на центральных линиях распределения энергии госпиталя.

Чтобы установить тип преобразователя мощности и его характеристики, использовалось оборудование или документация производителя. Информация о продолжительности использования оборудования была важнейшей частью расчёта для определения суммарной годовой потребляемой мощности (подразделённой на потребляемую мощность в режиме ожидания, во время нормальной эксплуатации и при



Рис. 1. Потребляемая мощность (МВт/год) по категориям, количеству установленного оборудования и в процентах

простое оборудования), она получена посредством опросов, оценки или измерений.

Количество электроэнергии, используемой медицинским электрооборудованием в госпитале, составляло приблизительно 40% от суммарного энергопотребления (которое включает расход энергии на отопление, вентиляцию, освещение, офисное оборудование и т.д.). Эта величина ежегодно увеличивалась приблизительно на 6% в течение нескольких последних лет вследствие роста количества медицинского оборудования.

Так или иначе, общее количество медицинских устройств, выбранных для измерения, составляло около 60% от общего числа (758 из всех 1257 медицинских устройств в госпитале), но включало около 1000 преобразователей мощности, что составило приблизительно 84% потребляемой медицинскими устройствами мощности (по крайней мере, из тех, которые оборудованы преобразователями мощности; некоторые медицинские устройства, такие как обогреватели, осветительные приборы и зонды, не оснащены преобразователями мощности).

В медицинском оборудовании, используемом в госпитале, установлено более 1350 преобразователей мощности, они потребляют ежегодно 306 МВтч энергии, что составляет приблизительно 8% потребляемой госпиталем мощности (рис. 1). Однако среднее значение КПД преобразователей мощности,

используемых в медицинском оборудовании, составляет всего лишь 77%, и немногие из этих источников питания имеют какие-либо функциональные возможности для уменьшения потребляемой мощности в режиме ожидания.

Для сравнения отметим, что наиболее эффективные источники питания компании XP Power, предназначенные для применения в медицинских приборах и аппаратах, характеризуются значением КПД до 95% и к тому же имеют функциональную возможность понижать потребление мощности в режиме ожидания. Было подсчитано, что госпиталь мог бы снизить потребление мощности на 32,5 МВтч в год, что составляет приблизительно 11% от потребляемой всеми медицинскими приборами мощности, если бы использовались источники питания компании XP Power. Это сократило бы выделение CO₂ на 18,6 т и, что более важно, привело бы к значительному снижению расходов.

Предполагаемое уменьшение затрат в сфере электропитания, обусловленное применением эффективных модулей преобразователей мощности, действительно составляет значительную величину, которая могла бы выразиться в экономии 4661 евро в год (включая 700 евро за счёт снижения мощности в режиме ожидания). Так как госпиталь должен оплачивать не только работу электрооборудования, но также пиковую нагрузку (которая является максимальной электрической



Зачем платить больше?

Коммерческие источники питания для военной техники

Низкая стоимость и короткие сроки поставки при соответствии военным стандартам

Основные характеристики DC/DC-преобразователей серии MTC

- Диапазон входных напряжений 15,5...40 В
- Выходные напряжения от 3,3 до 28 В
- Выходные мощности от 5 до 150 Вт
- Диапазон рабочих температур от -55 до +100°C (основание корпуса)
- Электромагнитные помехи соответствуют требованиям MIL-STD-461E
- Импульсное перенапряжение и помехоустойчивость в соответствии с MIL-STD-1275A/B/C, 704A-F
- Стойкость к внешним воздействующим факторам в соответствии с требованиями MIL-STD-810F
- Сервисные функции: синхронизация частоты преобразования, дистанционное включение/выключение, регулировка выходного напряжения, внешняя обратная связь

XP Power

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР
ПРОДУКЦИИ XP POWER

реклама

PROSOFT®

Телефон: (495) 234-0636 • Факс: (495) 234-0640
E-mail: info@prosoft.ru • www.prosoft.ru

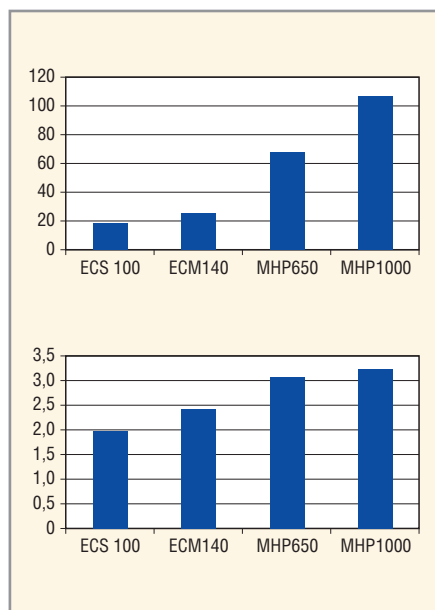


Рис. 2. Сравнение экономии суммарных расходов за год и ожидаемого времени окупаемости

а – Экономия расходов в евро за год; б – время окупаемости (годы)

мощностью в пределах определённого периода – обычно это один год), экономия от пониженной пиковой нагрузки, составляющая 1700 евро в год для данного госпиталя, должна быть также принята во внимание. Следовательно, суммарная экономия увеличивается до 6371 евро в год просто благо-

даря переходу на эффективные преобразователи мощности.

Повышение эффективности, уменьшение потребления энергии в режиме ожидания и при максимальной рабочей нагрузке в итоге снижают расходы на электроэнергию, связанные с работой медицинского оборудования, на 13,3%, что даже больше, чем ранее упомянутое значение экономии потребляемой энергии 11%.

Чтобы убедиться в экономической эффективности эксплуатации современных преобразователей мощности, нужно принять во внимание весь период эксплуатации. Если предполагаемый рабочий период составляет 15 лет, общая сумма экономии значительно растёт, исходя из 13,3% годовой экономии расходов на электроэнергию. В связи с этим общие затраты имеют второстепенное значение по сравнению с затратами на потребление электроэнергии, когда речь идёт обо всём сроке службы изделия. Например, 1000-ваттный преобразователь серии MHP1000 компании XP Power мог бы сэкономить приблизительно 1600 евро в течение 15 лет при сроке окупаемости около трёх лет.

Очевидно, экономическая выгода будет зависеть от времени эксплуата-

ции устройства и конкретных затрат на потребление электроэнергии. Но общее время окупаемости составляет, как правило, от двух до трёх лет при условии, что среднее время эксплуатации устройства – 6000 ч в год (см. рис. 2).

Здесь будет уместным, перфразируя известное утверждение мира моды о вечной актуальности чёрного цвета, сказать: «Зелёное» всегда в моде!

ЛИТЕРАТУРА

1. *Жданкин В.К.* Некоторые особенности проектирования источников питания для медицинского электрооборудования. Силовая электроника. 2007. № 2.
2. *Жданкин В.К.* Некоторые методы уменьшения габаритов и повышения эффективности источников питания AC/DC. Силовая электроника. 2008. № 4.
3. *Блис П.* Источники питания для медицинского оборудования: тенденции, проблемы и методы проектирования. Современная электроника. 2010. № 1.
4. *Жданкин В.К.* Высокоэффективные источники питания меняют методы разработки высоконадёжных систем. Современная электроника. 2011. № 2.
5. *Блис П.* Повышение эффективности источников питания AC/DC. Электронные компоненты. 2011. № 8.



Новости мира News of the World Новости мира

«Созвездие» разложат на бизнес-единицы

Концерн «Созвездие» приступил к реорганизации головной компании в Воронеже. На её базе будет создано несколько самостоятельных бизнес-единиц – по основным направлениям деятельности предприятия. В концерне планируется также сокращение нескольких сотен сотрудников. Концерн стремится снизить себестоимость продукции и в целом повысить эффективность производства. Эксперты напоминают, что в 2011 г. объём работ головного предприятия составил лишь порядка 11 млрд. руб. при запланированных изначально 14,5 млрд.

В концерне подтвердили, что с января по апрель в ОАО «Концерн «Созвездие»» пройдёт масштабная реорганизация. На базе предприятия сформируют несколько крупных бизнес-единиц: «оперативное и тактическое звено», «радиоэлектронная борьба и спецсвязь», «ПВО и ПРО», «программные технологии», промышленный парк, технопарк, который займётся гражданскими разработками концерна, а также опытный завод. Они получают право на за-

ключение договоров, будут распоряжаться собственными фондами заработной платы. «Круг их полномочий в рамках курируемых направлений работы концерна будет достаточно широким», – добавили в «Созвездии». Кроме того, будут созданы несколько профильных департаментов, в том числе стратегического развития, финансов и инвестиций, внешнеэкономической деятельности.

На сегодня все сотрудники концерна (около 6 тыс. человек) получили уведомление об увольнении, принимать их на работу будут уже в создаваемые подразделения. При этом подразумеваются достаточно серьёзные сокращения. По словам источника в концерне, уволено будет «несколько сот человек наверняка», общая цифра может дойти до 1 тыс. сотрудников. Под сокращение попадут в первую очередь пенсионеры.

Реорганизация проводится, как заявляют в концерне, в связи «с ростом масштаба задач», которые ставятся перед предприятием. В «Созвездии» также рассчитывают и на рост такого показателя, как «выработка от одного работающего».

«Созвездие», которое специализируется на поставках комплексов, систем и средств связи для российской армии (свыше 90% от общего объёма продукции), действительно необходимо повышать эффективность работы. Так, по данным годового отчёта концерна за 2010 г., объём выполненных работ головного предприятия составил более 9,3 млрд. руб., чистая прибыль – 228 млн. руб. При этом план на 2011 г. по объёмам работ, если верить отчёту, составлял 14,5 млрд. руб. Однако в итоге этот показатель составил около 11 млрд. руб. Выработка на одного работающего в 2010 г. составляла 1,58 млн. руб., данные за 2011 г. пока не раскрываются. Напомним, что в 2011 г. в отставку с должности гендиректора концерна был отправлен Юрий Сидоров, его сменил выходец из «Ростехнологий» Азрет Беккиев. Одной из причин отставки господина Сидорова называли непростые отношения концерна с основным заказчиком – Минобороны.

Сотрудники концерна, опрошенные на условиях анонимности, признаются, что «всё предприятие в растерянности», «ходят слухи о гораздо более массовых сокра-

щениях, чем заявляется официально», но пока никаких протестных акций не планируется. Один из источников в концерне отметил, что «сегодня на предприятии окладная часть зарплаты меньше, чем надбавочная, а будет наоборот»: «В целом по заводу зарплаты, может, и вырастут, – как заявили губернатору. Но это похоже на советскую уравниловку. Размер премий будет ограничен, некоторые высококвалифицированные сотрудники могут даже потерять в доходах».

Директор Центра анализа стратегий и технологий Руслан Пухов считает, что Минобороны сейчас не стесняется заказывать импортную продукцию (вертолётостроительная компания Mistral, бронемашин Iveco) и в целом достаточно прагматично подходит к госзаказу. «Созвездие», безусловно, необходимо повышать свою эффективность, чтобы продолжать получать крупные контракты от армии», – считает эксперт. Аналитик «Атона» по специальным проектам Михаил Пак предположил, что пока рано говорить, получится ли у «Созвездия» успешно провести реорганизацию и даст ли она тот эффект, которого от неё ожидают: «Реорганизация ещё не завершена, и надо дожидаться итогов работы концерна хотя бы за 2012 г».

Коммерсантъ

Внедрение передовой технологии отодвигается на неопределённое время из-за отсутствия средств

АФК «Система» при поддержке Минпромторга не смогла пролоббировать выделение средств на создание производства чипов и микросхем нового поколения. С лета прошлого года министерство разрабатывало проект в расчёте на то, что из бюджета выделят 26,92 млрд. руб. в рамках программ Инвестиционного фонда РФ. Однако в ходе согласования с Минрегионом, Минэкономразвития и Минфином выяснилось, что средств государственного инвестфонда недостаточно.

В конце ноября Минпромторг пробовал спасти проект, включив его в раздел «Капитальные вложения» федеральной целевой программы «Развитие электронной компонентной базы и радиоэлектроники на 2008–2015 гг.» (её заказчик – Минпромторг). Предложение было одобрено Минрегионом, но пока шли согласования, меры по сокращению дефицита бюджета коснулись и этой ФЦП.

Общее финансирование проекта «Организации производства интегральных мик-

росхем на пластинах диаметром 300 мм с проектными нормами 65...45 нм» составляет 56 млрд. руб. Половину давало государство, половину – «Система» в тандеме с названным иностранным инвестором. Организовывать новое производство должны были на базе «Ситроникса» и «НИИМЭ и «Микрон»», которые сейчас производят российские микросхемы предыдущего поколения: размером 90 нм и больше.

Многомиллиардный проект планировалось реализовать в форме частно-государственного партнёрства – половину суммы выделить из федерального бюджета, вторую поделить между частным российским и зарубежным инвестором. Позднее долю государства в проекте хотели сократить.

Руководитель «Ситроникс Микроэлектроника» Геннадий Красников заявил «Известиям», что если не создать в России производство новых микросхем базового уровня, то самостоятельно развить технологию нового поколения до military и space будет невозможно. У отечественных производителей оборудования (к примеру, спутников «Глонасс») часто возникают проблемы с приобретением микросхем для оборудования двойного или военного назначения. Официальным путём такие комплектующие купить сложно – требуется разрешение Госдепартамента США. В России же их пока не производят.

«Освоение базовой технологии 65 нм будет проходить при помощи западного партнёра, и, изучив её в процессе освоения, наши учёные и инженеры будут затем способны разрабатывать оригинальные дополнительные опции – например, для производства чипов повышенной надёжности, способных работать в жёстких условиях космоса, – говорит Красников. – На первом этапе на предприятии будет налажено производство логических микросхем, которые требуются для создания и обслуживания российских телекоммуникационных сетей, систем безопасности и мониторинга».

Сборочные производства телекоммуникационного оборудования в России есть у многих компаний. Обычно это сводится к завинчиванию винтов на панелях коммутаторов в компактных мастерских Siemens, Cisco или Alcatel. Основные комплектующие для них поставляют из-за рубежа. Занять нишу поставщика комплектующих для них рассчитывает «Ситроникс». В компании подчёркивают, что без госинвестиций этот проект не поднять, поэтому продолжат переговоры о частно-государственном партнёрстве.

Специалисты считают, что организация производства такого уровня необходима не только по экономическим, но и по социальным показателям.

«Путь покупки технологий хорошо известен в мире – им, например, шла Япония, – говорит Борис Львов, декан факультета электроники Московского государственного института электроники и математики. – Сейчас наши технологи не готовы к реализации такого проекта. Мы должны покупать лицензии и технологии по электронной компонентной базе, с тем чтобы развиваться и учить наших ребят их осваивать. Вскоре будем способны создавать свои такого же уровня».

Согласно письму заместителя главы Минпромторга Дениса Мантурова от 29 декабря, министерство предложило включить софинансирование проекта «Системы» в бюджет следующего года.

Известия.ru

ИС датчика Холла с двухпроводным токовым выходом

A1357 фирмы Allegro MicroSystems Europe является программируемой ИС датчика Холла с двухпроводным выходом с широтно-импульсной модуляцией (ШИМ). Его температурный диапазон –40...+150°C определяет возможность его применения в автомобильной электронике и промышленности. Преимущества двухпроводного интерфейса особенно проявляются в приложениях, в которых сигналы должны передаваться без помех на относительно большие расстояния.



A1357 преобразует аналоговый сигнал внутреннего элемента Холла в ШИМ-кодированный выходной сигнал с несущей частотой 1 кГц. Цифровые ШИМ-выходы обладают лучшей помехоустойчивостью по сравнению с аналоговыми выходными сигналами. Датчик соответствует требованиям директивы RoHS и поставляется в трёхконтактном SIP-корпусе без содержания свинца. Выводы имеют гальваническое покрытие чистым цинком.

www.allegromicro.com/

Применение вакуумно-плазменных технологий в электронике

Владимир Белецкий, Валерий Киреев, Сергей Князев, Данил Челапкин (Москва)

В статье приведена классификация процессов получения тонкоплёночных слоёв, систем и покрытий, перечислены области применения и технологические характеристики процессов физического осаждения из газовой фазы функциональных плёночных слоёв. Рассмотрена эволюция параметров структур после проведения операций ФОГФ, и проведён анализ состава и параметров оборудования для реализации процессов.

ПРОЦЕССЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ НАНЕСЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СЛОЁВ И ПОКРЫТИЙ ФИЗИЧЕСКИМ И РЕАКТИВНЫМ ФИЗИЧЕСКИМ ОСАЖДЕНИЕМ ИЗ ГАЗОВОЙ ФАЗЫ

Получение высококачественных тонкоплёночных слоёв и покрытий из металлов, сплавов, диэлектриков и полупроводников является актуальной задачей технологии изготовления различных элементов и устройств современной электроники, оптики и точной механики. Например, в технологических процессах производства интегральных микросхем (ИМС) с субнанометровыми топологическими нормами, состоящих из 500 – 700 операций, от 30 до 60% приходится на операции, связанные с получением тонкоплёночных слоёв систем изоляции и металлизации [1]. В зеркалах отражательной оптики для систем литографии на экстремальном ультрафиолете (ЭУФ) с длиной волны 13,5 нм используются наборы из 30 – 60 пар бинарных слоёв Mo/Si толщиной соответственно 2,8 и 4,1 нм и атомарной поверхностной гладкостью [2].

Классификация процессов получения тонкоплёночных функциональных слоёв, систем и покрытий

Термин «получение» плёнок и покрытий носит в микроэлектронике самый общий характер и нуждается в уточнении, поскольку включает в себя процессы нанесения, осаждения, выращивания и формирования функциональных слоёв на поверхности подложек.

Термин «нанесение» обычно характеризует процессы получения слоёв (плё-

нок) из растворов методом центрифугирования или душирования. К таким процессам относятся нанесение резистивных покрытий (плёнок фото-, электро-, рентгено- и ионорезистов), планирующих и антиотражающих органических слоёв (плёнок полиимида и антиотражающих покрытий (anti-reflective coating, ARC), диэлектриков, называемых жидкими стёклами (SoG, spin on glass, или SoD, spin on dielectrics или FOX, flowable oxides)).

К процессам осаждения функциональных слоёв относятся процессы, представленные на рисунке 1 [1], а именно:

1) *физического осаждения из газовой фазы (ФОГФ) (PVD, physical vapor deposition), которые реализуются [3]:*

- с помощью термического испарения материалов в вакууме (thermal vacuum evaporation) посредством резистивного, электроннолучевого, индукционного, лампового и лазерного нагрева с последующим осаждением материалов без изменения их химического состава на поверхность подложки;
- с помощью ионно-плазменного (катодного, магнетронного – sputtering, magnetron sputtering) и ионно-лучевого (ion beam sputtering) распыления материалов в вакууме или плазме низкого давления с последующим осаждением материалов без изменения их химического состава на поверхность подложки;
- с помощью одновременного осаждения испарённых и/или распылённых в вакууме или плазме низкого давления материалов в виде атомарного и ионного пучков на поверхность подложки без изменения их химического состава (ion plating);

2) *реактивного физического осаждения из газовой фазы* (реактивное ФОГФ – reactive PVD), которые реализуются с помощью процессов, в которых газовая среда низкого давления содержит достаточное количество химически активного (реактивного) газа для изменения химического состава испарённого и/или распылённого материала при его осаждении на подложку. Причём изменение химического состава осаждаемого материала может достигаться как на стадии его испарения или распыления, так и на стадии его осаждения на подложку [4];

3) *химического осаждения из газовой фазы (ХОГФ – CVD, chemical vapor deposition), которое реализуется посредством подачи двух (или более) паровых реагентов, необходимых для образования требуемого материала в результате проведения термоактивированных химических реакций на границе раздела газовая (паровая) фаза – подложка. При этом реагенты в вакуумную камеру, называемую в этом случае реактором, могут подаваться одновременно или поочередно, непрерывно или дискретно, с использованием или без использования газов-носителей. Если химическая реакция осаждения требуемого материала на подложку происходит только за счёт температуры, то процесс ХОГФ называется термическим ХОГФ (thermal CVD), низкотемпературным (LT) или высокотемпературным (HT). А если при проведении химической реакции осаждения используются различные способы активации, к которым относятся плазма, катализаторы, световые излучения и др., то такие процессы ХОГФ называются процессами ХОГФ с дополнительной активацией, например, плазмоактивированный процесс ХОГФ (ПА ХОГФ) (plasma enhanced CVD, PE CVD) [5];*

4) *плазмохимического осаждения (ПХО) (plasma chemical deposition or plasma deposition), являющегося разновидностью химического осаждения из газовой фазы (ХОГФ), в котором реагенты и поверхность подложки активируются в плазме разряда и одновремен-*

*Мы предлагаем комплексные
технические решения
для электронного производства*



Компания «ЭСТО-Вакуум» — российский разработчик автоматизированного вакуумного оборудования для напыления и осаждения различных материалов.

Для каждого заказчика проектируется и производится индивидуальное решение на основе типовой модели. Компания обеспечивает полный жизненный цикл продукта: проект, производство, инсталляция, сервисное обслуживание

Автоматизированные вакуумные установки



Carolina D12A1



Carolina D12B1



Caroline D12B3



Caroline D12C

Компания «ЭСТО-Вакуум» весной открывает центр технологических услуг. Центр состоит из участков вакуумного и измерительного оборудования, а также участка фотолитографии. В центре могут быть реализованы следующие услуги:

- Мелкосерийный выпуск
- Нанесение покрытий на изделия заказчика
- Сдача оборудования в аренду (машина+оператор)
- Отработка технологий заказчика и получение опытных образцов

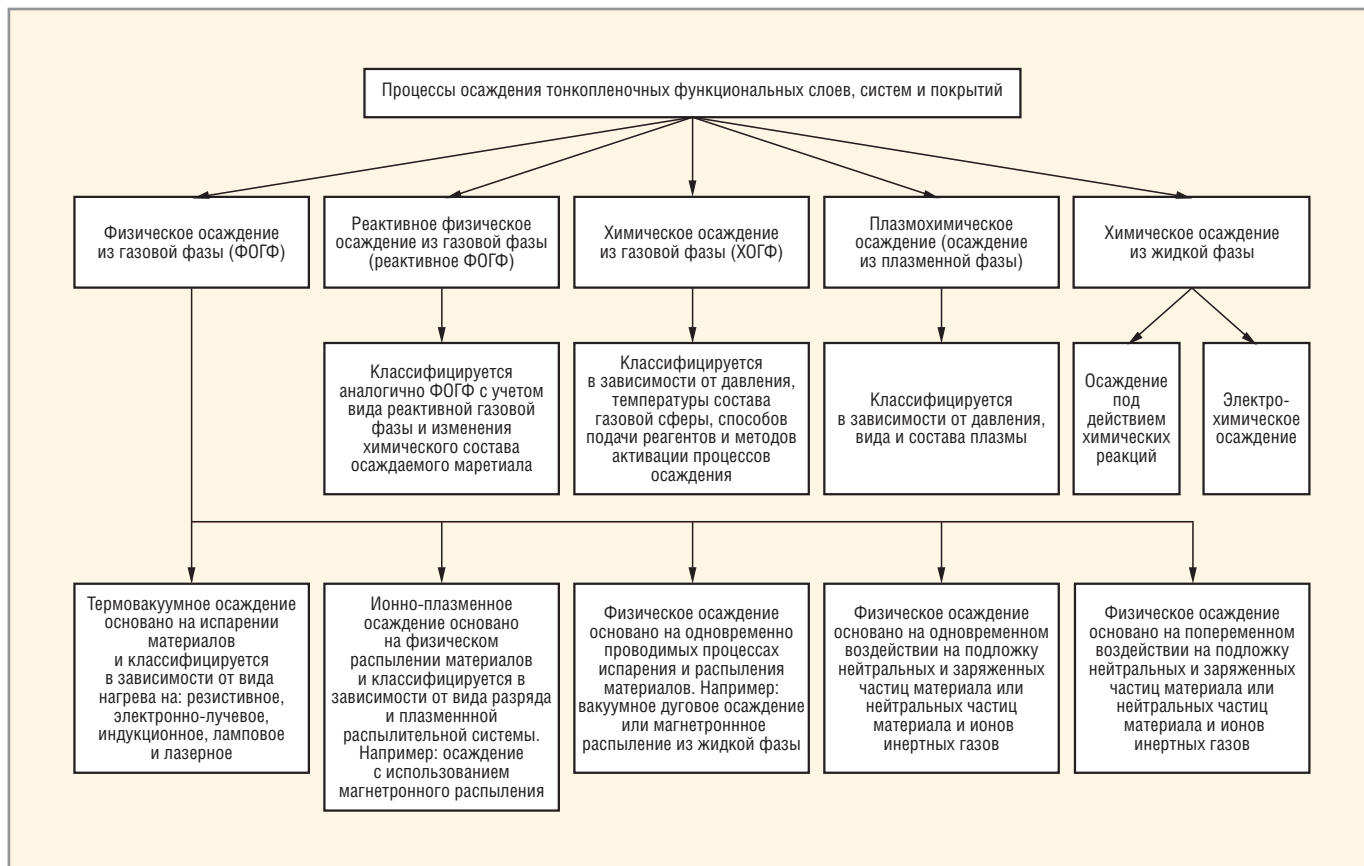


Рис. 1. Классификация процессов осаждения тонкоплёночных слоёв

но происходит активированная плазмой реакция осаждения слоя требуемого материала. При этом, по сравнению с ХОГФ, плазмохимическое осаждение может быть выполнено при более низких температурах и более высоких скоростях без потери качества функционального слоя материала;

5) *химического* (electroless deposition or electroless plating) и *электрохимического* (electrochemical deposition) *осаждения из растворов*, в которых химические реакции осаждения требуемого материала на подложку осуществляются в растворах соответственно без воздействия и под воздействием внешнего электрического поля. При этом поверхность подложки может быть выборочно или целиком активирована катализатором, а сами растворы могут быть активированы температурой, световым и ультразвуковым излучением и т.д.

К процессам выращивания относятся высокотемпературные процессы молекулярно-лучевой эпитаксии (molecular beam epitaxy), термического окисления (thermal oxidation) и термического нитрирования (азотирования) (thermal nitridation) поверхности кремниевых пластин или поликремниевых слоёв.

Термин эпитаксия применяют к процессам выращивания тонких моно-

кристаллических слоёв (плёнок) на монокристаллических подложках. Материал подложки в процессе выращивания играет роль затравочного кристалла. Эпитаксиальный процесс отличается от процессов выращивания монокристаллов, например, методом Чохральского, тем, что рост кристалла происходит при температуре ниже температуры плавления. Обычно эпитаксиальное выращивание плёнок основано на процессах ХОГФ, за исключением молекулярно-лучевой эпитаксии, где используется процесс вакуумной конденсации [5].

Если материалы выращиваемой плёнки и подложки одинаковы, например, кремний выращивается на кремнии, то процесс называется автоэпитаксиальным или гомоэпитаксиальным. Если же материал слоя и материал подложки различаются, например, плёнка Si1-xGex выращивается на кремнии, то процесс называется гетероэпитаксиальным, а сама плёнка – гетероструктурой. Однако, при гетероэпитаксии кристаллическая структура плёнки и подложки должна быть сходной для обеспечения роста монокристаллического слоя.

Процессы выращивания окисных и нитридных слоёв на поверхности подложки представляют собой разновид-

ность термических процессов ХОГФ, в которых в качестве одного из реагентов выступает сам материал подложки. Например, чистая поверхность кремниевой пластины при высокой (800...1100°C) температуре в присутствии кислорода покрывается выращенной плёнкой оксида кремния, а в присутствии азота – плёнкой нитрида кремния. При этом процессы выращивания плёнок могут быть активированы плазмой, световым излучением, электрическим полем и др.

К процессам формирования функциональных слоёв и покрытий относятся группа процессов термического диффузионного (diffusion annealing), быстрого термического (rapid thermal annealing), пикового (spike annealing) и лазерного (laser annealing) отжига, формирующих структуру, состав и физико-химические свойства имплантированных, нанесённых, осаждённых и выращенных слоёв.

ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПРОЦЕССОВ ОБЫЧНОГО И РЕАКТИВНОГО ФОГФ

В ранних работах [6–8] к тонким плёнкам обычно относили слои толщиной менее 10 мкм, которые получали методами физического или химического осаждения из газовой фазы.

Более толстые слои относились к толстым плёнкам и формировали методом намазывания и вжигания паст, методом ламинирования, методом погружения в расплавы и методами химического или электрохимического осаждения из растворов. В настоящее время, в связи с развитием мощных электронных и светодиодных осветительных приборов, граница толщины тонкоплёночных слоёв, особенно медных, постоянно повышается и уже достигла 15...25 мкм.

Кроме того, тонкие плёнки, используемые в микроэлектронике, оптике и точной механике, должны осаждаются в атомарном или молекулярном виде с помощью потоков индивидуальных нейтральных или заряженных атомов или молекул, так как получаемые функциональные слои и покрытия должны иметь атомарную гладкость. Поэтому целые классы процессов осаждения из газовой и жидкостной фаз, в которых тонкие плёнки осаждаются в виде кластеров и наночастиц, например, ионно-кластерное осаждение (ion cluster deposition) и золь-гель (sol-gel) технологии, здесь не рассматриваются.

В микроэлектронике процессы ФОГФ используются для осаждения функциональных слоёв алюминия (Al) и его сплавов с кремнием и медью $Al[(1...4)\%Si]$, $Al[1\%Si,0,5\%Cu]$, $Al[0,5\%Cu]$, титана (Ti), тантала (Ta), никеля (Ni), кобальта (Co), платины (Pt), хрома (Cr) и меди (Cu), а также тонких зародышевых слоёв (seed layers) меди и золота (Au). Процессы реактивного ФОГФ применяются для осаждения барьерных слоёв нитридов титана и тантала (TiN и TaN), а также антиотражающих слоёв нитрида титана и окиси хрома (Cr_2O_3).

В оптике процессы ФОГФ используются для осаждения металлических отражающих излучение слоёв для зеркал, например, плёнок алюминия (Al) и хрома (Cr); поглощающих излучение слоёв для шаблонов, например, плёнок золота (Au) и вольфрама (W). С помощью процессов реактивного ФОГФ осаждаются антиотражающие и просветляющие покрытия оксидов алюминия, хрома и кремния (Al_2O_3 , Cr_2O_3 и SiO_2). В точной механике процессы обычного и реактивного ФОГФ используются для осаждения износостойчивых, сверхтвёрдых, коррозионностойких и антифрикционных покрытий на основе тугоплавких металлов, а также их оксидов, нитридов и карбидов на различные взаимодействующие детали и инструменты.

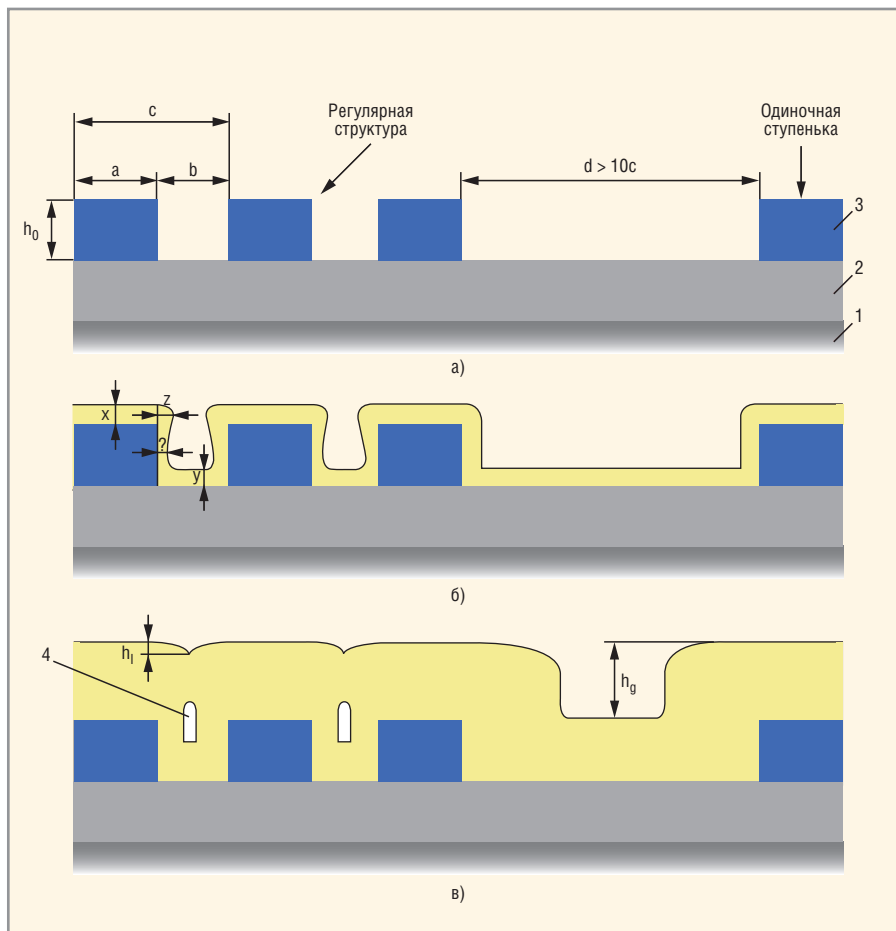


Рис. 2. Вид структуры до (а) и после (б, в) операции физического осаждения из газовой фазы (ФОГФ) функционального слоя

1 – подложка, 2 – гладкий подслой, 3 – рельефный подслой, 4 – незаполненные функциональным слоем пустоты (voids)

ХАРАКТЕРИСТИКИ СТРУКТУРЫ ДО И ПОСЛЕ ОПЕРАЦИИ ФОГФ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СЛОЯ

На операцию ФОГФ функционального слоя в общем случае поступает структура со сформированным в подслое или подложке топологическим рисунком (гладкие подслои или подложка являются частными случаями), которая имеет следующие исходные характеристики (см. рис. 2а):

- 1) материал подложки или подслоя или материалы подслоёв;
- 2) площади материалов подслоёв на пластине;
- 3) параметры рельефа подслоя (подложки), включающие:
 - наименьший период регулярных структур – ступенек, канавок, отверстий (параметр c на рисунке 2а);
 - ширину (или диаметр) a и высоту (или глубину) b элементов регулярных структур (ступенек, канавок, отверстий) с наименьшим периодом ($a = b$ и $a + b = c$, см. рис. 2а);
 - ширину (или диаметр) и высоту (или глубину) наиболее узких и наиболее высоких (глубоких) одиноч-

но расположенных ступенек, канавок, отверстий.

Отношение глубины канавки к её ширине, глубины отверстия к его диаметру и высоты ступеньки к её ширине называется аспектным отношением (aspect ratio, AR) и служит важной характеристикой рельефа с точки зрения его покрытия или планаризации осаждаемыми плёнками.

С операции ФОГФ могут выходить структуры трёх видов:

- 1) структуры со сверхтонкими (1...100 нм), обычными тонкими (500...1500 нм) и толстыми (5...25 мкм) плёнками, осаждаемыми на гладкую поверхность подложки (или подслоя) и используемые в качестве приборных, адгезионных, стопорных, защитных, маскирующих и антиотражающих функциональных слоёв (ФС);
- 2) структуры с тонкими плёнками, осаждаемыми на рельефную поверхность подложки и используемые в качестве зародышеобразующих (seed, nucleation), смачивающих (wetting), адгезионных и барьерных (barrier) ФС (см. рис. 2б);

3) структуры с толстыми плёнками, осаждёнными на рельефную поверхность подложки и используемыми в качестве заполняющей и планаризирующей рельеф ФС межслойной металлизации (см. рис. 2в).

Структуры первого вида, выходящие с операции ФОГФ, имеют следующие характеристики:

1.1) средняя толщина ФС на подложке:

$$d_{\text{ФС}} = [d_{\text{ФС}}(\text{max}) + d_{\text{ФС}}(\text{min})]/2, \quad (1)$$

где $d_{\text{ФС}}(\text{max})$ и $d_{\text{ФС}}(\text{min})$ – соответственно максимальная и минимальная толщина ФС на подложке (пластине);
1.2) неравномерность толщины ФС на подложке, %:

$$r(d_{\text{ФС}}) = [d_{\text{ФС}}(\text{max}) - d_{\text{ФС}}(\text{min})]/[d_{\text{ФС}}(\text{max}) + d_{\text{ФС}}(\text{min})]100, \quad (2)$$

$$d_{\text{ФС}}(\text{max}) = d_{\text{ФС}}\{1 + r(d_{\text{ФС}})\}, \quad (2a)$$

$$d_{\text{ФС}}(\text{min}) = d_{\text{ФС}}\{1 - r(d_{\text{ФС}})\}; \quad (2b)$$

1.3) состав ФС, характеризуемый отношением компонентов в химической формуле материала, например, для слоя TiN отношение Ti : N = 1 : 1;

1.4) структура материала ФС, характеризуемая типом решётки для монокристаллических плёнок, размером и ориентацией зёрен (кристаллитов) для поликристаллических плёнок и отсутствием упорядоченности для аморфных плёнок;

1.5) плотность материала ФС σ , г/см³. Состав, структуру и плотность ФС часто оценивают по скорости жидкостного химического травления материала ФС $V_{\text{ет}}$, нм/мин, в стандартных травителях и при стандартных условиях $p_0 = 101\,325$ Па и $T_0 = 298,16^\circ\text{K}$ и по усадочной деформации толщины плёнки (shrinkage) δb_s , %, при высокотемпературном отжиге с заданной температурой (обычно 1000°C) за определённое время;

1.6) коэффициент преломления материала ФС n ;

1.7) отражательная способность материала ФС (обычно относительно монокремния на длине волны света экспонирующей системы фотолитографии) R , %;

1.8) диэлектрическая постоянная ϵ и диэлектрическая прочность E , В/см, для диэлектрических ФС;

1.9) Поверхностное сопротивление ρ_s , Ом/кв, и объёмное удельное сопротивление ρ , Ом см, для проводящих ФС;

1.10) Механические напряжения, сжимающие (compressive) и растягиваю-

щие (tensile) в ФС S_c и S_t соответственно, дин/см²;

1.11) коэффициент термического расширения материала ФС k_{th} , K^{-1} ;

1.12) адгезия материала ФС (thin-film adhesion) к материалу подложки (к материалам подслоёв), характеризуемая силой адгезионного сцепления на единицу площади $F_{\text{ад}}$, дин/см².

Структуры второго вида, кроме указанных характеристик или их части, характеризуются также степенью покрытия рельефа, к которой относятся:
2.1) степень конформности покрытия ступеньки (топологического рельефа) (conformality step coverage) α_c , %:

$$\alpha_c = (s/z)100, \quad (3)$$

где s и z – соответственно толщина наиболее тонкого и наиболее толстого участков осаждаемой плёнки на боковой стороне ступеньки (см. рис. 2б);

2.2) степень покрытия боковой стенки ступеньки (side wall step coverage) α_w , %:

$$\alpha_w = (s/x)100, \quad (4)$$

где x – толщина осаждаемой плёнки на горизонтальной поверхности подложки (см. рис. 2б).

2.3) степень покрытия дна ступеньки (bottom step coverage) α_b , %:

$$\alpha_b = (y/x)100, \quad (5)$$

где y – толщина осаждаемой плёнки на дне ступеньки (см. рис. 2б).

Структуры третьего вида, кроме указанных характеристик для структур первого вида или их части, характеризуются также показателями заполнения и планаризации (сглаживания) рельефа, к которым относятся:

3.1) сплошность заполнения рельефа – отсутствие пустот (voids) (см. рис. 2в);

3.2) степень локальной планаризации (degree of local planarization) β_l , %:

$$\beta_l = (1 - b_l/h_0)100, \quad (6)$$

где b_l – конечная высота ступенек или глубина канавок на локальном рельефе (см. рис. 2в), h_0 – начальная высота ступенек или глубина канавок (см. рис. 2а);

3.3) степень глобальной планаризации (degree of global planarization) β_g , %:

$$\beta_g = (1 - b_g/h_0)100, \quad (7)$$

где b_g – конечная высота ступенек или глубина канавок на глобальном рельефе (см. рис. 2в).

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОЦЕССОВ ФОГФ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СЛОЁВ

К технологическим характеристикам процессов ХОГФ относятся:

1) средняя скорость осаждения функционального слоя (ФС) V_d :

$$V_d = [V_d(\text{max}) + V_d(\text{min})]/2, \quad (8)$$

где $V_d(\text{max}) = d_{\text{ФС}}(\text{max})/t_d$ и $V_d(\text{min}) = d_{\text{ФС}}(\text{min})/t_d$ – соответственно максимальная и минимальная скорости осаждения ФС на подложке (пластине); $d_{\text{ФС}}(\text{max})$ и $d_{\text{ФС}}(\text{min})$ – соответственно максимальная и минимальная толщины ФС на подложке, образующиеся за время осаждения t_d ;

2) неравномерность скорости осаждения по подложке (пластине) $r(V_d)$, %:

$$r(V_d) = [V_d(\text{max}) - V_d(\text{min})]/[V_d(\text{max}) + V_d(\text{min})]100. \quad (9)$$

Иногда для характеристики процессов ХОГФ используют понятие равномерности осаждения ФС R_d , которое определяется как:

$$R_d = [1 - 2r(V_d)]; \quad (10)$$

3) селективность осаждения ФС на разные материалы подслоёв на поверхности пластины (подложки):

$$S_d(p1/p2) = V_d(p1)/V_d(p2), \quad (11)$$

где $V_d(p1)$ и $V_d(p2)$ – соответственно скорости осаждения ФС на материалы подслоев $p1$ и $p2$. При $S_d(p1/p2) = 0$ ФС в процессе ФОГФ селективно осаждается только на подслое $p2$. Следует отметить, что селективности осаждения функциональных слоёв могут зависеть от соотношения площадей подслоёв на поверхности пластины. Кроме того, при одинаковых скоростях осаждения ФС на поверхности обоих подслоёв ($S_d(p1/p2) = 1$) может наблюдаться изменение в структуре осаждаемых на разные подслои плёнок;

4) анизотропия (показатель анизотропии) осаждения ФС на рельефную поверхность пластины:

$$A_d = V_d(\parallel)/V_d(\perp), \quad (12)$$

где $V_d(\parallel)$ и $V_d(\perp)$ – соответственно скорости осаждения ФС в направлениях, параллельном (\parallel) и перпендикулярном (\perp) поверхности пластины. При $A_d = 1$ процесс ФОГФ обеспечивает конформное осаждение плёнок на рельефную поверхность (конформное покрытие ступеньки с $\alpha_c = 100\%$). При $A_d \ll 1$ процесс ФОГФ плохо покрывает боковые поверхности рельефа (ступенек, канавок);

5) плотность привносимой процессом (операцией) ФОГФ дефектности на поверхность пластины D_{op} , дефект/см²:

$$D_{op} = (D_b - D_a)/F_w, \quad (13)$$

где D_a и D_b – количество дефектов с размером, большим или равным критическому размеру ($d_D \geq d_{cr}$) (губительных дефектов) на пластине соответственно до и после операции ФОГФ функционального слоя, F_w – площадь пластины;

6) плотность привносимых процессом (операцией) ФОГФ радиационных дефектов (radiation-induced defects) в поверхностные слои обрабатываемой структуры D_{rd} , дефект/см², определяемая в соответствии с формулой (13). Причём под радиационными дефектами, в зависимости от вида обрабатываемой структуры, могут подразумеваться: нарушения состава и кристаллической структуры поверхностных слоёв, пробои диэлектрических плёнок, изменения электрофизических характеристик МОП-структур, контактов и р–n-переходов. Наибольшую опасность с точки зрения внесения радиационных дефектов представляют процессы ФОГФ с высокой энергией распыляющих ионов и распыляемых частиц.

Следует отметить, что приведённые в этом разделе технологические характеристики относятся не только к операциям, но и к оборудованию ФОГФ функциональных слоёв, так как нельзя отделить процесс от установки, в которой он реализуется. Однако для оборудования, кроме указанных параметров, существуют ещё и дополнительные, присущие только ему конструктивно-технологические параметры, которые будут рассмотрены в следующем разделе.

СОСТАВ И ПАРАМЕТРЫ ОБОРУДОВАНИЯ ФОГФ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СЛОЁВ

Оборудование ФОГФ плёнок состоит из следующих основных систем:

- вакуумной камеры, служащей для проведения процесса осаждения ФС на пластины (подложки) и состоящей из рабочей камеры и расположенных внутри неё или присоединённых к ней снаружи подложкодержателей, экранов, электродов, нагревательных элементов, ионных источников;
- газовой системы, служащей для подачи требуемых потоков газов в рабочую камеру, распылительные системы и автономные ионные источники, их распределения в пространстве и во времени и состоящей из нескольких каналов, содержащих фильтры, трубки, вентили, клапаны, измерители и регуляторы расхода газов, коллекторы и стабилизаторы давления газов;
- вакуумной системы, служащей для обеспечения требуемых остаточных и рабочих давлений используемых газов, а также скоростей их откачки из рабочей, транспортной и шлюзовой камер, автономных ионных источников и состоящей из откачных коллекторов или отверстий, труб, клапанов, заслонок, измерителей и регуляторов давлений и скоростей откачки, ловушек, фильтров, вакуумных насосов, скрубберов или нейтрализаторов выхлопных газов;
- системы возбуждения и поддержания плазмы разряда в рабочей камере при проведении процессов физического распыления мишеней, процессов автоматической очистки элементов рабочей камеры и поверхности подложек с помощью ионных источников при использовании измерителей и регуляторов подводимых мощностей;
- системы испарителей осаждаемых материалов, служащей для измерения, регулирования и стабилизации их температуры;
- системы загрузки/выгрузки пластин, кассет, СМИФ (стандартный механический интерфейс) контейнеров, транспортирования и позиционирования пластин внутри установки, состоящей из СМИФ-загрузчиков, приёмных и передающих кассет, загрузочных и транспортных камер, устройств загрузки, перемещения, позиционирования и прижима пластин на подложкодержателях внутри установки;
- системы контроля момента окончания процесса осаждения функционального слоя (времени осаждения),

состоящей из датчиков сигналов на основе резистивного, массового, оптического эмиссионно-спектрального, лазерного интерферометрического или масс-спектрометрического методов, оптических и электронных устройств, а также специализированных программно-аппаратных вычислительных комплексов для обработки полученных сигналов по требуемому алгоритму;

- системы управления, служащей для управления перечисленными выше системами, контроля режимов их работы и исправности входящих в них устройств и состоящей из управляющей ЭВМ с программным обеспечением, клавиатурой ввода команд, дисплеем и устройств записи, хранения и передачи информации по локальным и глобальным компьютерным сетям.

К конструкционным параметрам оборудования относятся:

- его вес, размеры и конфигурация;
- форма, материалы, количество, размеры и взаимное расположение функциональных узлов и систем в составе установки, а также отдельных элементов в составе этих узлов и систем;
- размеры, форма и материалы требуемых подводок и отводов энергоносителей для подключения и запуска установки;
- расположение и размеры зоны обслуживания установки.

Состав оборудования ФОГФ материалов определяет перечень операционных (целенаправленно выставляемых режимных) параметров, к которым относятся:

- рабочее давление (p) и диапазон его возможного изменения (Δp) в установке;
- расход рабочих газов (Q) и диапазон его возможного изменения (ΔQ);
- температура подложкодержателя (chuck) (T_c) и диапазоны её возможного изменения (ΔT_c). Температура подложки (substrate) (T_s) обычно соответствует температуре подложкодержателя в стационарных процессах;
- мощности распылительного устройства (W_s), испарителя (W_e) и ионного источника (W_{is}), а также диапазоны их возможного изменения ($\Delta W_s, \Delta W_e, \Delta W_{is}$);
- время процесса осаждения (deposition) функционального слоя (t_d) или отдельных стадий (step) процесса осаждения.

Эти параметры встречаются во всех видах оборудования ФОГФ, тогда как для отдельных групп оборудования добавляются дополнительные операционные параметры. Например, для распылительных систем с магнитными полями это может быть индукция магнитного поля (B) и диапазон её возможного изменения (ΔB); для оборудования с перемещением подложкодержателей – скорость вращения (rotation) (ω) или перемещения (travel) (v_{tr}) подложкодержателя, и т.д.

Совокупность значений операционных параметров определяет режим (recipe) осаждения и служит для получения требуемых технологических характеристик процесса ФОГФ функционального слоя, которые, в свою очередь, определяют параметры выходной структуры с операции ФОГФ при заданных параметрах входной структуры. Управляющие ЭВМ на современном оборудовании ФОГФ контролируют с помощью измерительных приборов (датчиков) значения операционных параметров и поддерживают их в требуемых технологических допусках с помощью прецизионных регуляторов.

Параметры оборудования ФОГФ, которые связаны с конструкционными особенностями, но определяют его технологические возможности по обработке подложек в процессе производства изделий, называются конструктивно-технологическими. К таким параметрам относятся:

1) операционная производительность установки (производительность установки без проведения процесса ХОГФ), определяемая как:

$$Y_{op} = 60q_w/t_{tr} \text{ [пластин/час]}, \quad (14)$$

где q_w – количество одновременно обрабатываемых в установке пластин, t_{tr} – подготовительное время установки в минутах к проведению процесса ФОГФ, включающее для автоматизированной кластерной установки:

- выгрузку кассеты с пластинами из СМIF-контейнера;
- напуск газа в шлюзовую камеру (venting);
- открытие шлюзовой камеры и загрузку кассеты пластин в шлюзовую камеру;
- проверку количества и положения пластин в кассете (mapping) и откачку шлюзовой камеры (pumping);

- перемещение пластины (пластин) из кассеты в рабочую камеру;
- откачку камеры, напуск в неё рабочих газов и стабилизацию давления в ней;
- выгрузку пластины (пластин) из рабочей камеры в кассету шлюзовой камеры;
- напуск газа в шлюзовую камеру, открытие шлюзовой камеры и выгрузку кассеты с пластинами из шлюзовой камеры в СМIF-контейнер.

Операционная производительность характеризует быстроедействие функциональных узлов установки и выбирается из условий максимальной надёжности их работы и минимальной привносимой дефектности;

2) технологическая производительность установки, определяемая как

$$Y_T = 60q_w/t_c = 60q_w/(t_{tr} + t_d) \text{ [пластин/час]}, \quad (15)$$

где $t_c = t_{tr} + t_d$ является длительностью в минутах цикла обработки пластины (пластин) на установке, состоящей из подготовительного времени (t_{tr}) и времени осаждения ФС (t_d);

3) среднее время наработки установки на отказ (fault), определяемое по формуле:

$$t_f = (t_1 + t_2 + \dots + t_n)/n_f, \quad (16)$$

где t_1, t_2, \dots, t_n – время обработки пластин между отказами установки за нормативный срок (в качестве нормативного срока обычно выбирается один, три или шесть месяцев эксплуатации оборудования), n_f – количество отказов за нормативный срок. Значение t_f характеризует надёжность установки в производственных условиях;

4) коэффициент использования (utilize) установки, определяемый по формуле:

$$k_u = t_T/t_{cal}, \quad (17)$$

где t_{cal} – календарное время работы участка, на котором находится установка ХОГФ, в сутки, t_T – технологически заданное время обработки пластин на установке в сутки. Значение k_u характеризует длительность регламентной подготовки установки к проведению технологических операций ФОГФ;

5) коэффициент готовности (ready) установки, определяемый как:

$$k_r = t_w/t_T, \quad (18)$$

где t_w – время безотказной работы (uptime) установки в течение технологически заданного времени. Значение k_r характеризует ремонтоспособность оборудования, т.е. допустимость его ремонта в течение времени не более $t_T(1 - k_r)$ для технологически заданного времени работы установки;

б) плотность привносимой установкой (tool) дефектности на поверхность пластины (D_t) без проведения на ней процесса ФОГФ ФС определяется по формуле (13), где D_{ta} и D_{tb} – количество губительных дефектов на пластине соответственно до её входа в установку и после её выхода из установки без проведения на установке процесса ФОГФ. Значение D_t служит для оценки качества устройств загрузки и перемещения пластин внутри установки, систем откачки и напуска газов, чистоты газовых магистралей и внутренних поверхностей камер и оснастки. Значение D_t входит в суммарную плотность привносимой операцией ФОГФ дефектности D_{op} (см. (13)).

ЛИТЕРАТУРА

1. Киреев В.Ю. Введение в технологии микроэлектроники и нанотехнологии. ФГУП «ЦНИИХМ», 2008.
2. Сейсян Р. Нанолитография СБИС в экстремально дальнем вакуумном ультрафиолете. Журнал технической физики. 2005. Т. 75. Вып. 5. С. 1–3.
3. Бабкин С.И., Киреев В.Ю. Процессы и оборудование физического осаждения из газовой фазы в технологии интегральных микросхем. Известия вузов: Электроника. 2002. № 1. С. 7–22.
4. Берлин Е.В., Сейдман Л.А. Ионно-плазменные процессы в тонкоплёночной технологии. Техносфера, 2010.
5. Киреев В., Столяров А. Технологии микроэлектроники. Химическое осаждение из газовой фазы. Техносфера, 2006.
6. Бери Р., Холл П., Гаррис М. Тонкоплёночная технология. Энергия, 1972.
7. Данилин Б.С. Применение низкотемпературной плазмы для нанесения тонких плёнок. Энергоатомиздат, 1989.
8. Технология тонких плёнок. Справочник под ред. Л. Майссела и Р. Глэнга. Советское радио, 1977.



Новости мира News of the World Новости мира

Infineon: новое семейство микроконтроллеров

Компания Infineon представила своё новое семейство 32-разрядных микроконтроллеров XMC4000, в котором применён процессор Cortex-M4 компании ARM. К областям применения чипа относятся, например, электрические приводы, инверторы солнечных энергетических установок, системы автоматизации производства и системы автоматизации зданий.



XMC является сокращением Cross-Market Microcontrollers. Это означает, что семейство XMC4000 благодаря своей конфигурируемости пригодно для самых разнообразных промышленных приложений. Портфель элементов состоит из пяти серий: XMC4100, XMC4200, XMC4400, XMC4500 и XMC4700. Они различаются в основном тактовой частотой ядра, объёмом памяти, периферийными функциями и числом вводов-выводов.

Семейство XMC4000 работает на тактовой частоте 80...180 МГц, располагает DSP-функциональностью, имеет модуль для выполнения операций с плавающей точкой, Flash-память со временем считывания 22 нс и коррекцией ошибок, статическое ОЗУ, а также периферийные функции. К периферии относятся таймерные модули, до четырёх параллельных 12-разрядных аналого-цифровых преобразователей с периодом дискретизации 70 нс и временем преобразования 500 нс, кроме того, до двух 12-разрядных цифро-аналоговых преобразователей и до четырёх ШИМ-каналов (150 имп./с), а также интегрированные модули Delta-Sigma-демодуляторов и модули кнопок.

Коммуникация обеспечивается Ethernet MAC стандарта IEEE 1588, USB 2.0-, CAN- и SD/MMC-интерфейсами, также имеется до шести последовательных коммуникационных каналов, UART, SPI, Quad-SPI, IIC, IIS или LIN. Кроме того, семейство XMC4000 имеет внешний шинный интерфейс, который поддерживает

такие синхронные стандарты, как SDRAM или Burst-Flash, и такие асинхронные стандарты, как SRAM, NAND-Flash или NOR-Flash.

Интегрированная среда разработки DAVE3 для семейства XMC4000 обеспечивает комфортную разработку программного обеспечения. Среда на базе Eclipse с бесплатным GNU-компилятором, отладчиком и утилитами визуализации данных может быть расширена за счёт инструментов разработки третьих фирм. Кроме этого DAVE3 поддерживает автоматическое генерирование кодов на базе предварительно определённых программных компонентов, DAVE Apps.

Конфигурация DAVE Apps осуществляется через графический пользовательский интерфейс. В DAVE 3 производится компиляция, отладка и визуализация сгенерированного кода – или его импорт в инструменты разработки третьих фирм. Infineon кооперируется с более чем 20 партнёрами, которые предлагают дополнительные специфические инструменты разработки, программные решения, обучение и консультационные услуги по семейству XMC4000.

Первой из семейства XMC4000 на рынок выходит серия XMC4500. Продукты этой серии имеют CPU с тактовой частотой от 120 МГц, до 1 Мб встроенной Flash-памяти, 160 Кб RAM, а также обширную периферию и набор интерфейсов. К периферийному оборудованию относятся, кроме прочего, четыре параллельных быстродействующих 12-разрядных аналого-цифровых преобразователя, два 12-разрядных цифро-аналоговых преобразователя, четыре модуля Delta-Sigma-демодуляторов и шесть Capture/Compare-блоков (CCU4 и CCU8), а также два модуля интерфейса позиционирования и один модуль на восемь кнопок.

Коммуникация микроконтроллеров XMC4500 обеспечивается Ethernet-, USB, а также одним SD/MMC-интерфейсом, тремя CAN-узлами и шестью последовательными коммуникационными, а также внешним шинным интерфейсом. Вариантами корпусов серии XMC4500 являются LQFP-144, LQFP-100 и LFBGA-100.

Образцы серии XMC4500 и среда разработки DAVE 3 будут предлагаться с марта 2012 г. Серийное производство начнётся в мае 2012 г. Для поддержки разработок Infineon предлагает модульный комплект проектирования, в котором, в зависимости от требований приложений к основной отладочной плате, могут подсо-

единяться до трёх дополнительных прикладных плат.

В четвёртом квартале 2012 г. должны появиться образцы серий XMC4400, XMC4200 и XMC4100. В зависимости от серии и корпуса, цена одного XMC-микроконтроллера при заказе партии 10 000 шт. составляет от 1 до 7 евро.

www.infineon.com/xmc

32-разрядный микроконтроллер с СКТ-интерфейсом

V850E2/PJ4-E компании Renesas является 32-разрядным микроконтроллером с интегрированным СКТ-интерфейсом. Микроконтроллер используется для управления двигателем в электромобилях и гибридных автомобилях и в других приложениях автомобильной электроники. Речь идёт о дальнейшем развитии P-серии, микроконтроллер принадлежит семейству V850 32-Bit RISC-MCU.



Элемент имеет CPU-ядро Renesas V850E2 с функцией реального времени и функции периферии для управления двигателем. Благодаря комбинации Dual-Core-конфигурации и интегрированного в чипе СКТ-интерфейса микроконтроллер V850E2/PJ4-E выполняет требования безопасности норм ISO 26262. Микроконтроллер получает разработанный Renesas интегрированный СКТ-интерфейс для широкой палитры СКТ-датчиков, так что больше не требуется внешний цифровой преобразователь датчика СКТ.

Микроконтроллер имеет 1 Мб ROM, 80 Кб RAM и частоту CPU 128 МГц. Имеются функции коммуникации с другими блоками управления, а также стандартизованные CAN, SCI и UART для обмена данными. Элемент рассчитан на работу в температурном диапазоне -40...+125°C. Элемент имеет схему стабилизации питания с использованием внешнего транзистора.

Образцы микроконтроллера V850E2/PJ4-E появятся в марте 2012 г. Начало серийного производства запланировано на апрель 2013 г.

www.renesas.ru

Соединители нового поколения для промышленных Ethernet-сетей

Печатается с разрешения журнала CHIP NEWS Украина (www.chipnews.com.ua)

Бернд Хоррмейер (Германия)

Независимо от того, имеется ли в виду классическая сеть Industrial Ethernet или же новые высокоскоростные сети Ethernet, решающее значение для успешного функционирования системы и её надёжности имеет выбор кабеля и соединителей. Конфигурация сети, правила определения основных её характеристик и параметров компонентов должны быть максимально точно адаптированы к промышленным условиям эксплуатации. При этом в зависимости от конкретной области применения, способа передачи сигнала и условий эксплуатации, всегда следует использовать разъёмы оптимальной конструкции.

ОРГАНИЗАЦИИ И ИХ СТАНДАРТЫ ОПРЕДЕЛЯЮТ ТИП РАЗЪЁМОВ

При выборе разъёмов важные дифференцирующие признаки включают в себя способ передачи сигналов – электрический либо оптический, а также степень защиты от воздействий внешней среды – в общем случае это

IP20, либо IP65/67 для применения в полевых условиях. С учётом этих признаков определяется приемлемая конструкция разъёма для конкретного применения (рис. 1). Исходя из этого, пользователь делает выбор для своей конкретной системы. Например, пользователю гарантируют, что защит-

ные корпуса подходят для монтажа электрических и оптических разъёмов и что при этом поддерживаются все типы волоконных линий. Также важным аспектом является определение типа разъёмов с точки зрения действующих стандартов для упрощения монтажа и обеспечения взаимной совместимости разъёмов друг с другом.

СИСТЕМАТИЗИРОВАННОЕ ОПИСАНИЕ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

При выборе компонентов пользователю следует учитывать, что промышленным коммуникационным сетям часто приходится функционировать в тяжёлых условиях. Согласно требованиям стандарта IEC TR 29106, систематизированное описание окружающих условий и внешних воздействующих факторов представлено в классификации MICE (М – механические воздействия, I – внешняя среда, С – климатические воздействия, Е – электромагнитный фон) (см. таблицу). Обычно участки, на которых имеются механические воздействия, воздействия окружающей среды и электромагнитные воздействия, характеризуются уровнями: 1 (для применения в помещении/офисе), 2 (для общих промышленных условий эксплуатации) или 3 (для тяжёлых условий работы в промышленности). Как следствие, инженер-проектировщик имеет возможность точно оценить воздействие окружения для планируемой области применения и, в свою очередь, подобрать соответствующие компоненты сети. Таким образом, удаётся избежать неприятных сюрпризов, связанных с выбором неподходящих компонентов. Например, компонент, соответствующий условиям M3I3C3E3, может быть использован в окружении, соответствующем категории M3I2C3E2.

РАЗЪЁМЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ БЫСТРОГО ПОДКЛЮЧЕНИЯ

Системы промышленных сетей для передачи данных при помощи элект-

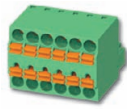











Защита	Электрическая		Оптическая	
	Полевая шина	Промышленный Ethernet	Полевая шина	Промышленный Ethernet
IP20	 COMBICON		 FSMA	 SCRJ
	 DSUB	 RJ45	—	—
IP65/67	 M12 А- и В-кодировка	 M12 D-кодировка	 M12 оптический	
	 7/8"	 RJ45 в защитном корпусе	 SCRJ в защитном корпусе	
	 DSUB в защитном корпусе		—	—

Рис. 1. Стандартные разъёмы для полевых шин и сетей Ethernet для промышленного применения со степенью защиты IP20 или IP65/67 для передачи данных по медным или оптоволоконным линиям

трических сигналов имеют конфигурацию линейного типа, при которой все сигналы подключены параллельно. На обоих концах кабель должен быть подключен со своим полным сопротивлением, чтобы избежать отражений сигналов. Такое подключение реализуется с использованием оконечных резисторов. Эти компоненты также следует учитывать при проектировании системы. В конфигурации с параллельными сигналами в устройстве требуется наличие разъемов для локального подключения входящих и выходящих кабелей (рис. 2).

В этом случае удобно использовать штекерные разъемы, которые приспособлены для конкретной промышленной сети оптимальным образом, что определяется способом соединения кабеля и разъема, а также их цветовым кодированием. Использование технологии быстрого подключения предлагает дополнительные выгоды. Требуемые оконечные резисторы уже интегрированы в штекерный разъем и могут быть активированы переключателем, что означает одновременное отключение выходящего кабеля. Как следствие, при внесении изменений в установку или систему вместо выполнения повторного монтажа сети требуется задействовать только один переключатель. Тракт передачи сигнала может систематично пошагово подключаться и отключаться при вводе в эксплуатацию или устранении неполадок. Таким образом, могут использоваться готовые кабели, которые являются особенно простыми в применении; устройство оснащено Т-образным разъемом, к которому могут быть подключены и входящий, и выходящий кабели.

МОНТАЖ ПРОМЫШЛЕННЫХ СЕТЕЙ ETHERNET НА ОБЪЕКТАХ

Вначале прокладываются кабели, затем к ним присоединяются штекерные

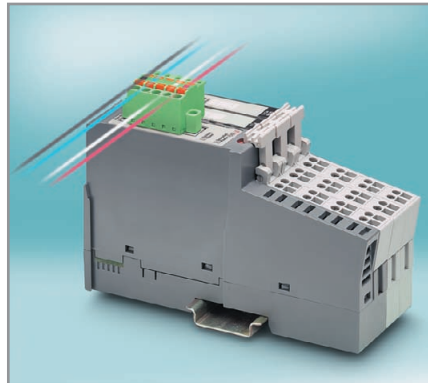


Рис. 2. Входящие и выходящие кабели для разъемов типа DeviceNet легко подключаются при помощи технологии пружинного соединения

разъемы; эти операции также необходимы для сетей Ethernet промышленного применения. Многие из коммерчески доступных штекерных разъемов типа RJ45 могут быть установлены на кабели только с применением специального инструмента. Эти разъемы не подходят к проводам размера AWG 22, которые широко используются в промышленности. Более подходящими являются разъемы, изготовленные с применением технологии быстрого соединения, к которым могут быть подключены проводники всех типов (рис. 3).

Также важной особенностью конструкции является полное экранирование. Это требуется для того, чтобы минимизировать электромагнитное влияние смежных устройств, например преобразователя частоты. Высокое качество обработки поверхностей позволяет избежать попадания газов, вызывающих коррозию, а значит, замедлить процесс окисления контактов, результатом которого может явиться выход соединителя из строя по причине повышения переходного сопротивления. После продолжительного срока эксплуатации соединительные кабели, используемые в непромышленных помещениях, не

Классификация условий эксплуатации MICE согласно стандарту IEC TR29106

Участок	Пример	Область применения		
		офис	лёгкие промышленные условия	тяжёлые промышленные условия
Механическое воздействие (M – Mechanical)	Удар, вибрация			
Подвергается загрязнению либо проникновению воды (I – Ingress)	Пыль, влага	1	2	3
Влияние климата и химических веществ (C – Climate)	Холод, тепло, смазочные материалы	1	2	3
Электромагнитное воздействие (E – EMC)	Облучение, излучение	1	2	3

Новое поколение разъемов RJ45 и M12 для Ethernet 10Гбит/с





Вам нужны соединители для сети Ethernet 10Гбит/с? Обратите внимание на соответствие всех компонентов системы стандартам ГОСТ Р 53246 (IEEE 802.3an). Только компоненты категории CAT6_A гарантируют надежную передачу данных при скоростях до 10Гбит/с. **Phoenix Contact** предлагает полный ассортимент решений для сетей 10G Ethernet, соответствующих стандарту CAT6_A.





Технологии быстрого соединения проводников QUICKON и PIERCECON обеспечивают надежный и легкий монтаж разъемов без специального инструмента.

M12 CAT6_A
 Витая пара: AWG26
 Степень защиты: IP 67
 Температурный диапазон: -40°C...85°C
 Артикул: 1417430 VS-08-M12MS-10G-P SCO



RJ45 CAT6_A
 Степень защиты: IP 20
 Витая пара: AWG26...AWG22
 Артикул: 1419001 VS-08-RJ45-10G/Q

ООО «Феникс Контакт РУС»
 119619 Москва,
 Проектируемый проезд 5167, д. 9, стр. 1
 Тел.: +7 (495) 933-8548
 Факс: +7 (495) 931-9722
 info@phoenixcontact.ru
 www.phoenixcontact.ru



INSPIRING INNOVATIONS

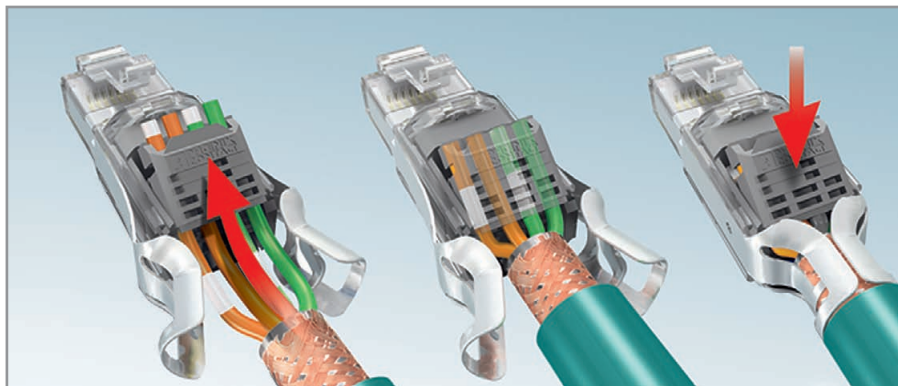


Рис. 3. Вставить проводник, обрезать и прижать откидные крышки – вот так просто собирается разъём RJ45 при монтаже на объекте

удовлетворяют этим требованиям по надёжности.

Разъёмы типа RJ45, имеющие защитный корпус и без него, а также разъёмы типа M12 заняли свою нишу на рынке. В исполнении, соответствующем Cat6A, такие разъёмы допускают передачу данных со скоростями до 10 Гбит/с. По требованиям стандарта, в кабельной линии может быть максимум четыре разъёмных соединения. При использовании проходных разъёмов они рассматриваются как два соединения штекера и розетки, поэтому в кабельной линии возможна установка только двух дополнительных разъёмов. Однако, при употреблении высококачественных версий, в которых обеспечивается высокое качество сигнала, такие проходные разъёмы могут рассматриваться как один разъём. Это даёт пользователю большую степень свободы при проектировании участка кабельной сети.

Опволоконный кабель в качестве альтернативы

Опволоконные кабели также могут использоваться во всех соответствующих системах. В зависимости от длины участка кабельной сети, в промышленной среде используются различные типы волоконных линий; наиболее заметным отличием между различными типами линий является диаметр сердечника, проводящего световой сигнал. Следовательно, разъёмы должны подходить ко всем типам волоконных линий. Помимо этого, требуемая для передачи данных связь должна быть реализована по технологии, которая является максимально удобной при монтаже. Прочные разъёмы типа SCRJ хорошо зарекомендовали себя в промышленных применениях. Компактная конструкция позволяет легко монтировать их в устройстве. Подпружиненные наконечники диаметром 2.5 мм позволяют без

затруднений выполнять подключения оптоволоконного кабеля. Эти свойства характеризуют надёжный оптический разъём, который может использоваться со всеми типами волоконных кабелей. К тому же такая система облегчает и ускоряет монтаж сетей на объектах, что во многих случаях является значительным преимуществом. По этой причине компания Phoenix Contact разработала оптимальную технологию быстрого подключения для каждого типа оптоволоконных кабелей. Например, для полимерного оптоволокна требуется только обрезать кабель и зафиксировать его в быстрозажимной муфте.

Выводы

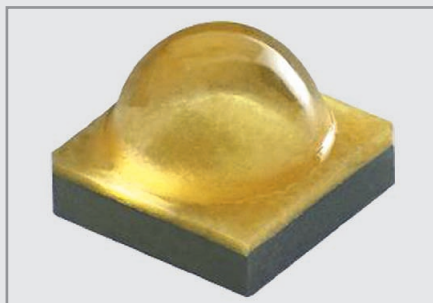
Независимо от того, имеется ли в виду классическая сеть на промышленном объекте или сеть Ethernet, стандартизованная для применения в промышленности, в настоящее время для каждой системы существует оптимальная концепция монтажа. Если говорить более точно, то такие концепции различаются для медных и оптоволоконных кабелей как средств передачи сигнала, а также для всех условий окружения. Промышленные коммуникационные решения в машиностроении могут быть легко реализованы при помощи тщательно разработанных компонентов, предназначенных для быстрого монтажа.

Редакция выражает благодарность фирме Phoenix Contact RUS за помощь при подготовке статьи к печати. ©

Новости мира News of the World Новости мира

Осветительные светодиоды со световым потоком 139 лм

Компания Cree представляет светодиод XLamp XB-D. По заявлению производителя, по той же цене, что и обычные светодиоды, в распоряжение предоставляется светодиод в корпусе размером 2,45 × 2,45 мм, имеющий вдвое больший световой поток. Корпус XLamp XB-D на 48% меньше корпуса семейства продуктов XP.

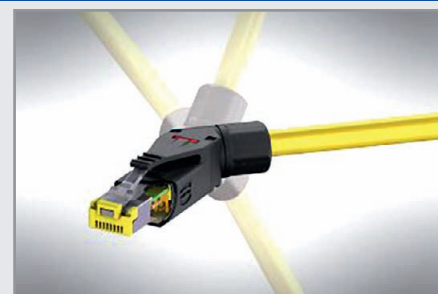


Светодиод базируется на корундовой технологии. Световой поток светодиода достигает 139 лм (136 лм/Вт) в холодн-белом свечении (6000 K) и 107 лм (105 лм/Вт) в тепло-белом свечении (3000 K) – оба варианта при 350 мА и 85°C. Светодиоды совместимы с вторичной оптикой большей части семейства XP.

www.cree.com/

Малогабаритные разъёмы RJ45

В компании Harting имеются малогабаритные угловые разъёмы RJ45 серии RJ Industrial. Кабельный отвод может быть смонтирован под углом 45 градусов в любом из четырёх направлений. Таким образом, пользователь всегда имеет возможность реализовать с одним номером артикула нужное направление кабельного отвода.



Угловой разъём RJ Industrial 10G в сочетании с технологией ножевых контактов предназначен для широкого диапазона диаметров проводов и кабелей.

Ножевые контакты рассчитаны на гибкие и жёсткие провода с размером жил от AWG 27/7 до AWG 22/1. Могут подключаться кабели диаметром от 4,5 до 8 мм. Также основными характеристиками RJ Industrial 10G является быстрая и надёжная сборка без применения инструмента

Новости мира News of the World Новости мира

и скорости передачи данных до 1/10 Гбит-Ethernet.

Прочный вариант с классом защиты IP20 за счёт компактной конструкции обладает также свойством многопортовости. Кроме того, с использованием этого RJ45-разъёма предлагаются типы с классами защиты IP65/67 от PushPull до Han 3A.

www.harting.ru

ТВ-платформа в чипе

Компанией STMicroelectronics опубликованы детали относительно TV-SoC-семейства Newman. FLI7680 с кодовым названием Newman Ultra содержит процессор безопасности для защиты важной информации и персональных данных. Основой элемента является комбинация прикладного SMP-процессора с двумя ядрами ARM Cortex-A9 и графического процессора ARM MaliT. Здесь же имеются аудио- и видеодекодеры, Кrypto-процессор и гибкий Composition Engine.

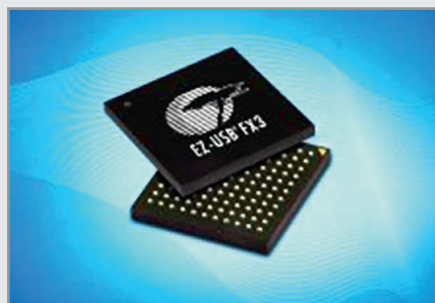


Комплект разработки программного обеспечения (Software Developer Kit, SDK) обеспечивает поддержку таких открытых интерфейсов прикладных программ, как Linux TV. Платформа Newman Ultra (FLI7680) будет опробоваться с 1-го квартала 2012 г., а в четвёртом квартале 2012 ожидается массовое производство.

www.st.com

Контроллер сенсорных экранов размером до 12 дюймов

Фирма Cypress Semiconductor представила Gen4-TrueTouch-контроллер для рынка планшетных компьютеров и ультрабуков. CY8CTMA1036 располагает 65 ка-



налами ввода-вывода сенсорных сигналов, благодаря чему обеспечивается работа с сенсорными экранами размером до 12 дюймов.

Элемент использует 32-разрядное ядро ARM Cortex и располагает 65 каналами ввода-вывода сенсорных сигналов с поддержкой до 1036 узлов на экране. Дополнительные каналы сенсорных сигналов обеспечивают большую точность, линейность, удобство пользования даже при пальцах небольших размеров и способность одновременной обработки нескольких касаний.

touch.cypress.com

Светодиодные драйверы мощностью 5...20 Вт

Компания XP Power представила расширение своего семейства монтируемых на печатной плате светодиодных драйверов со стабильным током и входом по постоянному напряжению. Четыре варианта мощностью 5, 7, 14 и 20 Вт имеют типичное значение КПД 93% при мощности от 5 до 14 Вт и 95% при мощности 20 Вт. Серия LDU20 имеет выходной ток 700 мА.

Максимальный выходной ток LDU05, 07 и 14 равен 10 000 мА. Все драйверы работают в диапазоне входных постоянных напряжений 7...30 В, причём входное напряжение должно быть по крайней мере на 2 В выше выходного напряжения. Для регулирования яркости имеется две возможности аналогового управления (напряжением или резистором), а также в распоряжении имеется управляющий вход с ШИМ. Максимальная частота по ШИМ-входу составляет 1 кГц при минимальном времени включения-выключения 200 нс.



При аналоговом управлении яркостью выходной ток может изменяться в пределах от 25 до 100%. Серия пригодна для светодиодных систем внутреннего и наружного освещения, подводных и автомобильных систем, а также может применяться в приложениях с батарейным питанием.

www.xppower.com

Металлические кнопки с керамической поверхностью

Металлические кнопки с керамической поверхностью дополняют семейство MSM металлических кнопок фирмы Schurter со стойкой поверхностью, подсвечиваемой по всему полю. Материал стоек к царапанью, износу и ударам, а также к химическим воздействиям и допускает применение в медицинском оборудовании и в промышленности. Металлическая кнопка MSM CS обладает нажимным элементом из стойкой керамики.



Материал допускает нанесение надписей и светопрозрачен. У неподсвечиваемой кнопки рабочая поверхность белого цвета. Стандартные и заказные надписи чёрного цвета и наносятся прямо на керамический материал. У подсвечиваемой кнопки рабочая поверхность заливается гомогенным светом по всей поверхности. На нажимной элемент могут наноситься надписи.

При позитивном нанесении надпись чёрного цвета; при инверсном нанесении надпись проявляется в выбранном цвете подсветки. Благодаря обработке надписи стойки к царапанью и устойчивы к воздействиям обычных моющих средств. За счёт своей конструкции, выступающей за переднюю панель на 1,7 мм, кнопки обладают степенью защиты IP69K, а также высокой ударостойкостью и защищены от вандализма. MSM CS предлагаются с монтажными размерами 19 и 22 мм.

Различные типы контактов перекрывают диапазон допустимых коммутируемых напряжений от 30 В постоянного до 250 В переменного напряжения. Допускаются коммутируемые токи от 0,1 до 10 А.

www.schurter.com

Портативные анализаторы спектра Protek 7830

Алексей Карепанов (Москва)

В статье описан портативный анализатор спектра Protek 7830, оптимизированный для анализа сигналов высокочастотного оборудования в расширенном частотном диапазоне с высокой скоростью развёртки.

Оптимальный набор функций, портативность и простота использования приборов является основными критериями выбора для большинства техников и инженеров. Однако большинство предлагаемого на рынке портативного измерительного оборудования име-

ет существенный недостаток – высокую стоимость. Поэтому компания GSInstrument разрабатывает и производит серии недорогих, но в то же время качественных портативных приборов под маркой Protek. Они являются достойной альтернативой более дорогим аналогам.

Анализатор Protek 7830 с широким диапазоном частот от 100 кГц до 2900 МГц и встроенным синтезатором частоты имеет превосходный внешний вид и удобен в работе (см. рис. 1 и 2). Сохраняемые в памяти расчётные данные помогают анализатору точно измерять уровень сигнала и быстро производить анализ для широкого диапазона частот (см. таблицу 1).

Широкий набор функций и простое управление позволяют с помощью анализатора спектра Protek 7830 настраивать антенны, монтировать и проверять оборудование мобильных телекоммуникационных систем, сотовых и беспроводных телефонов, коротковолновых радиостанций, систем кабельного и спутникового телевидения.

Анализатор Protek 7830 имеет последовательный интерфейс RS-232C (см. рис. 3) и поставляется с программным обеспечением для персонального компьютера, которое обеспечивает дистанционное управление анализатором и сохранение полученных им данных в цифровой или графической форме в памяти компьютера для последующего использования.

Назначение анализатора спектра Protek 7830:

- измерение и демодуляция сигналов с узкополосной частотной модуляцией (N-FM), с широкополосной частотной модуляцией (W-FM), с амплитудной модуляцией (AM) и с однополосной модуляцией (SSB);
- измерение уровня сигнала;
- обслуживание беспроводного телекоммуникационного оборудования;

- установка и обслуживание кабельных систем;
- измерение излучения ВЧ-передатчиков;
- определение характеристик помех;
- установка и обслуживание спутниковых антенн;
- выявление подслушивающих устройств и скрытых камер.

Для более точного измерения параметров сигналов в анализаторе спектра Protek 7830 используются маркерные режимы, при этом значение той или иной величины отображается на экране.

Центральный маркер (Marker to center) (см. рис. 4) является режимом по умолчанию. При вводе начальной и конечной частоты он автоматически отображает информацию о центральной частоте. Этот режим не имеет отдельного символа на дисплее. Значение и уровень центральной частоты отображаются в окне ввода частоты. Дополнительной функцией является поиск пиков и перемещение маркера/пика в центр экрана.

При включении режима дельта-маркера (Delta marker) в окне ввода частоты отображается значение частоты и уровня для маркера 2. В окне маркера (см. рис. 5) отображается значение частоты и уровня для маркера 1, а также значение разности уровней маркера 1 и маркера 2. Дополнительная функция режима – измерение мощности в полосе частот.

Маркер уровня бесшумной настройки (Noise level) (см. рис. 6) устанавливает уровень сигнала, начиная с которого происходит демодуляция и выделение звукового сигнала для FM/AM/SSB, а также используется для задания базового сигнала запуска по уровню. Зная уровень сигнала на определённой частоте, можно использовать маркер уровня бесшумной настройки, расположенный вдоль правой вертикальной оси окна графического отображения, для режима запуска по уровню. В этом случае демодулированный звуковой сигнал появится только при превышении входным сигналом установленного уровня маркера. Этот режим позволяет прослушивать радиостанции через головные телефоны (см. рис. 2).

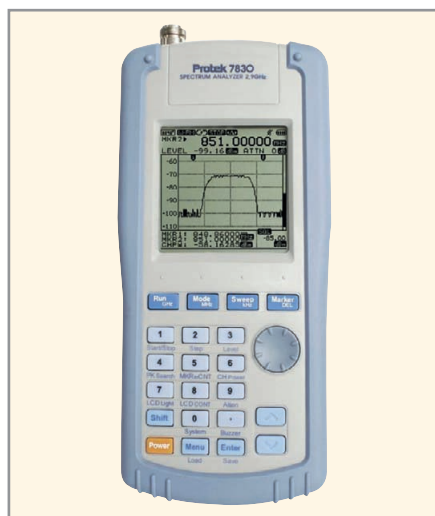


Рис. 1. Внешний вид анализатора Protek 7830

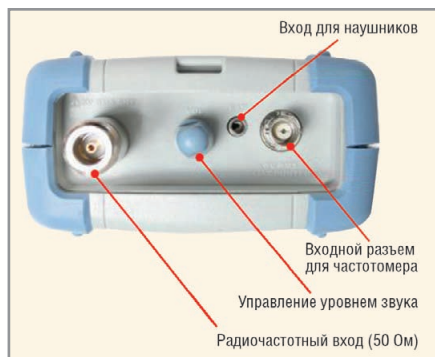


Рис. 2. Высокочастотные интерфейсы и выход на головные телефоны



Рис. 3. Интерфейс RS-232C и гнездо питания

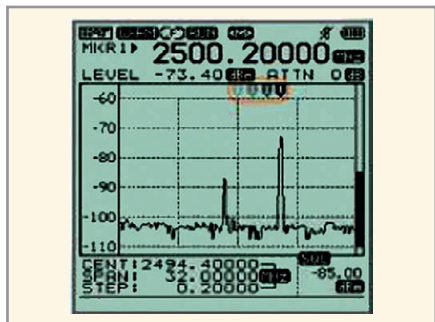


Рис. 4. Центральный маркер

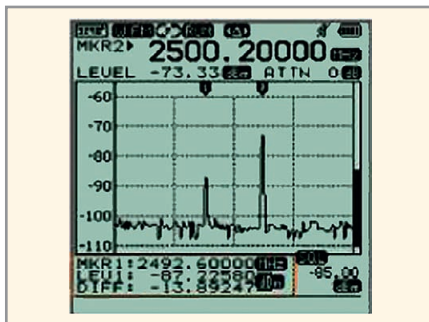


Рис. 5. Дельта-маркер

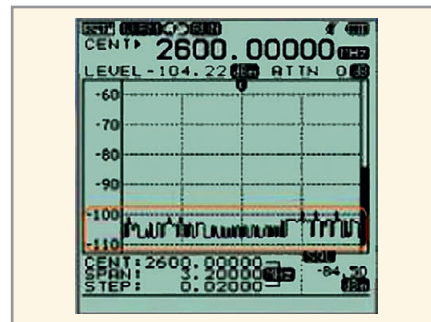


Рис. 6. Маркер уровня бесшумной настройки

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ АНАЛИЗАТОРА PROTEK 7830

Сохранение и загрузка данных

Эта функция позволяет сохранять и загружать данные и настройки прибора. Функция Save одновременно сохраняет в памяти прибора данные и настройки. Сохраняемые настройки включают в себя режим приёма, режим развёртки, диапазон частот, значения шага и интервала частоты. Сохранение можно производить, используя дополнительные функции кнопок или через меню. Функция Load позволяет загружать из памяти ранее сохранённые данные и настройки. Функция Delete удаляет ранее сохранённый

файл. Эту процедуру можно выполнить только через меню.

Частотомер

Анализатор спектра Protek 7830 также имеет функцию частотомера. Если уровень входного сигнала, поступающего на специальный разъём (см. рис. 2), соответствует характеристикам частотомера, то измеренное значение частоты отображается в окне ввода частоты.

Сброс данных

Функция сброса заново инициализирует память и встроенную программу прибора. Прибор имеет три вида сброса, которые могут быть запущены из главного меню:

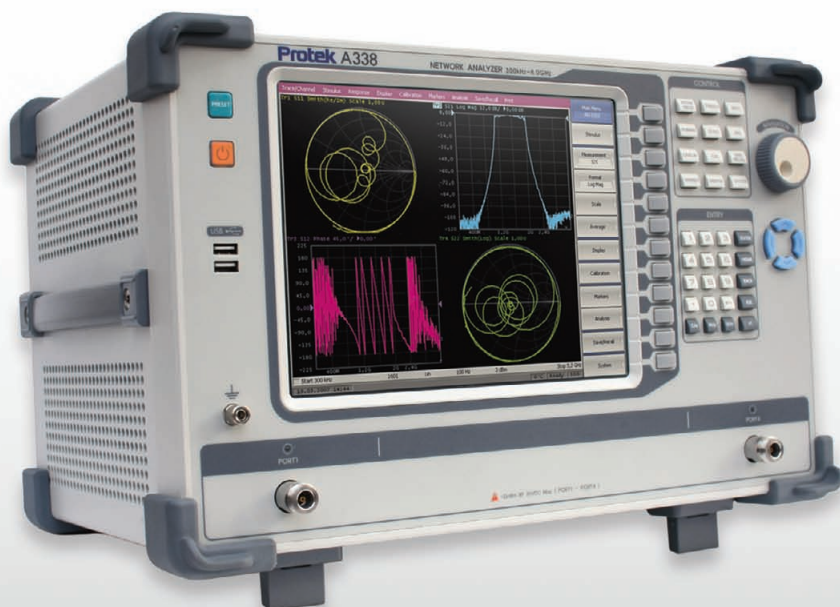
- загрузка настроек производителя (PRE RESET). Перезапуск системы с загрузкой настроек производителя (центральная частота, интервал частоты, режим маркера и т.д.);
- очистка памяти (MEMORY CLR). Стирание в памяти сохранённых пользователем данных;
- полный сброс (SYSTEM INI). Перезапуск системы с одновременной загрузкой настроек производителя и стирание в памяти сохранённых пользователем данных.

Установка скорости обмена данными

Устанавливает скорость обмена данными между персональным компьютером и прибором. В данном приборе

Protek

PROTEK – ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ



- АНАЛИЗАТОРЫ СПЕКТРА
- АНАЛИЗАТОРЫ ЦЕПИ
- АНАЛИЗАТОРЫ АНТЕННО-ФИДЕРНЫХ УСТРОЙСТВ
- ЦИФРОВЫЕ ОСЦИЛЛОГРАФЫ
- ГЕНЕРАТОРЫ СИГНАЛОВ
- ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ
- МУЛЬТИМЕТРЫ
- ИЗМЕРИТЕЛИ LCR



ЗАО «ТЕСТПРИБОР» ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР PROTEK НА ТЕРРИТОРИИ РФ
 125480, Г. МОСКВА, УЛ. ГЕРОЕВ ПАНФИЛОВЦЕВ, Д. 24, ОФ. 718; ТЕЛ/ФАКС: (495) 225-67-37, (495) 496-95-55;
 E-MAIL: TESTPRIBOR@TEST-EXPERT.RU, HTTP://ТЕСТПРИБОР.РФ

Реклама

Технические характеристики анализатора Protek 7830

Частота	Частотный диапазон	0,1...2900 МГц
	Разрешение	Минимум: кратно 6,25 кГц
	Погрешность	Задающий генератор: $\pm 3 \times 10^{-4}\%$ дисплей: $\pm 1,5 \times 10^{-4}\%$
	W-FM/N-FM/AM/SSB	Широкий FM: около 180 кГц, -6 дБ Узкий FM: около 12,5 кГц, -6 дБ AM/SSB: около 2,4 кГц, -6 дБ
	Шаг частоты	AM, SSB, узкий FM: 6,25 кГц, 12,5 кГц Широкий FM: 6,25...125 кГц (кратно 6,25 кГц) 125...2500 кГц (кратно 125 кГц)
	Выбираемый интервал частоты	AM, SSB, узкий FM: 1 МГц, 2 МГц Широкий FM: 1...20 МГц (кратно 1 МГц) 20...400 МГц (кратно 20 МГц)
	Режимы ввода частоты	Центральная, начальная, конечная, интервал
Амплитуда	Диапазон измерения	-20...-110 дБм
	Средний уровень шума	Широкополосный FM: максимум -100 дБм узкополосный FM: максимум -110 дБм AM/SSB: максимум -100 дБм
	Размерность амплитуды	дБм, дБмВ, дБмкВ
	Погрешность опорного уровня	$\pm 3,0$ дБ до 600 кГц $\pm 2,0$ дБ свыше 600 кГц
	Диапазон опорного уровня	0...80 дБм
	Логарифмическая шкала	Минимум 0,2 дБ/деление
	Встроенный аттенюатор	10, 20, 30, 35 дБ
	Погрешность аттенюатора	$\pm 1,0$ дБ (при температуре 25°C)
Развёртка	Скорость	500...2000 мс
	Источник запуска	Узкополосный FM, широкополосный FM/AM/SSB
	Режим запуска	Непрерывный запуск, однократный запуск, запуск по уровню
	Тип сигнала запуска	ТТЛ
	Режимы и функции маркера	Маркер/дельта-маркер/уровень бесшумной настройки; функции поиска пиков/перемещения маркера (пика) в центр экрана/измерения средней мощности в полосе частот
Память	Данные и настройки	Максимум 100 экранов и 100 настроек
Дисплей	Тип	Монохромный ЖК-дисплей с матрицей на пассивных жидких кристаллах
	Разрешение	192 × 192 пикселя
	Подсветка дисплея	Включение и выключение
Частотомер	Частотный диапазон	9...2900 МГц
	Разрешение	7 знаков
	Погрешность	$\pm 0,005\% + 1$ МЗР
	Время счёта	1 с
	Чувствительность по входу в диапазоне частот	9...2000 МГц: 150 мВ действ. 20...1000 МГц: 100 мВ действ. 2000...2900 МГц: 400 мВ действ.
	Входной импеданс	50 Ом
	Максимальное входное напряжение	5 В действ.
Вход анализатора спектра	Входной разъём	Тип N, 50 Ом
	Максимальный входной сигнал	+10 дБм, 5 В действ.
Условия эксплуатации	Рабочая температура	0...40°C
	Относительная влажность	35...85%
	Температура хранения	-10...50°C
Питание	Батарея питания	Ni-MH-аккумуляторы, тип AA × 6 штук
	Элементы батареи	Аккумулятор никель-металлогидридный (Ni-MH), тип AA, 1,2 В, 2500 мАч
	Адаптер	Сетевой адаптер – импульсный источник питания (выход: постоянный ток 12 В); автомобильный адаптер (выход: постоянный ток 12 В)
Физические характеристики	Габариты	11,2 (Ш) × 24,2 (Д) × 5,6 (В) мм
	Масса	Около 0,90 кг (включая антенну, без батареи питания)
Стандартные принадлежности	Антенна (только приём), сетевой адаптер – импульсный источник питания, 6 штук Ni-MH-аккумуляторов типа AA (1,2 В, 2700 мАч), руководство по эксплуатации, коаксиальный кабель, наушник, сумка для транспортировки, ремень для переноски, кабель RS-232C, переходник (N-BNC), ПО для персонального компьютера	
Дополнительно приобретаемые принадлежности	Переходник (75 Ом на 50 Ом), переходник F-BNC, автомобильный адаптер питания, разделительный конденсатор, трекинг-генератор G632	

могут быть установлены следующие скорости: 115 200, 57 600, 38 400, 19 200, 9600 и 4800 бод.

Автовыключение

Функция автоматического выключения предназначена для экономии потребляемой энергии от источника пи-

тания прибора. При активации этой функции прибор автоматически выключится через определённое пользователем время.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализатор спектра Protek 7830 – это удобный, лёгкий, портативный, недо-

рогой прибор с широкими функциональными возможностями. Он идеально подходит для полевых работ по измерению, установке и сопровождению сотовых систем связи, коротковолновых радиостанций, пейджинговых систем, кабельного и спутникового телевидения.



Новости мира News of the World Новости мира

Двухпроводной датчик Холла

A1244 фирмы Allegro MicroSystems является схемой двухпроводного датчика Холла с защитой от переходных напряжений. Интегрированный стабилитрон защищает микросхему от повышенного напряжения на линии питания. Магнитные точки переключения датчика настроены производителем на максимальную точность. ИС использует то же четырёхфазное ограничение с высокой частотой, что и соответствующие униполярные коммутаторы Allegro. Улучшенная внутренняя защита согласно ISO 7637-2 позволяет датчику выдерживать переходные напряжения до 40 В. Двухпроводные датчики предназначены для приложений, чувствительных к затратам, например, для регистрации положения в редукторах или при переключении режимов работы двигателей, так как по сравнению с обычными схемами с открытым коллектором требуют только два провода.



Помимо этого пользователь получает возможности диагностики, так как значение выходного тока для верхнего и нижнего уровня сигнала находится в узком диапазоне. Каждое значение выходного тока, выходящее за пределы этого диапазона, является индикацией наличия дефекта. Могут диагностироваться разомкнутый и короткозамкнутый контуры, а также недопустимые промежуточные значения.

A1244 имеется в двух вариантах корпуса: LH является обозначением корпуса, аналогичного SOT-23W, для приложений с поверхностным монтажом, тогда как UA является обозначением SIP-корпуса Ultra-Mini-Sip) с тремя выводами, аналогичного TO-92, для сквозного монтажа. Элемент предлагается с двумя вариантами выходного тока: 5,0...6,9 мА (-I1) и 2,0...5,0 мА (-I2).

www.allegromicro.com

Микросхемы управления питанием для твердотельных дисков

Texas Instruments анонсировала семейство компактных, однокристальных интег-

ральных схем управления питанием (Power Management Integrated Circuits – PMIC), обеспечивающих работу всех шин питания твердотельных дисков (SSD), гибридных приводов и других запоминающих устройств на базе Flash-памяти. LM10504, LM10503 и LM10506 позволяют повысить надёжность, снизить стоимость и время разработки новых приложений. Дополнительные возможности включают энергосберегающий режим глубокого сна, встроенные схемы ограничителя тока и защиты по температуре, а также функцию защиты данных при падении напряжения.

Новые устройства интегрируют три программируемых понижающих DC/DC-преобразователя с рабочей частотой 2,25 МГц и КПД 95%, поддерживающих питание процессорного ядра, памяти и линий ввода/вывода, а также стабилизатор с малым падением напряжения (LDO) на 3 В, 250 мА для питания хост-контроллера.

Каждая PMIC работает совместно с микроконтроллером, оптимизируя напряжение питания в условиях неполной мощности, и поддерживает режим глубокого сна, обеспечивая снижение напряжения питания ядра и отключения питания памяти и линий ввода/вывода, что позволяет достичь максимальной эффективности системы. LM10504 и LM10506 также оснащены функцией защиты данных при падении напряжения, гарантирующей корректное завершение контроллером твердотельного диска операции записи в случае внезапного сбоя питания.

Разработанные для работы совместно с датчиком температуры, таким как TMP121, или TMP122, или самым компактным в отрасли, малопотребляющим LM74, каждое из новых устройств обеспечивает завершённое решение управления питанием твердотельных дисков.

LM10504 – это гибкая в использовании схема управления питанием для применения в современных SSD-приводах большой и малой ёмкости различных форм-факторов – 3,5-, 2,5- и 1,8-дюймовые, mSATA, Micro SATA, Half-Slim SATA, mini PCIe, а также интегрированные твердотельные диски.

Расчитанная на более сильные токи до 2 А, LM10503 ориентирована на работу с более мощными контроллерами твердотельных дисков для промышленных приложений. LM10503 выполнена на основе адаптивной технологии масштабирования напряжения PowerWise® компа-

нии National и позволяет снизить мощность потребления контроллеров SSD-приводов и увеличить энергоэффективность системы.

LM10506 – самая миниатюрная интегральная схема управления питанием, предназначенная для применения в компактных, портативных потребительских устройствах, включая mSATA, Half-Slim.

www.ti.com

Драйвер бесколлекторного 3-фазного двигателя постоянного тока

Компания Microchip анонсирует расширение семейства своих синусоидальных, бессенсорных драйверов для управления 3-фазными бесколлекторными двигателями постоянного тока (БДПТ). Новая микросхема MTD6505 – это первый в индустрии полностью завершённый драйвер с возможностью выбора диапазонов чувствительности к противо-ЭДС с помощью резистора. Эта уникальная особенность позволяет инженерам разрабатывать универсальные схемы управления 3-фазными БДПТ с различными характеристиками, при этом уменьшая стоимость и время создания разработки.



Новый драйвер доступен в миниатюрном корпусе UDFN размером 3 × 3 мм с шагом выводов 0,5 мм, что делает его пригодным для применения в ноутбуках и миниатюрных системах вентилирования. Для высокой энергоэффективности и снижения уровня акустических шумов и механической вибрации, микросхема MTD6505 имеет синусоидальный 180-градусный выходной драйвер.

Возможность бессенсорного управления означает, что из схемы можно исключить внешние датчики Холла, что уменьшает стоимость и размеры. Новый драйвер имеет системы защиты от перегрева, перегрузки по току и от защёлкивания.

www.microchip.com

Измерение теплового сопротивления СВЧ-транзисторов

Владимир Вяхирев, Михаил Духновский, Юрий Федоров, Виктор Пчелин, Вячеслав Трегубов (Москва)

В статье описано практическое применение измерителя-анализатора вольтамперных характеристик Л2-108 для измерения импульсного теплового сопротивления СВЧ-транзисторов. Отмечены особенности выбора термочувствительного параметра. Показано преимущество транзисторов на основе GaN с подложкой SiC по сравнению с транзисторами на основе GaAs с точки зрения отвода тепла от кристалла.

ВВЕДЕНИЕ

С развитием СВЧ-приборов, изготовленных из перспективных широкозонных полупроводниковых материалов GaN, SiC, алмаза и гетероструктур на их основе, становится актуальной задача контроля их теплового сопротивления (ТС). Широко распространённый арсенид галлия GaAs обладает сравнительно низкой теплопроводностью, поэтому ТС приборов на его основе не нуждается в постоянном контроле, так как определяется, в основном, толщиной самого кристалла, и в меньшей степени – расположением тепловыделяющих участков и их размерами.

Значение ТС зависит от физических свойств полупроводниковых материалов или гетероструктур, переходных слоёв, технологии и качества пайки

или склеивания. Применение широкозонных материалов позволяет изготавливать СВЧ-приборы большей мощности за счёт увеличения напряжения питания. В то же время хорошая теплопроводность этих материалов позволяет значительно снизить ТС. При этом возникает необходимость технологического контроля ТС, поскольку определяющими факторами отвода тепла становятся технологии изготовления и сборки приборов.

Различают импульсное и статическое ТС. Импульсное ТС зависит от времени, в течение которого прибор рассеивает мощность, – от так называемой длительности импульса нагрева (ДИН). Связано это с тем, что в распределении тепла участвуют не только тепловые сопротивления, но и теплоёмкости час-

тей кристалла, кристалла в целом и окружающих его тел. При малых ДИН определяющими факторами являются теплопроводность материалов, непосредственно прилегающих к тепловыделяющим участкам. При больших длительностях импульса нагрева превалируют свойства теплоотвода (размеры, обдув воздухом и т.п.). По мере увеличения ДИН свой вклад в тепловое сопротивление поочередно добавляют все тела и границы раздела, расположенные между тепловыделяющим участком прибора и теплоотводом. В пределе, при непрерывной мощности, ТС стремится к своему максимальному, т.н. статическому значению.

ИЗМЕРЕНИЕ ТЕПЛООВОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ

В настоящей статье описано измерение импульсного теплового сопротивления СВЧ-полевых транзисторов с барьером Шоттки на установке, разработанной на базе измерителя-анализатора вольтамперных характеристик Л2-108 [1, 2].

В дополнение к Л2-108, разработан коммутатор и специализированное программное обеспечение (ПО) для измерения ТС двумя способами в соответствии с [3]. Суть обоих способов заключается в косвенном измерении ТС по анализу релаксации термочувствительного параметра (ТЧП) после воздействия импульса нагрева известной мощности и длительности. В первом способе в качестве ТЧП выступает падение напряжения на барьере Шоттки при пропускании через него прямого тока, во втором – омическое сопротивление канала транзистора. Стадии нагрева и стадии измерения величины ТЧП обеспечивались ресурсами прибора Л2-108, коммутатор переключал измеряемый прибор из режима нагрева в режим измерения.

Согласно [3], измерению ТС предшествует измерение температурной зависимости величины ТЧП для каждого испытуемого прибора или для партии однотипных приборов. Поэтому был разработан автоматизированный термостат и соответствующее ПО,

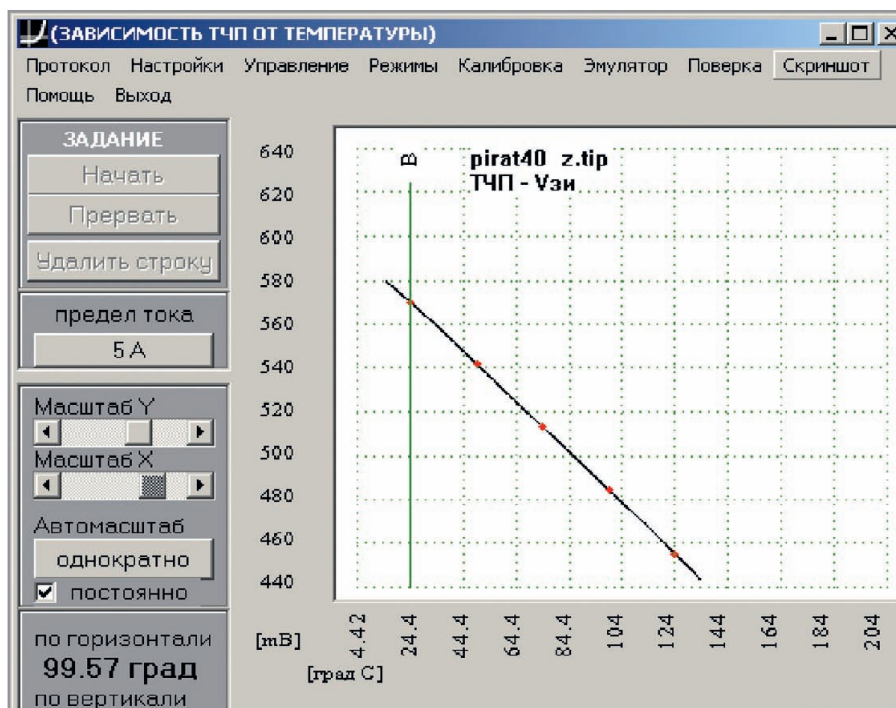


Рис. 1. Типовая зависимость ТЧП (падение напряжения на затворе) от температуры для первого способа измерения ТС

позволяющие производить автоматическое измерение температурной зависимости ТЧП.

Процесс измерения происходил следующим образом. Исследуемый прибор в измерительной ячейке подключался к Л2-108, а температура ячейки устанавливалась с помощью термостага. В диапазоне от комнатной температуры до 120°C автоматически измерялись значения ТЧП. Этот этап занимал от 4 до 6 мин. Результат в виде полинома сохранялся в файле, соответствующем данному типу приборов. Программа визуализировала эту зависимость, чтобы оценить корректность измерений и сравнить с зависимостями других приборов (см. рисунки 1 и 2).

Затем прибор Л2-108 переводился в штатный режим импульсного измерителя ВАХ для установки параметров стадии нагрева. Наблюдая ВАХ, можно было убедиться в исправности исследуемого прибора и, что особенно актуально, в отсутствии паразитной генерации (см. рис. 3). Кроме зависимости тока стока от напряжения стока, прибор Л2-108 показывал напряжение затвор – исток (первое число справа от края каждой линии) и ток через затвор (второе число справа от края каждой линии). Эти числа соответствуют крайней правой точке ВАХ, т.е. моменту развёртки, когда напряжение стока максимально. Этой же точке соответствует и режим, который программа установит при измерении ТС на стадии нагрева.

После получения команды на измерение ТС, система устанавливала задержку по времени, необходимую для уменьшения температурных градиентов, которые могли возникнуть в измеряемом приборе при наблюдении ВАХ. В том случае, если предварительного просмотра ВАХ не производилось, задержка перед измерением ТС была меньше. После измерения ТС программа отображала постоянную величину ТЧП до импульса нагрева, её релаксацию после импульса, а также результаты расчёта ТС (см. рис. 4).

На рисунке 5 представлены результаты измерений в виде зависимости ТС от ДИН. После соответствующей математической обработки такой зависимости можно получить полную информацию о тепловых сопротивлениях и теплоёмкостях всех слоёв прибора, участвующих в отводе тепла [4–6]. Здесь мы ограничимся качественными пояснениями.

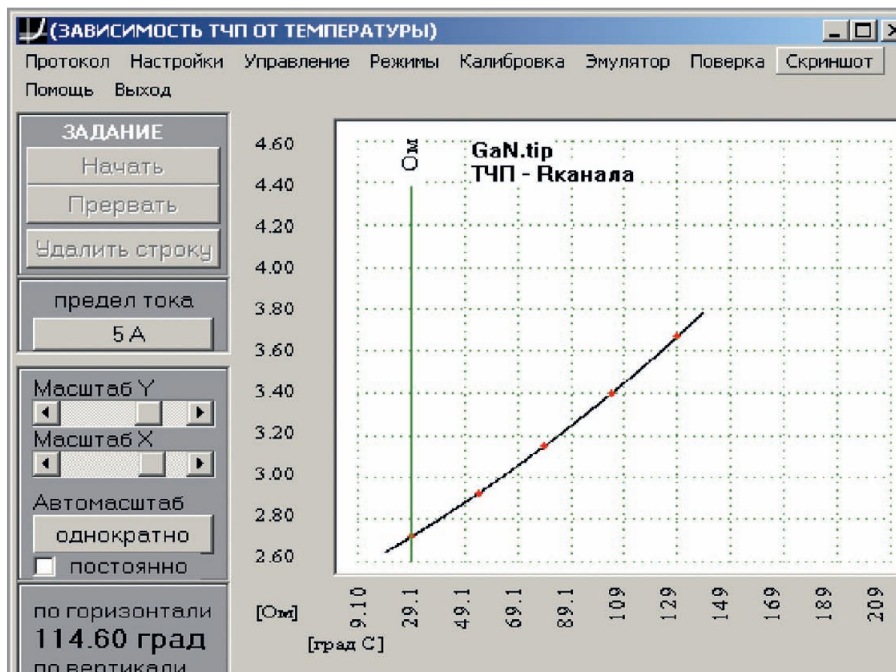


Рис. 2. Типовая зависимость ТЧП (сопротивление канала транзистора) от температуры для второго способа измерения ТС

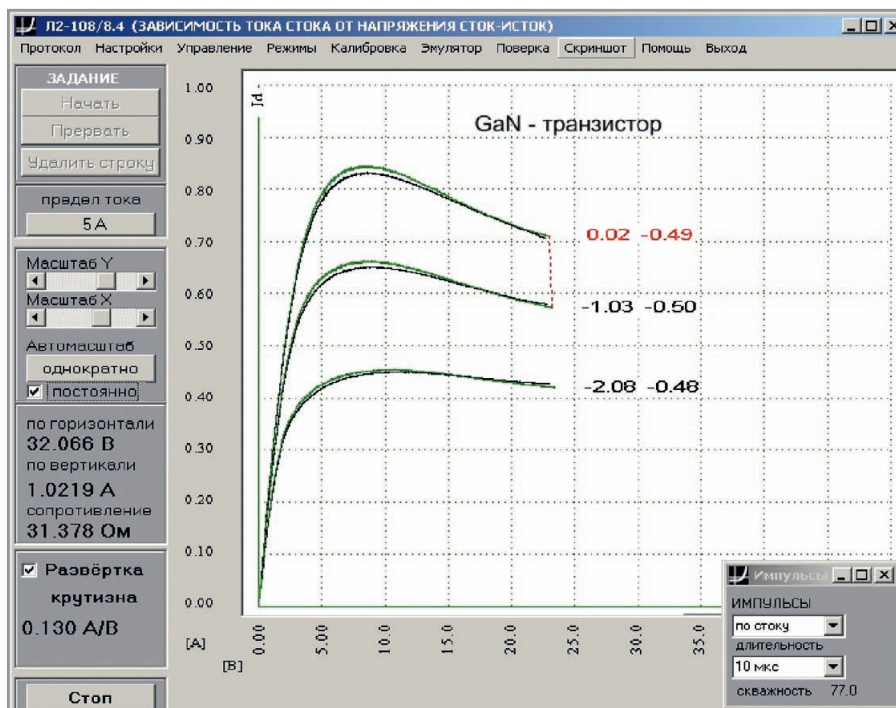


Рис. 3. Пример семейства импульсных ВАХ. Измерение происходило при большой скважности импульсов напряжения стока, чтобы исключить заметный разогрев

Линии 3 и 4 соответствуют транзисторам на основе GaAs. Разница их ТС объясняется примерно трёхкратным отличием в площади кристалла. Оба транзистора находились на кристаллодержателе, который устанавливался в измерительную ячейку. Значительное повышение ТС при увеличении ДИН свыше 200 мс объясняется тем, что теплоёмкость кристаллодержателя слишком мала, чтобы участвовать в поглощении тепла в течение этого времени.

Линии 1, 2 соответствуют однотипным транзисторам на основе GaN при одинаковой мощности импульса нагрева (2,5 Вт). Транзистор № 2 припаян золото-оловянным припоем к кристаллодержателю, аналогично транзисторам GaAs, а транзистор № 1 приклеен электропроводящим клеем к массивному теплоотводу. Для транзистора № 2 тепловой контакт кристалла с кристаллодержателем получился гораздо лучше, что обеспечило преимущество

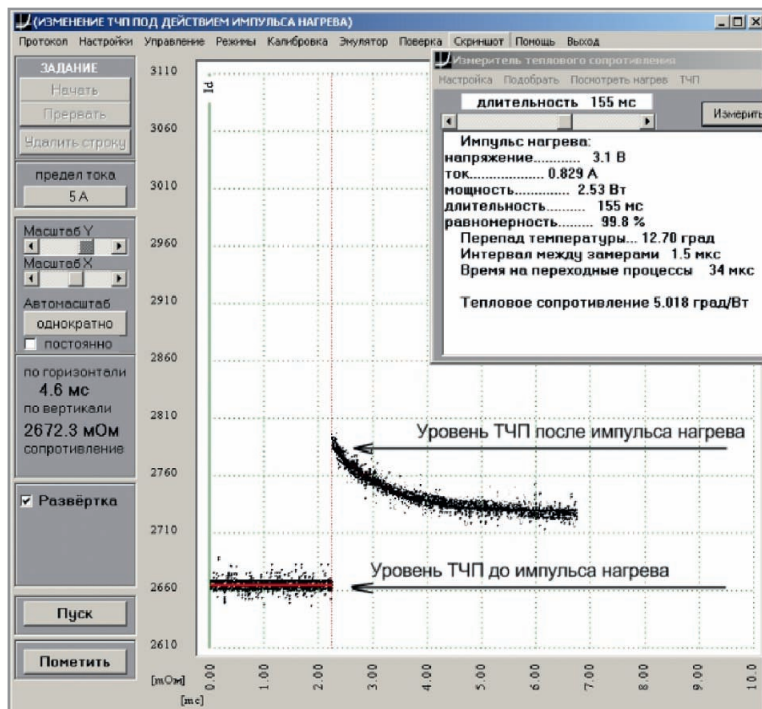


Рис. 4. Пример представления результатов измерения ТС

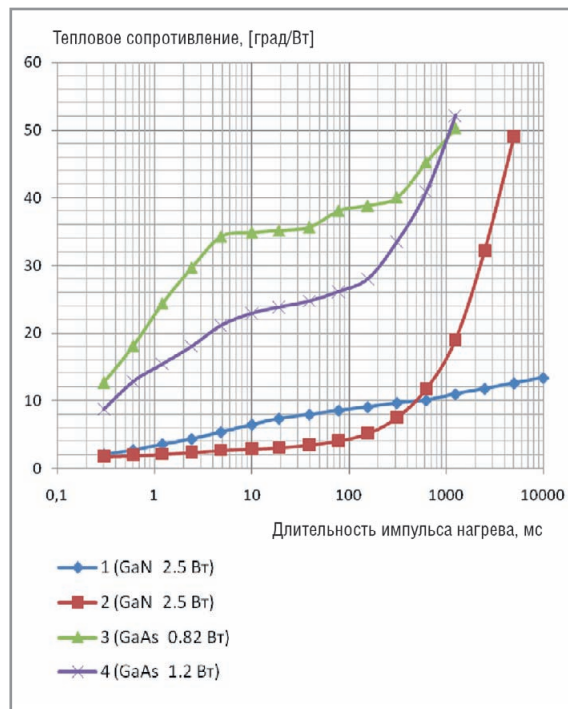


Рис. 5. Зависимости ТС от ДИН

этой конструкции в диапазоне ДИН от 0,5 до 500 мс. По той же причине, как и для транзисторов GaAs, при ДИН более 200 мс наблюдался рост ТС. Транзистор № 1 при малых ДИН имел большее ТС из-за низкой теплопроводности клеявого соединения по сравнению с припоем. При больших ДИН он заметно выигрывал благодаря большой теплоёмкости массивного теплоотвода.

Тепловое сопротивление обоих транзисторов на основе GaAs было измерено первым способом, при котором ТЧП является падением напряжения на прямосмещённом затворе, однако попытка измерить тем же способом ТС тран-

зисторов GaN привела к совершенно неправдоподобным результатам. При уменьшении ДИН тепловое сопротивление не снижалось, а иногда даже росло. Такое поведение можно объяснить наличием в материале электрически активных дефектов (ЭАД), создающих глубокие уровни в запрещённой зоне. Поскольку при переходе от режима нагрева к режиму измерения ТЧП потенциал затвора сильно изменялся, медленная перезарядка ЭАД, находящихся вблизи барьера Шоттки, заметно влияла на процесс релаксации.

Измерение ТС транзисторов GaN вторым способом было более успеш-

ным, так как здесь потенциал затвора устанавливался неизменным в течение всего процесса измерения, а сопротивление канала измерялось вдали от области насыщения, т.е. при незначительном влиянии затвора.

О наличии ЭАД в области барьера Шоттки можно судить и по семейству импульсных ВАХ, полученных с помощью прибора Л2-108. Например, на рисунке 6 видно взаимное влияние линий ВАХ друг на друга. Кажется, что потенциал затвора переключается с некоторой задержкой и его значение заметно отличается от равновесного. На рисунке 7 приведены две линии ВАХ, измеренные при одинаковых напряжениях на стоке и затворе, но при различных способах управления импульсами тока стока. Видно, что при управлении по затвору модуляция канала происходит с опозданием, т.е. за время импульса ЭАД не успевают изменить заряд и препятствуют отпираанию канала. Это приводит к снижению тока стока.

Следует отметить, что подобное поведение ВАХ демонстрировали транзисторы на основе GaN, имеющиеся в нашем распоряжении. Необходимо иметь в виду, что влияние ЭАД в других приборах может быть совершенно иным, поэтому для каждого типа приборов необходимо подбирать свои способы и режимы измерения ТС.

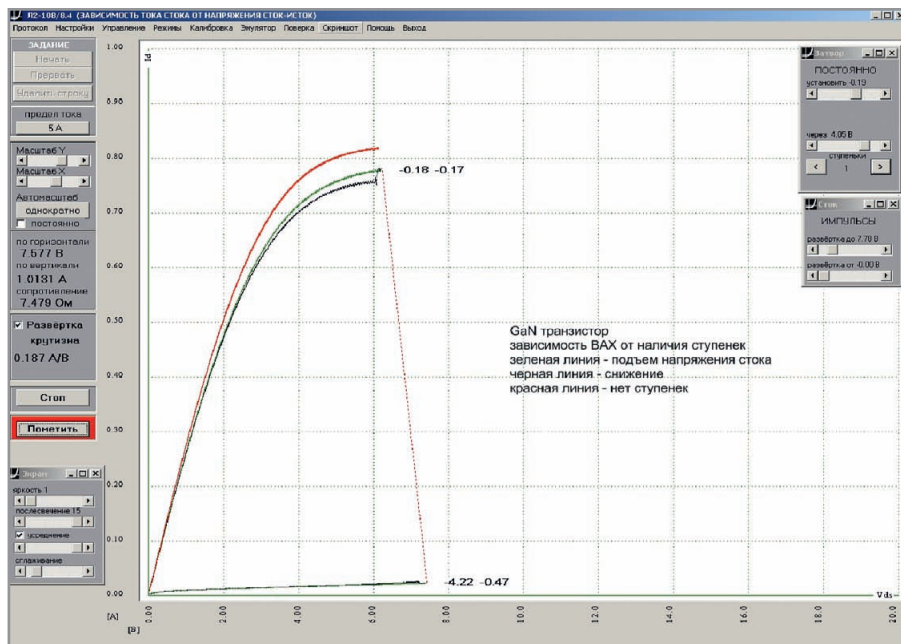


Рис. 6. Взаимное влияние линий ВАХ транзистора на основе GaN из-за наличия ЭАД

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Значение теплового сопротивления транзисторов, измеренное при различ-

ных ДИН, характеризует не только качество прибора, но и технологию его монтажа в корпус.

Использование мощных транзисторов на основе GaN с теплопроводящей подложкой, тепловое сопротивление которых значительно ниже, чем у приборов на основе GaAs, предъявляет повышенные требования не только к качеству монтажа кристаллов транзистора в корпус, но и к материалам и конструкции самого корпуса.

Измеритель-анализатор Л2-108 с набором дополнительных опций позволяет оперативно контролировать тепловое сопротивление транзисторов и интерпретировать полученные результаты.

ЛИТЕРАТУРА

1. Госстандарт РФ. Описание типа средства измерений. Приложение к свидетельству RU.C.34.083.A № 42329 об утверждении типа средств измерений.
2. Измеритель-анализатор автоматизированный импульсных статических вольт-амперных характеристик полевых СВЧ-транзисторов Л2-108. Руководство по эксплуатации 6687-008-63533393-2010 РЭ.
3. ОСТ 11 0944 - 96.

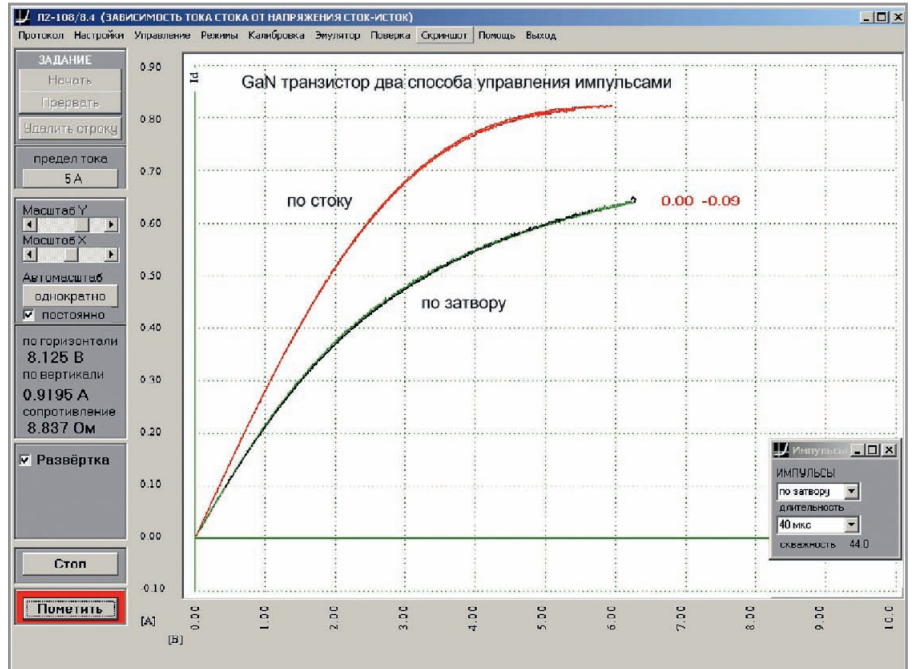


Рис. 7. Два способа управления импульсами тока стока транзистора на основе GaN

4. Szekeley V. On the representation of infinite-length distributed RC one-ports. IEEE Trans. on Circuits and Systems. 1991. Vol. 38. PP. 711-719.
5. Rencz M., Szekeley V. Determining partial thermal resistances in a heat flow path with the help of transient measurements. Proc. of the 7 THERMINIC Workshop, 27-27 Sept. 2001. Paris. PP. 250-256.
6. Poppe A. Measurement, modeling and simulation of thermal dynamics in microelectronic structures. Technical report, REASON Tutorial «Half-day on Thermal Issues in Microelectronics». <http://reason.imio.pw.edu.pl>. 2003.

ООО «Системы Компьютерного Контроля и Диагностики»
cc_d@mail.ru.



Л2-108

- ВОЛЬТАМПЕРНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ.
- ТЕПЛОВОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ.
- ПРОТОКОЛИРОВАНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ.



свидетельство об утверждении типа средств измерения RU.C.34.083.A № 42329 приказ №1 284 от 25.03.11

Проверка системы управления аккумуляторной батареей мобильного устройства

Эдвард Брорейн (США)

В статье показано, как определение фактических профилей заряда и разряда батареи позволяет проверить работу системы управления батареей вместе с самой батареей. Это помогает в оптимизации проекта мобильного устройства и гарантирует выполнение заданных параметров батареи.

ВВЕДЕНИЕ

Параметры функционирования системы управления аккумуляторной батареей и самой батареи важно проверять по отдельности. Однако поскольку аккумуляторная батарея – это далеко не идеальный источник энергии, она в значительной мере влияет на функции управления зарядом и разрядом, взаимодействует с ними и вынуждает проверять батарею и схему управления как законченную систему.

При оценке совокупности характеристик заряда батареи определяются параметры, которые должны быть оптимизированы, чтобы устройство соответствовало целям разработки. В число этих параметров входят:

- время заряда, уровень заряда и время работы;
- срок службы и безопасность батареи;
- надлежащее управление состоянием отказа.

Аналогично при оценке профиля разряда батареи или проведении испытаний на разряд определяется ряд

дополнительных характеристик ожидаемого поведения, в том числе:

- параметры эксплуатации батареи в реальных условиях;
- фактическая энергия и ёмкость батареи по сравнению с запланированными характеристиками;
- правильность функционирования системы выключения при низком уровне заряда батареи.

Хотя все эти параметры существенны, зачастую степень их важности может зависеть от конкретного типа устройства. Существует ряд факторов, связанных с процессом управления зарядом и разрядом батареи, которые оказывают значительное влияние на эти параметры. Проверка системы управления батареей и самой батареи в процессе заряда и разряда позволяет определить оптимальные характеристики функционирования аккумулятора.

Для проверки системы управления аккумуляторной батареей требуется проведение высокопроизводительных бесконтактных измерений. На рисун-

ке 1 показана установка для измерения профилей заряда и разряда при проверке системы управления батареей тестируемого устройства. В установке используется оборудование общего назначения. Для проведения тестирования требуется два параллельных измерительных канала. Один канал используется для регистрации зарядного тока, второй – для регистрации напряжения батареи. Совместно они обеспечивают полное представление о функционировании системы управления батареей, проверяя профили заряда и разряда. Вместе с тем, для проведения правильных измерений оборудование должно быть в состоянии:

- одновременно оцифровывать значения тока и напряжения с высокой частотой выборки;
- обеспечить широкий динамический диапазон при непрерывном измерении тока;
- непрерывно регистрировать результаты измерений в течение длительных периодов времени;
- не оказывать воздействия на результаты измерений.

Литий-ионные батареи являются лучшим вариантом для большинства мобильных устройств, использующих аккумуляторы, благодаря их небольшим размерам, малому весу и повышенной энергетической плотности. Максимальный уровень напряжения заряженного литий-ионного аккумулятора (напряжение наполнения) должен выдерживаться очень точно. Разница всего в 10 мВ, или около 0,25% от уровня напряжения наполнения 4,2 В может дать десятикратную процентную разницу в накопленном заряде. Погрешности в 50...100 мВ при перезаряде могут привести к проблемам безопасности. Поэтому очевидно, что выбор напряжения накопления важен для оптимизации управления зарядом литий-ионной батареи, а также соответствия планируемым характеристикам. Таким образом, при испытаниях крайне важно, чтобы падение напряжение на токовом шунте, а также погрешность измерения напряжения обо-

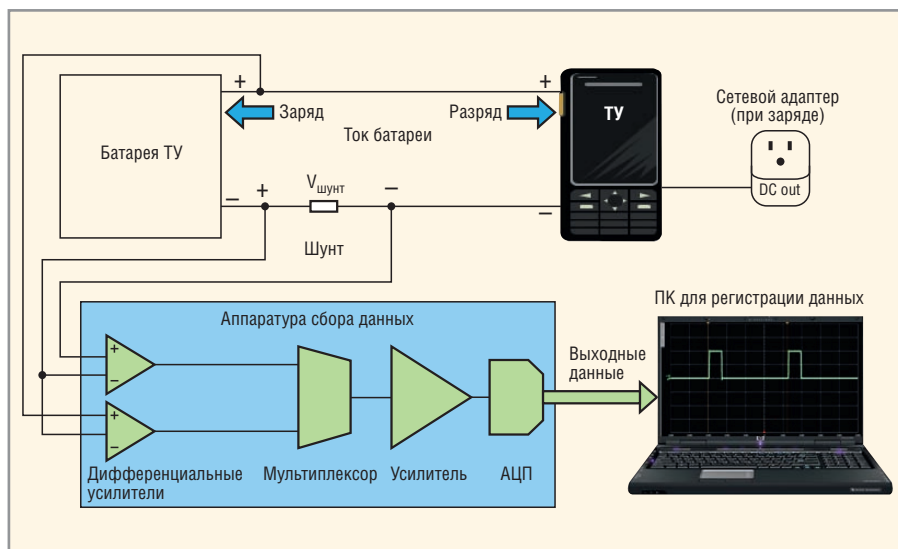


Рис. 1. Стандартная измерительная установка для исследования системы управления батареей

дованием сбора данных не оказывали влияния на характеристики заряда.

Кроме того, применяются всё более сложные технологии управления зарядом. Многие из них используют различные динамические воздействия для определения характеристик батареи в процессе заряда. Для оценки этих динамических компонентов сложных технологий управления зарядом необходим высокоскоростной прибор с хорошим разрешением, обеспечивающий высокую точность измерения постоянного тока и напряжения.

При определении параметров разряда важно обеспечить высокую скорость оцифровки тока, поскольку это даёт более детальное представление о поведении батареи. Значение частоты дискретизации 50 тыс. выборок/с достаточно для регистрации импульсных сигналов тока нагрузки беспроводных мобильных устройств. Такую же частоту выборки рекомендуется использовать для некоторых стандартных испытаний аккумулятора мобильного телефона. Обеспечение точных измерений в широком динамическом диапазоне имеет существенное значение для получения осмысленных результатов при измерении сигналов с высоким пиковым и низким средним значениями и большой скважностью, характерными для импульсного тока нагрузки беспроводных мобильных устройств.

В зависимости от режима работы тестируемого устройства, пик-фактор сигнала может различаться в сотни раз. Разброс значений тока может быть ещё больше, если при проведении испытаний используется несколько режимов с различными уровнями мощности. Разброс тока уменьшает динамический диапазон измерений, ограничивая достижимую точность. Это может иметь ещё большее значение в случаях, когда пиковое значение падения напряжения на токовом шунте должно составлять менее 50 мВ, чтобы не оказывать чрезмерного влияния на результаты тестирования. Следствием сохранения низкого пикового значения падения напряжения на токовом шунте являются субмикровольтовые сигналы, вызываемые малыми токами, которые трудно измерить с достаточной точностью. Для получения хороших результатов крайне важно, чтобы средство измерения обладало достаточным коэффициентом усиления, динамическим диапазоном и высокой точностью измере-

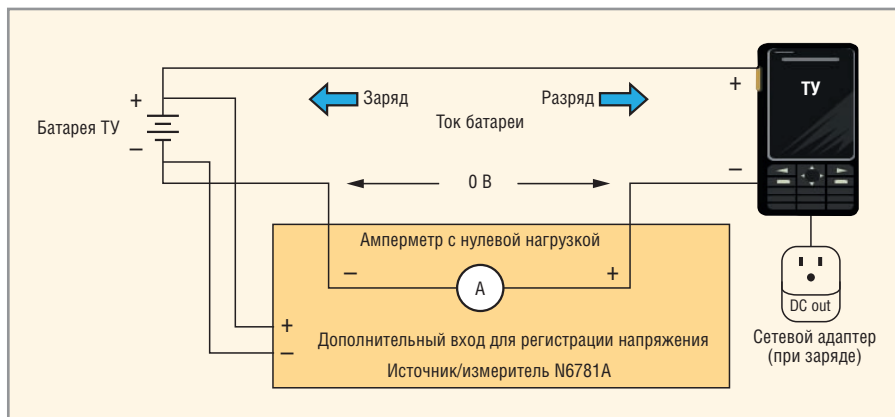


Рис. 2. Установка для определения профиля заряда и разряда батареи на основе источника/измерителя Agilent N6781A

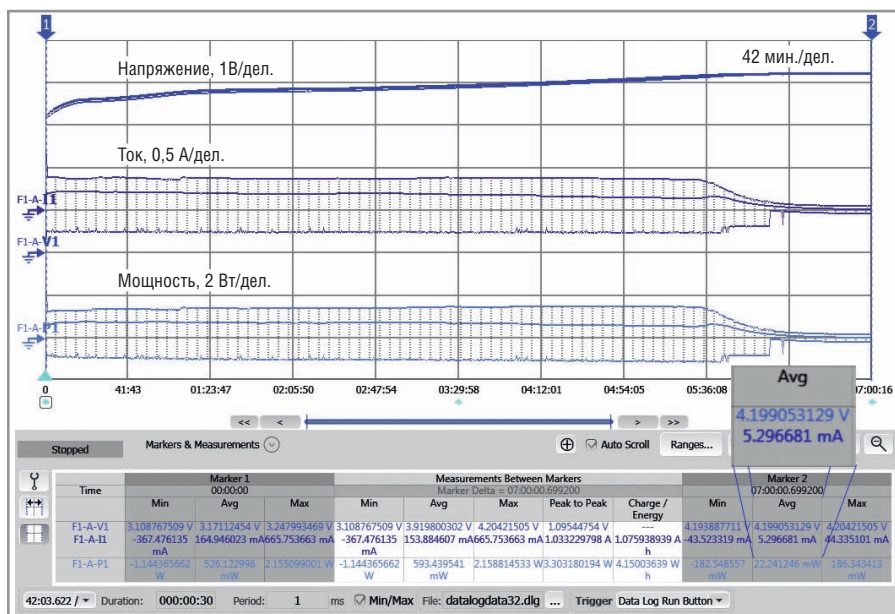


Рис. 3. Результаты измерения профиля заряда батареи

ний. Как правило, стандартные приборы не в состоянии удовлетворить всем этим требованиям.

ПРИМЕР ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОФИЛЯ ЗАРЯДА И РАЗРЯДА БАТАРЕИ

Измерения профилей заряда и разряда батареи смартфона GPRS проводились на установке, показанной на рисунке 2. Установка построена на основе источника/измерителя Agilent N6781A, который имеет следующие особенности, необходимые для тестирования устройств с питанием от аккумуляторной батареи:

- амперметр с нулевым сопротивлением не создаёт падения напряжения, что гарантирует его незначительное влияние на результаты измерений;
- дополнительный вход цифрового вольтметра одновременно регистрирует напряжение батареи в процессе заряда и разряда;

- непрерываемый диапазон измерения обеспечивает точные результаты в чрезвычайно широком динамическом диапазоне, от микроампер до ампер, в одном непрерывном измерении;
- высокая скорость оцифровки фиксирует подробности динамических процессов;
- регистрация данных обеспечивает высокую скорость оцифровки в течение длительных периодов времени. Результаты измерения профиля заряда батареи, отображаемые на дисплее с помощью программного обеспечения Agilent 14585A, показаны на рисунке 3. Наблюдения включают:
 - процесс заряда, который продолжался более 7 ч;
 - ток заряда, который, помимо постоянной составляющей, содержал быстрые пульсации, очерченные минимальной и максимальной огибающими (визуализация была реализована на основе скоростной оцифровки);

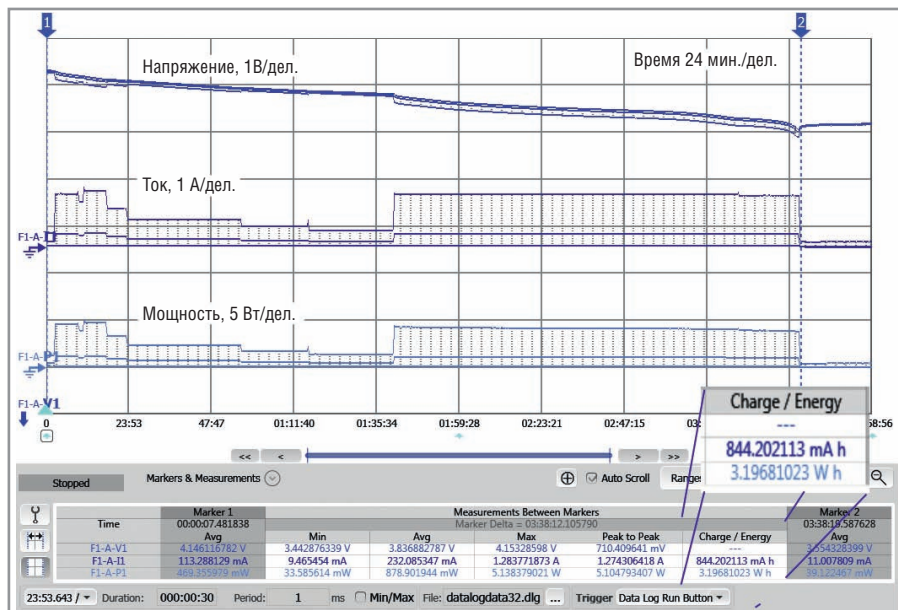


Рис. 4. Результаты измерения профиля разряда батареи

• вместо режима с фиксацией постоянного тока (CC) или постоянного напряжения (CV), обычно используемого для заряда литий-ионных батарей, это устройство использовало трапециевидный стабилизированный ток, чтобы довести батарею до полного заряда вблизи точки напряжения наполнения 4,2 В.

На основании этих наблюдений сделаны следующие выводы:

- быстрый заряд не являлся приоритетом; для более полного заряда батареи лучше подходил более медленный заряд в течение ночи;
- реальное конечное напряжения наполнения 4,199 В было близко к оптимальному для данного устройства значению, обеспечивающему баланс между длительным сроком службы батареи и величиной накопленного заряда.

Далее, для проведения испытаний батареи мобильного телефона на разряд путём выполнения предписанной последовательности мероприятий использовалась установка, показанная на рисунке 2. Полярность подключения выходов N6781A была изменена на противоположную, чтобы получить положительные отсчёты тока и мощности. Результаты измерения разряда батареи, зафиксированные и отображённые на дисплее с помощью программного обеспечения 14585A, показаны на рисунке 4. Установка измерительных маркеров в точке запуска и в точке отключения даёт следующие результаты:

- среднее и пиковое значения тока составили 0,233 и 1,29 А соответственно;

• заряд и энергия, произведённые батареями, составили 843 мАч и 3,19 Втч соответственно;

• мобильный телефон работал в течение 3 ч 38 мин до отключения из-за разряда батареи до 3,44 В.

На основании этих наблюдений сделаны выводы:

- фактическое значение заряда оказалось на 16% меньше заявленной ёмкости батареи;
- напряжение прекращения разряда батареи было выше, чем заданное значение.

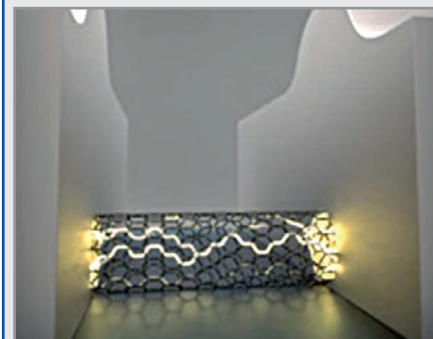
ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В силу взаимозависимости параметров функционирования системы управления аккумуляторной батареей и самой батареи они должны проверяться и по отдельности, и вместе, как единая система. В результате тестирования можно определить ряд параметров, которые необходимо оптимизировать, чтобы они соответствовали показателям, задаваемым в проекте мобильного устройства. Приведённые в данной статье примеры испытаний выполнялись с использованием установки, имеющей достаточно высокие измерительные характеристики. Их результаты показывают, что определение фактических профилей заряда и разряда аккумуляторной батареи позволяет оценить работу системы управления батареями вместе с самой батареей. В конечном итоге это помогает оптимизировать разработку и обеспечить соответствие характеристик батареи заданным показателям.

Новости мира

Учёные из IBM создали первые 9-нм транзисторы из углеродных нанотрубок

Углеродные нанотрубки – весьма перспективные структуры. Кроме того, что внимание учёных они привлекают благодаря своим выдающимся механическим свойствам, они также весьма интересны для применения в электронике. Учёные уже выяснили принципы создания годных к применению электрических кабелей при помощи углеродных цилиндрических структур, а затем принялись за создание очень компактных транзисторов при помощи этого материала. В лабораториях IBM исследователям удалось недавно создать углеродный транзистор, размер которого составляет всего 9 нм.



В этом году корпорация Intel намерена выпустить свои первые процессоры с 22-нм транзисторами, которые носят кодовое имя Ivy Bridge. Кремний будет использоваться в индустрии ещё долго, однако его потенциал подходит к пределу, а токи утечек постоянно растут, из-за чего исследователи активно ищут материал, который придёт ему на смену. Эти новые прототипы углеродных транзисторов, создаваемых IBM, могут со временем стать хорошей альтернативой для применения в микропроцессорах и других интегральных схемах.

Сообщается, что 9-нм транзисторы IBM могут обеспечить куда меньшее энергопотребление, чем их кремниевые аналоги того же размера. Они также могут проводить больший ток, чем конкурирующие транзисторы.

Увы, но технологии, используемые для создания транзисторов на основе углеродных нанотрубок, в настоящее время не могут применяться в массовом производстве. Учёные пока не разработали способа, при помощи которого могло бы стать возможным эффективное размещение миллионов и миллиардов таких транзисторов, необходимых для создания современных чипов. Создание нанотрубок без металлических примесей также является сложной задачей.

<http://techreport.com/>

Новости мира News of the World Новости мира

Elpida представила прототип резистивной памяти

Третий по величине мировой производитель памяти, компания Elpida, представила прототип резистивной памяти. Устройство не имеет аналогов и обладает целой массой преимуществ перед емкостной памятью, используемой повсеместно, сочетая скорость DRAM и энергонезависимость NAND.

Полное название новинки – «высококоростная энергонезависимая резистивная память с произвольным доступом» (ReRAM). Память выполнена по 50-нанометровому техпроцессу, а плотность ячеек здесь составляет 64 Мбит на массив. В разработке, помимо Elpida, приняли участие Sharp, Университет Токио и Японский национальный научно-технологический институт.

Резистивную память многие считают новым витком развития вычислительной техники. Суть технологии состоит в использовании особого материала, который изменяет своё электрическое сопротивление под воздействием изменения напряжения. В отличие от DRAM, где каждая ячейка представляет собой конденсатор и требует частой перезарядки, здесь информация способна храниться вне зависимости от источника энергии. Скорость записи представленного прототипа ReRAM составляет 10 нс, что примерно равно скорости записи DRAM.

Компания не только продолжит исследования в этом направлении, но и планирует наладить серийный выпуск к 2013 г., но уже по 30-нанометровому техпроцессу.

<http://techpowerup.com/>

Портативная топливная ячейка Powertrekk поступит в продажу весной

Портативный топливный элемент Powertrekk, позволяющий заряжать мобильные телефоны и другую потребительскую электронику, не имея под рукой сети, впервые был продемонстрирован в качестве прототипа около года назад. Теперь устройство стало намного ближе к реальности. Начало продаж новинки запланировано на весну текущего года.



Уникальность Powertrekk состоит в том, что для выработки электрической энергии здесь используется ёмкость с силицидом натрия, который применяется для получения водорода из воды. Последний, в свою очередь, и служит источником электрической энергии. Воду пользователям придётся добавлять самостоятельно, для неё предусмотрен отдельный контейнер. Кроме того, Powertrekk включает в себя собственную аккумуляторную батарею ёмкостью 1500 мАч. Зарядка осуществляется через порт USB.

Масса устройства в сборе составляет 244 г, так что взять новинку в путешествие не составит никакого труда. Несколько смущает стоимость устройства – 229 долларов. Впрочем, на сегодняшний день у него нет аналогов, так что удивляться тут нечему. Капсулы с силицидом натрия, которые получили не совсем благозвучное для русскоговорящего человека название PowerPukk, придётся докупать отдельно.

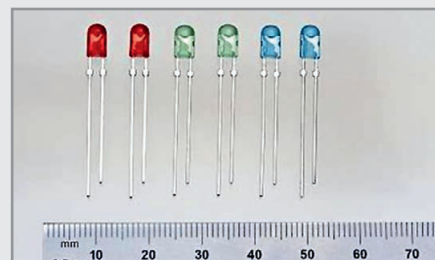
<http://www.powertrekk.com/>

Cree: Светодиоды для высоко размещённых дисплеев, используемых вне помещений

Компанией Cree предлагаются светодиоды серии Screen Master C4SMT и C4SMD 4 мм. Светодиоды были спроектированы специально для светодиодных экранов, размещаемых на возвышенностях вне помещений, угол обзора которых составляет до 20°. Screen Master C4SMT и C4SMD отличаются самыми высокими значениями яркости среди овальных сверхъярких светодиодов семейства P2 компании Cree. C4SMD достигает максимальной яркости при угле 0°, а C4SMT при наклоне –20°.

Cree спроектировала светодиоды так, что в пределах всего угла обзора и в соответствующих удалённых от центра зонах они обеспечивают постоянство качества изображения. Оба типа светодиодов, согласно производителю, обеспечивают то, что наблюдатели не замечают никакого различия по качеству даже и тогда, когда смотрят на светодиодный экран из различных положений и под различными углами.

Типичными областями применения светодиодов C4SMT являются видеозащиты, устанавливаемые вне помещений, и цифровые рекламные щиты, размещаемые на возвышенных местах. Светодиоды спроектированы так, что максимальная яркость достигается в области ниже горизонта индикации. По сравнению с овальными стандартными светодиодами с Through-Hole-технологией контактирования, которые рассчитаны на угол наблюдения 0°, в этих



светодиодах снижается доля света, остающегося неиспользованным. К тому же на 32% снижается потребляемая мощность.

www.cree.com

Система фиксации сетевого кабеля

Система V-Lock фирмы Schurter предотвращает непреднамеренное отсоединение сетевого кабеля от прибора. К системе могут поставляться различные блочные разъёмы, комбинированные элементы и разные сетевые кабели, выполненные по различным национальным стандартам, также и белого цвета.



Имеются сетевые кабели с системой V-Lock, соответствующие требованиям American Hospital Grade. V-Lock гарантирует соединение прибора и кабеля с защитой от непреднамеренного отсоединения. При наличии этой системы кулачок штепсельной розетки защёлкивается в отверстии блочного разъёма. Усилие разъединения составляет не менее 200 Н. Нажатие пальцем на рычаг разблокировки освобождает фиксацию. V-Lock хорошо различима благодаря жёлтой расцветке.

Система фиксации может быть интегрирована при сетевых соединениях на номинальные токи 10 и 16 А в соответствии с IEC 60320. Не требуется приспособления и монтажа никаких специальных удерживающих скоб. Система пригодна для медицинских приборов, анализирующего и лабораторного оборудования, телекоммуникационных и IT-устройств, токораспределительных шин в радио- и телевизионных студиях. V-Lock предлагается с чёрными или белыми кабелями, разъёмами и розетками.

<http://www.schurter.com>

Преобразователь интерфейсов USB-SPI с гальванической развязкой

(часть 2)

Алексей Кузьминов (Москва)

Во второй части статьи описаны аппаратные и программные средства сопряжения микроконтроллера C8051F321 с компьютером по интерфейсу USB и с микроконтроллером C8051F067 по гальванически изолированному интерфейсу SPI с помощью быстродействующих цифровых изоляторов SI8663BC-B-IS, ADUM7441C и ISO7220C.

Программные средства представлены в виде текстов программ для компьютера на языке Clarion v.6.0 и для микроконтроллеров на языке Си (Keil C51 v.6.14, v.9.01) с использованием библиотеки USBXpress фирмы Silicon Labs. Описан программный способ синхронизации микроконтроллеров при обмене по интерфейсу SPI, позволяющий повысить скорость обмена в трёхпроводном режиме.

Микросхемы цифровых изоляторов ADUM3160/ADUM4160 фирмы Analog Devices предназначены для гальванической изоляции самого интерфейса USB на пробивное напряжение 2,5 кВ (ADUM3160) и 5 кВ (ADUM4160). Согласно спецификации USB 1.2, они могут работать как на низкой скорости (low speed) 1,5 Мбод, так и на полной (full speed) – 12 Мбод. По сравнению со всеми цифровыми изоляторами, описанными ранее в статье, цифровые изоляторы ADUM3160/ADUM4160 имеют достаточно сложную внутреннюю структуру, которая учитывает двухполярность и двунаправленность линий данных D+ и D- интерфейса USB. Изоляция в этих микросхемах, как и во всех других цифровых изоляторах фирмы Analog Devices, осуществляется по технологии iCoupler посредством высокочастотного электромагнитного поля (как в ВЧ-трансформаторах). Более подробно с этими микросхемами можно ознакомиться в [7].

Сложное внутреннее устройство микросхем ADUM3160/ADUM4160 упрощает реализацию гальванической развязки интерфейса USB. Всё, что требуется для работы схемы, показанной на рисунке 17, – подать напряжение +5 В на изолированную сторону. Это можно сделать тремя способами:

- если устройство оборудовано собственным источником питания с напряжением +5 В, то напряжение следует подать на контакт 1 разъёма USB A X2 (см. рис. 17);
- если устройство не имеет собственного источника питания, то необходимо использовать внешний источник питания +5 В, подключив его к соответствующим контактам разъёма X3 (см. рис. 17);
- если использование внешнего источника питания невозможно, можно применить изолированный DC/DC-преобразователь 5 В → 5 В. В качестве таких преобразователей автор рекомендует использовать либо промышленный прибор C10205BA, либо

микросхему DCR010505P, либо изготовить DC/DC-преобразователь своими силами на основе микросхемы MAX253 [8].

Когда интерфейс USB гальванически изолирован, можно преобразовать его в интерфейс SPI без гальванической изоляции. Схема такого USB-SPI-преобразователя на базе микроконтроллера C8051F321 приведена на рисунке 18.

Выбор портов микроконтроллера в матрице соединений для сигналов интерфейса SPI (см. рис. 18, 19а) не случаен. Если матрицу модифицировать (см. рис. 19б) только с помощью программных средств, то такое устройство можно легко превратить в преобразователь USB-RS-232 с дополнительными выходными push-pull-сигналами (P0.1, P0.2 и P0.3); фрагмент такой схемы показан на рисунке 20.

На первый взгляд кажется, что эффективность такого преобразователя невысока, поскольку скорости обмена информацией в интерфейсах USB и RS232 различаются на два порядка: у USB 1.2 – 12 Мбод, а у RS-232 – 0,12 Мбод. Однако это не совсем так. В интерфейсе USB, в котором обмен информацией осуществляется пакетами, реальная скорость обмена существенно ниже 12 Мбод и зависит от размера пакета: чем меньше размер пакета, тем ниже скорость. При размере пакета в 4 Кб реальная скорость обмена по интерфейсу USB не превышает 5 Мбод. При размере пакета в 1 Кб скорость снижается до 4 Мбод, а при размере пакета в 64 байта скорость составляет 1 Мбод, что всего на порядок больше скорости обмена по интерфейсу RS-232. Если передавать несколько байтов, то скорость обмена по USB сравнима со скоростью обмена по RS-232.

Кроме того, встречаются ситуации, когда требуется обмен информацией исключительно по интерфейсу RS-232. Например, подавляющее большинство микроконтроллеров программируются «в системе» (ISP) только по интерфейсу RS-232, поскольку скорость такого программирования существенно

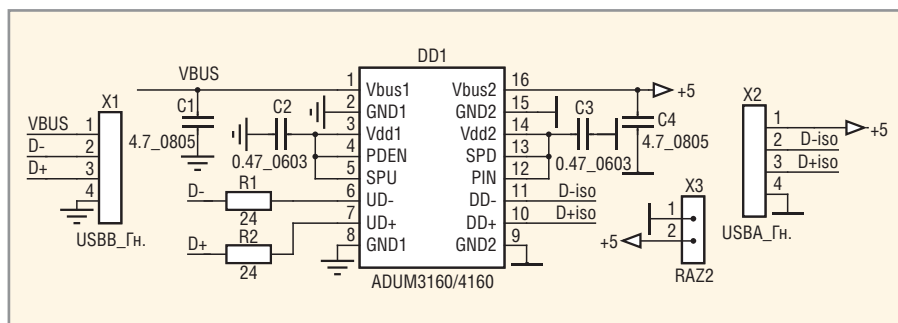


Рис. 17. Схема гальванически изолированного интерфейса USB на базе микросхем ADUM3160/4160, работающего в режиме полной скорости интерфейса USB 1.2

меньше максимальной скорости обмена по RS-232 (115 200 бод).

Скорость обмена информацией в беспроводных устройствах, таких, например, как беспроводные модемы, работающие в «гражданском» диапазоне частот 433 МГц, составляет максимум 9600 бод. Существует множество измерительных приборов, обмен информацией которых с компьютером возможен исключительно по интерфейсу RS-232 (например, различные счётчики воды, газа и тепла, газовые корректоры и т.п.).

Иногда требуется передать информацию на достаточно большое расстояние (до 1 км) по проводной линии связи. В этом случае, преобразовав интерфейс RS-232 в интерфейс RS-422 и обратно, можно решить поставленную задачу [3].

В связи с тем что подавляющее большинство современных компьютеров не оборудовано интерфейсом RS-232, существуют специальные устройства в виде плат и переходных кабелей для портов USB. Поэтому многие фирмы поставляют готовые микросхемы и модули преобразователей USB-RS-232.

В качестве примеров на рисунке 21 представлены схемы подключения преобразователя интерфейсов USB-RS-232 (см. рис. 20) к микроконтроллерам, работающим как в штатном режиме обмена по интерфейсу RS-232, так и в режиме программирования в системе (ISP) [3].

Разводка печатных плат (см. рис. 22) гальванически изолированного интер-

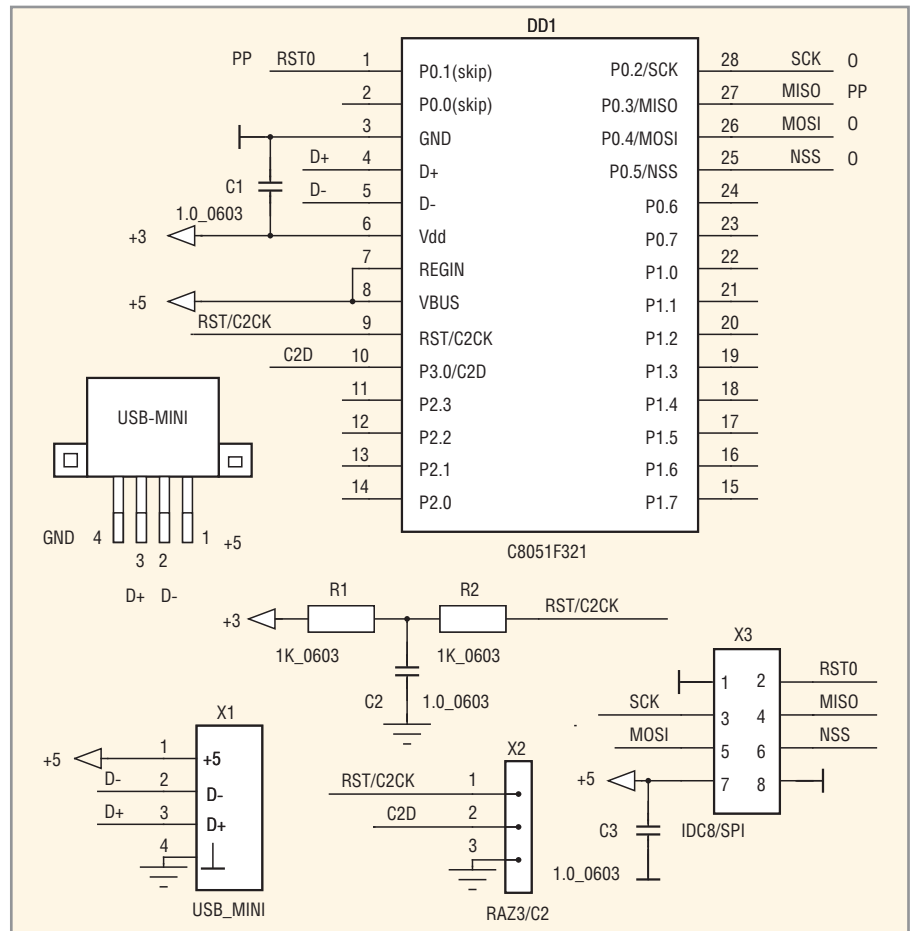


Рис. 18. Схема неизолированного преобразователя

фейса USB на базе микросхем ADUM 3160/4160 (см. рис. 17) и неизолированного преобразователя интерфейса USB-SPI/RS-232 (схемы на рис. 18 и 20) сделана автором с помощью программы Sprint LayOut 5. Устройство изолированного интерфейса USB получилось достаточно компактным (30 × 18 мм), а

устройство неизолированного преобразователя интерфейсов USB-SPI/RS-232 – самым миниатюрным из всех устройств, представленных в статье (10 × 25 мм). Фотографии обоих устройств показаны на рисунке 23.

Подключение устройства USB-SPI/RS-232 к устройству гальванической

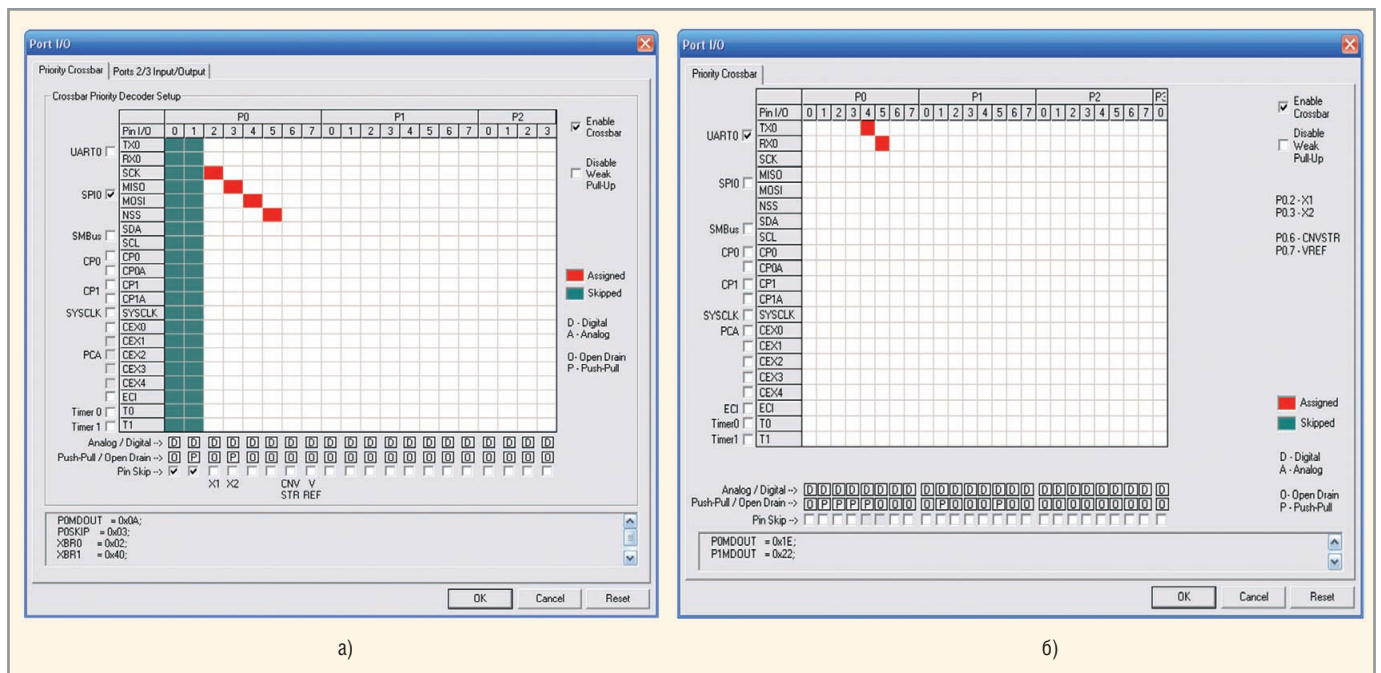


Рис. 19. Конфигурация портов микроконтроллера C8051F321 для преобразователя USB-SPI (а) и USB-RS-232 (б)

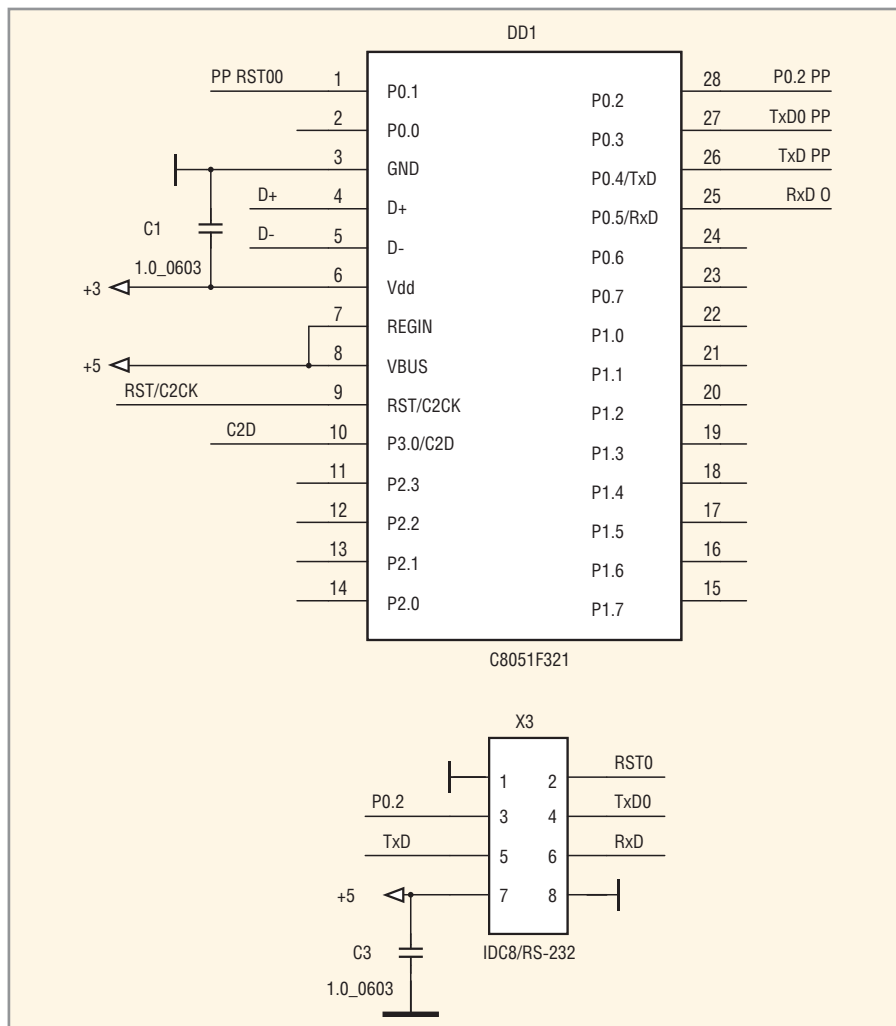


Рис. 20. Фрагмент схемы преобразователя USB-SPI на базе микроконтроллера C8051F321

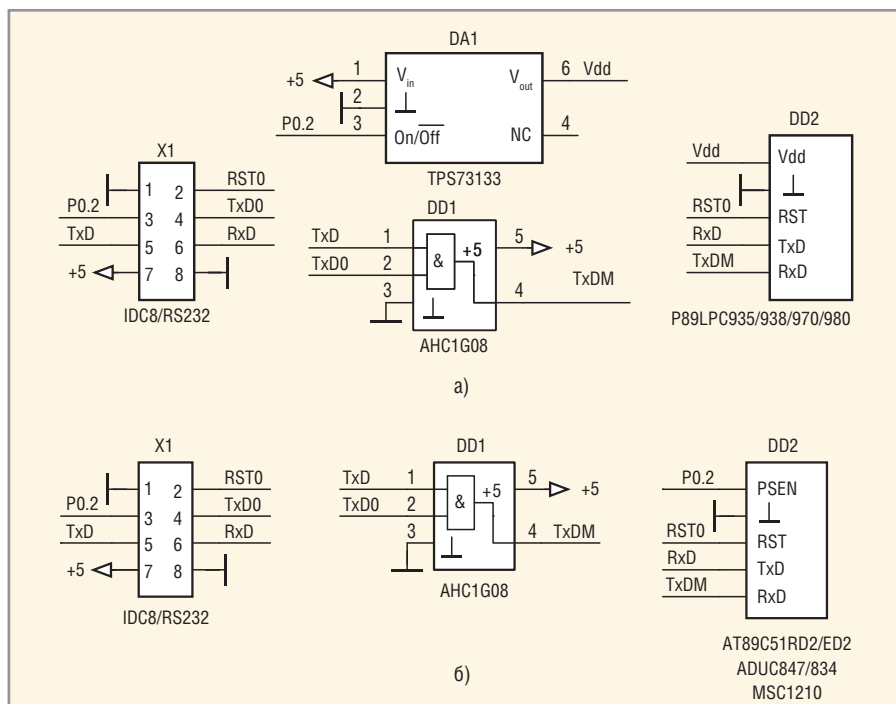


Рис. 21. Схемы подключения преобразователя USB-RS-232 к микроконтроллерам P89LPC935/938/970/980 (а) и AT89C51RD2/ED2, ADUC847/834, MSC1210 (б)

изоляция интерфейса USB при работе в режиме тестирования обмена только по USB приведено на рисунке 24. Изо-

лированная сторона питается от внешнего источника питания напряжением +5 В, которое через разъём X3

подаётся на вывод 16 микросхемы ADUM3160 (DD1), а через разъём X2 – на линию VBUS микроконтроллера C8051F321 (см. схемы на рис. 17 и 18).

Программная поддержка обмена данными по шине USB ничем ни отличается от программного обеспечения (ПО) всех предыдущих устройств. Программное обеспечение преобразования USB-SPI отличается только конфигурацией выводов микроконтроллера C8051F321 и должно соответствовать рис. 19а, а программное обеспечение обмена по интерфейсу RS-232 для схем, показанных на рисунке 21, можно найти в [3].

Микросхемы ADUM3160/4160 широко доступны и могут быть приобретены в единичных экземплярах во многих фирмах, торгующих электронными компонентами, за рублевый эквивалент 20...30 долл. США.

ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА

Описанные ниже программы для компьютера и микроконтроллеров C8051F321/C8051F067 демонстрируют работу компьютера и устройств по обмену информацией в тестовом режиме. После текстов программ приведены результаты их работы и некоторые сравнительные характеристики представленных в статье устройств.

Основная идея тестовой программы заключается в следующем. Массив данных (строка) объемом 4 Кб передаётся по интерфейсу USB из компьютера в микроконтроллер C8051F321, принимается этим МК, затем передаётся из микроконтроллера C8051F321 в микроконтроллер C8051F067 уже по интерфейсу SPI, принимается микроконтроллером C8051F067, несколько модифицируется (изменяется порядок следования символов). Затем модифицированный массив передаётся из микроконтроллера C8051F067 обратно в микроконтроллер C8051F321 по интерфейсу SPI, принимается микроконтроллером C8051F321, затем передаётся этим МК в компьютер уже по интерфейсу USB и принимается компьютером.

На экран выводится передаваемая строка и принятая (модифицированная микроконтроллером C8051F067) строка для сравнения их между собой (для экономии места на экране сравниваются 1/64 части строк, т.е. строки, состоящие из 64 символов). Эта процедура повторяется 100 раз. Для измерения времени обмена информацией

(и, соответственно, подсчёта скорости) перед передачей массива запускается организованный на компьютере таймер, который останавливается после полного завершения всего цикла приёма данных. Зная объём данных (4 Кб), количество передач и время работы программы по таймеру в секундах, легко подсчитать скорость обмена.

Программа для микроконтроллера C8051F321 имеет две модификации. Первая кратко описана выше, а вторая отличается тем, что после приёма массива из компьютера по интерфейсу USB, микроконтроллер C8051F321 сразу же передаёт его (массив) обратно в компьютер (т.е. не посылает этот массив в микроконтроллер C8051F067). Вторая модификация позволяет оценить скорость обмена исключительно по интерфейсу USB, а первая – общую скорость работы по интерфейсам USB+SPI.

Фактически должны быть разработаны три программы для разных устройств:

- программа для компьютера, которая передаёт массив данных по интерфейсу USB в микроконтроллер C8051F321 и принимает от него массив такого же объёма;
- программа для микроконтроллера C8051F321, которая принимает массив из компьютера по интерфейсу USB и либо посылает его в микроконтроллер C8051F067 (по SPI), принимает этот массив из него и посылает в компьютер, либо сразу же возвращает массив в компьютер;
- программа для микроконтроллера C8051F067, которая принимает массив из микроконтроллера C8051F321 по интерфейсу SPI, модифицирует этот массив и отправляет его обратно в микроконтроллер C8051F321.

Программы для микроконтроллеров, в свою очередь, должны иметь модификации для работы соответственно в 3- и 4-проводном режиме SPI. Тексты программ приведены на сайте журнала. Предварительно автору хотелось бы остановиться на некоторых моментах, связанных как с интерфейсом USB, так и с интерфейсом SPI.

Особенности программ, связанных с интерфейсом USB

Для обмена информацией по интерфейсу USB между компьютером и микроконтроллером C8051F320/321 фирма Silicon Labs бесплатно предоставляет

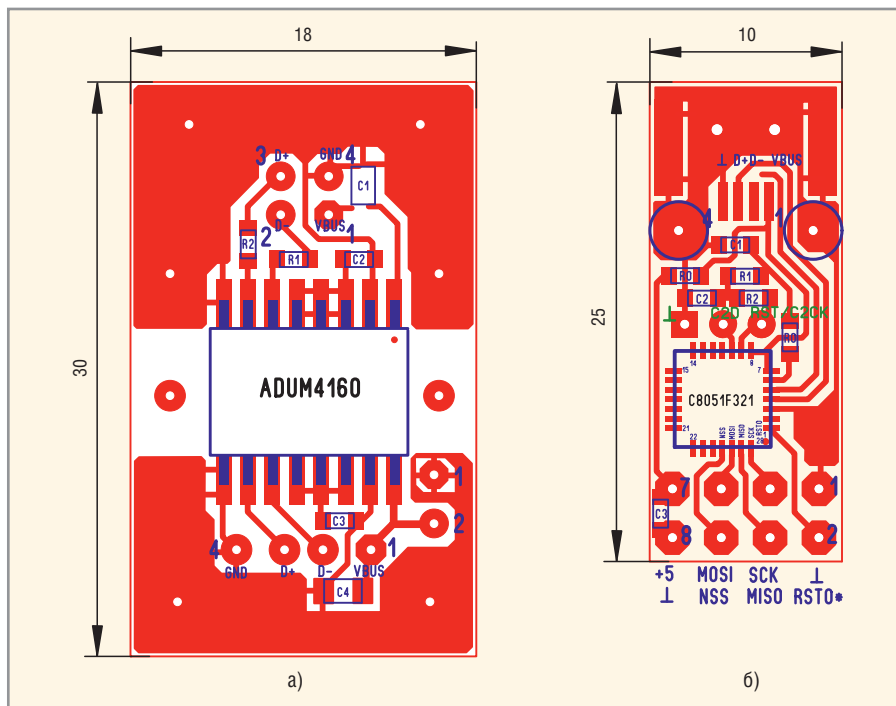


Рис. 22. Рисунки печатных плат гальванически изолированного интерфейса USB (а) и неизолированного преобразователя интерфейсов USB-SPI/USB-RS-232 (б)

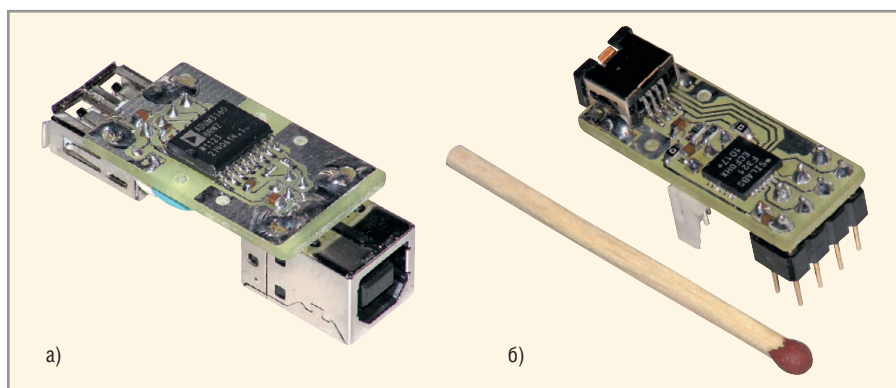


Рис. 23. Фотографии модулей гальванически изолированного интерфейса USB (а) и неизолированного преобразователя интерфейсов USB-SPI/RS-232 (б)

специальный драйвер, который необходимо установить на компьютер, и две библиотеки функций для программирования такого обмена. Первая библиотека предназначена для компьютера, вторая – для микроконтроллера. Общее название этих программных средств – USBExpress, описание всех функций приведено в приложении AN169.pdf [5], а пример работы – в программах для компьютера и МК с общим названием FileTransfer [6]. После экспериментов с библиотечными функциями оказалось, что не все функции библиотеки, предназначенной для компьютера, выполняются так, как описано в приложении AN169.pdf, некоторые свойства функций, предназначенных для МК, не описаны в приложении AN169.pdf вообще, хотя используются в примере программы (FileTransfer) обмена информацией по

USB для МК и обязательны для выполнения.

Библиотечных функций USBXpress как для компьютера, так и для микроконтроллера достаточно много, однако обязательных – всего несколько. Поэтому вначале будут приведены и описаны свойства функций, использованных для программирования обмена в компьютере, а затем – свойства

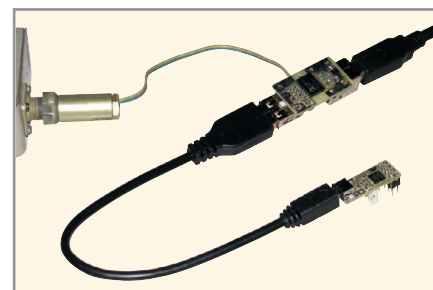


Рис. 24. Подключение платы USB-SPI к плате изолированного интерфейса USB

функций для программирования обмена в микроконтроллере.

Программы, предназначенные для компьютера, были написаны на языке Clatlon v.6.0. Операторы этого языка очень похожи на операторы языка Бейсик, поэтому они могут быть понятны даже новичку, а опытные программисты легко смогут перевести эти операторы на тот язык, на котором они привыкли работать.

Для программирования обмена по USB были использованы шесть библиотечных функций:

- 1) функция открытия коммуникаций по USB и получения числового значения хандлера SI_Open(0,Handler). После её применения функция возвращает своё значение, т.е. число, которому она равна. Кроме того, у этой функции два параметра. Первый параметр необходимо задать (нулём), а второй (переменную Handler) – получить. Числовое значение переменной Handler, возвращаемое функцией SI_Open(0,Handler), используется в других функциях, поэтому этой функцией должна предваряться вся программа. Сама функция SI_Open(0,Handler) может принимать несколько значений, но главным является её успешное выполнение, при котором она принимает нулевое значение (SI_SUCCESS). Таким образом, строка loop while SI_Open(0,Handler) открывает коммуникацию по USB и возвращает значение;
- 2) функция закрытия коммуникаций по USB SI_Close(Handler). Работа этой функции похожа на первую, за исключением того, что в ней всего один параметр Handler, который требуется задать (равным полученному функцией SI_Open()). После окончания работы с USB этот интерфейс необходимо «закрыть» с помощью строки loop while SI_Close(Handler);
- 3) функция записи по USB SI_Write(Handler,Buffer,NumBytesToWrite,NumBytesWritten,0). При успешном выполнении значение этой функции нулевое, а параметров у неё пять:
 - Handler – параметр, о котором уже говорилось и который необходимо задать;
 - Buffer – параметр, являющийся названием строки, которую необходимо передать по USB, – этот параметр необходимо задать;
 - NumBytesToWrite – параметр, равный количеству байтов в передаваемой строке, который нужно задать;

- NumBytesWritten – параметр, равный количеству байтов, реально переданных по USB, который возвращается функцией SI_Write() и который при необходимости можно вывести на экран;
 - 0 – пятый параметр.
- Например, если требуется передать по USB строку с названием STR, имеющую длину в 5 байт и значение STR='АБВГД', то следующая запись выполнит это действие: loop while SI_Write(Handler,STR,5,NumBytesWritten,0). После успешного выполнения этой функции переменная NumBytesWritten будет равна количеству переданных байтов, т.е. 5;
- 4) функция чтения по USB SI_Read(Handler,Buffer,NumBytesToRead,NumBytesReturned,0). При успешном выполнении значение этой функции также нулевое, и параметров у неё тоже пять:
 - Handler – параметр, который необходимо задать;
 - Buffer – параметр, являющийся названием строки, в которую необходимо записать принятые по USB байты, – этот параметр следует задать;
 - NumBytesToRead – параметр, равный количеству байтов в принимаемой строке, который требуется задать;
 - NumBytesReturned – параметр, равный количеству байтов, реально принятых по USB, который возвращается функцией SI_Read() и который при необходимости можно вывести на экран;
 - 0 – пятый параметр.
- Если требуется принять 64 байта информации по USB и записать эту информацию в строку с названием STR1, имеющую длину 64 байта, то следующая запись выполнит это действие: loop while SI_Read(Handler,STR1,64,NumBytesReturned,0). После успешного выполнения этой функции, как описано в приложении AN169.pdf, переменная NumBytesReturned будет равна количеству принятых байтов, т.е. 64, которые запишутся в строку STR1. Однако это не всегда так, и при успешном выполнении эта функция может вернуть количество байт, не равное 64, а принятые байты не будут соответствовать переданным из микроконтроллера. Дело в том, что приме-

нять функцию SI_Read() можно только удостоверившись в том, что эти 64 байта действительно поступили и готовы для чтения. Иначе можно получить непредсказуемый результат. Для проверки, что эти 64 байта действительно поступили из USB и записались в строку STR1, служит другая функция, описание которой приведено ниже;

- 5) функция проверки очереди приёмника SI_CheckRXQueue(Handler,NumBytesInQueue,QueueStatus). При успешном выполнении значение этой функции также нулевое, а параметров у неё три:
 - Handler – параметр, который необходимо задать;
 - NumBytesInQueue – параметр, равный количеству реально полученных по USB байтов;
 - QueueStatus – параметр, который может принимать несколько значений, одно из которых, SI_RX_READY, означает, что принятые данные готовы для чтения.

При объёме ОЗУ микроконтроллера менее 4 Кб можно вообще не использовать переменную QueueStatus, а использовать переменную NumBytesInQueue, равную количеству реально пришедших по USB байтов:

```
loop until NumBytesInQueue=4096
loop while SI_CheckRXQueue(Handler,NumBytesInQueue,QueueStatus).
```

Таким образом, чтобы передать в микроконтроллер по USB массив (строку) объёмом в 4 Кб и принять из МК по USB массив такого же объёма (и записать его в строку с именем, предположим, S11), требуется выполнить следующие три действия в виде трёх записей, разделённых между собой строками комментария (пунктир):

```
!-----
loop while
SI_Write(Handler,S1,4096,NumBytesWritten,0).
!-----
loop until NumBytesInQueue=4096
loop while SI_CheckRXQueue(Handler,NumBytesInQueue,QueueStatus).
!-----
loop while
SI_Read(Handler,S11,4096,NumBytesReturned,0).
!-----
```

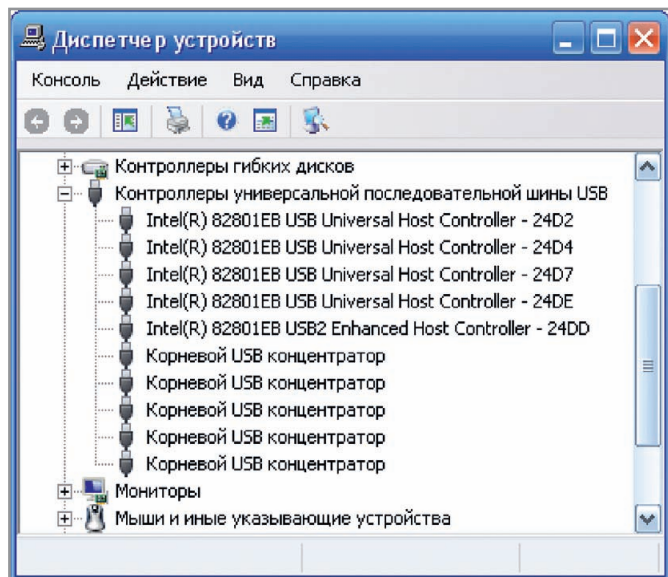


Рис. 25. Окно диспетчера устройств перед подключением устройства к компьютеру

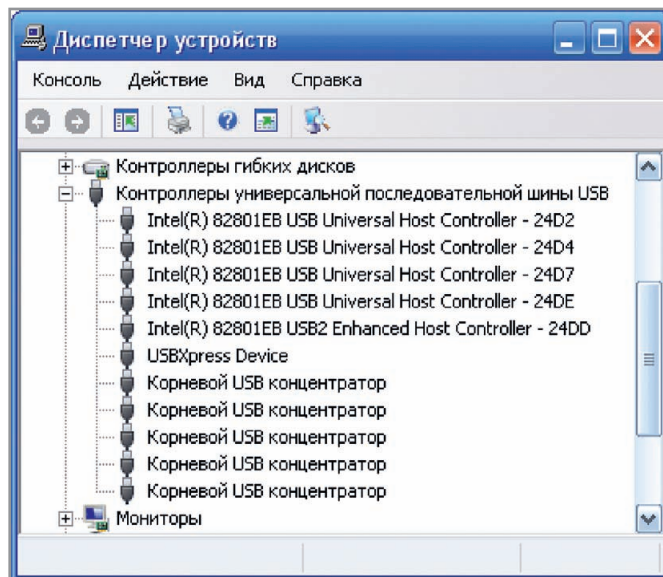


Рис. 26. Окно диспетчера устройств после подключения устройства к компьютеру

Эти три операции являются ядром программы, полный текст которой представлен на сайте журнала. Остальной код относится к определению значений необходимых переменных и прототипов функций, открытию окна, отображающего результат работы программы, распечатки значений переменных в этом окне и т.п. Приведённые прототипы можно переписать в Delphi, если используется базовый язык Паскаль. Если же программировать на языке Си, то следует использовать «родные» прототипы, приведённые в программе FileTransfer для компьютера;

б) следует использовать ещё одну функцию USBXpress, которая очищает буферы приёма и передачи массивов данных. Для её применения необходима запись loop while SI_FlushBuffers (Handler,0,0). Эту операцию следует применить после открытия USB, иначе программа работать не будет.

Существует функция получения описания устройства USB SI_GetProduct-String(NumDevices,DevString,Options), которая не является обязательной, но заслуживает внимания. У функции три параметра:

- NumDevices – этот параметр должен быть всегда равен нулю (NumDevices=0);
- DevString – этот параметр является названием строки, в которую записывается возвращаемое функцией SI_GetProductString() описание устройства;

- Options – этот параметр должен быть задан. Если options SI_Return_Serial_Number, то строка DevString примет значение '4321', что означает устройство на базе микроконтроллера C8051F320/321.

Если параметр Options задать равным SI_Return_Description:

```
NumDevices=0
loop while
SI_GetProductString(NumDevices , DevString, SI_Return_Description) ,
```

то строка DevString примет значение 'USBXpress Device'. Это – описание устройства, которое отражается в панели управления и появляется после подключения устройства с микроконтроллером C8051F321 к компьютеру.

Если до подключения устройства к компьютеру зайти по адресу Пуск/Настройка/Панель управления/Система/Оборудование/Диспетчер устройств/ Контроллер универсальной последовательной шины USB/, то на экран выведется окно, показанное на рисунке 25. После подключения устройства к компьютеру картинка изменится и будет иметь вид, показанный на рисунке 26. Заметим, что в окне появилось устройство 'USBXpress Device'. Строку DevString можно для контроля вывести на экран, хотя делать это не обязательно (так же, как и использовать функцию SI_GetProductString()).

Как видно из представленных выше функций, программирование обмена по USB со стороны компьютера (при использовании библиотеки USBX-

press) не требует знаний спецификации USB. Программирование обмена по USB со стороны МК ещё проще, однако там тоже есть особенности. Но вначале о функциях, которые обязательны для использования.

- USB_Clock_Start(); – это функция без параметров, которая инициализирует внутренний генератор для работы по интерфейсу USB и которую необходимо использовать в самом начале программы;
- USB_Init(USB_VID,USB_PID,USB_MfrStr,USB_ProductStr,USB_SerialStr,USB_MaxPower,USB_PwAttributes,USB_bcdDevice); – это функция инициализации USB, параметры которой жёстко определены и которая является также обязательной для исполнения. Подробное описание всех параметров приведено в документе AN169.pdf;
- USB_Int_Enable(); – это функция без параметров, которая разрешает прерывания по различным событиям в интерфейсе USB и является обязательной для выполнения;
- Block_Read (BYTE *Buffer, NumBytes) – это функция с параметрами, предназначенная для чтения информации, поступившей по USB. Первый параметр Buffer – название массива, в который будут записываться поступившие байты; символ * означает, что это адрес массива. Второй параметр NumBytes – количество байт для считывания. Его максимальное значение равно 64, т.е. передача информации по USB в микроконтроллер осуществляется пакетами с максимальным объёмом в 64 байта каж-

дый. Таким образом, если определён массив, например, INARRAY[64] размером в 64 байта, то для того чтобы в этот массив записалась информация, поступившая по USB, требуется следующая запись: Block_Read((BYTE*)&INARRAY, 64);

- Block_Write (BYTE *Buffer, NumBytes) – это функция с параметрами, предназначенная для передачи информации из микроконтроллера в интерфейс USB. Первый параметр Buffer – название массива информации, предназначенной для передачи; символ * означает адрес массива. Второй параметр NumBytes – количество байтов, которые требуется передать. Его максимальное значение равно 4 Кб (4096 байтов), т.е. передача информации из МК по USB осуществляется пакетами с максимальным объёмом в 4096 байтов каждый.

Таким образом, если определён массив, например, INARRAY[1024] размером в 1024 байта, то для его передачи по USB требуется запись:

```
Block_Write((BYTE*)&INARRAY, 1024)
```

Символ '&' перед названием массива INARRAY означает, что обращение к массиву производится по адресу.

В отличие от программ для компьютера, приём и передача информации в микроконтроллере организованы с помощью прерываний, источники которых описаны в приложении AN169.pdf. Обязательными для использования, по мнению автора, являются только три:

- RX_Complete – это прерывание возникает, когда в буфер приёмника USB поступит информация и данные можно считать функцией Block_Write();
- TX_Complete – это прерывание возникает, когда данные, записанные с помощью функции Block_Write(), полностью переданы по USB в компьютер;
- Device_Close – это прерывание возникает, когда интерфейс USB закрывается со стороны компьютера функцией SI_Close(Handler), о которой рассказывалось выше.

На сайте журнала приведён фрагмент программы, которая предназначена для приёма микроконтроллером C8051F321 массива размером в 4 Кб, переданным компьютером, передачи и приёма этого массива по интерфейсу SPI в/из микроконтроллера C8051F067

и передачи массива обратно в компьютер. Этот фрагмент является основным в программе, полный текст которой также приведён на сайте журнала.

Фрагмент фактически состоит из двух подпрограмм. Первая подпрограмма State_Machine() определяет, что необходимо сделать с информацией в зависимости от состояния МК, а вторая подпрограмма USB_API_Test_ISR() обрабатывает прерывания, возникающие в интерфейсе USB.

Если рассмотреть подпрограмму обработки прерываний USB_API_TEST_ISR(), то можно заметить, что в ней используются три прерывания: TX_Complete, RX_Complete и Device_Close, два из которых (TX_Complete и RX_Complete) обрабатываются программой State_Machine(), а третье (Device_Close) этой программой не обрабатывается. Можно сделать вывод, что это прерывание не требуется (т.к. не определено, что требуется сделать, если оно возникает), и состояние M_State = ST_Wait_DEV вообще не рассматривать. Однако это приведёт к тому, что программа обмена по USB в компьютере запустится только один раз, а при повторном запуске «зависнет». В связи с этим непонятно, что происходит с микроконтроллером, когда M_State = ST_Wait_DEV, и как библиотека USBXpress использует это состояние.

Во фрагменте программы, приведённом выше, обмен по SPI описан между двумя строками, состоящими из звездочек (*), т.е. от закомментированного оператора // goto AAA; до метки //AAA;. Если убрать комментарии перед этим оператором (и перед тремя предыдущими) и меткой, то обмен по SPI будет пропущен и принятые из компьютера данные, минуя интерфейс SPI, будут сразу передаваться в компьютер. Этот режим работы USB удобно использовать при оценке скорости обмена по USB или при других обстоятельствах, когда обмен по SPI не требуется. В таком режиме, например, работает устройство, подключенное к компьютеру, как показано на рисунке 16а.

Особенности программ, связанных с интерфейсом SPI

В обмене по SPI в вышеприведённом фрагменте присутствует подпрограмма HSSPI(), текст которой приведён ниже.

```
void HSSPI (void) {
while(!MOSI); //только для режима
```

```
3-wire. В режиме 4-wire
while(MOSI); //синхронизация не
обязательна,
//но хуже не будет.
//-----
-----
SPIEN=1;
outspi(0x40);
}
```

Эта подпрограмма предназначена для синхронизации начала обмена по SPI ведомого микроконтроллера с ведущим в трёхпроводном режиме. Дело в том, что в трёхпроводном режиме момент начала обмена по SPI между ведомым МК и ведущим МК не определён, т.к. отсутствует определяющий сигнал NSS. В результате может сложиться ситуация, когда ведущий МК пытается ввести байт, посылаемый ведомым МК, но из-за того, что ведомому неизвестен момент начала чтения байта ведущим, посылка байта ведомым МК может начаться не с начала чтения байта ведущим МК, а, например, после четвёртого стробирующего импульса SCK. Это приведёт к тому, что, во-первых, ведущий МК прочтёт неверный результат и, во-вторых, ведомый МК, выведя 4 бита, будет ожидать ещё четыре импульса SCK, и, пока они не поступят, вывод остальных 4 бит будет приостановлен. При повторной попытке чтения байта ведущим МК, первые четыре импульса SCK, посылаемые ведущим МК, продолжат вывод остальных 4 бит ведомым МК, в результате чего ведущий МК опять получит неверный результат, и ситуация повторится. В результате либо обмен сорвётся, либо всё «зависнет». Чтобы такая ситуация не возникла, ведомый МК должен посылать байт именно в тот момент, когда ведущий МК начинает чтение этого байта. Но как ведомый МК может определить этот момент без сигнала NSS?

Предположим, для начала обмена информацией ведущий микроконтроллер должен получить подтверждение от ведомого МК, – какой-нибудь известный обоим микроконтроллерам байт. Если такой байт получен ведущим МК, то для него это будет означать, что ведомый МК готов передавать информацию. Пусть, для примера, значение такого байта будет равно 0x40 (символ '@').

Как известно, для ввода или вывода байта по SPI требуется записать информацию в регистр SPI0DAT. Если ве-

дущему микроконтроллеру требуется вывести байт, то записанный в SPIODAT байт выводится по линии MOSI. Если же ведущему МК требуется ввести байт, то в регистр SPIODAT записывается «не-нужный» нулевой байт (0x00), который также выводится по линии MOSI, а вот по линии MISO в ведущий МК вводится информационный байт, посылаемый ведомым МК. Таким образом, линия MOSI при вводе байта ведущим работает просто на холостой вывод байта, который ни ведущему, ни ведомому МК не нужен, да и сама линия MOSI в этот момент (в информационном смысле) не используется. Так почему бы не использовать эту линию для синхронизации вывода байта ведомым МК с вводом байта ведущим МК?

Пусть значение неинформативного байта, выводимого ведущим МК по линии MOSI, равно 0x0F. Тогда на линии MOSI при нескольких попытках ввода байта ведущим МК сигнал будет иметь форму меандра (см. рис. 27). Анализируя состояние линии MOSI, ведомый МК может приурочить вывод своего байта 0x40, или символа '@', как раз к тому моменту, когда ведущий будет его читать. Этот момент происходит каждый раз, когда на линии MOSI будет очередной срез импульса (t_0 на рис. 27). Этот момент t_0 ведомый микроконтроллер может легко определить с помощью всего двух команд:

```
while(!MOSI);
while(MOSI);
```

Таким образом, независимо от того, в какой момент времени начнут выполняться две приведённые команды, их выполнение закончится строго в момент t_0 . Если теперь ведомый МК выведет символ '@', то ведущий МК правильно его считает. Чтобы вывести этот символ, в программе ведомого МК должны быть записаны следующие две команды:

```
SPIEN=1;
outspi(0x40);
```

Эти две команды, естественно, выполняются с некоторой задержкой t_3 (см. рис. 27), однако если это время истечёт до первого фронта импульса SCK, обмен произойдёт без ошибок. Если же время задержки превысит время от момента t_0 до фронта первого импульса SCK, то ведомый МК опять считает неверный результат. Время задержки

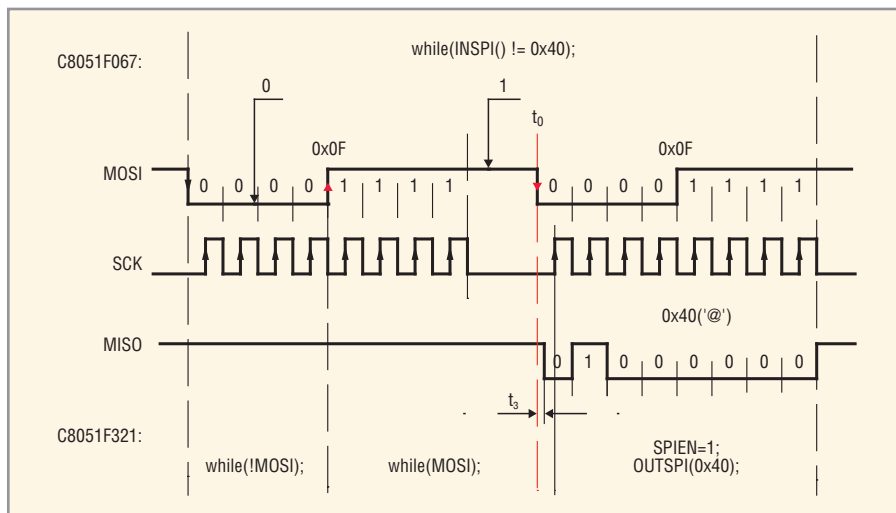


Рис. 27. Сигналы интерфейса SPI при синхронизации ведомого МК с ведущим МК

скорости обмена по SPI зависит от оперативности, с которой ведомый микроконтроллер выполнит вышеприведённые четыре команды. Это время также зависит от того, какую задержку вносят ИС цифровых изоляторов. Например, микросхемы ISO7220C и ADUM7441C, работающие на максимальных скоростях 25 Мбод, вносят задержку в 40..50 нс, а микросхема SI8663BC, работающая на скоростях до 150 Мбод, вносит задержку в несколько наносекунд. Естественно ожидать от неё работу по интерфейсу SPI с большей скоростью (в реальности так и произошло).

Отметим, что эти четыре команды составляют программу синхронизации, приведённую выше и названную HSSPI(). Символы HS – от первых букв Hand Shake, т.е. рукопожатие (ведомого и ведущего микроконтроллера).

Следует также упомянуть о необходимости «сдвинуть» сигналы SPI на один разряд вправо в матрице соединений для микроконтроллера C8051F321. На рисунке 28а показана матрица соединений, на которой сигналы SPI занимают выводы P0.0 – P0.3 (стандартный вариант), а на рисунке 28б – после того, как вывод P0.0 пропущен командой skip. В таком состоянии вывод P0.0 – вывод 2 микросхемы микроконтроллера C8051F321 (DD1, см. рис. 1) можно использовать для сигнала сброса микроконтроллера C8051F067 (RST067). Тогда печатные платы устройств 3-wireSPI и 4-wireSPI разводятся намного проще (пропуск сделан исключительно для удобства).

Если тщательно подойти к выбору портов матрицей соединений, то для каждого из устройств 3-wireSPI и 4-wireSPI можно найти решение, опти-

мальное с точки зрения разводки платы. Например, если выбрать матрицу соединений в соответствии с конфигурацией, показанной на рисунке 29, и для сигнала RST067 использовать порт P0.1, то плату 4-wireSPI_AD можно развести оптимально. Однако если для каждого из устройств выбрать свою конфигурацию матрицы соединений, потребуются отдельные программы.

В листингах 1 – 3 (см. дополнительные материалы на сайте журнала) приведены тексты всех трёх программ, представляющие собой программное обеспечение всех устройств, описанных в статье. Это программа для компьютера, написанная на языке Clarion v.6.0, со своим файл-проектом, программа для микроконтроллера C8051F321 со своим запускающим*.bat-файлом, предназначенным для её трансляции, и программа для микроконтроллера C8051F067 также со своим *.bat-файлом.

В связи с тем что в программах использованы примеры, взятые из программ FileTransfer [6], а для конфигурирования портов ввода/вывода и периферийных устройств микроконтроллеров – бесплатно поставляемая фирмой Silicon Labs программа Config2.exe (v. 2.5), комментарии от Silicon Labs в текстах программ сохранены в оригинальном виде.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Результаты работы программ показаны на рисунке 30 при различных режимах работы микроконтроллеров C8051F321 и C8051F067. На рисунке 30а приведён снимок экрана, когда микроконтроллер C8051F321 работает только с интерфейсом USB, а обмен по интерфейсу SPI пропущен. Можно за-

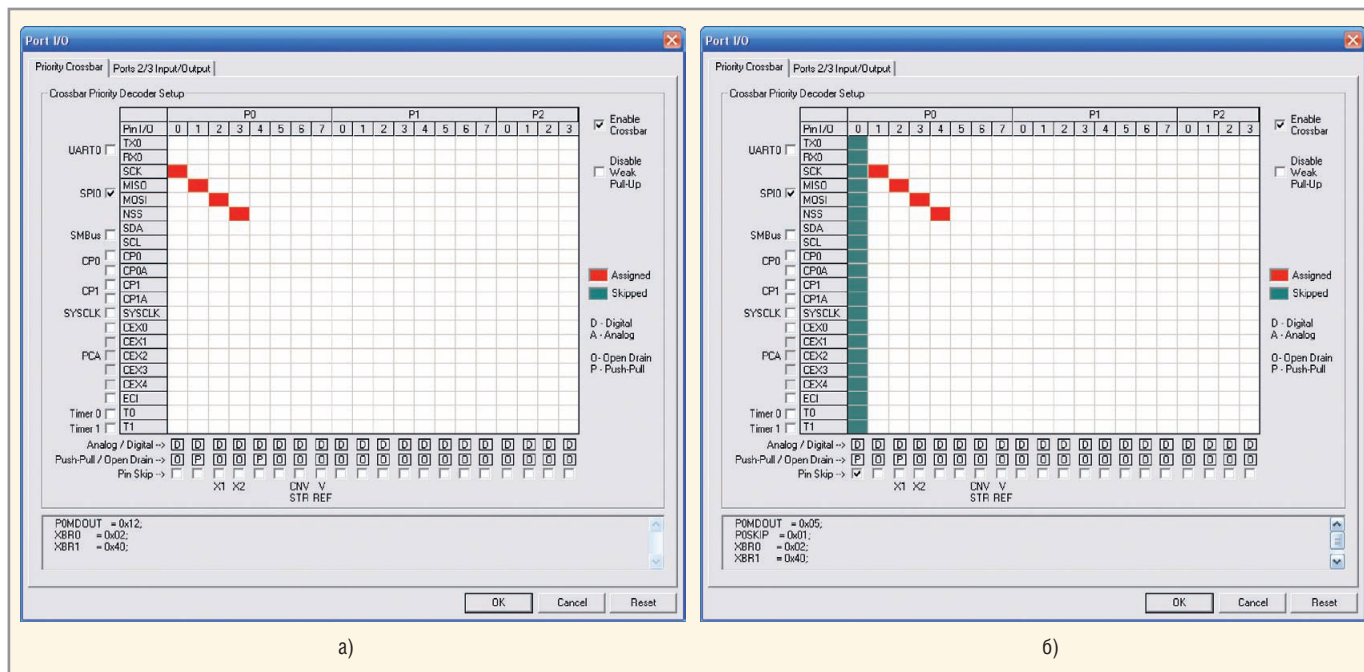


Рис. 28. Вид матрицы соединений до пропуска (skip) вывода P0.0 (а) и после него (б)

метить, что скорость обмена по USB составляет 5 Мбод. Теоретическое значение скорости можно вычислить по формуле:

$$V = ((8 \cdot 2 \cdot 4096,0 \cdot 100 \text{ [бит]}) / 1,29 \text{ [с]}) / 1000000,0 = 5,08 \text{ Мбод.} \quad (1)$$

На рисунке 30б показан снимок экрана, когда микроконтроллер C8051F321 работает по интерфейсу USB с компьютером

тером, а по интерфейсу SPI – с микроконтроллером C8051067 в четырёхпроводном режиме на скорости SPI в 4 Мбод (точнее, частота сигнала SCK, $F_{sck} = 4 \text{ МГц}$). Можно заметить, что общая скорость обмена (USB+SPI) составляет 2,7 Мбод. Скорость в этом режиме рассчитана по формуле (1), в которую добавлен ещё один множитель 2 из-за добавления передачи пакета по SPI из микроконтроллера

ра C8051F321 в микроконтроллер C8051F067 и обратно:

$$V = ((8 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 4096,0 \cdot 100 \text{ [бит]}) / 4,89 \text{ [с]}) / 1000000,0 = 2,68 \text{ Мбод.}$$

На самом деле средняя скорость обмена в этом режиме подсчитана неточно. Если исходить из того, что обмен только по USB идёт со скоростью 5 Мбод и занимает 1,29 с (см. рис. 30а), то обмен по SPI (рис. 30б) длится 4,89 – 1,29 = 3,6 с. Тогда можно подсчитать реальную скорость работы по SPI по формуле (1), подставив в неё время 3,6 с. Результат такого расчёта даёт скорость SPI в 1,8 Мбод. А средняя скорость обмена по USB + SPI будет равна $(5 \text{ Мбод} + 1,8 \text{ Мбод}) / 2 = 3,44 \text{ Мбод}$.

На рисунке 30в приведён снимок экрана, когда микроконтроллер C8051F321 работает по интерфейсу USB с компьютером, а по интерфейсу SPI – с микроконтроллером C8051067 в четырёхпроводном режиме при $F_{sck} = 3 \text{ МГц}$, т.е. на идеальной скорости SPI в 3 Мбод, которая, как было отмечено выше, отличается от реальной. Можно заметить, что общая скорость обмена (USB + SPI) составляет 2,4 Мбод. Реальная скорость SPI равна 1,57 Мбод, а средняя скорость обмена по USB + SPI составляет 3,29 Мбод.

Эксперименты со всеми четырьмя устройствами, проведённые автором, показали следующее.

Устройства 4-wireSPI_SI и DIP22 работают в 3- и 4-проводном режиме SPI при максимальной частоте $F_{sck} = 4 \text{ МГц}$,

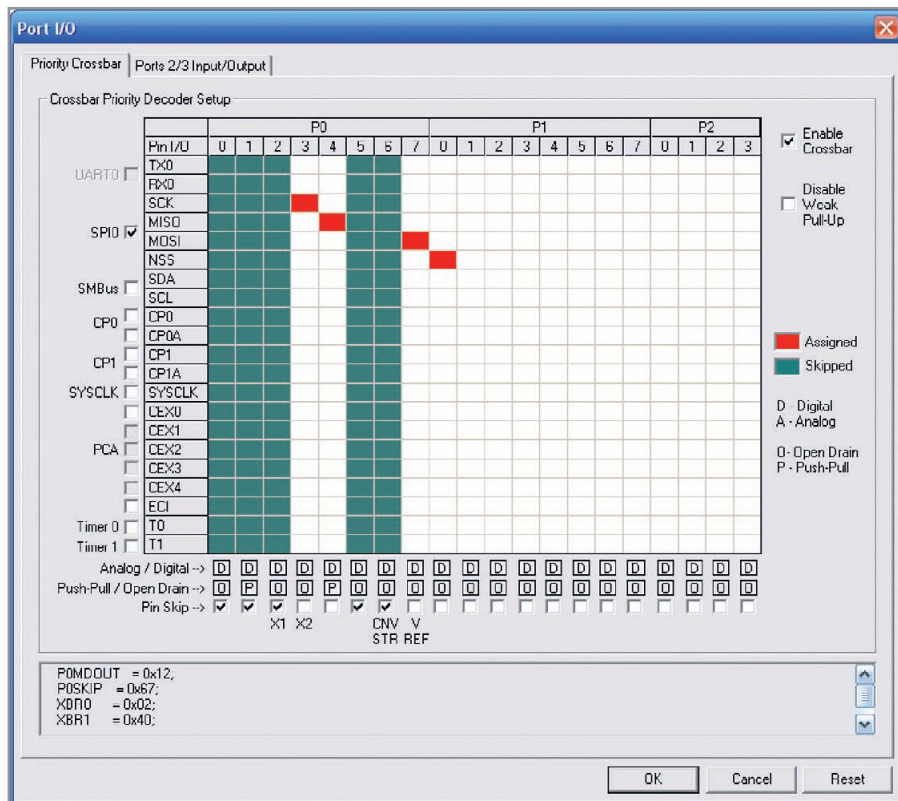


Рис. 29. Пример выбора матрицы соединений для оптимальной разводки платы устройства 4-wireSPI_AD

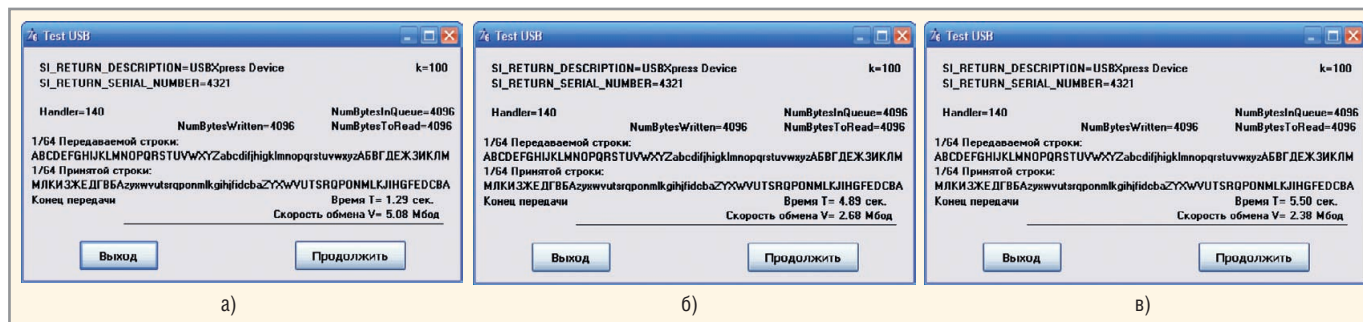


Рис. 30. Результаты работы программ обмена по USB

а) Только по USB, б) USB+SPI, скорость SPI 4 Мбод, в) USB+SPI, скорость SPI 3 Мбод

устройство 4-wireSPI_AD работает в 3- и 4-проводном режиме SPI при максимальной частоте $F_{sck} = 3$ МГц, а устройство 3-wireSPI работает в трёхпроводном режиме SPI при максимальной частоте $F_{sck} = 3$ МГц. Эти скоростные характеристики были получены при условии программной синхронизации ведомого микроконтроллера с ведущим в трёхпроводном режиме (см. рис. 27), когда ведущий МК работал от внешнего генератора на кварцевом резонаторе с частотой в 24 МГц. Если не использовать программную синхронизацию в трёхпроводном режиме, то частота импульсов SCK должна быть снижена до значения $F_{sck} = 1$ МГц для всех устройств (иначе обмен невозможен). Если при этом не использовать кварцевый резонатор и заставить работать ведущий МК от внутреннего генератора с частотой 24,5 МГц, то частоту F_{sck} необходимо снизить до 200...300 кГц. В противном случае либо обмен вообще невозможен, либо имеют место частые сбои (из пяти запусков два не срабатывают).

По результатам экспериментов можно сделать следующие выводы о надёжности и скорости обмена по интерфейсу SPI:

- программная синхронизация и кварцевый резонатор, подключенный к ведущему микроконтроллеру, значительно улучшают надёжность и увеличивают скорость обмена по интерфейсу SPI;
- устройство 4-wireSPI_SI работает с частотой $F_{sck} = 4$ МГц, максимально возможной для двух микроконтроллеров C8051F321 и C8051F067, если вообще не использовать гальванические развязки, т.е. соединять микроконтроллеры по SPI напрямую, как это сделано в устройстве DIP22. Такой результат – следствие высокой скорости работы гальванической развязки SI8663BC (до 150 Мбод) и малого времени

задержки прохождения сигнала (6...10 нс);

- гальванические развязки ISO7220C и ADUM7441C, имеющие максимальные скорости работы до 25 Мбод и время задержки до 40...50 нс, позволяют производить обмен по SPI только при максимальной частоте $F_{sck} = 3$ МГц. Это не означает, что данные микросхемы непригодны для использования. Во-первых, как было подсчитано выше, реальная скорость обмена по SPI при $F_{sck} = 3$ МГц составляет 1,57 Мбод против 1,8 Мбод при $F_{sck} = 4$ МГц. Во-вторых, существует микросхема более дорогая, ISO7220M, которая работает так же, как и SI8663BC, на скорости в 150 Мбод и имеет такое же время задержки (6...10 нс);
- максимально возможная скорость обмена по SPI, указанная в п. 2 (4 МГц), может быть увеличена в два раза, если вместо микроконтроллера C8051F321, работающего на максимальной тактовой частоте в 24 МГц, использовать микроконтроллеры C8051F342/3/A/B с удвоенной тактовой частотой 48 МГц. Однако, во-первых, эти микроконтроллеры в несколько раз (!) дороже микроконтроллеров C8051F321, а во-вторых, в миниатюрных корпусах QFN28 (т.е. с индексом GM) они недоступны.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Использование микроконтроллеров C8051F321 со встроенным интерфейсом USB совместно с цифровыми изоляторами ISO7220C, ADUM7441C и особенно SI8663BC(SI8463BC) позволяет конструировать на их основе уникальные по своей простоте, миниатюрности и дешевизне устройства – преобразователи интерфейса USB в интерфейс SPI с гальванической развязкой.

Удобство и простота программного обеспечения связи по интерфейсу USB,

поставляемого с микроконтроллерами C8051F321 (драйвер и библиотеки USBXpress), позволяют быстро программировать обмен информацией по USB без изучения спецификаций этого интерфейса, как со стороны компьютера, так и со стороны микроконтроллера.

Применение программной синхронизации, предложенной автором, при обмене информацией двух микроконтроллеров по интерфейсу SPI позволяет значительно повысить надёжность и скорость такого обмена, особенно в трёхпроводном режиме работы.

Устройства – преобразователи интерфейса USB в интерфейс SPI с гальванической изоляцией, описанные в статье, могут найти широкое применение в системах сбора и обработки информации, построенных на базе микроконтроллеров и компьютеров.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кузьминов А. Метод фоторепродуцирования для изготовления фотошаблона печатных плат в домашних условиях. Технологии в электронной промышленности. 2010. № 5–7.
2. Кузьминов А. Изготовление устройств на печатных платах с высоким разрешением в домашних условиях. Технологии в электронной промышленности. 2010. № 8–10.
3. Кузьминов А.Ю. Интерфейс RS-232. Связь между компьютером и микроконтроллером. От DOS к Windows 98/XP. ДМК-пресс, 2006.
4. www.microcompsys.narod.ru.
5. www.silabs.com, AN169.pdf, USBXpress® Programmer's Guide.
6. www.silabs.com, FileTransfer Example.
7. www.analog.com.
8. Кузьминов А. Применение ИС цифровых изоляторов ADUM7441 и ADUM3473 для гальванической развязки интерфейс RS-232. Современная электроника. 2011. № 9.

Охлаждение блоков обработки сигналов и информации

Алексей Карих (Москва)

В блоке элементы и детали размещаются с высокой плотностью в ограниченном объёме, что неизбежно влечёт за собой большое выделение тепла, и отвод тепла становится основной задачей при проектировании блока. В статье рассматриваются методы охлаждения конструкций блоков обработки информации и сигналов.

Тепловой режим аппаратуры определяется совокупностью температур отдельных её точек, так называемым температурным полем. Если температура в любой точке блока не выходит за допустимые пределы, то такой тепловой режим является нормальным. В зависимости от стабильности во времени, тепловой режим может быть стационарным (неизменным во времени) и нестационарным. Стационарный режим имеет место при одиночных и кратковременно повторяющихся тепловых нагрузках. Перенос тепла от нагретых элементов происходит за счёт теплопроводности, конвекции и теплового излучения. Учесть и рассчитать одновременно все виды теплообмена невозможно, и на практике расчёт проводится, как правило, для одного наиболее эффективного вида теплообмена, другие во внимание не принимаются.

Выбор конструкции (размеры, элементы охлаждения, конструктивные элементы) блока определяется выделяемым объёмом в общем конструктиве, в который этот блок входит, и количеством теплоты, которое необходимо отвести, а также элементами теплоотвода.

Охлаждение блока может осуществляться несколькими способами:

- благодаря теплопроводности;
- воздушным охлаждением;
- жидкостным охлаждением;
- полупроводниковыми холодильниками на основе элементов Пельтье.

Эффективность систем охлаждения характеризуется коэффициентом теплоотдачи, его значения для некоторых систем охлаждения приведены в таблице.

Так как тепловое излучение имеет небольшую величину и в процессе отвода тепла в блоке практически не участвует, этот вид охлаждения в данной статье рассматриваться не будет.

Теплопроводность – это перенос тепловой энергии структурными частицами вещества (молекулами, атомами, ионами) в процессе их теплового движения. Теплопроводность подчиняется закону Фурье, который утверждает, что количество тепла, проходящее через тело в единицу времени, прямо пропорционально площади поперечного сечения, потоку тепла и температурному градиенту вдоль потока.

При передаче тепла через плоскую стенку толщиной b количество тепла, передаваемого за единицу времени через участок стенки площадью S , равно:

$$Q = (\lambda/b)S(t_{ct1} - t_{ct2}) = S\Phi, \quad (1)$$

где: t_{ct1} , t_{ct2} – постоянные во времени температуры поверхностей стенок (t_{ct1} – блока, t_{ct2} – радиатора), °С; S – площадь, м²; λ – константа, характеризующая теплопроводность материала; Φ – тепловой поток, Вт.

Между контактирующими поверхностями существует тепловое сопротивление, равное:

$$R_c = b/(\lambda S) = R_T/S, \quad (2)$$

где R_T – контактное тепловое сопротивление, зависящее от сочетания материалов в тепловом контакте, удельной нагрузки и шероховатости поверхности контактной пары. Для удельной нагрузки 100 Н/см² и шероховатости $R_z = 20$ контактное тепловое сопротивление равно:

- для контакта сплав Д16–Д16: 0,25 см²/К Вт;
- для контакта сплав Д16–сталь: 1,2 см²/К Вт;
- для контакта металл–краска–металл: 20 см²/К Вт.

Тепловые сопротивления образуют последовательную цепь: сопротивление между элементами ячеек и клиновой группой, между клиновой группой и направляющей блока, между корпусом блока и радиатором (основанием), на котором он закреплён:

$$t_{ct1} - t_{ct2} = \sum_{i=1}^3 R_{ci} Q. \quad (3)$$

На основе приведённых уравнений составляется тепловая модель блока и вычисляется температура корпуса блока. После вычисления температуры корпуса блока выбирается тип конструктива и способ съёма тепла.

На рис. 1 представлен блок вычислительных средств мощностью 50 Вт. Охлаждение естественное, с помощью теплопроводности и конвекции. Съём тепла осуществляется за счёт массивного основания, к которому прикреплён блок, и потока приточного воздуха, омывающего блок с четырёх сторон. Для лучшего съёма тепла теплопроводностью следует применить меры для исключения воздушных зазоров в местах тепловых контактов: уменьшить шероховатость, увеличить площадь контакта и давление соприкосновения.

Воздушное конвекционное охлаждение может быть естественным и принудительным, т.е. с использованием элементов обдува. Из всех видов охлаждения оно наиболее простое, легко реализуемое и высокоэффективное.

Эффективность основных систем охлаждения

Система охлаждения	Коэффициент теплоотдачи, Вт/(м ² °С)
Естественная, воздушная, излучением	2...10
Принудительная воздушная	10...150
Естественная жидкостная	200...600
Принудительная жидкостная	300...3000

Передача теплоты с помощью конвекции подчиняется закону Ньютона–Рихмана:

$$P_{\text{кв}} = \alpha S \Delta T, \quad (4)$$

где: $P_{\text{кв}}$ – мощность теплового потока, Вт; α – коэффициент теплоотдачи конвекцией от блока к окружающей среде; S – площадь поверхности теплоотдачи, ΔT – перегрев поверхности относительно окружающей среды.

Естественное воздушное охлаждение основано на разной плотности холодного и тёплого воздуха. Перемещаясь вверх, тёплый воздух замещает холодный, осуществляя теплообмен. Эффективность естественного охлаждения тем больше, чем больше разность температур между корпусом и окружающей средой и чем больше площадь поверхности корпуса и объём замещаемого воздуха. Также имеет значение плотность воздуха окружающей среды, при уменьшении которой отвод теплоты от поверхности блока уменьшается.

Количество теплоты, удаляемой от поверхности S естественной конвекцией:

$$Q = 4,187 \times 10^4 b_c S \Delta T, \quad (5)$$

где: S – площадь поверхности; ΔT – перегрев; b_c – коэффициент конвективной теплоотдачи, определяемый как:

$$b_c = 0,52 C_{\text{п}} (55 \Delta T / L)^{0,25}, \quad (6)$$

где: $C_{\text{п}}$ – постоянная, зависящая от ориентации поверхности, L – длина пути теплового потока. Для вертикальной плоскости $C_{\text{п}} = 0,56$; для верхней горизонтальной плоскости $C_{\text{п}} = 0,52$; для нижней горизонтальной плоскости $C_{\text{п}} = 0,26$.

Если рассматривать блок, то эффективность охлаждения зависит от места расположения блока в общем конструктиве. Необходимо обеспечить естественный приток воздуха со всех сторон блока. Расстояние от стенок блока до соседних устройств, входящих в конструктив, должно быть не менее 10 мм. Для увеличения площади поверхности применяют ребрение –

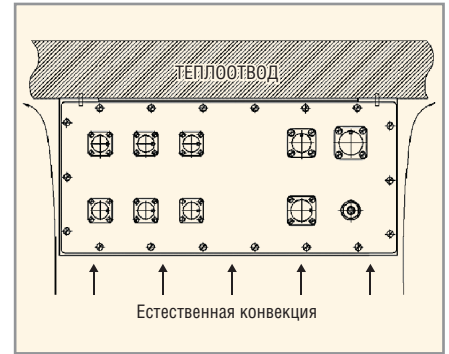


Рис. 1. Блок вычислительных средств

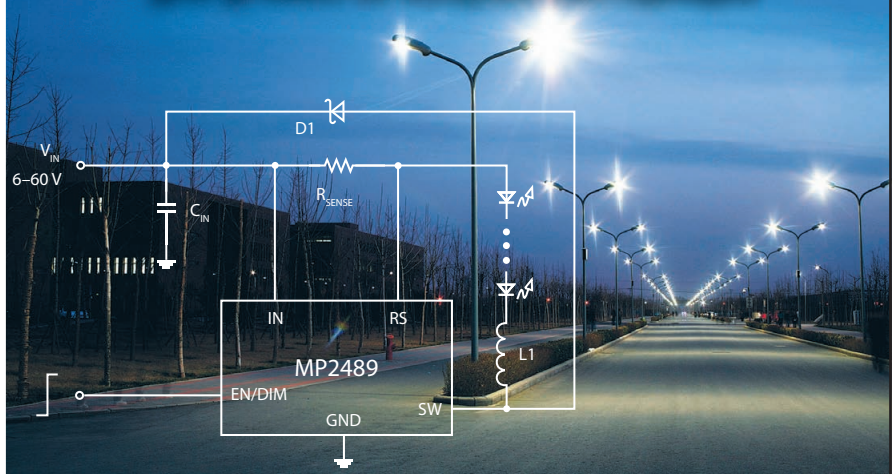
радиатор. При проектировании общего конструктива необходимо избегать образования «ловушек тепла», в которых отсутствуют конвективные потоки воздуха; ими являются полости и углы.

Метод теплового расчёта при конвекционном охлаждении достаточно подробно описан в [8], где при помощи графиков можно произвести расчёт. Для этого необходимо знать объём блока, рассеиваемую мощность, условия эксплуатации. На практике блок в нормальных климатических условиях при естественном охлаждении может создавать тепло-



- Высокая стабильность и повторяемость характеристик микросхем
- Защита от перегрузок по току, напряжению и температуре
- Рабочее напряжение до 80 В
- Высокая эффективность до 95%
- Температурный диапазон эксплуатации –40...+85°C
- Готовое изделие не требует регулировки

ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫЕ МИКРОСХЕМЫ КОМПАНИИ MPS ДЛЯ ДРАЙВЕРОВ МОЩНЫХ СВЕТОДИДОВ



Наименование	Входное напряжение, В	Ток, А	Частота преобразования, кГц	Тип преобразователя	Корпус
MP4688	4,5–80	3,2	2000	Понижающий	SOIC8E
MP3412	0,8–5	1,1	1200	Повышающий	TSOT23-6
MP2489	6–60	0,6	300–600	Понижающий	TSOT23-5 и QFN8
MP2488	4,5–55	2,0	200	Понижающий	QFN10 и SOIC8E
MP2483	4,5–55	2,5	250–1300	Понижающий / повышающий	QFN10
MP2481	4,5–36	1,2	1400	Понижающий / повышающий	MSOP8

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР КОМПАНИИ MPS В РОССИИ



АКТИВНЫЙ КОМПОНЕНТ ВАШЕГО БИЗНЕСА
Тел.: (495) 232-2522 • info@prochip.ru • www.prochip.ru

Реклама

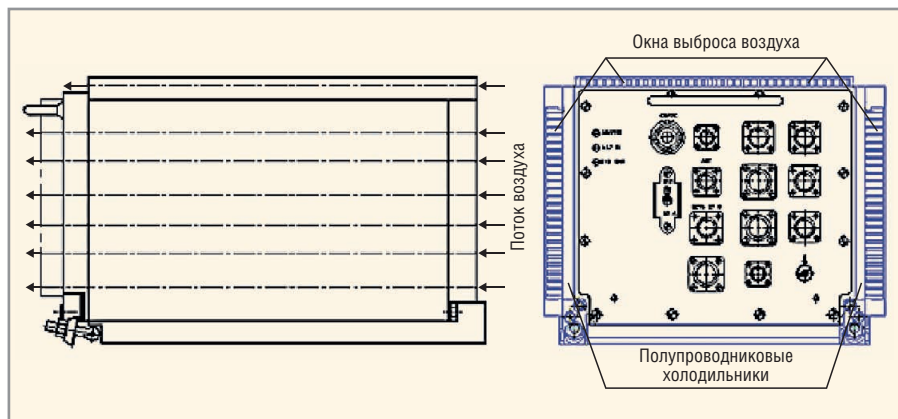


Рис. 2. Блок обработки сигналов

вой поток $0,25 \text{ Вт/м}^2$ от охлаждаемой поверхности при допустимом перегреве поверхности корпуса 30°C . Чтобы не увеличивать габариты блока, но повысить эффективность теплоотвода, применяют принудительную конвекцию.

При внешнем принудительном охлаждении движение потока воздуха осуществляется вентилятором. Вентилятор создаёт воздушный поток, который преодолевает сопротивление среды, проходит через рёбра блока и охлаждает их.

Тепловой расчёт для принудительного охлаждения менее точен, чем для других способов охлаждения, так как невозможно рассчитать скорость воздуха в каждой точке теплового потока. На практике пользуются эмпирическими данными, полученными для элементов правильной геометрической формы.

Количество тепла, отводимого при обдуве:

$$Q = CW\Delta T, \quad (7)$$

где: C – удельная теплоёмкость воздуха (при нормальных условиях $0,24 \text{ ккал/кг} \cdot ^\circ\text{C}$); W – количество воздуха, кг; ΔT – температура перегрева, $^\circ\text{C}$.

Мощность, рассеиваемая в блоке в виде тепла, принимается равной потребляемой электрической мощности. При полном переходе электрической энергии в тепловую справедливо соотношение $1 \text{ кВт} \cdot \text{ч} = 860 \text{ ккал}$.

Расход воздуха, необходимый для отвода заданной мощности, $\text{м}^3/\text{час}$:

$$V_p = 860kP/C_p\Delta T, \quad (8)$$

где: P – мощность, выделяемая в блоке, кВт; k – коэффициент, учитывающий утечку охлажденного воздуха через неплотности в конструкции подвода

воздуха (обычно $1,25$); ρ – плотность воздуха (при 0°C и нормальном атмосферном давлении $\rho = 1,293 \text{ кг/м}^3$). Для ориентировочного расчёта можно считать, что при перегреве $\Delta T = 10^\circ\text{C}$ для отвода 1 кВт тепла необходимо 400 м^3 воздуха в час.

В зависимости от полученного значения V_p выбирается тип вентилятора, а от конструкции зависит сопротивление воздушному потоку и статическое давление. Статическим давлением называется разница между давлением воздушного потока, формируемого вентилятором, и атмосферным давлением; оно измеряется в мм водяного столба и зависит от производительности вентилятора.

Сегодня серийно производятся вентиляторы самой разной производительности и разных габаритов. Следует помнить, что производительность указывается при нулевом статическом давлении, а реальная работа происходит при давлении, отличном от нуля. Так как поток воздуха от вентилятора встречает на своём пути препятствия (углы, стенки и т.д.), возникает сопротивление движению воздуха, уменьшается воздушный поток и растёт статическое давление. Поэтому необходимо заложить запас по производительности на $20...30\%$ больше расчётного.

Статическое давление, создаваемое воздушным потоком, уровень шума и потребляемая электрическая мощность вентилятора зависят от таких характеристик, как скорость вращения и диаметр вентилятора. При увеличении производительности вентилятора на 10% за счёт увеличения скорости его вращения статическое давление увеличивается на 20% .

Если нельзя подобрать вентилятор по производительности и заданному статическому давлению или его габариты

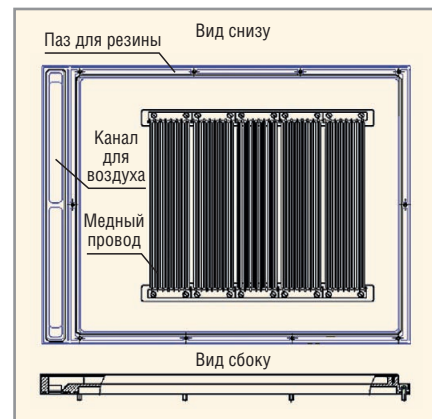


Рис. 3. Верхняя крышка блока

риты оказываются слишком большими, применяют каскадирование. Параллельная работа двух вентиляторов позволяет получить удвоенный воздушный поток при неизменном статическом давлении, а последовательная установка позволяет удвоить статическое давление при неизменном воздушном потоке.

Принудительное охлаждение достигается или откачкой нагретого воздуха из корпуса вентилятором на выпускной стороне, или нагнетанием холодного воздуха вентилятором на входной стороне. Наиболее эффективно применить нагнетающий вентилятор, который образует направленный воздушный поток, обдувая внешние стенки блока.

Чтобы избежать попадания в рёбра и пазы пыли, охлаждающий воздух фильтруют. Материалом фильтров является резиновая крошка, минеральная вата, стекловолокно, фильтрованная ткань или капрон. К фильтрам должен обеспечиваться лёгкий доступ для периодической их замены и чистки.

На рис. 2 представлен блок обработки сигналов мощностью 100 Вт . Блок закрытый, пылебрызгозащищённый, внутри замещения теплого воздуха холодным не происходит, внутренняя конвекция отсутствует. Охлаждение за счёт естественного охлаждения не существенно. Основное охлаждение блока – внешнее принудительное воздушное охлаждение вентилятором производительностью $280 \text{ м}^3/\text{ч}$ и при помощи термоэлектрического холодильника. Тепло от нагретых составных элементов (ячеек) передаётся при помощи клиновой группы на корпус блока за счёт теплопроводности. Для увеличения площади съёма тепла ячеек в верхней крышке блока закреплён медный жгут (рис. 3), который прижимается к верхней планке ячеек (рис. 2).

Такой дополнительный способ съёма тепла увеличивает теплоотдачу на 5...8%.

Воздух, поступающий от системы обдува в приточные отверстия с правой и с левой сторон блока, нагревается и выбрасывается наружу. Подобный блок, только без полупроводниковых холодильников, был испытан на мощность 230 Вт. При том же воздушном потоке вентиляторов перегрев составлял 25°C.

В блоке обработки (рис. 4) кроме естественного охлаждения применена система внутреннего принудительного воздушного охлаждения двумя вентиляторами производительностью 100 м³/ч. Ячейки располагаются вертикально, чтобы воздушному потоку ничего не препятствовало и теплые слои воздуха заменялись холодными. Минимальное расстояние между ячейками должно быть 6...10 мм. Воздух в замкнутом объёме циркулирует с постоянной скоростью и при прохождении через рёбра отдаёт тепло стенкам блока. Экспериментально установлено, что при перегреве 15°C больше чем 90 Вт мощности снять с блока нельзя.

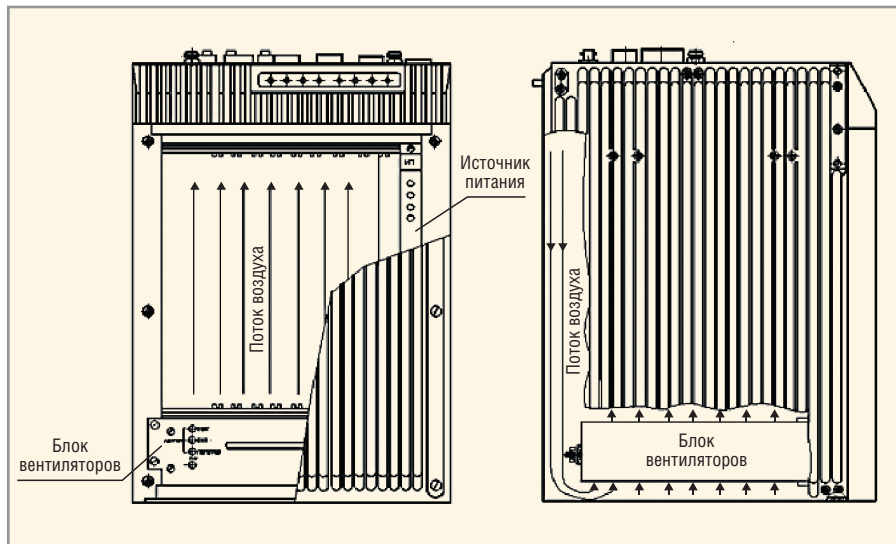


Рис. 4. Блок обработки и сопряжения

Жидкостное охлаждение может быть естественным и принудительным. Этот способ охлаждения самый эффективный. Незамерзающая жидкость (антифриз, тосол) прокачивается через радиаторы охлаждаемого блока, в которых она нагревается. После этого нагретая жидкость поступает в теплообменник, в котором обменивается теплом с окружающим пространством

и охлаждается. Для эффективного теплообмена с окружающим пространством, в теплообменниках, как правило, используются вентиляторы. Для циркуляции жидкости по контуру используется специальный насос – помпа.

Этот тип охлаждения применяют, когда другие виды охлаждения становятся малоэффективными и поверх-



Иновационный подход к проектированию электроники



ТороR версия 5.2
Топологический трассировщик печатных плат



SimOne
Моделирование электронных схем

Москва Тел.: +7 (495) 232-1864 • Факс: +7 (495) 232-1654

Санкт-Петербург Тел.: +7 (812) 448-0444 • Факс: +7 (812) 448-0339

info@eremex.ru
www.eremex.ru

Реклама

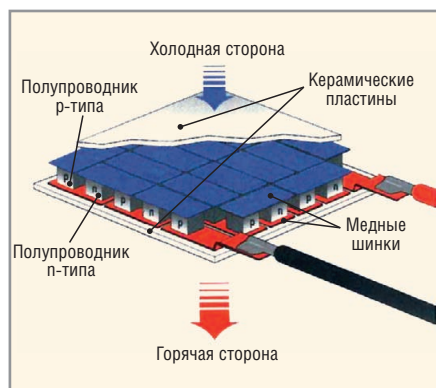


Рис. 5. Термоэлектрический элемент

ность блока нагревается до температуры свыше 100°C. Такая температура в блоках обработки бывает очень редко. Этот тип охлаждения сложен в построении, требует серьёзного обслуживания, применим для изделий узкого назначения и здесь рассматриваться не будет.

Полупроводниковые термоэлектрические модули Пельтье, применяемые в составе средств охлаждения электронных элементов и систем, становятся сейчас перспективными из-за уменьшающейся стоимости. Они применяются, когда использование других систем охлаждения по каким-либо причинам нецелесообразно. Они не имеют движущихся частей и характеризуются сравнительно высокой надёжностью (ресурс около 1 млн. ч), в отличие от традиционных холодильников. При прохождении постоянного электрического тока через контакт двух различных полупроводников возникает разность температур между его сторонами, вследствие чего одна пластина охлаждается, а другая нагревается (рис. 5).

Здесь надо учесть, что отводить придётся не только «перекачиваемое» тепло, но и добавляемое (примерно 50%) самим модулем. Если поддерживать температуру горячей стороны модуля на уровне температуры окружающей среды, то на холодной стороне можно получить температуру, которая будет на десятки градусов ниже.

Эффективность охлаждения модуля зависит от разности температур между холодной и горячей сторонами элемента ΔT и коэффициентом полезного действия:

$$K_{эфф} = (Q_{ис}/Q_{ип}) \times 100\%, \quad (9)$$

где: $Q_{ис}$ – выделяемая мощность, Вт; $Q_{ип}$ – мощность, подводимая источником питания, Вт.

Основной параметр модуля – холодопроизводительность. Это безразмерная величина больше единицы, характеризующая энергетическую эффективность работы холодильного модуля. Она равна отношению холодопроизводительности к количеству энергии (работе), затраченной в единицу времени на осуществление холодильного цикла:

$$\frac{Q_c}{n} = EIT_c - \frac{I^2 R}{2} - K(T_b - T_c), \quad (10)$$

где: n – количество модулей; R – электрическое сопротивление модуля, Ом; K – теплопроводность, Вт/м К; E – коэффициент Зеебека; I – электрический ток, А.

Модуль является обратимым, т.е. при смене полярности постоянного тока горячая и холодная пластины меняются местами. Степень охлаждения пропорциональна величине тока, проходящего через модуль, что позволяет при необходимости плавно регулировать температуру охлаждаемого объекта, причём с высокой точностью.

Накладываются определённые требования к источнику питания модуля. Пульсации постоянного тока не должны превышать 5%. При увеличении пульсаций ухудшаются параметры модуля. Постоянный ток может быть создан как источником тока, так и источником напряжения. Подаваемое на модуль напряжение должно выбираться исходя из максимального напряжения модуля U_{max} и выбранного режима работы – максимальной холодильной мощности или максимального холодильного коэффициента. Максимальный ток источника должен выбираться исходя из величины напряжения и сопротивления модуля. При понижении напряжения питания экономичность будет расти, холодильная мощность будет уменьшаться, но линейно, что очень удобно для организации плавного регулирования температуры.

Наиболее распространённые типы модулей – это стандартные однокаскадные модули максимальной мощностью до 65 Вт (12 В) и 172 Вт (24 В). Для увеличения эффективности своей работы они допускают каскадное использование, что позволяет довести температуру корпуса блока до отрицательных значений даже при

их значительной мощности рассеяния. Но низкие температуры, возникающие в процессе работы модулей, способствуют конденсации влаги из воздуха. Это представляет опасность для электронных компонентов, так как конденсат может вызвать короткое замыкание между элементами и коррозию блока. Для исключения данной опасности целесообразно использовать модули оптимальной мощности. Возникновение конденсации зависит от: температуры окружающей среды (в данном случае температура воздуха внутри блока), температуры охлаждаемого блока и влажности воздуха. Чем выше температура воздуха внутри блока и чем больше влажность, тем вероятнее произойдёт конденсация влаги.

Однако кроме очевидных преимуществ, модули обладают и рядом специфических свойств и характеристик, которые необходимо учитывать при их использовании в составе охлаждающих средств:

- модули отличаются относительно низким холодильным коэффициентом и коэффициентом полезного действия (КПД). Выполняя функции теплового насоса, они сами становятся мощными источниками тепла. Использование модулей в составе блока вызывает значительный рост температуры внутри конструктива, где установлен этот блок. Это означает, что потребуются дополнительные средства для снижения температуры, в частности, увеличение площади радиаторов и производительности вентиляторов, способных эффективно отводить избыточное тепло от охлаждающих модулей;
- модули требуют мощного источника питания постоянного тока;
- в случае выхода их из строя модули изолируют охлаждаемый блок от радиатора. Это приводит к очень быстрому нарушению теплового режима блока и скорому выходу из строя составных элементов (ячеек) от перегрева;
- большая масса по отношению к единице мощности, составляющая 15...90 г/Вт. Для примера: жидкостная система имеет 9...11 г/Вт;
- низкая механическая прочность.

Таким образом, применение полупроводниковых модулей должно быть оправдано как с технической, так и с экономической точки зрения.

Модули применяют в блоках, где ограничен объём, а мощность рассеивания более 100...150 Вт и затруднено воздушное и кондуктивное охлаждение.

Электрические процессы, происходящие в модулях, характеризуются тесной связью тепловых и электрических явлений, наличием множества нелинейных параметров, влияющих на работу блока. Поэтому в начале разработки системы охлаждения на модулях целесообразно уделить основное внимание требованиям к показателям модуля: термоэлектрическим характеристикам, холодопроизводительности. После выбора типа модулей необходимо провести поверочный расчёт. Целью расчёта является нахождение окончательных показателей системы охлаждения, а также выяснение влияния элементов конструкции модуля на характеристики блока. Такая последовательность проектирования является общей, и она нашла своё отражение как в литературе [1, 2], так и в структурах программ, реализующих методы расчёта модулей.

Блок, представленный на рис. 2, как описывалось ранее, имеет дополнительное охлаждение внутренних стенок, которое осуществляется за счёт встроенных в рёбра полупроводниковых холодильников. Модули питаются напряжением 27 В и потребляют 250 Вт. Экспериментально проверено, что такой холодильник снимает 10...15°C.

В результате можно сделать следующие выводы: если мощность блока до 60 Вт, то можно использовать естественное охлаждение (теплопроводностью или конвекцией), свыше 60 Вт – можно использовать систему принудительного воздушного охлаждения. Эти условия верны, если блок эксплуатируется в нормальных климатических условиях и перегрев не меньше 15°C. Если внешняя рабочая температура свыше 40°C и перегрев менее 10°C, то от естественного охлаждения переходят к принудительному воздушному охлаждению, причём могут возникнуть дополнительные требования к скорости и температуре подаваемого воздушного потока.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Анатычук Л.И.* Термоэлементы и термоэлектрические устройства. Справочник. К: Наукова думка, 1979.
2. *Варламова Р.Г.* Справочник конструктора РЭА. М: Советское радио, 1980.
3. *Вихарев Л.* Вентиляторы для радиоэлектронной аппаратуры. Современная электроника. 2006. № 5.
4. *Гончаров А., Негреба О.* Рекомендации по выбору теплового режима модулей питания. Компоненты и технологии. 2007. № 8.
5. *Дульнев Г.Н.* Тепло- и массообмен в радиоэлектронной аппаратуре. М: Высшая школа, 1984.
6. *Ненашев А.П.* Конструирование радиоэлектронных средств. М: Высшая школа, 1990.
7. Патент на полезную модель № 79645. Электронный блок с кондуктивным отводом тепла.
8. *Преснухин Л.Н., Шахнов В.А.* Конструирование электронных вычислительных машин и систем. М: Высшая школа, 1986.
9. *Карих А.* Конструирование блоков обработки сигналов и информации. Современная электроника. 2012. №1. ©



RFHIC
www.rfhic.com

СВЧ ПРИЁМОПЕРЕДАЮЩИЕ УСТРОЙСТВА





Усилители для РЛС:

- Широкий частотный диапазон: от 135 МГц до 3,5 ГГц
- Высокий уровень мощности
- Высокая эффективность
- Использование GaN-технологии
- Соответствие стандарту RoHS



Усилители для систем связи и широкополосные усилители:

- Широкий частотный диапазон: от 800 МГц до 2,8 ГГц
- Высокий уровень мощности
- Высокая эффективность
- Использование GaN-технологии
- Соответствие стандарту RoHS

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР RFHIC В РОССИИ



ProSoft
COMPONENTS

Активный компонент вашего бизнеса

Тел.: (495) 232-25-22
E-mail: info@prochip.ru
Web: www.prochip.ru

Реклама

Согласование логопериодической антенны в широком диапазоне частот

Владислав Бондарев, Роман Каленов (Москва)

В статье описана процедура точного моделирования и оптимизации логопериодической антенны и согласующего устройства при помощи численного электродинамического метода. Отдельные элементы антенны – логопериодическая структура и согласующее устройство, описанные S-параметрами, – включены так, чтобы выполнить согласование антенны в широкой полосе частот. В расчёте использованы программы HFSS и FEKO.

ВВЕДЕНИЕ

Впервые о возможности создания частотно-независимых антенн упомянуто в статье Дюамеля и Избелла [1] от 1957 г., где описывается способ построения логопериодических антенн и связь метода с «принципом углов», впервые изложенным в статье Рамсея [2]. В своей работе Кэррел [3] подробно описывает конструктивные особен-

ности логопериодической вибраторной антенны. В 1964 г. в Советском Союзе вышел сборник статей под редакцией Бененсона [4], в котором опубликованы переводы работ по исследованиям широкополосных логопериодических и спиральных структур. Имеются и публикации российских учёных по этой тематике [5, 6].

Конструирование частотно-независимых антенн основано на трёх прин-

ципах. Первый – «принцип углов» – заключается в том, что геометрия антенн в основном определяется углами α , β и ψ (см. рис. 1) [7], а не линейными размерами. Примеры таких антенн – бесконечный биконус и логарифмическая спираль. Антенны такого типа являются широкополосными, т.е. их характеристики не зависят от частоты в рабочем диапазоне. Однако из-за конечных размеров структур характеристики излучателей могут сильно меняться на крайних частотах диапазона.

Второй принцип конструирования использует то обстоятельство, что входное сопротивление плоской антенны, идентичной по своей конфигурации дополняющей её до сплошного экрана, не зависит от частоты. Другими словами, если форма антенны такова, что её металлические элементы совпадают по форме и размерам со своими щелевыми дополнениями, то её входной импеданс теоретически равен 60Ω во всём частотном диапазоне.

Третий принцип заключается в конструировании антенны таким образом, чтобы её электрические свойства периодически повторялись с из-

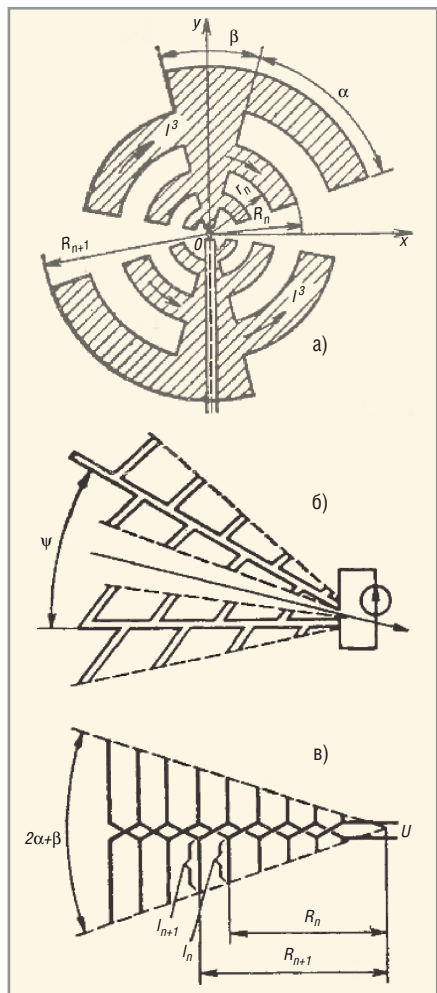


Рис. 1. Логопериодические антенны
а) Плоская, б) пространственная однонаправленная, в) плоская однонаправленная

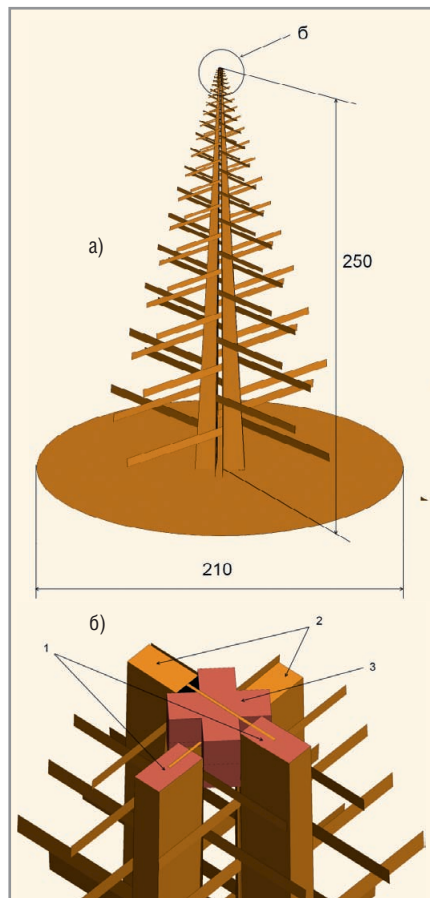


Рис. 2. Модель излучателя
а) Общий вид логопериодической антенны, б) верхний узел питания, где 1 – согласующие устройства (полосковые трансформаторы), 2 – симметрирующие устройства, 3 – диэлектрическая прокладка

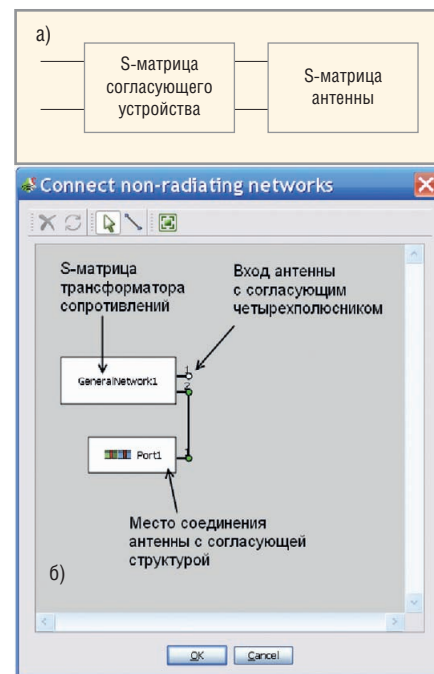


Рис. 3. Каскадное соединение четырёхполюсника и двухполюсника
а) Схематическая реализация; б) реализация каскадного соединения в FEKO

менением частоты (как логарифм последней) [3].

Цель работы, результаты которой приводятся в данной статье, – продемонстрировать возможность расширения рабочего диапазона частот антенны до теоретического предела, определяемого формулой Фано, на примере реальной логопериодической антенны.

ВИБРАТОРНАЯ ЛОГОПЕРИОДИЧЕСКАЯ АНТЕННА

Логопериодическая структура вибраторов (см. рис. 1б) представляет собой линейно поляризованную частотно-независимую антенну с небольшим коэффициентом усиления.

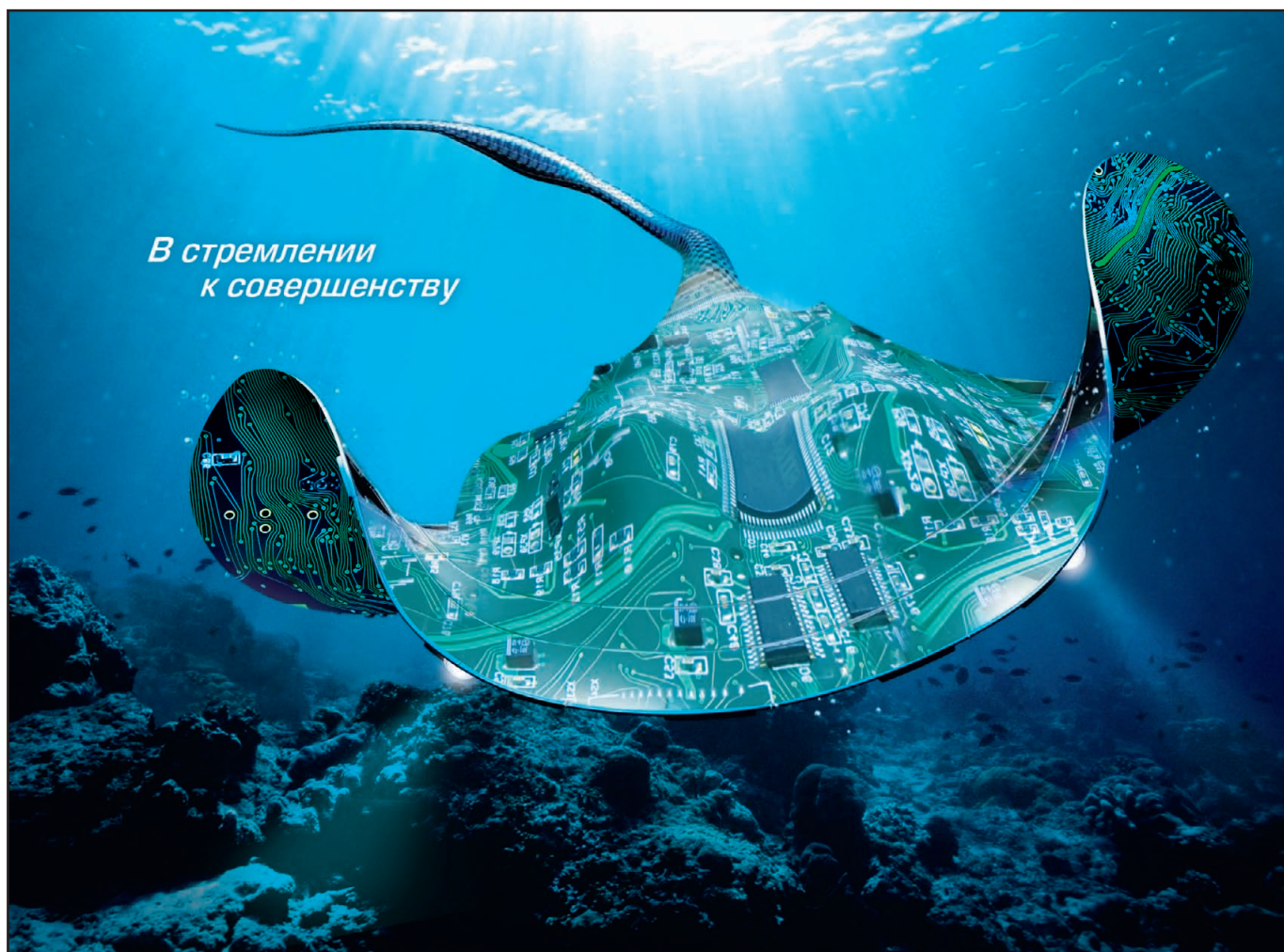
Ограничение рабочего диапазона со стороны низких частот обусловлено увеличением габаритов, а со стороны высоких частот – достижимой точностью изготовления конструкции. Длина вибраторов и расстояние между ними (см. рис. 1в) изменяются в геометрической прогрессии, показатель которой находится из соотношения:

$$\tau = \frac{R_{n+1}}{R_n} = \frac{l_{n+1}}{l_n} \quad (1)$$

На рисунке 2а представлена модель излучателя, к которому предъявляются следующие требования: способность работать по двум линейным ортогональным поляризациям в диапазоне от 1 до 16 ГГц, ширина диаграммы на-

правленности в меридиональной плоскости 110° по уровню –10 дБ, КСВ не более 1,6.

Каждая ветвь антенны выполнена из листа дюралюминия толщиной 0,5 мм, содержит 40 вибраторов, параметр $\tau = 0,8$. Питание организовано с помощью симметричной полосковой линии, которая также является трансформатором сопротивлений. Из узкого торца полосковой линии 1 (см. рис. 2б) выходит отрезок полосковой линии 2 и по диэлектрическому изолятору 3 перекидывается на противоположную ветвь с вибраторами. Материалом симметричной полосковой линии и «звездочки» был выбран Duroid 5880 (толщина материала 0,508 мм – стандартная панель).



Комплексные поставки электронных компонентов СПЕЦИАЛЬНОГО, ДВОЙНОГО И ОБЩЕГО НАЗНАЧЕНИЯ

Закрывтое Акционерное Общество «Фаворит – Электронная Компания»
Web: www.favorit-ec.ru ■ тел./ факс: +7(495)627-76-24

Представительство ЗАО «Фаворит – ЭК»
в Республике Беларусь, г. Минск
Тел.: +375 (17) 207-01-85
info@favorit-ec.ru

Представительство ЗАО «Фаворит – ЭК»
в Санкт-Петербурге: ООО «Невская Электронная Компания»
Тел.: +7 (812) 449-52-40
www.spbnek.ru • nek@spbnek.ru

Представительство ЗАО «Фаворит – ЭК»
в Нижнем Новгороде
Тел.: +7 (910) 886-80-60
alexandra@favorit-ec.ru

Реклама

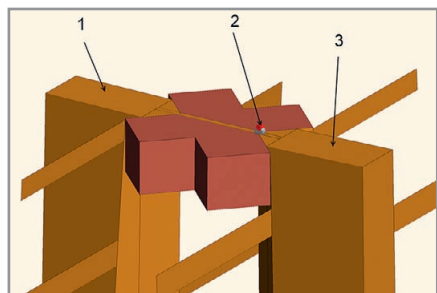


Рис. 4. Верхняя часть модели

1 – Симметрирующее устройство, 2 – порт 1 (вход антенны), 3 – согласующее устройство

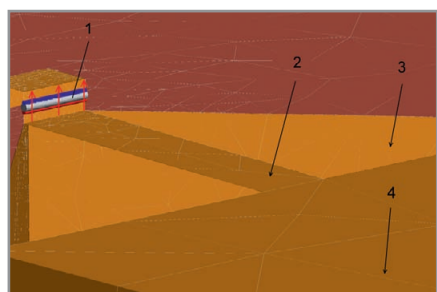


Рис. 5. Установка порта антенны

1 – Виртуальный порт антенны (красными стрелками показано направление течения тока на фаске порта), 2 – полосковая линия, 3 – несущая ветвь с вибраторами, 4 – модель корпуса согласующего устройства

Трансформаторная линия питания 1 полностью экранирована от излучающей структуры. Симметрирующим устройством является металлическая трапеция, которая повторяет токи, текущие по поверхности экрана полоскового трансформатора.

Электродинамический расчёт СВЧ-структур открывает широкие возможности улучшения характеристик традиционных и оригинальных структур. Высокочастотные узлы сложного ра-

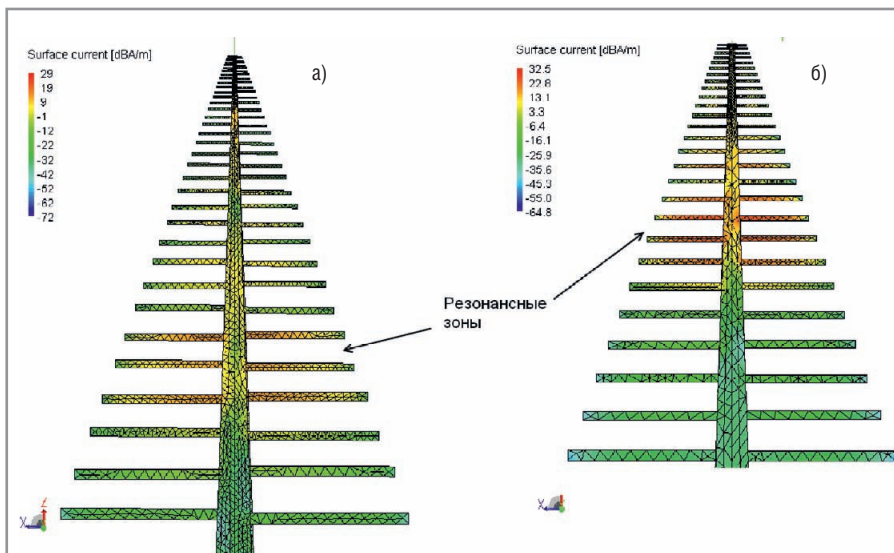


Рис. 6. Токи на поверхности логопериодической антенны

а) На частоте 2 ГГц, б) на частоте 5 ГГц

диотехнического устройства (РТУ) разрабатываются, как правило, по отдельности, и произвести полное моделирование системы часто не представляется возможным из-за ограниченных вычислительных ресурсов и времени. Реализованные в программной среде FEKO [8, 9] средства позволяют выполнить декомпозицию общей задачи проектирования антенных устройств и СВЧ-узлов, т.е. сначала рассчитать излучающую структуру электродинамическими методами и затем на схематическом уровне объединить это решение с S-матрицами согласующих устройств, рассчитанными отдельно (см. рис. 3). Расчёт S-матрицы каскадного соединения элементов достаточно прост и может быть реализован обычными программными средствами. Однако в нашем случае необхо-

димо учесть влияние конструктивных решений неизлучающей структуры на характеристики антенны, например, влияние металлического корпуса фидерной линии на диаграмму направленности антенны и её входное сопротивление. Это особенно важно, когда размеры неоднородностей соизмеримы с длиной волны. Результаты математического моделирования будут только тогда правильными, когда ближнее поле антенны не будет наводить в подводящей линии токи, не учитываемые в анализе.

Основным инструментом расчёта такой сложной структуры, как логопериодическая антенна, являются популярные программы электродинамического моделирования HFSS [10, 11] и FEKO. Безусловно, даже расчёт всей модели без питающей линии в программе FEKO может занять много времени из-за большого количества элементов сетки разбиения. Для сокращения сроков проектирования были введены следующие упрощения:

- расчёт проводился только для одной поляризации (не учитывалось взаимное влияние между ортогональными каналами);
- не рассматривалась конструкция перехода от трансформатора к полоску звездочки (см. рис. 4);

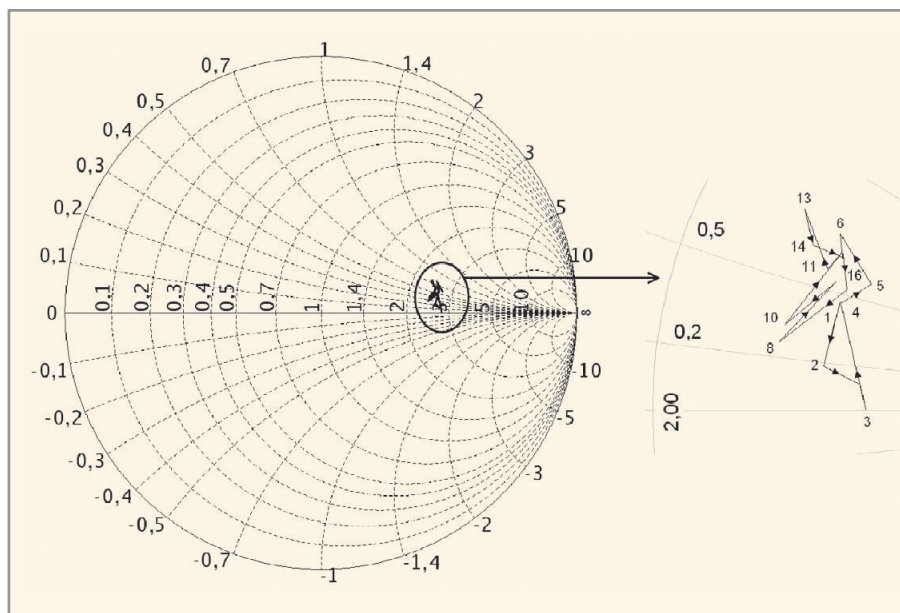


Рис. 7. Входное сопротивление антенны без согласующего устройства во всём диапазоне частот

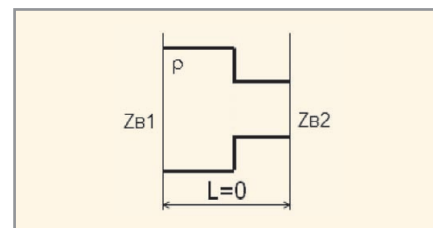


Рис. 8. Модель идеального трансформатора

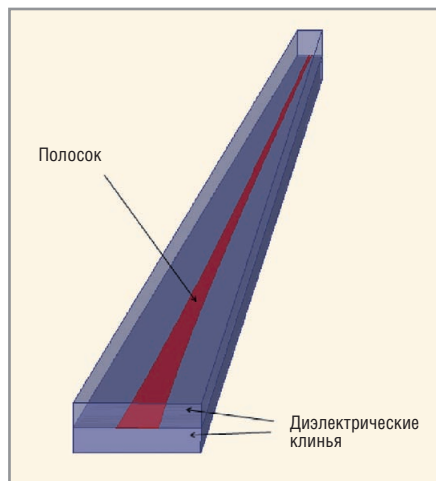


Рис. 9. Общий вид линии питания, выполняющей функцию согласующей структуры

- не учитывалась толщина металла ветвей вибраторов;
- трансформатор сопротивлений 3 представлен в виде металлической коробки, в которую включается S-матрица;
- на металлические части модели наложено граничное условие идеальной проводящей поверхности.

Порт 1 (см. рис. 5), порт на ребре – Edge port в FEKO, является виртуальным входом антенны. Использование данного порта удобно при моделировании микрополосковых, планарных фильтров, делителей мощности, циркуляторов, мостов и линий питания.

Установка сетки разбиения конструкции (Mesh) также может сократить время расчёта. Это важно, если РТУ имеет сверхширокую полосу частот и большой разброс электрических размеров конструкции. Логопериодическая антенна с плоскими вибраторами имеет набор резонансных зон, т.е. таких участков конструкции, где поверхностная плотность тока наибольшая. Зо-

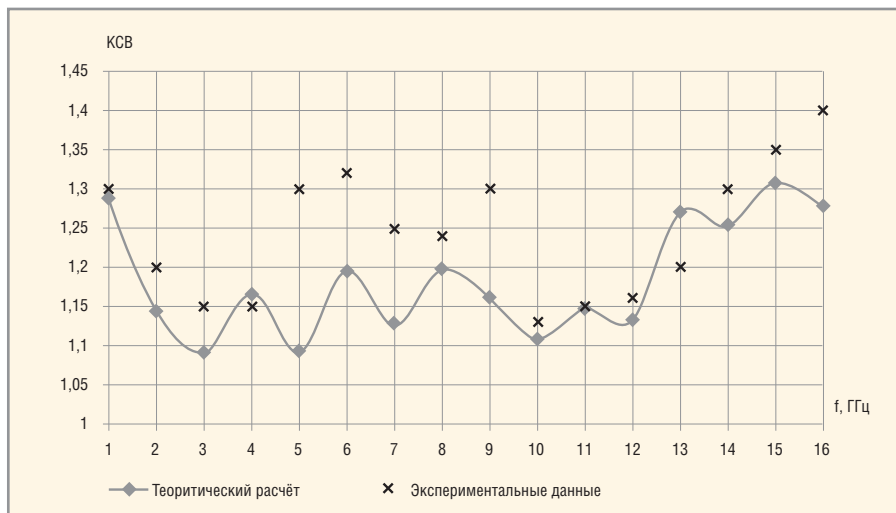


Рис. 10. КСВ на входе трансформаторной линии, подключенной к антенне

ны имеют длину около половины длины волны. Вибраторы, не участвующие в формировании зон, можно считать неактивными рефлекторами или директорами. На активных излучателях сетку разбиения желательнее делать более плотной, чем на пассивных (см. рис. 6). Программные средства FEKO позволяют выполнять тонкую настройку Mesh в проблемных, на взгляд инженера, местах конструкции. Для установки оптимального разбиения в критических местах геометрии, проект было решено разделить на три части. В каждой из частей применяется локальная сетка в соответствии с заданным участком частотного диапазона.

Разбиение данной конструкции содержит в нижнем диапазоне частот 9548 треугольников и не больше 12 000 элементов на верхних частотах. Расчёт 16 частотных точек занимает около 9 ч на персональном компьютере с ОЗУ объёмом 3,5 Гб и четырёхъядерным процессором (2,66 ГГц). Результаты расчёта приведены на рисунке 6.

Как было сказано выше, отличительной особенностью логопериодической антенны является небольшое изменение входного импеданса с изменением частоты. Как видно из рисунка 7, входное сопротивление антенны без учёта питающей линии колеблется в районе 140 Ом. Необходимо согласовать входное сопротивление антенны с 50-омным сопротивлением стандартного коаксиального кабеля с помощью трансформатора сопротивлений.

Математическая модель идеального трансформатора (см. рис. 8) описывается матрицей передачи:

$$A = \begin{pmatrix} \sqrt{Z_{22}/Z_{21}} & 0 \\ 0 & \sqrt{Z_{21}/Z_{22}} \end{pmatrix}. \quad (2)$$

В задаче согласования роль этого трансформатора играет линия питания, выполненная в виде симметричной полосковой линии, имеющей на одном конце волновое сопротивление

S-матрица полосковой линии

Частота, ГГц	IS11	Фаза IS11, град.	IS12	Фаза IS12, град.	IS21	Фаза IS21, град.	IS22	Фаза IS22, град.
1	0,44	-179,24	0,89	-3,96	0,89	-3,97	0,45	-8,51
2	0,43	158,90	0,90	-13,00	0,90	-13,00	0,43	-4,73
3	0,42	141,57	0,90	-20,95	0,90	-20,95	0,43	-3,31
4	0,42	124,78	0,89	-28,74	0,89	-28,74	0,43	-2,09
5	0,41	108,96	0,89	-36,33	0,89	-36,33	0,43	-1,46
6	0,40	93,66	0,89	-43,83	0,89	-43,83	0,42	-1,17
7	0,41	78,60	0,89	-51,28	0,89	-51,28	0,43	-1,02
8	0,40	62,80	0,88	-58,84	0,88	-58,84	0,42	-0,39
9	0,40	50,61	0,88	-65,84	0,88	-65,84	0,42	-2,12
10	0,39	31,98	0,88	-73,80	0,88	-73,81	0,41	0,39
11	0,39	15,69	0,88	-81,44	0,88	-81,44	0,41	1,42
12	0,39	3,69	0,87	-88,41	0,87	-88,41	0,42	-0,44
13	0,39	-11,92	0,87	-95,92	0,87	-95,92	0,42	0,04
14	0,39	-26,95	0,87	-103,33	0,87	-103,33	0,42	0,14
15	0,39	-43,79	0,87	-111,04	0,87	-111,04	0,43	1,50
16	0,40	-60,77	0,86	-118,79	0,86	-118,79	0,44	2,89
17	0,37	-75,28	0,87	-126,07	0,87	-126,07	0,41	2,72
18	0,40	-86,94	0,85	-133,03	0,85	-133,03	0,44	0,66

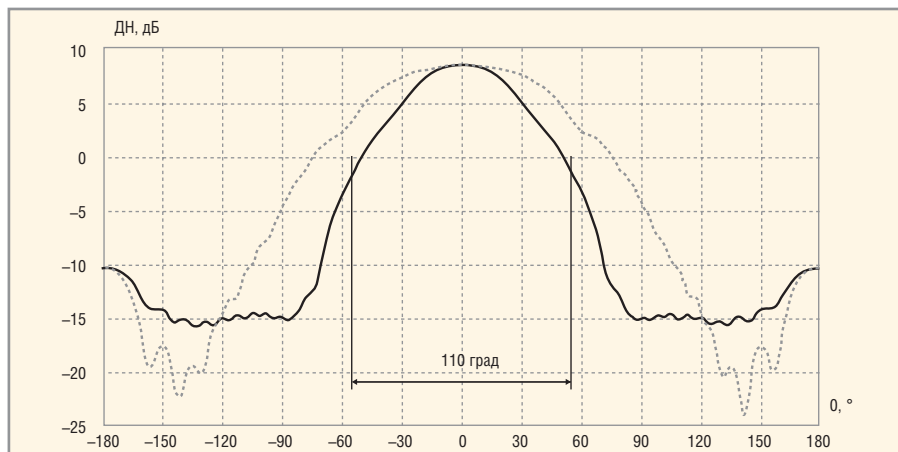


Рис. 11. Диаграмма направленности в Е-плоскости (сплошная кривая) и Н-плоскости (пунктирная кривая) на частоте 10 ГГц

в 50 Ом, а на другом конце – 140 Ом. Ожидаемый коэффициент отражения на входе (при 50-омной нагрузке на выходе) такого трансформатора при заданных параметрах составляет:

$$\rho = 20 \lg \left(\frac{Z_{B2} - Z_{B1}}{Z_{B2} + Z_{B1}} \right) \approx -6,5 \text{ дБ}. \quad (3)$$

Общий вид линии питания представлен на рисунке 9. Расчёт [12] и оптимизация полосковой линии с потерями проводились в программе электродинамического моделирования HFSS. В таблице приведена S-матрица полосковой линии.

Результаты моделирования логопериодической антенны с согласующим устройством представлены на рисунках 10 и 11. Из рисунка 10 видно, что КСВ логопериодической антенны в полосе частот от 1 до 16 ГГц не превышает 1,4. Широкополосные антенны не

обладают высокой направленностью, коэффициент усиления обычно не превышает 11 дБ. В нашем случае $K_y = 8 \text{ дБ}$ (см. рис. 11).

Данная антенна полностью удовлетворяет всем предъявляемым требованиям и может использоваться для решения задач электромагнитной совместимости в широкой полосе частот, а также в других экспериментальных исследованиях.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Широкополосные антенны, предназначенные для работы в широком диапазоне частот, имеют частотно-зависимые характеристики излучения и согласования, что затрудняет достижение наилучших характеристик. Исправить положение можно, подключив последовательно с антенной согласующее устройство – фильтр, который одновременно играет

роль линии питания. Поскольку расчёт и моделирование сложной антенны с согласующей структурой требует больших вычислительных затрат, целесообразно синтез согласующей структуры выполнить отдельно, а затем объединить решение частотно-зависимой антенны и S-параметры фильтра на платформе программы электродинамического проектирования FEKO.

ЛИТЕРАТУРА

1. DuHamel R.H., Isbell D.E. 1957 IRE Nat. Conv. Rec. Pt. 1. PP. 119–128.
2. Rumsey V.H. 1957 IRE Nat. Conv. Rec. Pt. 1. PP. 114–118.
3. Carrel R. 1961 IRE Internat. Conv. Rec. Pt. 1. PP. 65–75.
4. Бененсон Л.С. Сверхширокополосные антенны. Мир, 1964.
5. Яцкевич В.А. Логопериодические антенны. Вологда: Русь, 1994.
6. Петров Б.М., Костромитин Г.И., Горемыкин В.Е. Вибраторные логопериодические антенны. Горячая линия – Телеком, 2005.
7. Сазонов Д.М. Антенны и устройства СВЧ. Высшая школа, 1988.
8. Банков С.Е., Курушин А.А. Расчёт излучающих структур с помощью FEKO. НПП «Родник», 2008.
9. www.feko.inf.
10. Банков С.Е., Курушин А.А. HFSS Ansoft Электродинамическое моделирование сложных СВЧ-структур. Солон-Пресс, 2006.
11. www.ansoft.com.
12. Матей Г.Л., Янг Л., Джонс Е.М.Т. Фильтры СВЧ, согласующие цепи и цепи связи. Т. 1. Связь, 1971.



Новости мира News of the World Новости мира

Учёные создали солнечные батареи в виде краски

Возможность «красить» солнечными батареями технику и здания для получения бесплатной энергии обещают исследователи Университета Нотр-Дам (University of Notre Dame). На пути к получению недорогих источников энергии команда профессора Прашанта Камата (Prashant V. Kamat) по-



лучила новый светочувствительный материал, способный преобразовывать солнечный свет в электричество. Учёные разработали пастообразную водно-спиртовую смесь из наночастиц диоксида титана и сульфида кадмия.

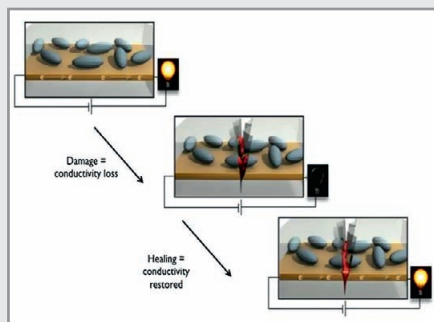
Эта паста, нанесённая кистью на прозрачную токопроводящую поверхность, демонстрирует эффект генерации электроэнергии за счёт солнечного света. Коэффициент преобразования энергии этой краски из полупроводниковых наночастиц пока не превышает 1%, что заметно меньше показателей традиционных кремниевых батарей (10...15%). Но Камат говорит, что этот недостаток нивелируется дешёвизной материала при промышленном производстве и возможностью наносить его на большие площади, невзирая на кривизну поверхности.

В настоящее время исследователи изучают возможность улучшить стабильность «солнечной краски».

<http://www.physorg.com/>

Самовосстанавливающиеся проводники поднимут уровень надёжности электроники

В число объектов и материалов, обладающих способностью самостоятельно восстанавливать свои свойства или структуру, таких как пластик или краска, недавно добавились проводники. В частности, инженерам удалось сделать так, чтобы контактные дорожки на печатных платах восстанавливались быстрее, чем можно было бы заметить разрыв. Два года назад команда инженеров из Иллинойского университета предложила внедрять в тело проводника



капсулы с углеродными нанотрубками, которые бы восстанавливали проводимость дорожки при разрыве. На сегодняшний день исследователи усовершенствовали технологию, заменив нанотрубки «жидким металлом» (сплав индия и галлия) и значительно уменьшив размер капсул. Верхний слой такого самовосстанавливающегося проводника содержит множество микроскопических (10 мкм в диаметре) капсул, содержащих ремонтный сплав в жидком состоянии. Разрыв дорожки вызывает разрушение капсул на этом участке и заполнение трещины проводящим материалом.

Авторы технологии утверждают, что при экспериментах им удавалось восстанавливать проводимость в 90% случаев намеренного повреждения дорожек даже при относительно небольшом количестве капсул в теле проводника.

По их мнению, технология в основном найдёт применение там, где обычный ремонт дорожек затруднён или невозможен. Кроме этого, есть немало видов техники, где нагрузки на электронику часто бывают запредельные, а выход из строя части схемы весьма критичен. В первую очередь это военные и аэрокосмические сферы деятельности.

<http://www.physorg.com/>

LG создала самый большой OLED-телевизор в мире

LG объявила о создании первой в мире 55-дюймовой OLED-панели для коммерческих телевизоров. Приступить к продажам таких устройств компания намерена во второй половине будущего года.

LG Display продемонстрировала панель на базе светоизлучающих диодов (OLED) с диагональю 55 дюймов, предназначенную для установки в телевизоры. В компании утверждают, что это самая большая OLED-панель на сегодняшний день. Широкой публике она была представлена в начале января на выставке потребительской электроники в Лас-Вегасе – Consumer Electronics Show. Тогда же она утратила свой титул, так как на этой выставке демонстри-

ровалась панель аналогичных размеров от Samsung, – пишет The Verge.

Особенностью панели является не только размер, но и новая технология производства. Вместо низкотемпературного поликристаллического кремния (Low Temperature Poly Silicon – LTPS), используемого в современном производстве OLED-панелей, технологи LG применили оксид кремния. По их словам, это позволило существенно снизить себестоимость производства.

Кроме того, чтобы в целом повысить качество изображения, создаваемого новой панелью, инженеры использовали технологию White OLED (WOLED). Она позволила обеспечить более равномерное отображение цветов под различными углами обзора и дополнительно снизить энергопотребление при выводе изображений с большими площадями белого цвета, например веб-страниц (при использовании функции Smart TV).

Есть у новой OLED-панели и ещё одно достоинство. Её толщина составляет всего 5 мм, что сопоставимо с диаметром карандаша. Столь малая толщина – особенность светодиодной технологии, так как она не требует наличия подсветки сзади, как в случае с ЖК-панелью. Наконец, коэффициент контрастности панели составляет 100 000 : 1.

В компании утверждают, что успешное создание демонстрируемой панели – это важный шаг на пути к коммерциализации технологии. В июле 2011 г. исполнительный директор LG Display Квон Янг-со (Kwon Young-soo) заявил, что во второй половине будущего года компания LG планирует приступить к серийному производству 55-дюймовых OLED-телевизоров.

Наблюдатели полагают, что примерно в это же время или даже раньше к продажам аналогичного устройства приступит Samsung Electronics. Дело в том, что летом будущего года пройдут Олимпийские игры, и это лучшее время для того, чтобы приступить к продажам новой технологии и снять сливки, – уверены эксперты.

Напомним, что предыдущий и пока что единственный опыт массовых продаж OLED-телевизоров не привел к успеху. В феврале прошлого года Sony объявила о том, что отказывается от продажи таких устройств на родном японском рынке из-за дороговизны и низкого спроса. Первый в мире OLED-телевизор, обладающий 11-дюймовым дисплеем, был выпущен корпорацией осенью 2007 г. по цене 200 тыс. иен



(около \$2,2 тыс.). Представители Sony неоднократно повторяли, что прибыльным не стал ни один из этих телевизоров.

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

Графен научили отводить тепло

Новая форма графена, созданная учёными из Техасского университета, может спасти ноутбуки и другую электронику от перегрева. Таким образом будет преодолено основное препятствие на пути создания более компактных и мощных электронных устройств.

Новая форма графена на 60% эффективнее проводит тепло, чем обычный графен, что позволит использовать его в качестве термоинтерфейса в различных электронных устройствах. Теплопроводящая форма графена состоит из сверхчистого 99,99-процентного углерода-12.

Графен (слой углерода толщиной в один атом) имеет большие перспективы в самых разных сферах науки и техники. Но результаты последних исследований демонстрируют, что и различные формы графена могут иметь не менее ценные качества.

Полученные американскими учёными результаты могут оказать существенное влияние на дальнейшее развитие полупроводниковой электроники. Так, кремниевые транзисторы, основная часть современной электроники, становятся всё меньше и быстрее, в то время как существующие технологии отвода тепла уже не справляются с перегревом сверхплотных чипов и ограничивают их производительность.

Обычный графен уже в ближайшее время будет использоваться в некоторых устройствах, например, в качестве теплоизоляционного материала для чипов, в прозрачных электродах для фотоэлектрических солнечных элементов или гибких дисплеев. Но через несколько лет использование графена будет более разнообразным, и новая форма графена с большой теплопроводностью станет отличным решением для графеновой электроники.

CNews.ru

Конвертация проектов FPGA семейства Spartan 3 в заказные СБИС

Пётр Бибило, Данила Городецкий, Дмитрий Новиков,
Артём Соловьев, Дмитрий Черемисинов (Минск, Белоруссия)

В статье описаны программные средства конвертации проектов цифровых систем, реализованных на микросхемах FPGA семейства Spartan 3, в VHDL-описания, пригодные для синтеза в библиотеках проектирования заказных СБИС.

ВВЕДЕНИЕ

Программируемые логические интегральные схемы (ПЛИС) типа FPGA фирмы Xilinx широко применяются в цифровой аппаратуре и позволяют быстро оценить сложность проекта, его быстродействие и получить экспериментальный образец действующей аппаратуры. Однако для специальных применений требуется использование только отечественной элементной базы. Перевод проекта, реализованного на FPGA, в описание, пригодное для реализации на отечественной элементной базе, включая разработку автоматизированной программы конвертации, представляет собой трудоёмкую и наукоёмкую задачу.

В предлагаемой статье рассмотрен процесс получения синтезируемого VHDL-описания проекта, реализованного на FPGA фирмы Xilinx семейства Spartan 3 [1] в системе проектирования WebPack ISE 13.1 [2]. В качестве базовой микросхемы для экспериментов была выбрана ИС FPGA xc3s1000-4ft256. Реализованный на FPGA проект может иметь смешанные исходные спецификации: некоторые блоки могут быть представлены на высокоуровневых языках VHDL и Verilog, другие – логическими схемами в графическом редакторе системы ISE либо графическими диаграммами в подсистеме StateCAD [3]. Кроме того, возможны «ручные» изменения проекта в топологическом редакторе (FPGA Editor) системы ISE.

Наличие всего проекта в виде VHDL-описания, пригодного для автоматического синтеза в целевых библиотеках отечественных заказных СБИС, позволяет провести реализацию проекта на заказной СБИС и упрощает перепроектирование за счёт «однородности» описания данных. Следует отметить, что FPGA семейства Spartan 3

имеют в своём составе макроэлементы ОЗУ и умножителей, однако процессы их конвертации (и перепроектирования) для реализации в составе заказных СБИС заслуживают отдельного рассмотрения. При конвертации блоки ОЗУ, используемые как ПЗУ, извлекаются вместе с записанными в них данными, однако далее такие ОЗУ (либо ПЗУ) выделяются из части проекта, реализованной на конфигурируемых логических блоках. С умножителями можно поступать аналогичным образом либо переходить к их синтезируемому алгоритмическому VHDL-описанию.

Основное внимание при конвертации проектов FPGA уделяется получению синтезируемого VHDL-описания той части проекта, которая является совокупностью взаимосвязанных конфигурируемых логических блоков.

АРХИТЕКТУРА FPGA СЕМЕЙСТВА SPARTAN 3

Основными блоками рассматриваемой микросхемы FPGA семейства Spartan 3 являются блоки ввода-вывода (Input-Output Block, IOB), конфигурируемые логические блоки (configurable logical block, CLB), блочная память (Block RAM, BRAM) и 18-разрядные умножители (Multiplier) [1].

Основной структурной единицей FPGA является блок CLB. Он состоит из двух секций «левой руки» (SliceM, где M – от слова Memory) и двух секций «правой руки» (SliceL, где L – от слова Logic), входы и выходы которых связаны с матрицей коммутации соединений (Switch Matrix), реализующей глобальные связи. На рисунке 1 изображены структурные схемы секций SliceL и SliceM. Для получения схемы секции SliceM штриховые линии следует заменить непрерывными. Если же на рисунке 1 удалить те элементы и соедине-

ния, которые изображены штриховыми линиями, получится структурная схема секции SliceL.

Секция SliceL является более простой [4] и состоит из двух LUT (Look-Up Table), двух программируемых элементов памяти (FFY, FFX), нескольких логических элементов И (AND), ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ (XOR) и мультиплексоров с одним управляющим входом (MUX2). Связи структурных элементов являются фиксированными, однако их можно задать с помощью т.н. программируемых соединений, что позволяет реализовать в одной секции SliceL разнообразные логические схемы, как комбинационные, так и схемы с памятью. Точки коммутации соединений (точки программирования) показаны на входах элементов треугольниками.

Программируемый элемент LUT является универсальным логическим элементом и может реализовать любую булеву функцию не более чем от четырёх переменных. Элементы памяти могут функционировать как FF (Flip-Flop – синхронизируемый фронт-триггер) либо как Latch (триггер с потенциальным управлением – защёлка). Таким образом, в секции SliceL можно реализовать схему с памятью – конечный автомат. В статье [5] рассматриваются функциональные модели триггеров, входящих в состав CLB семейства Spartan 3.

Секция SliceM (см. рис. 1) сложнее в части реализации LUT: программируемые элементы, кроме реализации логических функций, могут выполнять функции блока RAM либо функции сдвигового регистра. Один элемент LUT может выполнять функции 16-разрядного сдвигового регистра, два элемента могут быть соединены в один 32-разрядный сдвиговый регистр, три – в 48-разрядный, и т.д. С этой целью вводится вспомогательный элемент WSGEN, осуществляющий синхронизацию сдвигов, и другие вспомогательные элементы и соединения.

ПРОГРАММА КОНВЕРТАЦИИ

Исходными данными для программы конвертации являются представле-

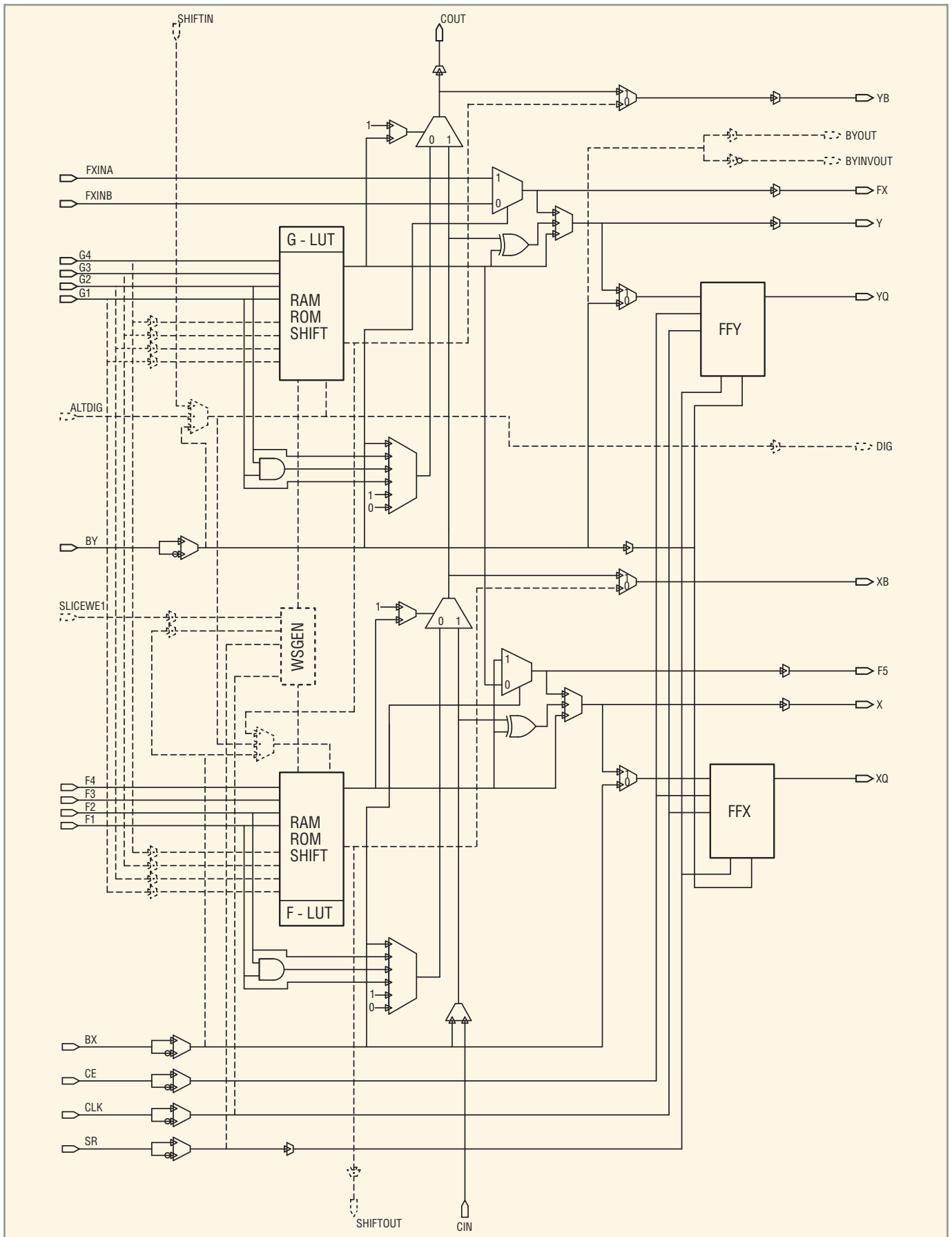


Рис. 1. Структурные схемы секций SliceM и SliceL

ния FPGA-проектов в формате .ncd (Native Description Language – формат представления проекта после размещения элементов FPGA и разводки со-

единений), результирующими данными – синтезируемые RTL-описания проектов на VHDL. Для получения VHDL-описания схемы в библиотеке

проектирования заказной СБИС используется синтезатор LeonardoSpectrum (фирма Mentor Graphics). Рисунок 2 иллюстрирует этап работы про-

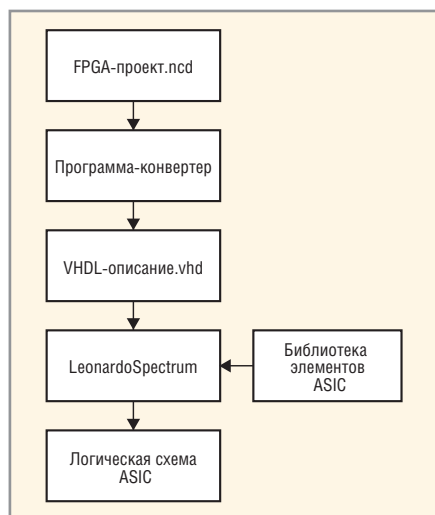


Рис. 2. Маршрут перепроектирования

граммы конвертации в процессе перепроектирования.

Представим общую характеристику проектов, которые могут быть конвертированы в синтезируемые VHDL-описания, и ограничения процесса синтеза проектов FPGA:

- головное описание FPGA-проекта должно быть написано на VHDL, входные и выходные порты должны быть заданы типами `std_logic` и `std_logic_vector`;
- при реализации на FPGA исходного проекта использование функциональных элементов в блоках ввода-вывода (*Xilinx Specific Options* → *Pack I/O Registers into IOBs*) должно быть запрещено (No);
- VHDL-модели макроэлементов DCM (Digital Clock Manager) и макроэлементов блочной памяти, входящих в проект FPGA и используемых в системных библиотеках ISE, остаются после конвертации без изменений, т.е. не преобразуются в VHDL-модели, пригодные для синтеза в целевой библиотеке пользователя;
- конвертированные VHDL-описания при моделировании имеют нулевые задержки, поскольку все функциональные модели структурных эле-

ментов CLB используют только нулевые задержки [4]. Поэтому функциональная эквивалентность реализованного на FPGA проекта и конвертированного VHDL-проекта обеспечивается по окончаниям временных интервалов соответствующих тактов моделирования.

Программа конвертации продолжает совершенствоваться с целью расширения её функциональных возможностей. Очередными задачами являются:

- обработка портов типа inout;
- обработка проектов FPGA, использующих ресурсы блоков ввода-вывода;
- расширение функций программы на другие семейства FPGA.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОГРАММЫ КОНВЕРТАЦИИ

Разработанная программа-конвертер прошла экспериментальную проверку на тридцати проектах FPGA. Исходными данными для реализации на микросхеме xc3s1000-4ft256 FPGA семейства Spartan 3 были алгоритмические VHDL-описания, в том числе и доступные по сети Интернет, логические схемы в графическом редакторе системы ISE либо описания в State-CAD, а также генерируемые IP-блоки системы ISE.

Проверка правильности работы программы конвертации осуществлялась путём сравнения результатов поведения исходных проектов и конвертированных VHDL-описаний. Исходные проекты моделировались как в системе ISE, так и отдельно в системе ModelSim [3]. Моделирование конвертированных описаний осуществлялось только в системе ModelSim без использования системных библиотек ISE. В качестве синтезатора логических схем заказных СБИС (ASIC) использовалась программа LeonardoSpectrum [3], к которой можно подключать различные целевые библиотеки пользователя, например, [3, с. 342], которая содержит

35 логических элементов. Для оценки сложности схемы СБИС использовались два параметра – число элементов схемы и их суммарная площадь. Значения этих параметров выдаёт программа LeonardoSpectrum после выполнения этапа синтеза.

Результаты синтеза восьми проектов приведены в таблице 1. Первые четыре проекта – это IP-блоки, получаемые в системе ISE с помощью программы Core Generator. Описание пятого проекта [6] доступно в сети Интернет. Шестой и седьмой проект являются отладочными. Восьмой проект представляет собой реализацию на распределённой логике (CLB) постоянного запоминающего устройства (ПЗУ), длина адресного слова которого равна девяти битам, а хранимого слова – 128 битам.

При повторной реализации восьмого конвертированного проекта на той же микросхеме FPGA сложность схемы возросла с 4275 до 6012 LUT (см. таблицу 1); это является свидетельством того, что ПЗУ лучше реализовать на блочной памяти, а не на распределённой логике. Для всех проектов было достигнуто одинаковое поведение (по окончаниям временных интервалов соответствующих тактов моделирования) исходного проекта и конвертированного. Кроме того, функциональная эквивалентность проектов 5 – 8 была подтверждена в системе FormalPro формальной верификации фирмы Mentor Graphics [7].

Для выбора оптимального маршрута перепроектирования был проведён эксперимент по реализации на заказной СБИС синтезируемых VHDL-описаний проектов 5 – 8 двумя способами:

- реализация исходных VHDL-описаний;
- реализация VHDL-описаний, полученных с помощью программы конвертации.

Результаты эксперимента представлены в таблице 2, где суммарная пло-

Таблица 1. Результаты синтеза проектов

№ проекта	Назначение проекта	Форма исходного задания	Число входо-выходов	Схема FPGA		Схема заказной СБИС	
				LUT	триггеров	число элементов	суммарная площадь элементов
1	Извлечение квадратного корня	IP-блок (ISE)	14	26	22	59	186
2	Умножитель	IP-блок (ISE)	41	114	174	661	2405
3	Вычисление синуса и косинуса (алгоритм CORDIC)	IP-блок (ISE)	49	1023	1018	3648	16266
4	Устройство деления	IP-блок (ISE)	66	97	220	291	872
5	VGA-контроллер	VHDL	67	192	76	551	2277
6	Устройство деления	VHDL	82	545	82	1440	7373
7	Два параллельных 12-разрядных умножителя и сумматора	VHDL	110	650	0	1507	7236
8	ПЗУ (9, 128)	VHDL	139	4275	128	12934	53790

Таблица 2. Результаты эксперимента

№ проекта	Назначение проекта	Форма исходного задания	Число входов-выходов	Схема заказной СБИС			
				синтез исходного проекта		синтез конвертированного проекта	
				число элементов	суммарная площадь элементов	число элементов	суммарная площадь элементов
5	VGA-контроллер	VHDL	67	523	2059	551	2277
6	Устройство деления	VHDL	82	1302	7245	1440	7373
7	Два 12-разрядных умножителя и сумматора	VHDL	110	1351	6746	1507	7236
8	ПЗУ (9, 128)	VHDL	139	13648	57974	12934	53790

щадь элементов схемы заказной СБИС измерена в условных единицах [3].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Если спецификации исходного проекта заданы на VHDL и в составе проекта имеются IP-блоки, то целесообразно с помощью программы конвертации отдельно получить синтезируемые VHDL-описания этих IP-блоков и провести синтез схемы заказной СБИС от исходных описаний с учётом иерархии проекта.

Если же для реализации на заказной СБИС взять конвертированное описание всего проекта в целом, то результаты синтеза могут быть хуже, поскольку в конвертированном проекте все составляющие его подсхемы распределяются по CLB и описание становится

не иерархическим. Однако может быть и иначе, о чём свидетельствует реализация конвертированного описания восьмого проекта.

Элементы целевой библиотеки заказной СБИС имеют свои временные задержки, отличные от задержек элементов FPGA, поэтому длительности тактов сигналов синхронизации для FPGA и для схемы заказной СБИС не будут совпадать. В значительной мере это обусловлено различием технологической базы FPGA и СБИС. Конвертация может обеспечивать функциональную эквивалентность проектов по тактам, но чтобы добиться полного совпадения временных задержек микросхемы FPGA и заказной СБИС, потребуется переход на другую элементную базу или другие проектные нормы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кузелин О.М., Книшнев Д.А., Зотов Ю.В. Современные семейства ПЛИС фирмы Xilinx: Справочное пособие. Горячая линия – Телеком, 2004.
2. Зотов Ю.В. Проектирование цифровых устройств на основе ПЛИС фирмы Xilinx в САПР WebPack ISE. Горячая линия – Телеком, 2003.
3. Библио П.Н. Системы проектирования интегральных схем на основе языка VHDL: StateCAD, ModelSim, LeonardoSpectrum. СОЛОН-Пресс, 2005.
4. <http://xilinx.com>.
5. Библио П.Н., Соловьев А.Л. Функциональные модели триггеров и их реализация в FPGA. Современная электроника. 2012. № 1.
6. <http://opencores.org>.
7. Лохов А. Обзор средств функциональной верификации компании Mentor Graphics. Современная электроника. 2005. № 5. ©

Новый взгляд на промышленные соединения

Соединители Han-Yellock® от компании HARTING



Pushing Performance



Составной корпус

Фиксирующий механизм внутри корпуса

Перемычки на контакты

Четкая фиксация

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР КОМПАНИИ HARTING В РОССИИ



АКТИВНЫЙ КОМПОНЕНТ ВАШЕГО БИЗНЕСА

Тел.: (495) 232-2522 • E-mail: info@prochip.ru • Web: www.prochip.ru

Реклама

Инструкции по разводке печатной платы для понижающих импульсных стабилизаторов, оптимизированных по уровню помех

Печатается с разрешения Analog Devices (www.analog.com)

Скотт Женг (США)

На примере топологии оценочной платы для ИС ADP1850 описаны общие правила разводки многослойных печатных плат импульсных стабилизаторов напряжения.

ВВЕДЕНИЕ

«Проблема помех!» – два слова, которые слышал каждый разработчик печатной платы, приступая к лабораторным испытаниям с целью выявления источника помех. И только позже выясняется, что помехи обусловлены неправильной разводкой печатной платы. Такие проблемы приводят к новой разводке, сдвигу графика и дополнительным расходам на разработку. Данная статья представляет инструкции по разводке печатной платы, позволяющие избежать этих действий.

Описание примера топологии импульсного стабилизатора, использующего двухканальный синхронный контроллер ADP1850, начинается с установления линий тока стабилизатора. Затем по линиям тока определяется расположение компонентов для проекта с низким уровнем помех.

ИНСТРУКЦИИ ПО РАЗВОДКЕ ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЫ

Определение линий тока

В конструкциях импульсных преобразователей линии больших и малых токов находятся в непосредственной близости. Цепи переменного тока (ac) передают выбросы и помехи, большой

постоянный ток (dc) порождает значительные падения напряжения, а слаботочные межсоединения склонны воспринимать помехи. Ключом к правильной разводке печатной платы является определение критических соединений с последующей расстановкой всех компонентов и выделением достаточной площади меди, чтобы избежать искажения малых токов большими. Признаки плохой работы стабилизатора проявляются как нестабильность земляного потенциала и помехи, вносимые в ИС и остальную систему.

Рисунок 1 показывает упрощённую схему синхронного понижающего стабилизатора с импульсным контроллером и внешними силовыми элементами: рвущим ключом, коротящим ключом, дросселем, входным конденсатором, выходным конденсатором и блокировочным конденсатором. Стрелки на рисунке 1 показывают маршрут, по которому протекает большой импульсный ток. Цепи импульсного тока (DH, DL, BST и SW) выходят из контроллера и должны располагаться должным образом для снижения паразитной индуктивности. Эти соединения передают быстроизменяющиеся импульсные то-

ки, которые могут достигать более 3 А за несколько наносекунд. Минимизация петель с большими токами необходима для подавления наводимых помех и выходной колебательности.

Правильное расположение силовых элементов помогает избежать нежелательной паразитной ёмкости и индуктивности, которые обуславливают дополнительные помехи, выбросы, затухающую колебательность и нестабильность земляного потенциала. Малосигнальные цепи частотной коррекции и обратной связи восприимчивы к помехам, поэтому следует прокладывать их в отдалении от узлов коммутации и силовых компонентов для предотвращения нежелательных наводок.

Размещение компонентов на печатной плате

Топология платы важна для минимизации площади петли тока. Следует располагать силовые элементы так, чтобы ток протекал плавно, избегая острых углов и узких дорожек. Это помогает снизить паразитную ёмкость и индуктивность, устраняя, таким образом, нестабильность земляного потенциала. На рисунке 2 представлена топология печатной платы двухканального понижающего преобразователя на основе импульсного контроллера ADP1850. Места установки силовых элементов минимизируют площадь петли тока и паразитную индуктивность. Штриховые линии показывают сильноточные цепи. Для синхронных и асинхронных контроллеров применяется одна и та же методика размещения компонентов на печатной плате. В схеме асинхронного контроллера диоды Шоттки заменяют коротящий ключ.

СИЛОВЫЕ КОМПОНЕНТЫ: МОП-ТРАНЗИСТОРЫ И КОНДЕНСАТОРЫ (ВХОДНЫЕ, БЛОКИРОВОЧНЫЕ И ВЫХОДНЫЕ)

Формой волны тока в мощных ключах является импульс с очень высокой скоростью изменения тока dI/dt . Следовательно, цепь каждого отдельного ключа

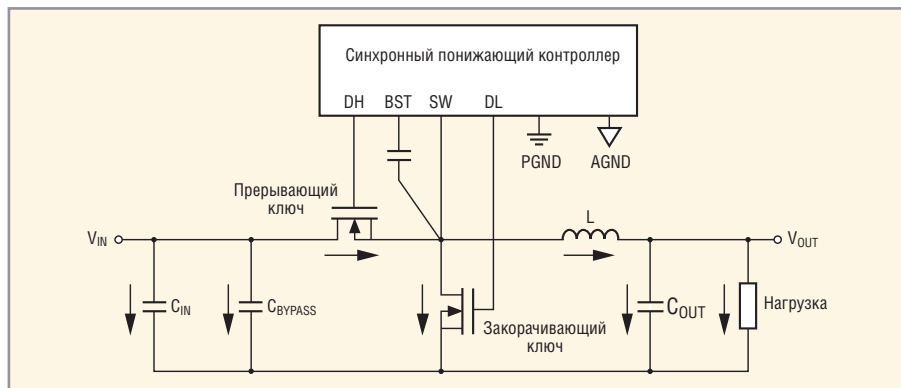


Рис. 1. Типичный импульсный стабилизатор
Показаны линии постоянного и переменного тока

ча должна быть как можно короче с целью минимизации помех, наводимых на контроллер, и передачи помех от петли индуктивности. При использовании пары полевых транзисторов в корпусах DPAK или SO-8 на одной стороне печатной платы, лучше всего развернуть их встречно. Это позволяет расположить узел коммутации на одной стороне пары и шунтировать исток транзистора рвущего ключа подходящим керамическим конденсатором. Обязательно устанавливайте шунтирующий конденсатор как можно ближе к МОП-транзисторам (см. рис. 2), чтобы минимизировать индуктивность петли через полевые транзисторы и конденсаторы.

Расположение входного блокировочного конденсатора и входного сглаживающего конденсатора существенно для управления нестабильностью земляного потенциала. Присоединяйте отрицательный вывод конденсатора выходного фильтра как можно ближе к выводу истока МОП-транзистора коротящего ключа. Это поможет минимизировать индуктивность петли, которая вносит свой вклад в нестабильность потенциала земляной шины. Конденсаторы Cb1 и Cb2 (см. рис. 2) являются керамическими блокировочными конденсаторами с рекомендуемыми номиналами от 1 до 22 мкФ. Добавьте параллельно конденсатор фильтра большего номинала, такой как CIN на рисунке 2.

УЧЁТ ТЕПЛОВЫХ ЭФФЕКТОВ И ЗЕМЛЯНЫЕ ШИНЫ

Эквивалентное последовательное сопротивление (ESR) мощных МОП-транзисторов, дросселей и сглаживающих конденсаторов вносит свой вклад в значительное тепловыделение в условиях больших нагрузок. Чтобы эффективно рассеивать тепло, в примере, показанном на рисунке 2, под этими силовыми компонентами расположены большие области меди.

Многослойная печатная плата лучше рассеивает тепло, чем двухслойная. Для улучшения тепловой и электрической проводимости используйте медь толщиной 70 мкм (2 унции на квадратный фут) поверх стандартных слоёв толщиной 35 мкм. Лучшему отводу тепла также способствуют несколько силовых шин заземления, соединённых вместе через отверстия. На рисунке 3 показано распределение силовой шины заземления по верхнему, третьему и четвёртому слоям в конструкции четырёхслойной печатной платы.

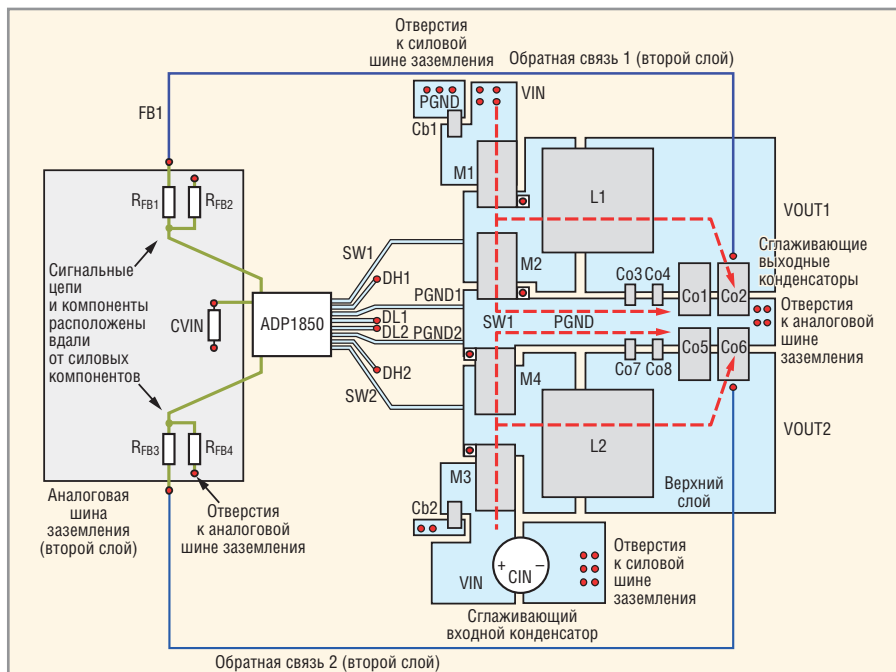


Рис. 2. Топология печатной платы понижающего преобразователя с двумя выходами, использующего импульсный контроллер ADP1850

Слой 1 – сигнальные и силовые цепи; слой 2 – аналоговая земляная шина; слои 3 и 4 – силовые шины. M1 и M2 – МОП-транзисторы в корпусах SuperSO8 рвущего и коротящего ключей соответственно для стабилизатора 1. Аналогичные функции выполняют M3 и M4 для стабилизатора 2. Co – C8 – выходные конденсаторы. CIN является входным сглаживающим конденсатором. Cb1 и Cb2 – блокировочные многослойные керамические конденсаторы (MLCC)

Технология многослойной шины заземления изолирует сигналы, чувствительные к помехам. Как показано на рисунке 2, отрицательные выводы элементов частотной коррекции, конденсатор мягкого запуска, входные блокировочные конденсаторы и выходной резистивный делитель обратной связи подсоединены к аналоговой шине заземления

(AGND). Не подсоединяйте напрямую никаких силовых или высококачественных импульсных цепей к изолированной аналоговой шине, которая является маломощной шиной заземления (через неё не протекают большие токи).

Отрицательные выводы всех силовых компонентов, таких как коротящий ключ, блокировочный конденса-

СПЕКТР

**НА ПУТИ
К ВЕРШИНЕ
УСПЕХА**

Компания СПЕКТР предлагает услуги по изготовлению и монтажу печатных плат. Срочное изготовление опытных образцов. Выполнение заказов любого объема.

Тел.: +7 (495) 2206493, (981) 7090482, (960) 276-28-41
Факс: +7 (812) 3332755 (авт.)
info@spectr-pcb.ru • www.spectr-pcb.ru

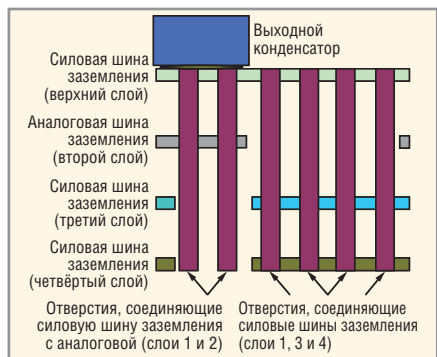


Рис. 3. Вид печатной платы в разрезе: соединение силовых шин заземления для улучшения рассеяния тепла

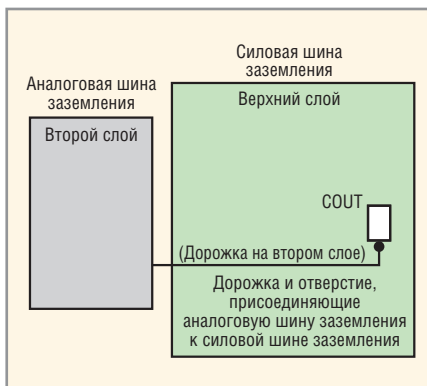


Рис. 4. Присоединение аналоговой шины заземления к силовой шине заземления

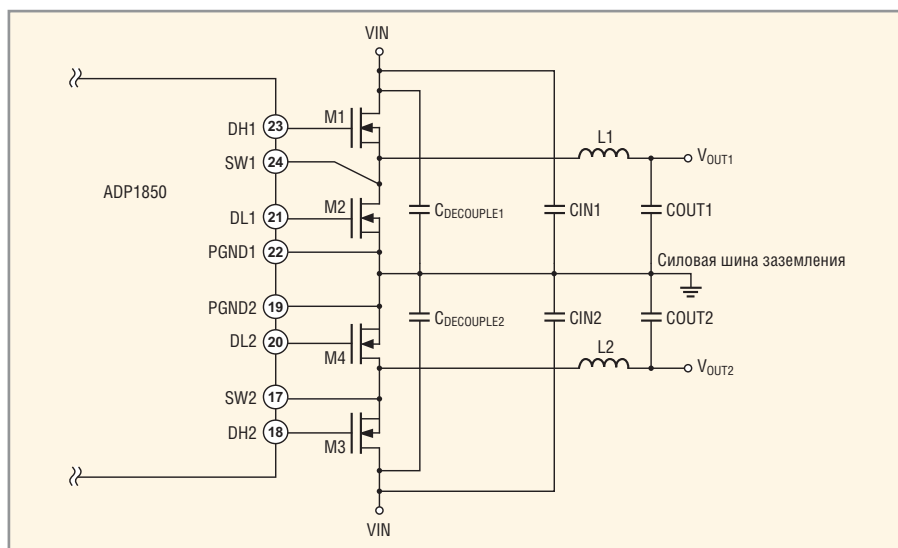


Рис. 5. Методы заземления для двух каналов

тор и конденсаторы входного и выходного фильтров, подсоединяйте к силовой шине заземления, которая передаёт большие токи.

Падение напряжения на шине заземления может быть достаточно большим, чтобы повлиять на точность выходного напряжения. Подсоединение аналоговой шины заземления к отрицательному выводу выходных конденсаторов через широкую дорожку (см. рисунок 4) значительно повышает выходную точность и коэффициент стабилизации. Аналоговая шина заземления простирается вплоть до выходного конденсатора, где – через отверстия – соединяется с силовой шиной заземления на отрицательном выводе выходного конденсатора.

На рисунке 2 показан другой способ соединения аналоговой и силовой шин заземления – через отверстия вблизи отрицательных выводов выходных сглаживающих конденсаторов. На рисунке 3 показан раз-

рез печатной платы в месте соединения шин.

Точочувствительные цепи

Правильная разводка токочувствительной цепи в импульсных стабилизаторах, работающих в токовом режиме¹, в значительной мере способствует подавлению нежелательных помех, которые приводят к погрешностям. В частности, в двухканальных стабилизаторах необходимо предпринимать особые меры для предотвращения любых перекрёстных помех.

Двухканальный понижающий контроллер ADP1850 использует сопротивление канала коротящего МОП-транзистора в открытом состоянии $R_{DS(ON)}$ в качестве элемента цепи обратной связи. При таком построении схемы измеряется ток через коротящий ключ между выводами SW и PGND контроллера. Помеха тока заземления в одном канале может перейти в смежный канал. Следовательно, важно со-

хранить дорожки SW и PGND как можно более короткими и расположить их близко к МОП-транзисторам для точного измерения тока. Обязательно выполните соединения с узлами SW и PGND по четырёхпроводной схеме, как показано на рис. 2 и 5. Соответствующая дорожка силовой шины заземления PGND присоединяется к истоку коротящего МОП-транзистора. Не подсоединяйте силовую шину заземления к выводу PGND микросхемы произвольным образом.

Напротив, в двухканальных контроллерах, работающих в режиме управления напряжением², например ADP1829, выводы PGND1 и PGND2 напрямую подсоединяются к силовой шине заземления при помощи отверстий.

Цепи ограничения тока и обратной связи

Выводы обратной связи (FB) и ограничения тока (ILIM) являются малосигнальными, поэтому они чувствительны к емкостным и индуктивным наводкам. Не прокладывайте дорожки обратной связи и ограничения тока вблизи дорожек с высокой скоростью изменения тока. Остерегайтесь дорожек, формирующих петли, которые увеличивают нежелательную индуктивность. Добавление небольшого многослойного керамического конденсатора развязки, например 22 пФ, между выводами ILIM и PGND способствует дополнительной фильтрации помех.

Узел коммутации

Узел коммутации (SW) является самым «шумным» местом в схеме импульсного стабилизатора, поскольку он передаёт большие переменные и постоянные напряжения и токи. Этот узел нуждается в большой площади меди, чтобы снизить резистивные падения напряжения. Установите МОП-транзистор и дроссель близко друг к другу на медной шине для минимизации последовательного сопротивления и индуктивности.

В приложениях, более чувствительных к электромагнитным помехам, шуму узла коммутации и «звону», можно воспользоваться простой демпфирующей цепью в виде последовательно включенных резистора и конденсатора (RSNUB и CSNUB на рисунке 6). Такая демпфирующая цепочка, установ-

¹ В этом режиме напряжение ошибки управляет током через ключ. – Прим. перев.

² В этом режиме напряжение ошибки непосредственно управляет скважностью импульсов. – Прим. перев.

ленная между узлом коммутации и силовой шиной заземления, подавляет колебательность на фронтах импульсов и уровень электромагнитных помех, при этом незначительно (на 0,2...0,4%) снижая общий КПД.

Цепи управления затворами

Дорожки управления затворами (DH и DL) также могут передавать быстроизменяющиеся токи, как правило, сопровождающиеся колебательностью и выбросами. Эти дорожки должны быть как можно короче. Лучше всего проложить их напрямую, избегая межслойных отверстий. Если без отверстий обойтись невозможно, используйте по два отверстия для каждой дорожки, чтобы снизить пиковую плотность тока и паразитную индуктивность.

Сглаживание импульсов управления затвором при помощи небольшого резистора (2...4 Ом), установленного последовательно с выводами DH и DL, также подавляет помехи и выбросы, увеличивая время фронта и спада импульсов и потери на переключение МОП-транзистора. Дополнительной мерой ослабления помех является резистор между выводами BST и SW (см.

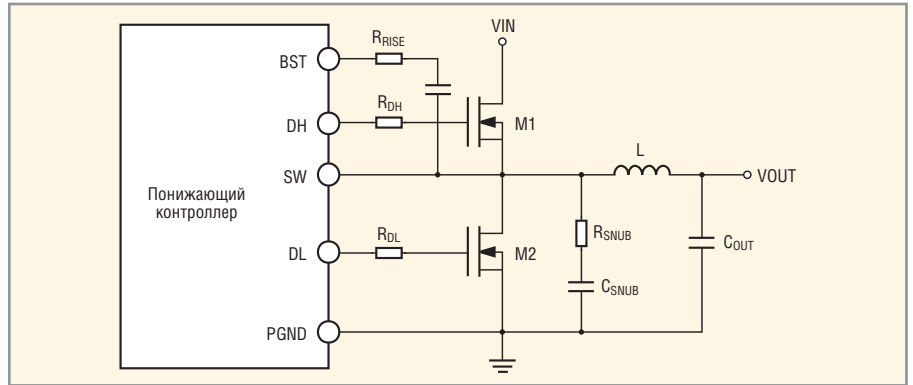


Рис. 6. Цепь демпфирования и затворные сопротивления

рис. 6). Резервирование пространства для затворных резисторов нулевого сопротивления в процессе разводки платы добавляет полезную гибкость во время испытаний.

Выводы

Учёт линий прохождения токов, чувствительности цепей и правильное размещение компонентов являются мерами для подавления помех в конструкциях печатных плат. Все оценочные платы компании Analog Devices для силовых приборов выполнены с учётом представленных инструкций, чтобы получить наилучшие

параметры. Документация на оценочные платы (UG-204 и UG-205) предоставляет подробную информацию, относящуюся к контроллеру ADP1850.

Отметим, что все импульсные источники питания имеют общие компоненты и схожие чувствительности линий тока. Следовательно, инструкции, приведённые в примере для понижающего стабилизатора в токовом режиме на основе контроллера ADP1850, напрямую применимы к топологиям импульсного повышающего стабилизатора и/или стабилизатора, работающего в режиме управления напряжением.



Активный компонент вашего бизнеса

PROSOFT[®]
COMPONENTS

Опираясь на многолетний опыт применения компонентов, ПРОСОФТ предлагает

- Различные решения по подбору элементной базы
- Осуществление поставок комплектующих для серийного производства и новых разработок
- Оптимизацию схемотехнических решений
- Оказание технической и информационной поддержки

Тел.: (495) 232-25-22
E-mail: info@prochip.ru
Web: www.prochip.ru

Реклама

© СТА-ПРЕСС

Контроллер памяти DDR3 SDRAM

Алексей Гребенников (г. Актау, Казахстан)

Статья содержит описание контроллера памяти DDR3 SDRAM на языке Verilog. Рассмотрены принципы действия блоков контроллера и схемы конечных автоматов основных модулей. Подробно описана схема ввода/вывода ПЛИС Spartan 6 с использованием блоков ISERDES2/OSERDES2 и линий задержки IODELAY2.

ВВЕДЕНИЕ

Динамическая память получила очень широкое распространение в современных электронных устройствах. Низкая стоимость хранения байта информации по сравнению с другими типами энергозависимой памяти позволяет включать значительные объёмы динамической памяти даже в недорогие устройства. По мере развития технологии производства динамической памяти, появляются новые семейства – DDR, DDR2 и DDR3 SDRAM. Каждое последующее семейство работает на более высокой частоте и, соответственно, имеет более высокую скорость передачи данных.

Элементом хранения информации в динамической памяти является конденсатор, поэтому требуется периодическая регенерация всех элементов массива для предотвращения потери информации. Управление массивом осуществляется при помощи контроллера, который регенерирует память через определённые промежутки времени и выполняет операции чтения/записи. Минимальная рабочая частота памяти DDR3 SDRAM при включенном блоке DLL составляет 303 МГц, что предъявляет повышенные требования к быстродействию контроллера памяти при его реализации на недорогих ПЛИС, таких как Xilinx Spartan 6.

В статье рассмотрена модель контроллера памяти DDR3 SDRAM на языке Verilog, реализованная для ПЛИС

Spartan 6, которая входит в состав отладочной платы SP605. Проект был разработан в среде PlanAhead v13.3, симуляция проводилась с использованием программы ModelSim 6.4a. Исходные файлы проекта находятся в архиве DDR3_sources.zip на интернет-странице журнала.

На плате SP605 установлена микросхема DDR3 SDRAM MT41J64M16LA-187E фирмы Micron. Эта память объёмом 1 Гбит организована по схеме 8M×16×8, т.е. содержит восемь банков; ширина шины данных составляет 16 бит. Более подробная информация об этой микросхеме памяти и принципах работы памяти DDR3 SDRAM содержится в [1]. В статье [2] приведено описание контроллера более медленной динамической памяти – DDR SDRAM. Этот материал также может быть полезен при построении контроллера памяти DDR3 SDRAM.

СИСТЕМА НА КРИСТАЛЛЕ

Файл верхнего уровня проекта srcs.v, блок-схема которого изображена на рисунке 1, содержит в своём составе контроллеры UART, шины Wishbone и памяти DDR3 SDRAM, а также блоки синтеза частоты (PLL, ФАПЧ) и управления портами ввода/вывода.

Контроллер UART [3] формирует команды чтения/записи данных на шине Wishbone. Контроллер памяти декодирует эти команды и генерирует управляющие сигналы для памяти, которые

вместе с данными передаются через блок контроля портов ввода/вывода. Частоты, необходимые для работы памяти DDR3 SDRAM и контроллера, формируются блоком синтеза частот. В данной версии контроллера используются следующие частоты:

- 33 МГц – рабочая частота шины Wishbone и UART; также используется в контроллере памяти в цепях интерфейса с вышеуказанными блоками;
- 83 МГц – основная рабочая частота контроллера;
- 167 МГц – частота ввода/вывода, на которой конечные автоматы контроллера памяти взаимодействуют с блоком контроля ввода/вывода;
- 667 МГц – высокая частота блока ввода/вывода, из которой формируется рабочая частота памяти 333,5 МГц. Обозначения сигналов на языке Verilog отвечают следующим правилам:

- все сигналы, имеющие в своём названии `_n_`, активны при лог. 0, в противном случае – при лог. 1. Например, сигнал `reset_n_o` активен при лог. 0, а сигнал `ske_o` – при лог. 1;
- если сигнал оканчивается на `_o`, значит, это выходной сигнал модуля (output), если на `_i` – значит, сигнал является входом модуля (input), `_io` – двунаправленный сигнал. Примеры: `adr_o` – выходной сигнал, `rst_i` – входной сигнал, `dq_io` – двунаправленный сигнал;
- если название сигнала оканчивается на `_w`, значит, он относится к типу «провод» (wire); если на `_r` – сигнал является регистром. Например, `rd_w`, `rd_done_r`.

Рассмотрим более подробно работу контроллера памяти.

КОНТРОЛЛЕР ПАМЯТИ

Файл верхнего уровня контроллера памяти расположен в файле `ddr3_top.v`, а его блок-схема изображена на рисунке 2. Контроллер шины Wishbone работает только в режиме ведомого устройства (slave). Этот контроллер декодирует команды и обеспечивает приём/передачу данных; 32-битный адрес на шине Wishbone передаётся модулю трансляции адреса. В этом модуле 32-битный адрес разбивается на адреса банка, строки и столбца по следующему правилу:

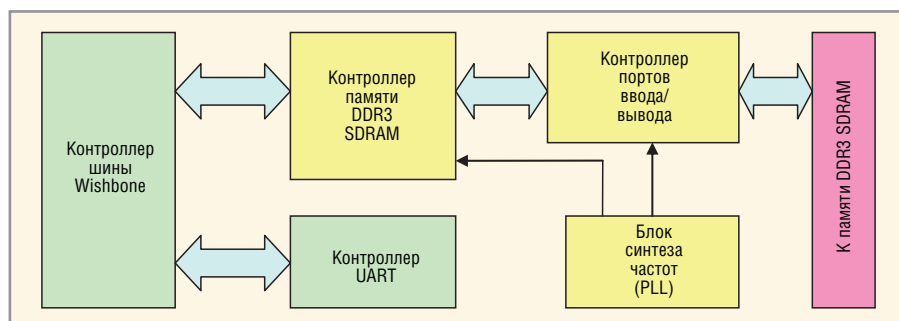


Рис. 1. Блок-схема системы на кристалле

```
assign c_addr_o =
{adr_i[10:4],3'b000};
assign r_addr_o = adr_i[23:11];
assign ba_o = adr_i[26:24];
```

Поскольку память имеет объём 1 Гбит = 128 Мб, для её полной побайтной адресации требуется 27 линий адреса. Три старших бита, 26 – 24, адресуют банк памяти. Следующие тринадцать бит, 23 – 11, адресуют строки. Для адресации столбцов используются десять адресных линий. Однако линии шины Wishbone 3 – 1 заменяются нулями, так как обмен с памятью производится фиксированными пакетами длиной по восемь 16-битных слов. В связи с тем, что обмен данными производится 16-битными словами, нулевой бит адреса не используется для адресации столбцов.

После включения питания контроль шины адреса и команд памяти передаётся конечному автомату инициализации, при этом основной конечный автомат и счётчик находятся в режимах ожидания. После выполнения процедуры инициализации памяти и калибровки блока ввода/вывода сигнал завершения инициализации `init_done_w` принимает значение лог. 1, и основной конечный автомат и счётчик начинают работать в основном режиме. Конечный автомат `ddr_fsm` обрабатывает команды от основного счётчика и контроллера шины Wishbone. Задача основного счётчика – отсчёт времени с момента последней регенерации памяти. Когда значение счётчика достигает `T_REFI` (константа в файле `ddr3_parms.v`), сигнал необходимости

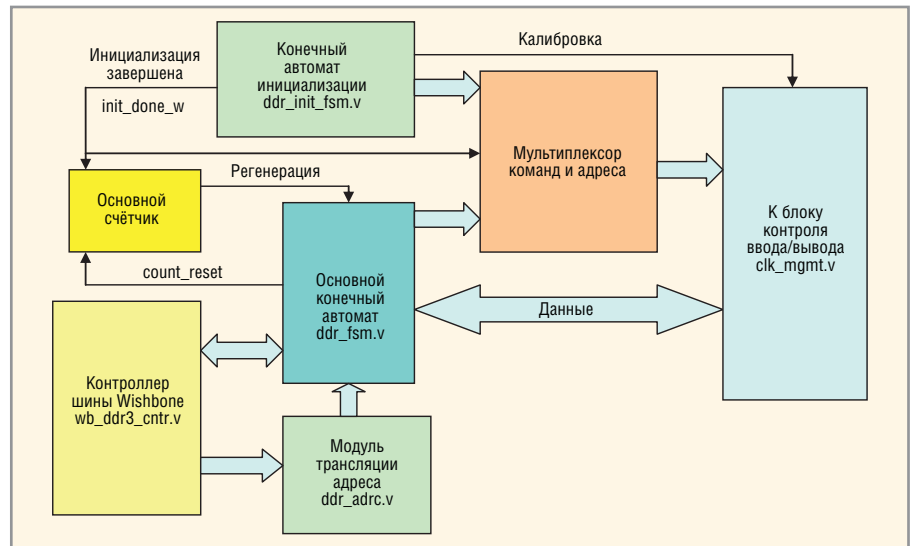


Рис. 2. Блок-схема контроллера памяти

регенерации `ref_req` принимает значение лог. 1:

```
if ((ddr_count == `T_REFI) &&
init_done_w)
ref_req <= 1'b1;
```

При получении этого сигнала конечный автомат начинает процедуру регенерации памяти. После завершения регенерации основной счётчик обнуляется сигналом `count_reset` и начинает отсчёт времени снова. Команда счётчика имеет более высокий приоритет, чем команды контроллера шины Wishbone, так как своевременная регенерация памяти необходима для сохранения целостности данных, а операции чтения/записи можно отложить.

Рассмотрим более подробно работу отдельных блоков контроллера памяти.

Конечный автомат инициализации

Для правильной работы динамической памяти необходима её первоначальная инициализация. Эту процедуру выполняет специальный конечный автомат, исходный код которого находится в файле `ddr_init_fsm.v`, а блок-схема изображена на рисунке 3.

После подачи питания или после системного сброса включается счётчик времени `init_count`, при этом конечный автомат находится в состоянии `DDR_I_IDLE`. В этом состоянии активируется сигнал сброса памяти `reset_n_o = 1'b0` и отключается сигнал разрешения тактового сигнала `scke_o = 1'b0`. Через промежуток времени `I_WAIT_T` автомат переходит в состояние `DDR_I_WAIT`. При этом деактивируется сигнал сброса памяти `reset_n_o`,

Реклама

ЭК ЗИП

Огромный ассортимент Всегда в наличии на складе

www.zip-2002.ru

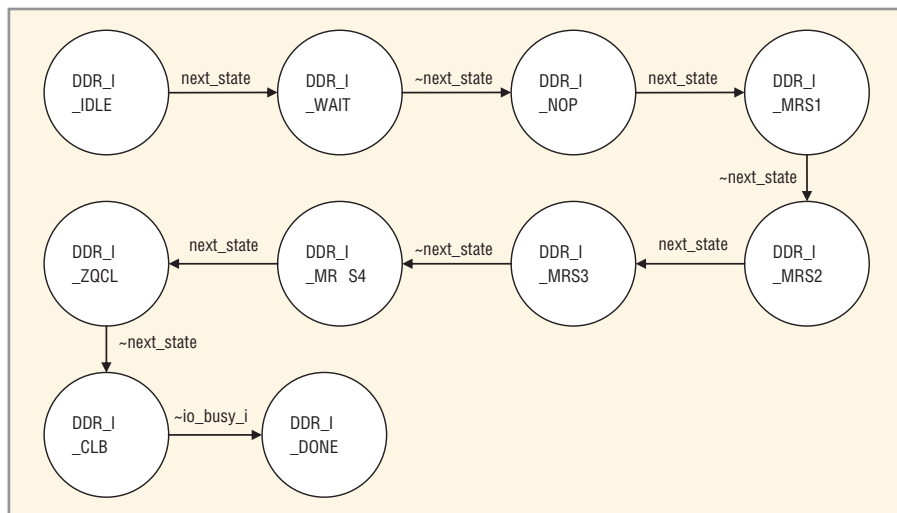


Рис. 3. Конечный автомат инициализации

а сигнал `ske_o` сохраняет значение лог. 0. Когда счётчик времени достигает значения `I_NOP_T`, автомат переходит в состояние `DDR_I_NOP`. В этом состоянии сигнал `ske_o` принимает значение лог. 1, т.е. входной тактовый сигнал начинает обрабатываться памятью.

В момент времени `I_MRS1_T` начинается инициализация контрольных регистров памяти MR0–MR3. Все команды задаются 3-битным регистром `opcode_o`, который подсоединяется к управляющим линиям памяти `ras_n_o` (Raw Access Strobe), `cas_n_o` (Column Access Strobe), `we_n_o` (Write Enable). При этом команда должна быть активна в течение одного периода тактовой частоты памяти; всё остальное время регистр `opcode_o` должен иметь значение `OP_NOP` (NO Operation) – нет активных команд. Список всех команд памяти приведён в файле параметров `ddr3_parms.v`. Конечный автомат работает на частоте 83 МГц, а команды для памяти выдаются с частотой 167 МГц. Блок ввода/вывода, работа которого будет рассмотрена ниже, преобразует частоту выдачи команд в необходимую для DDR3 частоту 333,5 МГц. Параметры для команд инициализации передаются через адресные линии `adr_o` и линии адресации банков `ba_o`.

Динамическая память DDR3 SDRAM имеет четыре контрольных регистра MR (Mode Register), задающих важнейшие параметры работы памяти. Регистры инициализируются в последовательности MR2–MR3–MR1–MR0. Рассмотрим некоторые параметры, задаваемые этими регистрами.

Регистр MR0. `Burst length` – длина пакета данных. Динамическая память может обмениваться только пакетами данных. Для DDR3 – это восемь единиц дан-

ных, четыре единицы, а также возможность устанавливать размерность четыре или восемь перед каждой транзакцией (on the fly mode). Под единицей данных понимается размерность шины данных памяти. В данном примере размерность шины равна 16, длина пакета 8, т.е. каждая операция чтения или записи содержит пакет данных размером 16 бит × 8 = 16 байт данных. `CAS Latency` – задержка для операций чтения между выдачей команды и данных памяти; для данного примера равна 7.

Регистр MR2. `CWL` – CAS Write Latency. Задержка для операций записи между выдачей команды и данных для записи. В рассматриваемом контроллере `CWL` = 6.

Регистр MR3. `MPR` – Multi Purpose Register. При активации этого регистра память вместо данных из массива для всех операций чтения выдаёт значение регистра `MPR`, т.е. заранее заданную последовательность данных. Этот регистр удобно использовать во время настройки контроллера для проверки корректности операций чтения. В нормальном режиме работы регистр `MPR` деактивирован.

Более подробно функции регистров, а также все временные задержки памяти DDR3 SDRAM описаны в [1].

Для всех команд время активации контролируется счётчиком `hspd_count`, работающим на частоте 167 МГц. Этот счётчик в заданные промежутки времени устанавливает в лог. 1 линию `cmd_out` на время одного периода. Именно в этот период времени выдаётся активная команда:

```

if (cmd_out)
begin
ba_o = 3'b000;

```

```

adr_o = `IA_MRS0;
opcode_o = `OP_MRS;
end

```

`ba_o` задаёт номер регистра MR (при `ba_o = 3'b000` программируется регистр MR0), `adr_o` – значение регистра, `opcode_o` – команда конфигурации регистров.

При `cmd_out = 1'b0` все выходные сигналы, указанные в примере, принимают значения по умолчанию для конечного автомата:

```

ba_o = 3'b000;
adr_o = 13'h0;
opcode_o = `OP_NOP;

```

После инициализации всех четырёх регистров автомат переходит в состояние `DDR_I_ZQCL`. В этом состоянии память выполняет операции калибровки. От контроллера не требуется каких-либо активных действий, кроме выдачи команды `OP_ZQCL`. В момент времени `I_ZQCL_T`, т.е. после завершения калибровки памяти, автомат переходит в следующее состояние – `DDR_I_CLB`. В этом состоянии автомат ждёт завершения процесса калибровки блоков `IODELAY` линий данных памяти `dq` (эти блоки находятся в файле `src.v`).

Весь процесс калибровки блоков `IODELAY` проходит в несколько этапов. В состоянии автомата `DDR_I_MRS4` активируется линия `io_clb_o`. Это – сигнал начала калибровки для линий `IODELAY`. В семействе ПЛИС Spartan 6 калибруется только входная задержка, а выходная должна быть задана. В данной реализации контроллера входная задержка данных блока `IODELAY` относительно тактового сигнала сконфигурирована как `VARIABLE FROM ZERO`. При таком значении параметра задержка данных относительно тактового сигнала равна нулю. Процесс калибровки занимает 12 – 20 циклов тактового сигнала. После завершения калибровки `IODELAY` блок запоминает значение внутреннего 8-битного регистра, при котором получается нулевая задержка. Однако это новое значение вступает в силу только после активации сигнала сброса блока. Именно это и происходит в момент перехода конечного автомата из состояния `DDR_I_ZQCL` в состояние `DDR_I_CLB`. Сигнал `io_rst_o` активируется на время одного периода тактового сигнала (частотой 83 МГц).

До момента вступления в силу новой величины задержки, обеспечивающей

нулевой сдвиг данных относительно тактового сигнала, блоки IODELAY удерживают сигнал BUSY в активном состоянии. По количеству линий данных – 16, – этих сигналов также шестнадцать. Логическое ИЛИ всех сигналов BUSY из модуля sorc передаётся в модуль ddr_init_fsm в виде сигнала io_busy_i. Конечный автомат в состоянии DDR_I_CLB ожидает деактивации сигнала io_busy_i, т.е. момента времени, когда все 16 линий данных установят нулевую задержку данных. После того как сигнал io_busy_i становится равным нулю, процесс инициализации памяти считается законченным, и конечный автомат переходит в состояние DDR_I_DONE, в котором он остаётся до следующего системного сброса. При этом активируется основной конечный автомат ddr_fsm, запускается основной счётчик времени ddr_count (в модуле ddr3_top), и мультиплексоры адреса и команд также переключаются на основной конечный автомат.

Основной конечный автомат

Этот автомат выполняет все основные операции взаимодействия с памятью. Его исходный код находится в

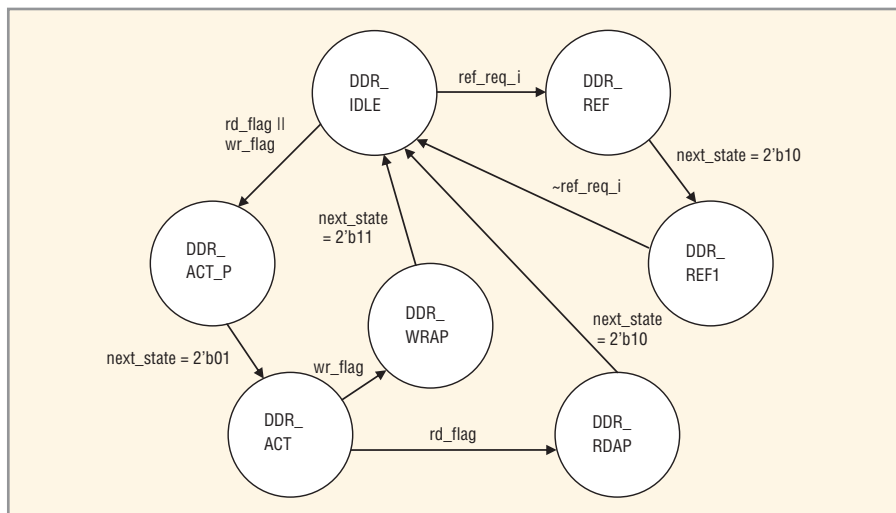


Рис. 4. Основной конечный автомат

файле ddr_fsm.v, а блок-схема состояний изображена на рисунке 4.

Конечный автомат контроллера имеет те же состояния, что и автомат памяти, полная схема которого приведена в [1]. Однако автомат контроллера содержит только необходимый минимум, достаточный для функционирования памяти – из операций чтения и записи реализованы варианты с предзарядом (WRAP – Write with Auto Precharge, RDAP – ReaD with Auto Precharge).

После завершения инициализации основной конечный автомат начинает свою работу в состоянии DDR_IDLE, ожидая дальнейших команд от контроллера шины Wishbone или от основного счётчика. Запросы на регенерацию памяти поступают от счётчика с периодичностью T_REFI. При этом автомат переходит сначала в состояние DDR_REF. В этом состоянии памяти выдаётся команда OP_PRE (precharge) – закрытие и предзаряд активных банков.

DSPA - 2012

Москва
28 - 30 марта 2012 г.

14-я Международная Конференция и Выставка
Цифровая Обработка Сигналов и ее Применение
Digital Signal Processing and its Applications

Подробная информация:
www.autex.ru
www.dspa.ru

- Семинар Analog Devices Inc. по DSP 29 марта 2012 г.

Тематика конференции

- Теория сигналов и систем
- Теория и методы цифровой обработки сигналов (ЦОС)
- Цифровая обработка многомерных сигналов
- Цифровая обработка речевых и звуковых сигналов
- Цифровая обработка изображений
- ЦОС в системах телекоммуникаций
- ЦОС в радиотехнических системах
- ЦОС в системах управления
- Цифровая обработка измерительной информации
- Нейрокомпьютерная обработка сигналов и изображений
- Цифровое телерадиовещание
- ЦОС в системах защиты информации
- Проектирование и техническая реализация систем ЦОС
- Проблемы подготовки специалистов в области ЦОС

Тематика выставки

- Новые компоненты различных производителей для цифровой обработки сигналов
- Отечественные и зарубежные изделия на базе DSP
- Семинар Analog Devices Inc. по DSP 29 марта 2012г.
- Новые технические и алгоритмические решения в области цифровой обработки сигналов
- Новые области применения приборов на базе DSP

AUTEX Ltd.
Тел.: (495) 334-7741, 334-9151
Факс: (495) 234-9991, 334-8729
e-mail: info@autex.ru http://www.autex.ru

РНТОРЭС им. А. С. Попова
Тел.: (495) 621-0610, 621-7108
Тел./факс: (495) 621-1639

<http://www.rntores.ru>

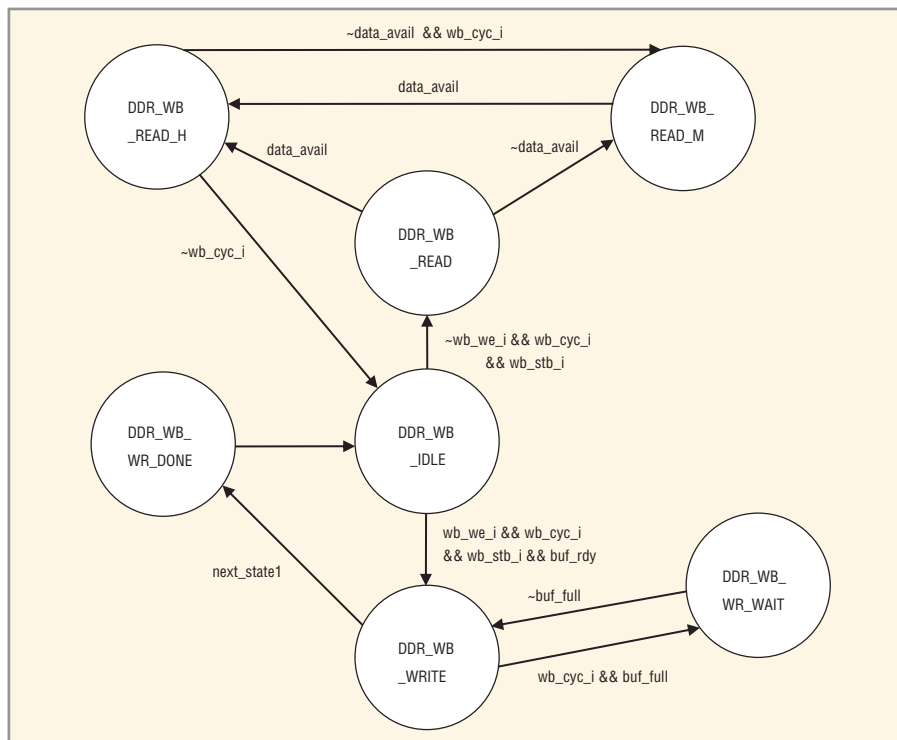


Рис. 5. Конечный автомат блока интерфейса с шиной Wishbone

Одновременно с этой командой устанавливается в лог. 1 линия адреса `adr_o[10]` – сигнал того, что необходима подзарядка всех банков. Затем через промежуток времени `TRP` автомат переходит в состояние `DDR_REF1` – вторая стадия процесса регенерации. В этом состоянии памяти выдаётся команда `OP_REF` (refresh) – регенерация строки. Адрес для регенерации формируется памятью автоматически, поэтому от контроллера требуется только выдача команды. Через промежуток времени `TRP + TRFC` процесс регенерации завершается, и автомат вновь переходит в состояние ожидания.

При запросе чтения/записи первоначальные действия конечного автомата одинаковы как для операции чтения, так и для операции записи – необходимо активировать строку. Для этого автомат переходит в состояние `DDR_ACT_P` и выдаёт памяти команду `OP_ACT`. В этот момент на адресных линиях банка и строки должны быть достоверные данные, полученные в результате преобразования адреса модулем `ddr_adrc`. Через промежуток времени `TRCD` конечный автомат переходит в состояние `DDR_ACT`, что сигнализирует об окончании процесса открытия строки.

Далее определяется, что необходимо выполнить – запись или чтение. При равенстве единице регистра `rd_flag` автомат переходит в состояние `DDR_RDAP`, т.е. выполняет операцию чтения. Во время инициализации па-

мять была сконфигурирована на 8-пакетный приём данных – каждая операция считывает пакет размером `8×16` бит. Блок, непосредственно считывающий данные памяти во внутренний буфер, находится в модуле `ddr3_top`. В зависимости от латентности памяти для операций чтения, также задаваемой во время инициализации, устанавливается параметр `RD_START`. Память типа `DDR` (Double Data Rate) выдаёт данные как на положительном, так и на отрицательном фронтах синхросигнала.

В данной версии контроллера частота памяти равна `333,5` МГц, однако блок записи данных памяти работает на частоте вдвое ниже – примерно `167` МГц. Это происходит потому, что данные на скорости `333,5` МГц для обоих фронтов принимаются блоками `ISERDES`, работа которых будет рассмотрена ниже, и затем эти данные на пониженной частоте записываются во внутренний буфер. То есть за один период сигнала `167` МГц память передаёт четыре единицы данных – `4×16`. Именно поэтому ширина шины `dq_i` в модуле `ddr3_top` равна `64` битам. Следовательно, для приёма полного пакета данных размером `8×16` бит требуются две операции чтения на частоте `167` МГц:

```

if (rd_count_pos == `RD_START)
{bufr[1],bufr[0]} <= dq_i;
else if (rd_count_pos ==
(`RD_START + 1))
begin

```

```

{bufr[3],bufr[2]} <= dq_i;
rd_done_r <= 1'b1;
end

```

Внутренние регистры буфера `bufr` имеют размерность `32` бита, счётчик `rd_count_pos` отсчитывает время с момента выдачи команды чтения. После завершения операции чтения конечный автомат ожидает промежуток времени, необходимый для подзарядки банков (так как операция чтения задаётся с автоматическим предзарядом), и после этого переходит в состояние `DDR_IDLE`.

Рассмотрим цикл записи. Для операции записи также вначале выдаётся команда активации строки. Затем конечный автомат из состояния `DDR_ACT` переходит в состояние `DDR_WRAP` и выдаёт команду `OP_WRITE` с установленным в лог. 1 битом адреса `adr_o[10]` – команда записи с автоматическим предзарядом банков. Блок, непосредственно записывающий данные в память, также находится в модуле `ddr3_top`. Параметр `WR_START` зависит от латентности памяти для записи `CWL` (CAS Write Latency), задаваемой во время инициализации. По аналогии с операцией чтения, данные выдаются пакетами по `64` бита на частоте `167` МГц в режиме работы `SDR` (Single Data Rate) только на отрицательном фронте синхросигнала. Затем эти данные преобразуются в блоки по `16` бит на частоте `333,5` МГц для режима работы `DDR`.

Через промежуток времени `TWRAP` конечный автомат переходит в состояние `DDR_IDLE` – запись блока данных и предзаряд банков (precharge) завершены.

Команды записи и чтения выдаются блоком управления шиной `Wishbone`. Рассмотрим более подробно работу этого блока.

Блок интерфейса с шиной Wishbone

Блок интерфейса с шиной `Wishbone`, исходный код которого приведён в файле `wb_ddr3_cntr.v`, обеспечивает связь контроллера памяти с другими устройствами на шине `Wishbone`. Он также содержит конечный автомат, изображённый на рисунке 5. В состоянии `DDR_WB_IDLE` автомат ожидает запросы на чтение или запись, которые регистрируются по значениям управляющих линий шины `Wishbone` `wb_we_i`, `wb_cyc_i` и `wb_stb_i`. При получении запроса на чтение автомат пе-

переходит в состояние DDR_WB_READ. Как упоминалось выше, считанные из памяти данные хранятся во внутреннем 128-битном буфере, при этом адрес начала буфера запоминается в 28-битном регистре – указателе:

```
burst_addr <= wb_addr_i[31:4];
```

Соответственно, при поступлении запроса на чтение, сначала проверяется наличие необходимых данных во внутреннем буфере. Если сигнал data_avail равен лог. 1, значит, буфер уже содержит необходимые данные:

```
if (wb_addr_i[31:4] == burst_addr)
  data_avail <= 1'b1;
```

При этом конечный автомат переходит в состояние DDR_WB_READ_H (Read Hit). Данные считываются из внутреннего буфера, и цикл чтения памяти DDR3 SDRAM не осуществляется. Из состояния DDR_WB_READ_H возможно несколько выходов. При завершении цикла чтения шины Wishbone (сигнал wb_cyc_i переходит в лог. 0) автомат переходит в состояние ожидания DDR_WB_IDLE. Если же требуется прочитать больше данных, чем содержится в буфере, автомат из состояния DDR_WB_READ_H переходит в состояние DDR_WB_READ_M (Read Miss) и генерируется запрос основному конечному автомату контроллера памяти ddr_fsm на чтение одного пакета данных в 128 бит. Затем конечный автомат контроллера шины Wishbone ожидает завершения цикла чтения и установления линии data_avail в лог. 1. После этого автомат снова возвращается в состояние DDR_WB_READ_H и считывает необходимые данные из внутреннего буфера.

Переходы из состояния DDR_WB_READ_H в DDR_WB_READ_M продолжаются до тех пор, пока не будут считаны все данные, запрашиваемые через шину Wishbone. Например, при чтении шестнадцати 32-битных слов таких переходов будет четыре – за один переход считывается четыре 32-битных слова. После завершения цикла чтения автомат переходит в режим ожидания. Если при чтении данные отсутствуют в буфере изначально, то автомат сразу переходит в состояние DDR_WB_READ_M. Затем цикл продолжается так же, как было описано выше.

Логика перехода автомата в состояние записи данных DDR_WB_WRITE аналогична – проверяются контроль-

ные сигналы шины Wishbone wb_we_i, wb_cyc_i и wb_stb_i. Однако дополнительно проверяется сигнал готовности буфера buf_rdy. Поэтому новые данные для записи не могут быть приняты до тех пор, пока текущие не будут записаны в память. Размерность буфера записи, так же как и буфера чтения, равна длине пакета памяти (burst length) 8×16 бит, или четыре 32-битных слова. При записи более четырёх 32-битных слов за один цикл шины Wishbone автомат периодически переходит из состояния DDR_WB_WRITE в состояние DDR_WB_WR_WAIT и обратно до тех пор, пока все данные не будут записаны.

Поскольку длина пакета записи памяти DDR3 SDRAM фиксирована и равна 16 байтам, а шина Wishbone позволяет адресовать отдельные байты данных, необходим дополнительный механизм, обеспечивающий запись только необходимых данных в пределах всего пакета. Например, требуется записать только один байт по адресу 32'h80000000, а все оставшиеся данные (пакет данных будет содержать байты по адресам 32'h80000000 – 32'h8000000F) оставить без изменения. Для этой цели в памяти DDR3 SDRAM служат линии маскировки.

Для 16-битной шины данных памяти определено две линии маскировки – для верхнего байта и для нижнего байта. При лог. 0 на соответствующей линии в момент записи байт записывается в память, а при значении лог. 1 линии маскировки – не записывается, маскируется. Поэтому при записи данных во внутренний буфер, помимо заполнения 128-битного буфера данных, также заполняется 16-битный регистр маскировки.

Перед началом цикла записи внутреннего буфера регистр маскировки устанавливается равным 16'hFFFF, а по мере записи данных соответствующие биты регистра маскировки обнуляются на основании состояния линий шины Wishbone wb_sel_i и wb_addr_i[3:2]. Линии wb_addr_i[3:2] адресуют 32-битные слова в пределах внутреннего буфера, а четыре линии wb_sel_i адресуют байты в пределах 32-битного слова. Если необходимо записать один байт по адресу 32'h80000000, в момент записи этого байта во внутренний буфер wb_addr_i[3:2] будет равно 2'b00, а wb_sel_i – 4'b0001. В целом механизм формирования маскирующего регистра на языке Verilog выглядит следующим образом:

```
case (wb_addr_i[3:2])
2'b00: mask_reg <= mask_reg &
{12'hFFF, ~(wb_sel_i)};
2'b01: mask_reg <= mask_reg &
{8'hFF, ~(wb_sel_i), 4'hF};
2'b10: mask_reg <= mask_reg &
{4'hF, ~(wb_sel_i), 8'hFF};
2'b11: mask_reg <= mask_reg &
{~(wb_sel_i), 12'hFFF};
endcase
```

Согласно [1], во время записи пакета данных младшие 3 бита адреса столбца должны содержать достоверные данные, но эти данные игнорируются. Таким образом, пакет записываемых данных всегда выравнивается по границе 16 байт. При чтении процедура более сложная и зависит от младших битов. Однако при вышеописанном алгоритме чтения данных требуется фиксированная позиция данных во внутреннем буфере, – байт, прочитанный по нулевому адресу, должен храниться в буфере также по нулевому адресу, и т.д. Поэтому при формировании адреса столбца для операций чтения и записи младшие три бита всегда заменяются нулями в модуле трансляции адреса ddr_addr:

```
assign c_addr_o =
{addr_i[10:4], 3'b000};
```

Эти младшие биты адреса учитываются только при чтении данных из внутренних буферов контроллера устройствами на шине Wishbone.

Рассмотрим более подробно работу блока управления вводом/выводом, выполняющего функции распределения тактовых сигналов и буферизации входных и выходных данных.

Блок управления вводом/выводом

Все ранее рассмотренные блоки на языке Verilog содержали универсальный код, не зависящий от типа используемой ПЛИС. Блок управления вводом/выводом содержит примитивы, специфичные для ПЛИС Xilinx Spartan 6. Рассмотрим более подробно архитектуру ввода/вывода семейства Spartan 6.

В ПЛИС Spartan 6 для высокоскоростного обмена данными можно использовать два типа примитивов: ILOGIC2/OLOGIC2 и ISERDES2/OSERDES2. Каждый из этих типов может быть встроен в исходный код на языке Verilog двумя способами: при помощи автоматизированного генератора IP-модулей (wizard) или при помощи готовых шабло-

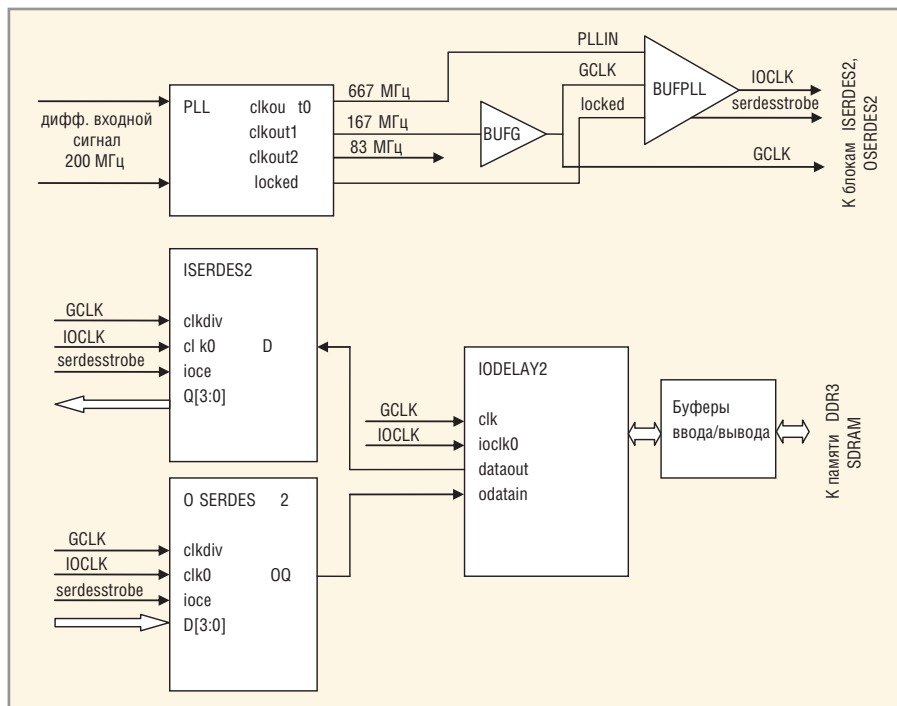


Рис. 6. Подключение блоков ISERDES2/OSERDES2

нов. В блоке управления вводом/выводом используется метод шаблонов, позволяющий более гибко регулировать внутренние соединения блоков.

Примитивы ILOGIC2/OLOGIC2 вставляются в исходный код с помощью шаблонов IDDR2/ODDR2. Эти блоки позволяют заменить обмен данными типа DDR на тип SDR. Например, блок ODDR2 можно сконфигурировать таким образом, что он будет принимать входные данные только на положительном фронте и затем автоматически разделять их на выходе на два фронта. У этого типа ввода/вывода есть несколько недостатков:

- входные данные необходимо выдавать на рабочей частоте памяти DDR3 SDRAM, в данном случае – 333,5 МГц. Это довольно близко к предельной частоте работы буфера синхросигнала (BUFPG) 400 МГц;
- рабочая частота блоков IDDR2/ODDR2 также должна быть буферизована блоком BUFPG, который является низкочастотным буфером по сравнению с буферами ввода/вывода.

В ПЛИС Spartan 6 существует два типа буферов синхросигнала. Блоки BUFPG и BUFPGMUX – это глобальные буферы с предельной рабочей частотой 400 МГц. Блоки BUFIO2 и BUFPLL относятся к типу буферов ввода/вывода с предельной рабочей частотой 1050 МГц, поэтому использование второго типа буферов предпочтительнее. Для использования этих буферов необходимы примитивы ISERDES2/OSERDES2.

Как следует из названия SERDES (SERializer/DESerializer), эти примитивы преобразуют последовательные потоки данных в параллельные для типа ISERDES2 и параллельные потоки данных в последовательные для типа OSERDES2. Параметр DATA_WIDTH задаёт ширину параллельного порта данных. При дифференциальном вводе/выводе этот параметр может принимать значения до восьми, при обычном – до четырёх. Соответственно, во столько же раз понижается частота поступления параллельных данных.

На рисунке 6 изображена упрощённая блок-схема подключения блоков ISERDES2/OSERDES2. Дифференциальный тактовый сигнал частотой 200 МГц подаётся на вход блока PLL, на выходе которого формируются три частоты – 667, 167, 83 МГц, а также вспомогательный сигнал locked (захвачен) для буфера BUFPLL. Блок PLL может одновременно генерировать до шести частот, однако только два первых выхода (clkout0 и clkout1) могут генерировать частоты выше 400 МГц, и в этом случае эти выходы должны быть подключены к буферу BUFPLL.

Блоки ISERDES2/OSERDES2 поддерживают только режим SDR при использовании BUFPLL. Поэтому для поддержания скорости обмена DDR на частоте 333,5 МГц высокая тактовая частота (IOCLK) равна удвоенной частоте памяти DDR3 SDRAM (667 МГц). Для работы блоков ISERDES2/OSERDES2 также требуется вторая частота GCLK, равная

скорости подачи параллельных данных. При параметре DATA_WIDTH = 4 эта частота будет в четыре раза меньше частоты IOCLK, т.е. составит 167 МГц. Таким образом, частота подачи параллельных данных получается в два раза ниже по сравнению с использованием примитивов ILOGIC2/OLOGIC2. На выходе BUFPLL также генерируется сигнал serdesstrobe, управляющий загрузкой параллельных данных. Частота 83 МГц является основной рабочей частотой конечных автоматов контроллера памяти.

Блоки ISERDES2/OSERDES2, как правило, используются вместе с управляемыми линиями задержки IODELAY2. Использование линий задержки позволяет точно подобрать требуемые фазовые соотношения сигналов, например, отцентрировать выходные данные относительно тактового сигнала. Для ПЛИС семейства Spartan 6 входная задержка может быть динамически конфигурируемой во время работы, тогда как фиксированная выходная задержка должна быть задана на этапе компиляции проекта. В данной версии контроллера входная задержка устанавливается в процессе калибровки равной нулю (VARIABLE_FROM_ZERO) во время инициализации, а выходная задержка устанавливается равной 30 для линий данных и маски и равной 0 для всех остальных линий.

Для обеспечения управляемой задержки все интерфейсные сигналы памяти DDR3 SDRAM, включая линии команд и адреса, подключены через линии задержки и примитивы ISERDES2/OSERDES2. Дифференциальный тактовый сигнал частотой 333,5 МГц для памяти формируется при помощи блока OSERDES2, работающего на высокой частоте 667 МГц и имеющего на входе фиксированные данные 4'b0101. На выходе блока получается сигнал частотой 333,5 МГц, который после линии задержки и выходного буфера подаётся на входы памяти. Сигналы адреса и команд также проходят через блоки OSERDES2 и IODELAY2. Поскольку глобальная частота синхронизации равна 167 МГц, а команда для памяти должна быть активной только в течение одного периода частоты памяти (333,5 МГц), сигнал команды подаётся только на первые два входа блока OSERDES2. На оставшиеся два входа поступает постоянная величина 2'b11, что соответствует команде NOP:

```
.D1(cmd_i[i]),
.D2(cmd_i[i]),
.D3(1'b1),
.D4(1'b1),
```

Для всех выходных сигналов параметр `.DELAY_SRC` блока `IODELAY2` должен быть равен `ODATAIN`, а для двунаправленных линий этот параметр должен быть равен `IO`. Двунаправленными в данной версии являются только линии данных `dq_io`. Строблирующие линии `DQS` также определены как двунаправленные в модуле `srcs`, но они используются только при записи данных и поэтому в блоках `IODELAY2` заданы как выходные.

Для всех линий, использующих высокоимпедансное состояние (`tristate`), необходимо сигнал перехода в третье состояние также проводить через блоки `OSERDES2` и `IODELAY2`.

Все линии памяти имеют стандарт ввода-вывода `SSTL15_II` или `DIFF_SSTL15_II` (для дифференциального тактового сигнала памяти), задаваемый в примитивах буферов ввода-вывода и в файле `constr1.ucf`. Более подробная информация об архитектуре блоков ввода/вывода, а также о распределении тактовых сигналов приведена в [4–6].

Хост-контроллер шины Wishbone

После описания работы всех блоков контроллера памяти рассмотрим вспомогательный модуль хост-контроллера шины `Wishbone`, также входящий в состав системы на кристалле. Исходный код этого модуля находится в файле `wb_host.v`. Задачей модуля является коммутация линий шины `Wishbone` в соответствии с запросами различных устройств. В данной версии системы на кристалле на шине `Wishbone` работают только два устройства – контроллеры `UART` и памяти `DDR3 SDRAM`, однако в хост-контроллере шины также определены линии для контроллера `Ethernet`, контроллера флэш-памяти и процессора (`CPU`). Приоритеты доступа следующие (в порядке убывания): контроллер `Ethernet`, `UART`, память `DDR3 SDRAM`, флэш-память, процессор. Для каждого устройства определён базовый адрес в файле `wbhost_parms.v`.

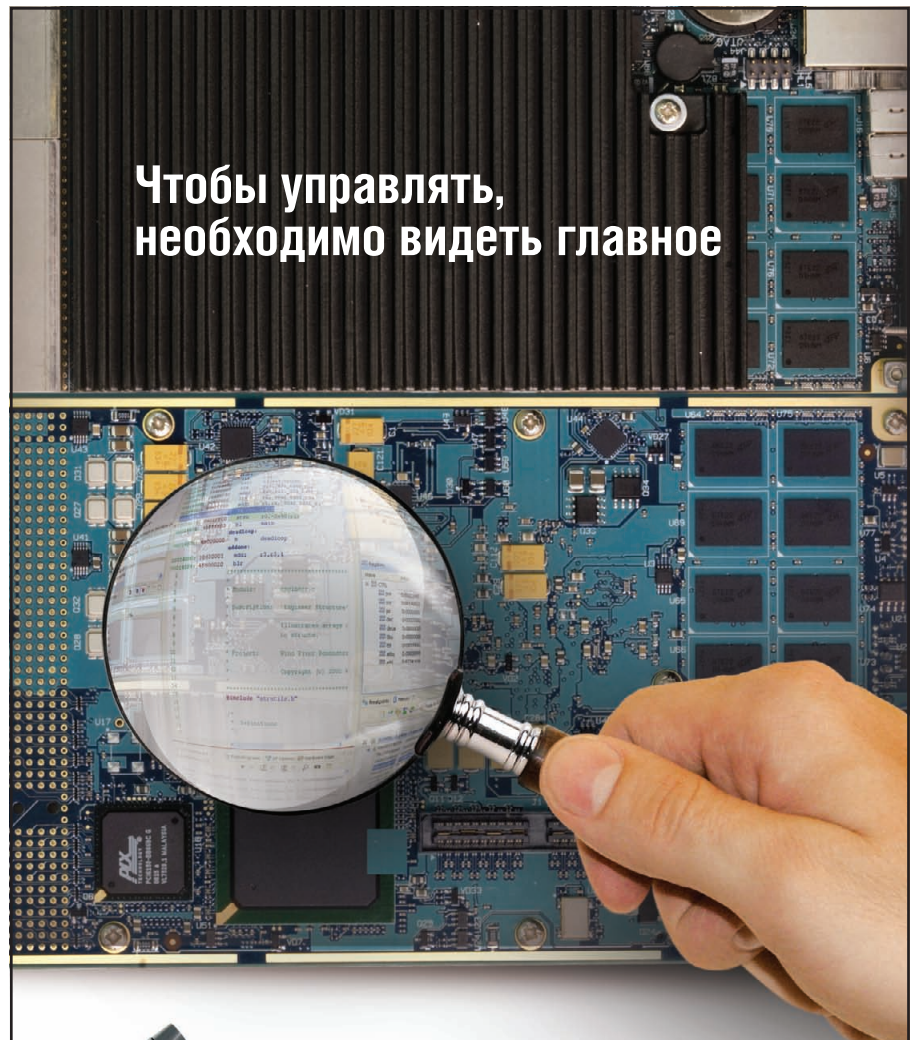
ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В статье рассмотрена модель контроллера динамической памяти `DDR3 SDRAM`, разработанная на языке `Verilog`

и реализованная для ПЛИС семейства `Spartan 6`, которая установлена на отладочной плате `SP605`. Альтернативой модели на языке `Verilog` является использование готового контроллера памяти фирмы `Xilinx`, вставляемого в проект в виде `IP-модуля`. Однако `Verilog-модель` служит хорошим учебным пособием, позволяющим детально изучить принципы функционирования памяти `DDR3 SDRAM`. Контроллер памяти был успешно синтезирован и показал удовлетворительные результаты при тестировании.

ЛИТЕРАТУРА

1. `DDR3 SDRAM`. `1Gb_DDR3_D1.fm`, `Micron Technology, Inc.`, 2006.
2. *Гребенников А.* Контроллер `DDR SDRAM` для платы `DK-START-3C25N`. Современная электроника. 2011. № 1.
3. *Гребенников А.* `HDL-реализация` асинхронного приёмопередатчика. Современная электроника. 2011. № 4.
4. `Spartan-6 FPGA SelectIO Resources`. `UG381`.
5. `Spartan-6 FPGA Clocking Resources`. `UG382`.
6. *Sawyer N.* `Source-Synchronous Serialization and Deserialization` (up to 1050 Mb/s). `XAPP1064`.



www.prosoft.ru/ocd

WIND RIVER

Комплекс внутрисхемной отладки Wind River OCD

- Мощное `JTAG-решение` для полного цикла разработки устройств
- Исчерпывающая информация об устройстве вне зависимости от его состояния и работоспособности `OS`
- Поддерживает многопоточность и многоядерные процессоры
- Интегрированная среда на базе `Eclipse`
- Совместим с `OC VxWorks`, `Wind River Linux` и `ThreadX`

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР ПРОДУКЦИИ WIND RIVER

PROSOFT®

Тел.: (495) 234-0636 • Факс: (495) 234-0640
E-mail: info@prosoft.ru • Web: www.prosoft.ru

Реклама

Первая отечественная РЛС дальнего обнаружения в битве под Москвой

Владимир Бартенев (Москва)

Недавно отмечалась юбилейная дата – 70-летие битвы под Москвой. В связи с этим нельзя не вспомнить о легендарном предприятии ОСТЕХБЮРО – НИИ-20 – ВНИИРТ. И вот почему: первая отечественная РЛС дальнего обнаружения «Редут» была создана именно в НИИ-20 в 1940 г. А в 1941 г. под Москвой несколько первых РЛС «Редут» (на вооружение эти станции были приняты под названием РУС-2) во многом определили исход сражения за столицу нашей Родины. Об этой странице истории Великой Отечественной войны и пойдёт рассказ.

Первый массированный налёт на Москву

22 июля 1941 г. истребительная авиация и зенитная артиллерия Московской зоны ПВО, дислоцирующиеся в Москве и Подмоскowie, успешно отразили первый массированный налёт бомбардировочной авиации фашистской Германии на Москву.

Задачу сравнить Москву с землёй авиация противника не выполнила потому, что контроль воздушного пространства осуществлялся РЛС РУС-2, развёрнутыми вокруг Москвы. В частности, РЛС под Можайском своевременно обнаружила более 200 немецких бомбардировщиков и передала информацию о них для наведения истребителей и целеуказания зенитной артиллерии. В результате умелых действий воинов 1-го корпуса ПВО, 6-го истребительно-

го авиационного корпуса и 377-го отдельного радиобатальона часть фашистской авиации была уничтожена, а оставшаяся часть, сбросив бомбы на дальних подступах к столице, удалась, как говорится, поджав хвост.

Что же собой представляла первая отечественная РЛС дальнего обнаружения «Редут» (РУС-2), созданная в НИИ-20 под руководством главного конструктора Слепушкина А.Б. (см. рис. 1)? РУС-2 позволяла обнаруживать самолёты на больших для того времени расстояниях (предельная дальность обнаружения – 150 км), определять дальность до них (точность определения – 1000 м), азимут (точность определения – 2...3°), вычислять скорость полёта; станция распознавала группы и одиночные самолёты при нахождении их на разных азимутах и дальностях в пределах зоны обнаружения РЛС. Используя информацию от РЛС РУС-2, командование частей ПВО впервые могло контролировать значительный объём воздушного пространства (радиус до 120...150 км в секторе обзора 0...360°), оценивать и прогнозировать формы и способы боевого применения авиации противника, планировать боевые действия авиации и зенитной артиллерии.

Сравним характеристики РУС-2 и первой американской РЛС дальнего обнаружения СХАМ [4], разработанной в Naval Research Laboratory. РЛС работала на частоте 195 МГц с импульсной мощностью 15 кВт, с длительностью импульсов 3 мкс и частотой повторения 1640 Гц. Она обеспечивала дальность обнаружения самолётов в 50 миль. Первые РЛС дальнего обнаружения – как советские РУС-2, так и американские

СХАМ, – появились почти в одно и то же время. Однако первая советская РЛС имела большую дальность обнаружения (150 км), чем американская. Большую дальность обнаружения имела РУС-2 и по сравнению с немецкой РЛС дальнего обнаружения FREYA, первые восемь образцов которой были выпущены фирмой GEMA (Берлин) [4] в 1938 г. Импульсная РЛС работала на частоте 120...166 МГц; дальность – 60 км (позже доведённая до 120 км); частота повторения – 1000 Гц; антенны отдельные на приём и передачу. РУС-2С не уступала по своей дальности также и первой английской РЛС дальнего обнаружения British Chain Home [4]. РЛС работала на достаточно низкой частоте 22...28 МГц с частотой повторения 25 Гц, излучая импульсы длительностью 12 мкс. Импульсная мощность РЛС составляла 80 кВт. Однако к концу войны, когда эти станции должны были обнаруживать фашистские ракеты ФАУ-2, выходная мощность передатчика была доведена до 1000 кВт. В РЛС использовались отдельные антенны на приём и передачу. Передающая антенна подвешивалась между двумя металлическими башнями высотой 350 футов. Максимальная дальность обнаружения с 80-кВт передатчиком не превышала 120 миль. Главный недостаток английской РЛС – это неудачный выбор длины волны, грандиозность сооружений и отсюда уязвимость и дороговизна.

Предыстория РУС-2

Нельзя не вспомнить о том, что предшествовало созданию первых РЛС РУС-2 в НИИ-20. Прежде всего, следует отметить пионерские исследования, выполненные в Центральной радиолaborатории бывшего Треста заводов слабого тока, начиная с октября 1933 г., под руководством Ю.К. Коровина, которые завершились созданием установки для наблюдения отражённых самолётом радиоволн дециметрового (50...60 см) диапазона. В январе 1934 г. состоялся первый испытательный полёт. Самолёт обнаруживался на расстояниях до 700 м при мощности излучения 0,2 Вт. В научно-технических отчётах Ленинградского физико-техни-



Рис. 1. Главный конструктор первой отечественной РЛС дальнего обнаружения РУС-2 («Редут») Слепушкин А.Б. [3]

ческого института (ЛФТИ) с 1935 по 1938 г. приводятся результаты первых в СССР исследований по импульсной радиолокации. Приведём лишь заголовки параграфов одного из отчётов того времени: «Принципы действия радиодистанциометра»; «Разрешающая сила и предельная точность»; «Дальность действия»; «Влияние направленности антенны»; «Основные параметры и их выбор»; «Основные задачи разработки». Но наиболее значимым из этих отчётов следует считать отчёт об испытаниях действующего макета РЛС на подмосковном полигоне Донино НИИСТ РККА в марте – мае 1937 г.

Главный результат испытаний – возможность наблюдения отражённых сигналов от самолета типа Р-5 на расстояниях до 15...17 км. Как писал в своих воспоминаниях академик Ю.Б. Кобзарев, «17 апреля 1937 г. были впервые проведены успешные испытания импульсного радиолокатора. Это был день рождения импульсной радиолокации». На рис. 2 изображены Ю.Б.Кобзарев, П.А.Погорелко, Н.Я.Чернецов.

В мае 1939 г. был выпущен аванпроект на РЛС «Редут», а в феврале 1940 г. завершён технический проект с изготовлением двух образцов РЛС дальнего обнаружения. Приказом Наркома обороны РЛС под шифром РУС-2 (радиопулавливатель самолётов-2) были приняты на вооружение войск ПВО. НИИ-20 было поручено изготовить и сдать Наркомату обороны ещё десять комплектов РЛС «Редут» (РУС-2). Эти РЛС и вошли в состав ПВО на подступах к Москве.

РЕШАЮЩАЯ СХВАТКА

В битве под Москвой войсковыми единицами, осуществлявшими боевое применение РЛС РУС-2, были радиовзводы воздушного наблюдения, оповещения и связи (ВНОС). В системе ПВО Москвы эти радиовзводы входили в 337-й отдельный радиобатальон ВНОС. К началу войны в радиобатальоне было девять РЛС дальнего обнаружения, которые занимали позиции в районе городов Клин, Можайск, Калуга, Тула, Рязань, Мытищи, Владимир, Ярославль, Кашин. Под Можайском 14 июня 1941 г. была развёрнута РЛС «Редут-С», т.е. 1-й экспериментальный образец стационарного одноантенного варианта РУС-2С («Пегматит»). Она была поставлена на боевое дежурство с боевым расчётом во главе с командиром – лейтенантом Г.П. Лазуном. Техническое руководство осуществляла группа специалистов НИИ-20 под



Рис. 2. Ю.Б. Кобзарев, П.А. Погорелко, Н.Я. Чернецов

В 1941 г. они станут лауреатами Сталинской премии за свой вклад в развитие отечественной радиолокации

руководством инженера Я.Н. Немченко. Этот расчёт успешно выполнил боевую задачу, передавая в главный пост ВНОС данные о воздушной обстановке в условиях круглосуточно чередовавшихся дневных и ночных массированных налётов. Аппаратура РЛС РУС-2С работала безотказно. Эта станция, в дальнейшем наиболее массовая в Красной армии, представляла собой набор сборно-разборных модулей, перевозимых в ящиках и быстро развёртываемых в небольших стационарных помещениях. В этой РЛС был усовершенствован передатчик, благодаря чему дальность обнаружения РЛС возросла до 200 км. После занятия Можайска противником, боевой расчёт лейтенанта Лазуна, захватив всю боевую технику, просёлочной дорогой вышел к Кубинке, а затем и к Москве. В НИИ-20, сдав экспериментальный образец РУС-2С, боевой расчёт с новой штатной аппаратурой занял новую боевую позицию в районе Истры, где и продолжил круглосуточное боевое дежурство вплоть до конца октября 1941 г.

В ноябре 1941 г. ситуация обострилась. Боевые расчёты станций РУС-2 и РУС-2С подвергались бомбардировкам, возникла угроза захвата позиций противником. Особенно положение ухудшилось, когда фашисты узнали о существовании советских РЛС и начали «охоту» на них. Так, расчёт РЛС РУС-2 во главе с лейтенантом И.В. Куликовым был подвергнут бомбовой атаке. Из 29 человек боевого расчёта было убито 10 человек, тяжело ранено шестеро и получили ранения пять человек. Среди убитых был и лейтенант Куликов И.В. [3].

В 1943 г. лауреатами Сталинской премии стали создатели РУСов: Слепушкин А.Б., Тихомиров В.В., Леонов Л.В., Вольман И.И., Михалевич Д.С., Зубков И.Т.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В заключение хочется привести выдержки из донесений 337-го радиобатальона ВНОС только за один день 1941 г.: «5 сентября старшие операторы Соловьев и Гуздь (Истра) сразу же обнаружили большую группу вражеской авиации и передали о них данные. Эту же группу на расстоянии 103 км обнаружил старший оператор РЛС Васильев (Кубинка). По их данным истребительной авиацией было сбито 5 фашистских Ю-88. В тот же день старший оператор ефрейтор Муравьихин (Внуково) обнаружил группу самолётов. Наши самолёты были подняты в воздух, и два МЕ-109 и три Хе-111 были сбиты» [1].

В Можайске 22 июля 2001 г. на митинге, посвящённом 60-летию боевого применения первой отечественной РЛС РУС-2, генерал Лазун В.П. (тот самый командир боевого расчёта РУС-2С на Можайском направлении) сказал: «В период немецко-фашистского наступления на Москву боевые расчёты ВНОС бесперебойно снабжали данными о воздушной обстановке командование ПВО Москвы, обеспечивая этим защиту Москвы и Подмосковья». Отмечая 70-летний юбилей битвы под Москвой, сохраним и мы в памяти боевой и трудовой подвиг тех, кто сорвал блицкриг фашистских захватчиков.

ЛИТЕРАТУРА

1. Корляков В.В. РУС-2 против Люфтваффе. Военно-промышленный курьер. 2006. № 27.
2. Кобзарев Ю.Б. Создание отечественной радиолокации. М: Наука, 2007.
3. ВНИИРТ Страницы истории. К 85-летию со дня основания. М.: Оружие и технологии, 2006.
4. Radar System Engineering. Radiation Laboratory, MIT. N.Y., 1947.

КОНФЕРЕНЦИЯ «СВЕТОДИОДЫ: ЧИПЫ, ПРОДУКЦИЯ, МАТЕРИАЛЫ, ОБОРУДОВАНИЕ»

12 АПРЕЛЯ 2012, МОСКВА, КРОКУС ЭКСПО

ПАВИЛЬОН 1
КОНФЕРЕНЦ-ЗАЛЫ 2, 3
12.00 - 18.00

УВАЖАЕМЫЕ КОЛЛЕГИ,

Светодиоды сегодня являются абсолютными лидерами по темпам роста светоотдачи среди источников света. Их применение в автомобильных, железнодорожных сигналах, видеотабло, подсветке дисплеев, рекламе, архитектурной подсветке и освещении преворачивает привычные представления о мире вещей.

Становление национальной индустрии светодиодов невозможно без площадки для обмена опытом, для демонстрации достижений и образцов продукции. Проведение Международной выставки LEDTechExpo позволит отразить существующее положение дел на рынке светодиодов и будет способствовать развитию и привлечению инвестиций в инновационную отрасль.

12 апреля 2012г в рамках деловой программы выставки состоится Конференция «Светодиоды: чипы, продукция, материалы, оборудование». Мы приглашаем на нее специалистов светодиодной индустрии, поставщиков компонентов, материалов, оборудования, инжиниринговых компаний, научных и проектных организаций, инвесторов. Конференция станет инструментом развития отрасли, Событием года для всех, кто работает в ней.

Конференция организуется ООО «Примэкспо» при активном участии Некоммерческого Партнерства Производителей Светодиодов и Систем на их основе – единственной профессиональной ассоциации светодиодной отрасли в России. НП ПСС – официальный партнер конференции.

Оргкомитет конференции

К участию в конференции приглашаются специалисты светодиодной индустрии, поставщики компонентов, материалов, оборудования, инжиниринговые компании, научных и проектных организаций, инвесторы.

**УЧАСТИЕ
В КОНФЕРЕНЦИИ
ПЛАТНОЕ**

Предварительная регистрация обязательна.
По вопросам участия, пожалуйста, обращайтесь в Оргкомитет

ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ПОВЕСТКА ДНЯ

ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ «РЫНКИ, ЭКОНОМИКА, ЦЕНЫ»

12:00-14:00 / Конференц-зал 2

Модератор конференции – Генеральный директор НП ПСС Долин Е.В.

ПАРАЛЛЕЛЬНЫЕ ТРЕКИ:

15:00-17:00 / Конференц-зал 2

Трек 1. Производство продукции

- Секция «Материалы для производства светодиодов. Материалы для производства светотехнической продукции»
- Секция «Оборудование для производства и контроля светодиодов и их компонентов. Оборудование для производства и контроля светотехнической продукции»

15:00-17:00 / Конференц-зал 3

Трек 2. Светодиоды, технологии и параметры

- Секция «Светодиоды (LED и OLED) – технологии и свойства»
- Секция «Оптика для светодиодов. Линзы, отражатели, рассеиватели, технологии и расчеты»

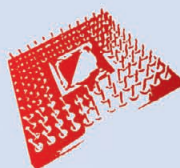
17:00-18:00 / Конференц-зал 2

Круглый стол «Стандарты. Метрологическое и измерительное оборудование. Контроль качества производства. Достоверность параметров продукции. Маркировка»

Организатор НП ПСС, Модератор – Генеральный директор НП ПСС Долин Е.В.



Е•Х•Р•О ELECTRONICA



ВЕСНА В ЭЛЕКТРОНИКЕ!

ГЛАВНОЕ СОБЫТИЕ ЭЛЕКТРОННОЙ ОТРАСЛИ
В РОССИИ И ВОСТОЧНОЙ ЕВРОПЕ.
В 2012 ГОДУ НАМ ИСПОЛНЯЕТСЯ 15 ЛЕТ!

11-13 АПРЕЛЯ 2012. МОСКВА, КРОКУС ЭКСПО

15-Я МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА
ЭЛЕКТРОННЫХ КОМПОНЕНТОВ
И КОМПЛЕКТУЮЩИХ

Организаторы:



primexpo



ITE GROUP PLC



ufi



crocus

При содействии:



GIMA



ЭПИИТ СП



ITE CHINA

+7 (812) 380 6003/07/00, electron@primexpo.ru

www.expoelectronica.ru

Создавая возможности

Александр Биленко

Для тех, кто не знает, – я занимаюсь организацией и проведением выставок.

Я знаю, что многие обращаются к своей аудитории с целью проведения рекламных и иных компаний, обещающих «блюдечки», «голубые каёмочки» и быстрое «решение всех проблем». Предлагается набор простых правил и подробное описание их реализации, после чего вы, по утверждению авторов, оказываетесь «в шоколаде».

Надеюсь, что, дочитав статью до конца, вы задумаетесь о том, как лучше мотивировать своих сотрудников; быть «своими» для клиентов; узнать правду о себе и своей компании в виде «взгляда со стороны».

Задуматься – значит не найти решение, но уже оказаться на правильном пути.

Бытует мнение, что выставка, собирая в одном месте спрос и предложение, создаёт контактную площадку. Не верьте. Выставка создает возможности. Возможность заявить о себе, вывести на рынок новые товары или услуги, подобрать персонал, создать или укрепить имидж, сравнить себя с конкурентами, почувствовать настроение рынка и составить прогнозы. В том числе и установить контакты, конечно.

Как вы лично, ваша компания, ваши сотрудники реализуют эти возможности, – таким и будет результат. Я расскажу о возможностях.

Но прежде мне хочется дать вам один совет, который более важен, чем просто набор правил или список дел.

Не надо придумывать своё, – воспользуйтесь тем, что предоставляют организаторы. Прислушайтесь хотя бы к их предложениям.

Итак, вы решили принять участие в выставке. Неважно, делаете ли вы это с определённой целью, следуете советам других или идёте на поводу у чувства «неосознанной необходимости», но так или иначе – оформляется заявка, резервируются средства и начинается...

Вот тут «стоп». С этого места должно начаться осознанное действие. Сформировать его изнутри, прислушавшись к внутреннему голосу, не получится – слишком много «внутренних голосов» у сегодняшних бизнесменов, и «выставочный» – не самый громкий. Поэтому слушайте сюда.

Если посмотреть на любую выставку со стороны, то создаётся впечатление, будто люди кружат по залу, то и дело останавливаясь у стендов, вступая в разговоры или молча записывая в пакеты различные бумаги, продолжают движение, неумолимо приближаясь к выходу. Процесс может показаться бессмысленным, если бы не отдельные точки, которые притягивают взгляды и заставляют остановиться. На любой выставке должны быть такие точки. А если нет, то нужно их создавать и грамотно использовать. Это точки концентрации возможностей.

Я не имею в виду стенды, которые привлекают внимание эксклюзивностью оформления, хотя для некоторых такой стенд является «точкой № 1». Однако последуйте мудрому совету и не «кладите все яйца в одну корзину». Распределите их по территории выставки равномерно.

Что же может находиться в таких точках? Для участников выставки – это возможности, окрашенные именем их компании, для посетителей – возможности запомнить (или вспомнить) это имя, «кlynуть», если хотите, на яркий девиз, новый сервис, правильно подобранный образ.

Вот вам и первый совет:

Присутствие на выставке не должно быть «точечным» в виде одного лишь стенда.

Вот точки «Новой электроники 2012», в которых мы даём возможность участникам напомнить о себе:

- на территории выставки в самых проходимых местах размещается 5 – 6 плазменных 3-D дисплеев, на которых в режиме «нон-стоп» транслируются рекламные 3-D-ролики;
- при входе на выставку или в залы для проведения мероприятий деловой программы, непосредственно у стенда или в любом другом согласованном месте устанавливается демонстрационный комплекс «Виртуальный промоутер». Создаётся полная иллюзия, что с вами разговаривает «живой человек»;
- размещение информации о вакансиях на стенде «Ярмарка вакансий»;
- размещение подвесных баннеров в павильоне;
- размещение рекламных баннеров на территории выставочного комплекса.

Это так называемое визуальное окружение, т.е. информация воспринимается исключительно через зрительную и ассоциативную память.

Но когда включается аналитическая память, когда требуется прочтение информации и её осознание – тогда работают другие точки: рекламные модули в каталоге и путеводителе по выставке, логотип на планировке экспозиции в путеводителе, логотип участника на пригласительном билете.

Многие посетители, а особенно посетители выставок по электронике, являются продвинутыми пользователями различных современных гаджетов. Услуги, основанные на использовании этих устройств, помогут посетителям облегчить поиск необходимой информации об участниках, увидеть на экране устройств расположение стендов в павильоне и даже запросить кратчайший путь к конкретному стенду. Всё это легко встраивается в «мобильный путеводитель» по выставке, который будет доступен для скачивания с сайта выставки за несколько недель до её открытия. Это своего рода «электронная точка», которая всегда в кармане.

Вот вам второй совет:

Следуйте за посетителем! Постоянно будьте у него перед глазами, в коммуникаторе, на экране компьютера.

Однако есть ещё одна «электронная точка», реальная, как торговая точка у метро. На выставке будет организован «электронный киоск» «Загрузи по полной!», где посетителю бесплатно запишут материалы участников (электронные каталоги, прайс-листы, брошюры, техническую документацию) на его информационные носители: флэшки, ноутбуки, планшетники и т.п. Также посетитель может попросить отправить выбранные материалы на свой электронный адрес. Приём материалов от участников выставки для «электронного киоска» производится бесплатно.

Вы уже догадались, о чем будет третий совет:

Не дайте посетителю уйти с выставки без информации о вашей компании.

Есть ещё одна возможность заявить о себе в среде специалистов и профессионалов – это организация и проведение технических семинаров, презентаций, конференций, которые включаются в расписание деловой программы вы-

ставки. В этом случае участник «убивает двух зайцев». С первым «зайцем» всё понятно, а второй будет «убит» за счёт и от имени организаторов, которые разошлют потенциальным посетителям информацию о мероприятиях деловой программы, разместят её сайте, в мобильном и печатном путеводителях.

Итак, четвёртый совет звучит так:

Проводите мероприятия в рамках деловой программы и автоматически получаете дополнительные информационные возможности.

На выставке «Новая электроника 2012» для проведения мероприятий де-

ловой программы будут задействованы три конференц-зала, переговорная комната и открытая площадка «Экспо Форум». Заявки уже начали поступать. Посмотрите на сайте выставки текущее расписание мероприятий деловой программы.

И напоследок несколько инновационных предложений, которые пока ещё не возможности, а, скорее, изучение спроса:

- измерение реальной эффективности участия в выставке: предоставление автоматизированного сервиса по сбору и анализу данных о посеща-

емости выставочного стенда на основе технологии радиочастотной идентификации (RFID);

- возможности удалённого доступа: удалённого посещения стенда участника; организация он-лайн конфиденциальных переговоров; организация вебинаров для участников; коннект он-лайн (звонок из любой точки мира на стенд участника).

Если вы заинтересованы в реализации данных услуг или хотите узнать подробности, пожалуйста, напишите нам об этом как можно скорее на info@chipexpo.ru!

КОНФЕРЕНЦИЯ «ВСТРАИВАЕМЫЕ ТЕХНОЛОГИИ 2012»

12 апреля 2012 г. компания «Кварта Технологии» при поддержке компании Microsoft проводит Пятую ежегодную конференцию «Встраиваемые технологии 2012. Современные программные и аппаратные решения».

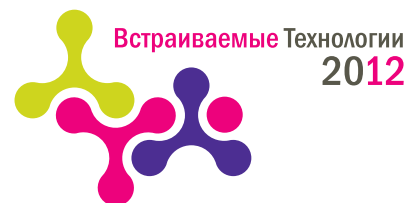
Место проведения конференции – Москва, Инфопространство, 1-й Зачатьевский переулок, д. 4.

Конференция будет интересна руководителям проектов, начальникам производств, менеджерам по продуктам, главным инженерам, разработчикам компаний – производителей интеллектуальных устройств и сборщиков аппаратных платформ на базе встраиваемых операционных систем.

Конференция «Встраиваемые технологии 2012» – пятое масштабное мероприятие, проводимое в России и посвященное встраиваемым ОС Microsoft Windows Embedded и специализированным устройствам, созданным с использованием встраиваемых технологий. Четвёртую конференцию в прошлом году посетили более 260 спе-

циалистов, 15 компаний выступили в качестве партнёров и представили готовые решения на базе встраиваемых технологий Microsoft в выставочной экспозиции мероприятия. Проведённое в прошлом году мероприятие позволило целому ряду компаний-производителей не только познакомиться с операционными системами семейства Windows Embedded, но и в сжатые сроки запустить новые проекты на современной платформе.

ОС Windows Embedded получают всё большую популярность на рынке встраиваемых устройств, и доверие наших клиентов к ним растёт с каждым годом. Поэтому на Пятой конференции «Встраиваемые технологии 2012» особое внимание будет уделено решениям наших партнёров на базе Windows Embedded, которые уже успешно применяются в промышленной автоматизации, ритейле, Digital Signage, медицинской и других отраслях. В рамках мини-выставки участники конференции смогут ознакомиться с го-



товыми решениями российских производителей и даже опробовать их в действии.

Кроме того, программа конференции «Встраиваемые технологии 2012» будет отличаться набором «живых» демонстраций новых возможностей операционных систем семейства Microsoft Windows Embedded, разработанных на базе популярной платформы Windows 7. Участники смогут познакомиться с ОС Windows Embedded Standard 7 SP 1, Windows Embedded Compact 7, Windows Embedded POSReady 7, Windows Embedded Servers и другими решениями и технологиями Windows Embedded, а также узнать о будущих релизах и перспективах развития рынка встраиваемых устройств.

Участие бесплатное. Требуется предварительная регистрация.

СЕМИНАР ПО СВЕТОТЕХНИЧЕСКОЙ ПРОДУКЦИИ ДЛЯ ТРАНСПОРТА ВКЛЮЧЕН В ПРОГРАММУ ВЫСТАВКИ «ЭЛЕКТРОТРАНС 2012»

14 мая 2012 г. в рамках деловой программы выставки технологий и услуг для предприятий общественного транспорта «ЭлектроТранс 2012» состоится семинар «Современные светотехнические решения для метрополитенов и объектов транспортной инфраструктуры», посвящённый особенностям применения новой светотехнической продукции на объектах транспортной инфраструктуры: метро, вокзалы, переса-

дочные узлы, и т.п. Организатор мероприятия – Международная ассоциация «Метро».

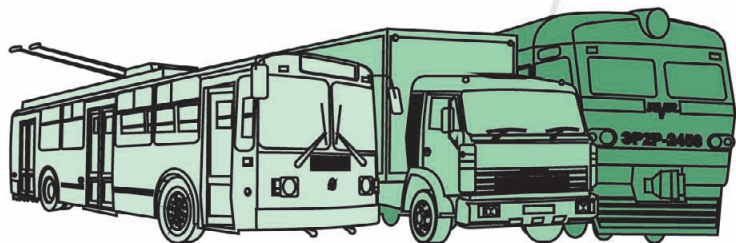
В рамках семинара планируется проанализировать законодательные, организационные и технические вопросы использования современных светотехнических решений в местах массового скопления городских жителей, в частности, на городском общественном транспорте. На мероприятие будут приглашены специалисты мет-

рополитенов, городского транспорта, подразделений ОАО «РЖД», организаций – разработчиков и поставщиков продукции, представители городских администраций.

Полная программа мероприятий выставок «ЭлектроТранс» и «Электроника-Транспорт» опубликована на сайте <http://www.electrotrans-expo.ru/>.

(495) 287-4412
<http://www.mapget.ru>

Электроника → Транспорт



14-16 мая 2012 г.
Москва, ВВЦ

VI МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА

ТЕМАТИКА:

- Системы диспетчеризации и управления
- Комплексы навигации и связи
- Системы безопасности
- Информационные системы
- Автоматика, телемеханика
- Измерительные и диагностические приборы
- Вычислительные комплексы для транспорта
- Дисплеи и индикаторы
- Источники питания, вторичные преобразователи
- Электронные компоненты для транспортного приборостроения
- Разъемы, соединители, кабели
- Светотехническая продукция

Одновременно с выставкой:



ЭлектроТранс 2012
Международная выставка

[Http://www.electrotrans-expo.ru](http://www.electrotrans-expo.ru)

КОНФЕРЕНЦИЯ:

“Системы мониторинга и управления как средство повышения эффективности и безопасности использования автотранспорта коммерческих и муниципальных предприятий”
Организатор: “Профессиональные Конференции”, тел. (495) 33-324-66



Оргкомитет:
+7(495) 287-4412, info@e-transport.ru
[Http://www.e-transport.ru](http://www.e-transport.ru)

ПОДДЕРЖКА:





ЗАО «НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ФИРМА «ДОЛОМАНТ»

ВЫСОКИЕ ТЕХНОЛОГИИ НА СЛУЖБЕ ОТЕЧЕСТВУ

Контрактное производство

электронных изделий любой сложности по конструкторской документации заказчика



★ Электронные компоненты

Поставка отечественных и импортных радиоэлектронных компонентов и материалов, полное комплектование производственных программ.

★ Монтаж печатных плат

Уникальные автоматизированные технологические линии для SMT- и THT-монтажа. Все виды работ по стандартам ГОСТ и IPC.

★ Поставка печатных плат

ДОЛОМАНТ является генеральным дистрибьютором компании SEP (Корея), одного из мировых лидеров в производстве печатных плат.

★ Сборка приборов, стоек, шкафов

Полный цикл производства электроники.

Заказные разработки

изделий в соответствии с техническим заданием заказчика для военного, двойного назначения и атомной энергетики

Разработка и производство электронного оборудования и программного обеспечения

Более 500 изделий для специальных применений и жестких условий эксплуатации

Поставка в качестве второго поставщика

Лицензии и сертификаты в системе «Военный регистр»

Специальные проверки и исследования

Контакты

Россия, 117437, г. Москва, ул. Профсоюзная, д. 108
Тел.: (495) 234-0639, факс: (495) 232-1654

E-mail: info@dolomant.ru

Заказные разработки

E-mail: cd@dolomant.ru

Контрактное производство электроники

Россия, 117342, г. Москва, ул. Введенского, д. 3
Тел.: (495) 739-0775, факс: (495) 739-0776
E-mail: product@dolomant.ru

НОВАЯ ЭЛЕКТРОНИКА / РОССИЯ

17–19 АПРЕЛЯ 2012

МОСКВА
ЭКСПОЦЕНТР
НА КРАСНОЙ ПРЕСНЕ

главная российская выставка электронных компонентов и модулей

