

СОВРЕМЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА 1 2012

В НОМЕРЕ

- Тенденции развития микротопливных элементов
- Современные силовые MOSFET- модули IXYS
- Преобразователь интерфейсов USB-SPI с гальванической развязкой
- Проектирование антенны для систем ГЛОНАСС
- Тепловые расчёты силовых схем

и многое другое

В стремлении
к совершенству

Комплексные поставки электронных компонентов СПЕЦИАЛЬНОГО, ДВОЙНОГО И ОБЩЕГО НАЗНАЧЕНИЯ

Второй поставщик в системе «ВОЕНЭЛЕКТРОНСЕРТ».

Поставка электронных компонентов отечественного производства категорий качества ОТК, ВП, ОСМ, ОС.

Организация и проведение дополнительных испытаний качества изготовления.

Поставка электронных компонентов иностранного производства с предоставлением гарантий качества, проведением сертификационных испытаний по оценке соответствия требованиям нормативных документов Минобороны РФ.

- ▶ Свидетельство об аттестации № СВС.01.423.1031.11 от 30 ноября 2011 г.
- ▶ Лицензия Федерального Космического Агенства № 1578К от 22 августа 2011 г.



Закрытое акционерное общество «Фаворит – Электронная Компания»

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.spbnec.ru • nek@spbnec.ru



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

НАДЕЖНОСТЬ И ЭКОНОМИЧНОСТЬ



СЕРИЯ СВЕТОДИОДНЫХ СВЕТИЛЬНИКОВ XLD-FL54/72/90

Области применения:

- Освещение складских комплексов
- Освещение технических зон
- Освещение производственных помещений
- Освещение АЗС
- Архитектурное освещение
- Освещение открытых территорий
- Освещение спортивных комплексов

Преимущества светильников XLD-FL54/72/90:

- Высокий световой поток (до 12 500 лм)
- Широкий температурный диапазон эксплуатации (-45...+50°C)
- Класс защиты IP66
- Универсальное крепление с возможностью настройки
- Широкая номенклатура вариантов исполнения
- Высокая эффективность
- Гарантия 5 лет



Основные характеристики

Модель	Потребляемая мощность, Вт	Световой поток, лм (для холодного белого цвета)
XLD-FL54	105	6600
XLD-FL72	140	8800
XLD-FL90	172	12 500

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР ПРОДУКЦИИ XLIGHT

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

1/2012 Contents

MARKET

News from the Russian Market	4
Dolomant Research & Production Company: Results and Prospects	8

MODERN TECHNOLOGIES

The Current Status of Micro Fuel Cell Technology and Development Trends	10
<i>Vitalii Grinberg, Aleksandr Skundin, Evgenii Nizhnikovskii</i>	

ELEMENTS AND COMPONENTS

Features and Parameters of IXYS MOSFET-Based Power Modules	16
<i>Yurii Petropavlovskii</i>	
Intel Sandy Bridge Processors in Kontron Products	24
<i>Leonid Akinshin</i>	
Dynamic Oxygen Sensor	28
<i>Matvei Zinkevich, Aleksandr Yadevich</i>	

PRACTICAL ELECTRONICS

USB-SPI Interface Converter with Galvanic Isolation: Part 1	30
<i>Aleksandr Kuz'minov</i>	
AC True Value High-Speed Transducer for Power Converters	40
<i>Evgenii Kolesnikov</i>	
Op-Amp Wideband Amplifier with a 0–45 MHz Filter for Digital Frequency Synthesizer	42
<i>Valentin Sokol</i>	
Digital Security Lock and Timer Based on ATiny2313 Microcontrollers	46
<i>Sergei Shishkin</i>	

DESIGN AND SIMULATION

Design of an Active Antenna for GLONASS	50
<i>Aleksandr Kurushin, Sergei Matveev</i>	
Design of Signal and Data Processing Units	54
<i>Aleksei Karikh</i>	
Functional Simulators of Flip-Flops and Their FPGA Implementation	58
<i>Petr Bibilo, Artem Solov'ev</i>	
SEMISEL Program for Thermal Analysis of Power Circuits	62
<i>Andrei Kolpakov, Andrei Gladskikh</i>	

PROGRAMMING

OpenCL Code Standard for FPGA Computation	70
<i>Vladimir Vychuzhanin</i>	
HDL Implementation of Flash Memory Controller	74
<i>Aleksei Grebennikov</i>	

EVENTS

International Exhibition Meeting «Radio Electronics, Instrument Making, and Automation-2011»	78
Workshop of the International Expert Commission on Standards	78
«Power Electronics, Energy and Energy Saving 2011» – The Driving Force of the Industry	79

Содержание 1/2012

РЫНОК

- 4 **Новости российского рынка**
8 **«Доломант»: итоги и перспективы**

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

- 10 **Современное состояние и тенденции развития микроплавных элементов**
Виталий Гринберг, Александр Скундин, Евгений Нижниковский

ЭЛЕМЕНТЫ И КОМПОНЕНТЫ

- 16 **Особенности и параметры силовых модулей на МОП-транзисторах компании IXYS**
Юрий Петропавловский
24 **Процессоры Intel Sandy Bridge в изделиях фирмы Kontron**
Леонид Акиншин
28 **Динамический датчик кислорода**
Матвей Зинкевич, Александр Яевич

ПРАКТИЧЕСКАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

- 30 **Преобразователь интерфейсов USB-SPI с гальванической развязкой (часть 1)**
Алексей Кузьминов
40 **Быстродействующий датчик действующего значения переменного тока силовых преобразователей**
Евгений Колесников
42 **Широкополосный усилитель на ОУ с фильтром 0...45 МГц для цифрового синтезатора частоты**
Валентин Сокол
46 **Устройства на микроконтроллерах ATiny2313: кодовый замок и таймер**
Сергей Шишкин

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И МОДЕЛИРОВАНИЕ

- 50 **Проектирование активной антенны для системы ГЛОНАСС**
Александр Курушин, Сергей Матвеев
54 **Конструирование блоков обработки сигналов и информации**
Алексей Карих
58 **Функциональные модели триггеров и их реализация в FPGA**
Петр Бибило, Артём Соловьёв
62 **Программа SEMISEL – тепловые расчёты силовых схем**
Андрей Колпаков, Андрей Гладских

ПРОГРАММИРОВАНИЕ

- 70 **Использование стандарта программирования OpenCL для организации вычислений на ПЛИС**
Владимир Вычужанин
74 **HDL-реализация контроллера флэш-памяти**
Алексей Гребенников

СОБЫТИЯ

- 78 **Итоги VI Международного выставочного форума «Радиоэлектроника. Приборостроение. Автоматизация – 2011»**
78 **Рабочее совещание международной экспертной комиссии по разработке стандартов**
79 **«Силовая электроника и энергетика 2011»: Сила развития отрасли!**

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

Расширение линейки сверхбыстрых IGBT 600 В

Компания International Rectifier объявила о расширении своего портфолио сверхбыстрых Trench IGBT-транзисторов на напряжение 600 В. Линейка транзисторов пополнилась двумя моделями IRGPS4067DPbF и IRGP4066DPbF, которые предназначены для использования в бесперебойных источниках питания (UPS), приводах сварочных аппаратов и промышленного оборудования.



Транзисторы IRGPS4067DPbF (корпус Super TO-247) и IRGP4066DPbF (корпус TO-247) разработаны по Trench-технологии с тонкой подложкой, которая характеризуется низкими показателями потерь на проводимость и переключение. Транзисторы интегрируют в корпусе диод с мягким восстановлением и низким Q_{rr} . Новые транзисторы оптимизированы для работы на частотах 8...30 кГц с защитой от короткого замыкания в течение 5 мкс, имеют низкое напряжение насыщения коллектор-эмиттер $V_{ce(on)}$, малые электромагнитные помехи и положительный температурный коэффициент для возможности их параллельного соединения.

www.irf.ru
Тел.: 737-9279

Существенное улучшение прецизионного кварцевого генератора ГК200-ТС

ОАО «МОРИОН» провёл модернизацию ГК200-ТС, и теперь при исполнении с напряжением питания 5 В доступна высокая тем-



пературная стабильность (до $\pm 2 \times 10^{-10}$) в широком интервале температур ($-40...+85^\circ\text{C}$). ГК200-ТС – прецизионный термостатированный генератор в корпусе с размерами 51×51 мм и высотой 10...19 мм. Характеризуется высокой температурной стабильностью в широком интервале рабочих температур и долговременной стабильностью (до $\pm 2 \times 10^{-9}$ /год). Также доступен вариант поставки с улучшенным уровнем фазовых шумов ULN (-137 дБ/Гц для $\Delta f = 10$ Гц, -162 дБ/Гц для $\Delta f = 10$ кГц).

Отличные характеристики позволяют использовать ГК200-ТС для многих применений в области телекоммуникаций, а также навигационной и измерительной техники. Также возможно исполнение с напряжением питания 12 В и выходными сигналами SIN или HCMOS. В настоящее время выпускается серийно.

www.morion.com.ru
Тел. (812) 350-7572, (812) 350-9243

Программируемый источник электропитания переменного тока Chroma 61500

Chroma 61500 устанавливает новый стандарт для высокоэффективных источников питания. Он обладает самыми мощными возможностями, такими как моделирование помех в линиях электропитания, программируемый выходной импеданс, функция всесторонних измерений, синтез форм колебаний и программное обеспечение для стандартных испытаний. Благодаря передовой ШИМ-технологии источник питания способен выдать шестикратный пиковый ток относительно своего номинального тока. Ре-



жимы AC+DC позволяют выдавать не только чистое переменное напряжение, но и постоянную составляющую для лабораторных испытаний со смещением по постоянному току. Применяя прогрессивную технологию цифровой обработки сигналов, возможно обеспечить точные и высокоскоростные измерения (среднеквадратического напряжения и тока, активной мощности, коэффициента мощности, коэффициента амплитуды тока и

измерения гармонических составляющих тока вплоть до 40-го порядка). Имеется возможность проводить предварительные испытания на соответствие IEC 61000-4-11 и испытания на устойчивость в соответствии с нормами IEC 61000-4-13/4-14/4-28.

www.test-expert.ru
Тел.: (495) 225-6737

SMART Modular Technologies анонсирует новый защищённый высокопроизводительный SSD Xcel-200 2.5" SATA

Разработка твердотельных накопителей Xcel-200 объединила обширный опыт компании в создании флэш-дисков как для оборонной промышленности, так и для корпоративного рынка. Новый защищённый SSD демонстрирует производительность 500 Мб/с для последовательного чтения/записи и 60K/40K IOPS (операций ввода-вывода в секунду) для произвольного чтения/записи. Накопители Xcel-200 предлагаются с диапазоном ёмкости от 60 до 240 Гб, они построены на высоконадёжной NAND-памяти типа SLC.



Дополнительная надёжность флэш-диска Xcel-200 обеспечивается встроенными функциями. Потеря данных в случае перебоя питания предотвращается резервной электрической цепью из мощных емкостей. Внутреннее резервирование обеспечивает защиту от отказа блока памяти и увеличивает критерий некорректируемой потери бита (UBER) до 1×10^{-18} . Функция коррекции ошибок Xcel-200 позволяет исправлять до 55 бит на 512-битовый сектор.

Xcel-200 предлагает два взаимодополняющих уровня защиты данных. ATA-8 Security Erase позволяет полностью уничтожить данные с диска. Дополнительно все данные подлежат автоматическому шифрованию AES. Удаление ключа шифрования занимает менее 1 с.

www.adtron.ru
Тел.: (812) 766-5548

Новости российского рынка

MOSFETs в новом запатентованном корпусе SMD0.2, значительно снижающем массо-габаритные характеристики в HiRel-приложениях космического назначения

International Rectifier® (NYSE: IRF), мировой лидер в технологии управления электропитанием, представил семейство радиационно-стойких (RAD-Hard™) 100 V MOSFETs в новом компактном корпусе SMD0.2 для поверхностного монтажа, предназначенное для применения в космических приложениях, таких как системы питания спутников и подачи полезной нагрузки.



В новом запатентованном герметичном, компактном алюминиевом корпусе SMD0.2, который специально был разработан для RAD-Hard MOSFET и имеет основную направленность – решение вопросов, связанных с необходимостью уменьшения габаритов и веса бортовой аппаратуры космических летательных аппаратов, – использована нитрид-алюминиевая (AlN) керамика с увеличенной теплопроводностью. Корпус по своим габаритам на 50% меньше и на 75% легче аналогичных, уже существующих корпусов SMD0.5, рассеивающих ту же мощность (на уровне порядка 23 Вт).

В настоящее время доступны новые MOSFETs, использующие RAD-Hard MOSFET-технологии, с общей накопленной дозой 100 крад (Si) и 300 крад (Si) при уровне воздействия (SEE) 85 МэВ/(мг/см²). Выпускаются как стандартные приборы, так приборы N- и P-типа. Приборы с напряжением более 100 В поставляются под заказ. Изделия в корпусе SMD0.2 имеют модификации с металлической и керамической крышкой.

Кроме этого, IRF анонсировал освоение производства выпрямляющих диодов Шоттки, сертифицированных Qualified Products List (QPL). QPL-диоды доступны с 45-В и 100-В напряжением переключения и номинальным током от 15 до 45 А. Вы-

пускаются в герметичных корпусах TO-254, TO-257, TO-258 или SMD0.5 и доступны с одиночным, сдвоенным или общим катодом.

www.favorit-ec.ru

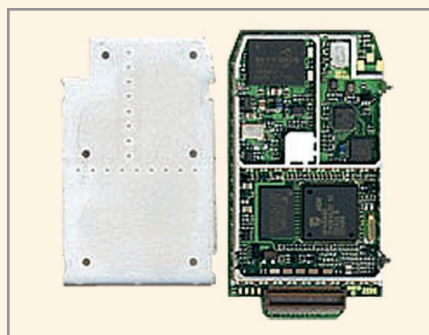
Тел.: (495) 627-7624

Компания PCB technology предлагает поставку СВЧ-экранов

Компания PCB technology предлагает поставку высококачественных ВЧ- и СВЧ-экранов для монтажа на печатную плату. Десятки наших заказчиков, которые раньше пытались собственными силами изготавливать экраны для своих радиочастотных схем, теперь получают продукт, придающий их изделиям превосходный «фирменный» внешний вид и улучшающий удобство настройки (за счёт применения съёмных пружинных крышек).

Материалы: сталь, сплавы на основе меди или другие материалы толщиной от 0,1 до 0,5 мм. Для нетиповых экранов могут быть использованы сплав С770 (или мельхиор) и нержавеющая сталь.

Экран, как правило, состоит из рамки («обечайки»), а также пружинной крышки. На обечайке снизу могут быть выполнены «штырьки» для фиксации на печатной плате. Сверху на обечайке можно сделать планку, позволяющую устанавливать экраны из поддонов на плату. Назначение: экранирование электромагнитных полей, защита от наводок и помех в высокочастотных схемах.



Способ изготовления: экраны могут быть изготовлены двумя методами – «формовкой» или «вытягиванием».

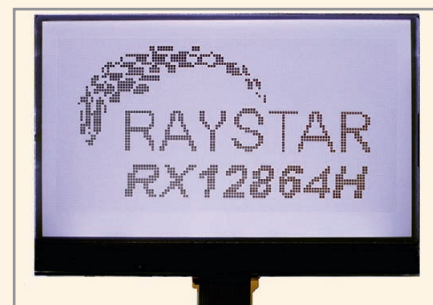
Можно заказать экраны стандартного типоразмера или экран нестандартной конструкции, передав его чертежи или трёхмерную модель в формате AutoCAD, Solid и др. Более подробную информацию можно получить на сайте компании PCB technology.

www.pcbtech.ru

Тел.: 8 (800) 333-9722

Модуль графического информационного ЖК-дисплея RX12864H, выполненного с применением технологии COG

Компания Raystar Optronics – один из известных производителей плоскочастотных дисплеев – начала поставки новых моделей графических ЖК-дисплеев серии RX12864H с разрешением 128 × 64 точек, выполненных с применением технологии COG (Chip on Glass – кристалл на стекле). Применение технологии COG позволяет получить конструкцию с небольшим весом и небольшим потреблением мощности.



В качестве контроллера применяется ИМС ST7567-G4B. Размеры модуля 80 × 54 мм, видимая область экрана, которая состоит из рабочего поля и технологического зазора между рабочей площадью и рамкой дисплея, составляет 70,7 × 38,8 мм.

Основные технические характеристики:

- тип модуля ЖК-дисплея: FSTN (Film compensated STN – дисплей с чёрно-белым контрастом, использующий компенсационные фильтры-корректоры), белый/просветно-отражающий/положительный;

- напряжение питания: 3,3 В;
- потребляемый ток: 2 мА;
- видимая область экрана: 70,70 × 38,8 мм;
- рабочая площадь экрана: 66,52 × 33,24 мм;
- размер пиксела: 0,48 × 0,48 мм;
- шаг пиксела: 0,52 × 0,52 мм;
- диапазон рабочих температур от –20 до +70°C;
- диапазон температур хранения от –30 до +80°C;
- подсветка: три кристалла светодиодов белого свечения, 3,5 В/96 мА;
- мультиплексирование строк: 1/65.

www.prosoft.ru

Тел.: (495) 234-0636

Модуль буквенно-цифрового ЖК-дисплея RX2004A, выполненного с применением технологии COG

Компания Raystar Optronics – один из известных производителей плоскочастотных

Новости российского рынка



дисплеев – объявила о начале поставок новых моделей буквенно-цифровых ЖК-дисплеев серии RX2004A с матрицей 20 знаков × 4 строки, выполненных с применением технологии COG (Chip on Glass – кристалл на стекле). Применение технологии COG позволяет получить конструкцию с малым весом и небольшим потреблением мощности.

В качестве контроллера применяется ИМС SSD1803A. Размеры модуля 74,3 × × 36,4 мм, видимая область экрана, которая состоит из рабочего поля и технологического зазора между рабочей площадью и рамкой дисплея, составляет 60,5 × × 22,18 мм.

Основные технические характеристики:

- тип модуля ЖК-дисплея: FSTN (Film compensated STN – дисплей с чёрно-белым контрастом, использующий компенсационные фильтры-корректоры), белый/просветно-отражающий/положительный;
- напряжение питания: 3,3/5 В;
- габариты (Д × Ш × В): 74,3 × 36,4 × 12,7 мм;
- видимая область экрана: 60,5 × 22,18 мм;
- рабочая площадь экрана: 58,5 × × 21,18 мм;
- размер пиксела: 0,48 × 0,54 мм;
- шаг пиксела: 0,5 × 0,5 мм;
- диапазон рабочих температур от –20 до +70°C;
- диапазон температур хранения от –30 до +80°C;
- подсветка: три кристалла светодиодов белого свечения, 3,5 В/48 мА;
- мультиплексирование строк: 1/33.

www.prosoft.ru

Тел.: (495) 234-0636

TDK-Lambda представляет программируемые источники питания серии Z+

Компания TDK-Lambda представила программируемые источники питания серии Z+. Они характеризуются высокой эффективностью, гибкостью и надёжностью; эти источники высотой 2U предназначены для настольной установки и монтажа в корпус, отвечают требованиям широкого ряда применений, таких как испытательное и измерительное оборудование, испытания на отказ полупроводниковых изделий, тести-



рование компонентов, лазерных диодов, устройств подогрева, высокочастотных усилителей и электромагнитов.

Первыми будут поставляться 400-Вт модели с выходными напряжениями до 100 В и выходными токами до 40 А. Источники Z+ на 33% меньше и на 40% легче, чем модули предыдущего поколения ZUP и другие аналоги, их удельная мощность на 49% выше. Модели с выходными мощностями 200, 600 и 800 Вт будут включены в серию Z+ в начале 2012 г. Стандартные модели имеют ширину 70 мм, поэтому в 19" каркас может быть установлено до шести блоков. Гарантия 5 лет.

www.prosoft.ru

Тел.: (495) 234-0636

XP Power начала выпуск сверхкомпактных 250/350-Вт источников питания AC/DC с площадью основания 3 × 5"

Компания XP Power начала выпуск высокоэффективных одноканальных источников питания серий EMH250 и EMH350 с выходными мощностями 250 и 350 Вт. Источники питания серии EMH соответствуют требованиям стандартов безопасности UL/TUV/EN 60950-1 к оборудованию и строгим нормам стандартов UL/TUV/EN60601-1 к медицинским приборам и аппаратам. Все модели к тому же относятся к изделиям класса VF (изделия типа В с рабочей частью типа F).



Источники питания серий EMH250 и EMH350 предназначены для работы от сети переменного напряжения (однофазной) с широким диапазоном напряжения от 80 до 275 В. Доступны четыре одноканальные модели с выходными напряжениями +12, +18, +24 и +48 В. Функция регулировки выходного напряжения обеспечивает регулирование выходного напряжения в диапазоне ±10% от номинального напряжения. Обеспечивается также питание охлаждающего вентилятора специальным каналом +12 В/0,6 А. Кроме того, источники питания серии EMH350 оснащены каналом +5 В/2 А для обеспечения дежурного режима. В отличие от моделей многих конкурентов, полная мощность обеспечивается при входном напряжении 90 В, и модули не требуют снижения нагрузки до температуры окружающей среды +50°C.

При габаритах 76,2 × 127 × 36,3 мм (3 × × 5 × 1,43 дюймов) модули серии EMH350 со стандартным форматом для обеспечения полной мощности нуждаются в принудительном охлаждении воздушным потоком 20,4 м³/ч (12 CFM). Доступен дополнительный вентилятор, устанавливаемый на верхней крышке, а для модулей серии EMH350 – вентилятор с изменяемой скоростью вращения, которая зависит от рабочей температуры модуля.

Для модулей серии EMH350 возможна установка диодов, включенных по схеме ИЛИ, которые обеспечивают N+1-резервирование при параллельном соединении источников питания. Для этой серии также доступен широкий выбор аналоговых и цифровых сигналов управления и сервисных функций.

Аналоговые сигналы предусматривают сигнализацию о состоянии входного напряжения (Power Fail), дистанционное включение/выключение (Inhibit) и равномерное распределение тока при параллельном включении (Current Share). Цифровые сигналы и управление доступны при использовании команд, совместимых с PMBus.

Модули питания серии EMH поддерживаются трёхлетней гарантией.

www.prosoft.ru

Тел.: (495) 234-0636

Новые OLED-дисплеи от Raystar Optronics

Компания Raystar Optronics выпустила новые модели дисплеев OLED REC004002A



Новости российского рынка

и REG20016A, которые имеют одинаковые габариты, видимую область экрана и расположение выводов подобно стандартной модели STN LCD RC4002A. Это позволяет легко заменить в текущих приложениях ЖК-дисплеи на модели OLED.



REC004002A является OLED-дисплеем со стандартным форматом 40 знаков × 2 строки; REG020016A является эквивалентом графического дисплея REC004002A. В том случае, когда требуется отобразить информацию в графическом режиме, возможно применить дисплей REG020016A, который характеризуется дисплейным форматом 200 × 16. Буквенно-цифровой дисплей REC004002A имеет встроенный функционально законченный драйвер шрифтов (знакогенератор), который содержит следующие четыре шрифта: English_Japanese, Western European I, Western European II и English_Russian. Замена исходного шрифта осуществляется только программным способом.

Основные характеристики дисплеев REC004002A и REG020016A:

- габариты – 182 × 38,5 мм;
- видимая область экрана – 154,4 × 16,5 мм;
- размер пиксела – 0,57 × 0,65 мм;
- шаг пиксела – 0,62 × 0,7 мм;
- режим мультиплексирования – 1/16;
- напряжение питания – 5 В, опция 3 В;
- интерфейс – 4/8-битный 6800 (опция 8080, SPI).

www.prosoft.ru
Тел.: (495) 234-0636

Модуль помехоподавляющего фильтра и ограничителя напряжения повышенной мощности для бортовой авиационной аппаратуры

Компания CRANE Electronics Interpoint™ объявила о начале поставок модуля помехоподавляющего фильтра и ограничителя импульсного напряжения FM-704A HP для применения совместно с DC/DC-преобразователями, предлагаемых компанией для применений в бортовой аппаратуре лета-



тельных и космических аппаратов. 160-ваттный модуль фильтра способен пропускать ток 10 А при входном напряжении 6 В и ток 4 А при напряжении 40 В. Вносимое затухание фильтра 60 дБ на частоте 500 кГц. Фильтр ограничивает импульсные помехи в соответствии с требованиями стандартов MIL-STD-704A, MIL-STD-1275 и MIL-STD-461 A-F. Импульсы повышенной напряженности обратной полярности не повреждают модуль, но они не блокируются модулем.

Функция мягкого запуска обеспечивает уменьшение пускового тока и выброс напряжения при первом включении модуля или при выходе из дежурного режима. Функция дистанционного управления логическим сигналом применяется при формировании программного включения отдельных подсистем в соответствии с необходимым алгоритмом. Защита от пониженного напряжения выключает модуль, когда входное напряжение уменьшится до порогового значения 7 В. Габариты модуля FM-704A HP (корпус типа U1) 76,33 × 38,23 × 10,16 мм, масса 86 г.

www.prosoft.ru
Тел.: (495) 234-0636

17-дюймовый ЖК-дисплей со светодиодной подсветкой в исполнении «открытый каркас» с диапазоном рабочих температур от –20 до +70°C

Компания Litemax Electronic представила 17" TFT ЖК-дисплей SLO1768-ENB-G12 с высокой яркостью 1400 кд/м², что позволяет считывать изображение при ярком солнечном свете. Высокая яркость обеспечивается системой подсветки на основе светодиодов белого свечения. Матричные цветные светофильтры с высоким коэффициентом пропускания, поляризаторы с высокой передачей, низкая потребляемая мощность позволяют применять эти дисплеи в информационных киосках, транспортных приложениях, игровых автоматах, студийных дисплеях.

Основные характеристики:

- считывание изображения при прямом солнечном свете;
- светодиодная подсветка;
- разрешение 1280 × 1024 пикселей (формат изображения SXGA), высокая четкость;
- контрастность 1000 : 1;
- угол обзора 170° в горизонтальной плоскости/160° в вертикальной плоскости;
- время отклика 30 мс;



- устойчивость к воздействию механических ударов и вибрации;
- низкая потребляемая мощность (36,7 Вт);
- высокая равномерность распределения цвета;
- широкий диапазон регулировки яркости;
- широкий диапазон рабочих температур от –20 до +70°C;
- длительный срок службы;
- интеллектуальная конструкция панели, позволяющая работать с обширным рядом источников видеосигналов (VGA, DVI, CVBS, S-video);
- время отклика 30 мс.

www.prosoft.ru
Тел.: (495) 234-0636

Плата управления для буквенно-цифровых дисплеев OLED

Компания Raystar Optronics выпустила плату управления для буквенно-цифровых стандартных дисплеев OLED. Платы управления RSR232B-00 и RSR232B-01 предназначены для применения со следующими моделями дисплеев OLED: REC000802A, REC001601A, REC001602A, REC001602B, REC001602C, REC001602E, REC002002A, REC002002B, REC002004A и REC002004B (исключение: REC0012002A и REC001602D).

Плата RSR232B-00 осуществляет передачу данных со скоростью 19 200 бит/с, а плата RSR232B-01 – со скоростью 9600 бит/с.

Платы имеют одинаковые размеры 58 × 32,25 мм и могут управляться со стороны ПК. По сравнению с другими интерфейсами, интерфейс RS232 обладает высокой сбалансированностью и универсальностью. В этом интерфейсе сочетаются средняя скорость обмена, среднее расстояние линии связи, средняя простота программирования, средняя надёжность обмена информации и т.п.

Электрические параметры плат управления:

- напряжение питания: 5 В постоянного тока;
- потребляемый ток: 7,2 мА;
- микросхема управления: AT89C2051.

www.prosoft.ru
Тел.: (495) 234-0636

Доломант: итоги и перспективы

На вопросы журнала «Современная электроника» отвечает Вадим Лысов, заместитель генерального директора по коммерческим вопросам ЗАО «НПФ «ДОЛОМАНТ».

С.Э.: Каковы итоги работы компании «Доломант» в 2011 г.?

В.Л.: В целом 2011 г. оказался благополучным. Компания ведёт несколько направлений деятельности, и у каждого из них – свой жизненный цикл, сезонность, «возраст», условия развития и реакция рынка. Оборот продукции, поставляемой предприятиям ОПК, остался на уровне 2010 г. А вот клиентская база увеличилась более чем на 30% – и это позитивное изменение. На рынке появились новые разработки наших инженеров. Контрактное производство электроники увеличилось на 25%. Компания уверенно занимает заметную долю в контрактном производстве ответственной электроники. Отмечается увеличение числа современных комплексных НИОКР и перевод установочных партий прошлых лет в серийные выпуски. Новое направление – производство заказных изделий для АСУ и встраиваемых систем военного, двойного назначения и атомной энергетики, – в свою очередь, растёт устойчиво и большими темпами – 100% в год, что подтверждает правильность взятого нами курса на повышение уровня интеграции поставляемых на рынок решений.

С.Э.: Выросла ли активность компании по сравнению с 2010 г.? В каких выставках и конференциях принял участие «Доломант»?

В.Л.: В основном мы придерживаемся традиционных мероприятий. Это профильные выставки и конференции: «ЭкспоЭлектроника», «Производство печатных плат и монтаж компонентов», МАКС, «Живая электроника»,

семинар-презентация решений «Доломант» для ключевых клиентов. В качестве посетителей наши специалисты побывали на многих выставочных мероприятиях отраслевых направлений, на которых работают состоявшиеся и потенциальные партнёры и заказчики «Доломант». Уделено заметно больше внимания размещению технических и информационных материалов в профильных изданиях, обновлению и интернет-продвижению сайта компании.

С.Э.: Какие тенденции развития рынка электроники ответственного применения Вы можете обозначить?

В.Л.: Перечислю ключевые:

- существенный рост потребности в высоких, современных технологиях изготовления новых продуктов (НИОКР, установочные партии);
- увеличение сложности проектов (технологически, в объёме работ, в настройках и испытаниях);
- рост потребности в кооперации на интеллектуальном уровне: совместная работа конструкторов, разработчиков, вовлечение технологов на предпроектной стадии жизни изделий;
- повышение спроса на готовые, законченные форматы изделий, а не на полуфабрикаты, как было принято до 2008 г.

С.Э.: Каковы планы компании на 2012 г.? Чего хотите добиться, в каких мероприятиях планируете участвовать?

В.Л.: Государственная программа вооружения на 2011–2020 гг. предусматривает объём финансирования Гос-



оборонзаказа в размере 20 трлн. руб. А это значительный рост НИОКР, установочных партий и серийного изготовления электроники самых современных образцов. К этому мы готовились, и есть основание ожидать, что «Доломант» увеличит долю заказов для ОПК до 25...35% от общего объёма выполненных заказов. Это касается поставки серийных и импортируемых изделий. В части контрактного производства электроники наряду с ростом заказов специального назначения укрепляются направления, связанные с ответственными гражданскими областями применения. Речь идёт о продукции высокой интеллектуальной ёмкости, но не массовой серийности, а электроники ответственного применения, тесно связанной с полным процессом НИР–НИОКР–серия–модернизация в отраслях, влияющих на техногенную, экологическую и информационную безопасность страны. В планах на 2012, которые уже начали реализовываться в конце 2011 г., существенное, в два раза, расширение и модернизация цеха финишной сборки изделий (шкафы, стойки), освоение автоматизированной линии нанесения влагозащитных покрытий, совершенствование внутренней логистики предприятия. Хотелось бы через 3–5 лет увеличить традиционные технологические и производственные возможности в 2–3 раза по сравнению с днём сегодняшним и своевременно освоить наиболее востребованные «завтрашние» процессы производства. Не все, но значимые. И в них обязательно быть как минимум профессионалами, а как максимум – лидерами направлений в России!





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
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

Заказные разработки

Современное состояние и тенденции развития микротопливных элементов

**Виталий Гринберг, Александр Скундин,
Евгений Нижниковский (г. Москва)**

В статье представлены результаты исследований в области перспективных микротопливных элементов (МТЭ). Рассмотрены новейшие кремниевые микро- и нанотехнологии, технологии получения наноструктурированных катализаторов, вопросы конструирования МТЭ мощностью 0,5...20 Вт. Описаны боргидридные МТЭ, комбинированные (гибридные) системы и МТЭ со смешанным реагентом. Представлены результаты электрохимических испытаний макетов МТЭ.

ВВЕДЕНИЕ

Более 100 лет назад Вильгельм Оствальд (1853–1932) предложил источник тока в виде реактора, в который извне подаются топливо и окислитель и в котором в результате реакции окисления-восстановления происходит генерирование электрической энергии [1]. Большинство исследователей рассматривали такие топливные элементы (ТЭ) как крупногабаритные источники энергии с мощностью от единиц киловатт до сотен мегаватт. Однако в последние годы активно обсуждается идея создания миниатюрных ТЭ и энергоустановок на их основе для источников питания портативной электроники, например, для замены традиционных никель-металлгидридных и литий-ионных аккумуляторов в сотовых телефонах, навигаторах, ноутбуках и т.п. [2].

Возможности совершенствования никель-металлгидридных и литий-ионных аккумуляторов в основном исчерпаны, и по мере дальнейшего роста потребностей в энергии их характеристики будут всё больше отставать от требований портативных устройств. Есть основания полагать, что создаваемые блоки питания на основе ТЭ смогут обеспечить в 2–3 раза большую длительность автономной работы телефонов и компьютеров, чем современные аккумуляторные батареи. Со временем это превышение может стать десятикратным.

Разработке микротопливных элементов (МТЭ) придаётся большое значение, в том числе, в рамках программы «Боец 21 века» [3]. Различные области применения требуют источников питания разной мощности. Так, для MP3-проигрывателя требуется источ-

ник питания мощностью от 0,1 до 1 Вт, в мобильных телефонах используются батареи мощностью от 2 до 5 Вт, в ноутбуках – от 15 до 30 Вт; оснащение «Бойца 21 века» требует от 25 до 150 Вт.

Однако практическая разработка МТЭ сопряжена с решением сложных задач. Запас топлива предложено хранить и доставлять в реакторную зону с помощью специальных картриджей. В качестве топлива в МТЭ рекомендован водород либо органические вещества, например метанол. В качестве окислителя может использоваться кислород воздуха.

В число компаний, активно разрабатывающих ТЭ, входят Hitachi и Toshiba. Американские фирмы тоже продемонстрировали возможности технологии, но в последнее время именно японские компании добились значительных успехов в этой области. Хотя большинство компаний демонстрируют заказчикам действующие образцы ТЭ, ни один из крупных поставщиков ещё не заключил контракт на их производство.

Один из крупнейших производителей ноутбуков, компания Toshiba, разрабатывает ТЭ прямого действия на основе метанола (direct methanol fuel cell, DMFC), который обеспечивает портативному компьютеру примерно 5 ч непрерывной работы от одного заряженного картриджа. Новый элемент размером 275 × 75 × 40 мм можно многократно перезарядить картриджами с метанолом. По мнению аналитиков, в ближайшем будущем разработки Toshiba вряд ли окажут существенное влияние на рынок элементов питания. Однако лучшие из современных технологий традиционных элементов питания – в силу химических ограниче-

ний – допускают повышение их параметров всего на 15...25%, поэтому ТЭ представляются более эффективными источниками питания для портативных устройств.

Прежде чем технологии ТЭ смогут получить широкое распространение, разработчикам придётся решить ряд технических и технологических проблем, таких как подача топлива, выведение продуктов реакции, миниатюризация узлов и высокая стоимость материалов.

Фирма Toshiba сообщила, что она решила проблему миниатюризации, изменив способ разбавления метанола водой для достижения оптимальной концентрации. Оптимальная концентрация метанола в ТЭ составляет 3...6%. Для хранения топлива с такой концентрацией требуется ёмкость, которая слишком велика для мобильных устройств. Компания вышла из положения, разработав систему разбавления метанола водой в процессе работы топливного элемента, что позволяет хранить более концентрированное топливо в картриджах меньшего размера.

Современные МТЭ могут работать при низких температурах. Верхний предел их мощностей не должен превышать сотен ватт, а нижний предел соответствует долям ватта. Диапазон мощностей определяет и сам МТЭ. Если удельная мощность составляет 100 мВт/см², то рабочая поверхность электродов должна варьироваться в пределах от единиц до тысяч квадратных сантиметров. Геометрические размеры элемента определяет не только поверхность, на которой происходят электрохимические реакции, но и пространство, занимаемое топливом, средствами его подачи, средствами контроля и непосредственно корпусом ТЭ. В то же время нежелательно, чтобы элемент был объёмнее и тяжелее того агрегата, который он питает.

Микротопливный элемент – это всегда сборка (батарея) единичных элементов. При этом каждый отдельный ТЭ – это максимально тонкий элемент, состоящий из материала, соче-

тающего в себе свойства газораспределительного и газодиффузионного слоёв, коллектора тока, держателя электролитической мембраны и носителя электрокатализатора. Таким материалом может быть мелкопористый кремний.

КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ МТЭ

В работе [4] приведены варианты конструкции водородных МТЭ, позволяющих использовать источники водорода из водного раствора боргидрида натрия и из металлических гидридных систем. Разработаны МТЭ различных конструкций, с использованием тонкоплёночной техники для создания движущихся потоков топлива и окислителя, с токоподводами и каталитическими слоями на кремниевой основе и свободно прикреплённым электролитом из плёнки «Нафион».

Использование кремния в качестве конструкционного материала оказалось очень удобным, так как можно адаптировать отработанную полупроводниковую технологию для изготовления коллекторных плат. Для этого в пластинах кремния вытравливают каналы для подвода топлива и отвода продуктов реакции и между этими пластинами, служащими также токоотводами, размещают мембранно-электродные блоки (МЭБ). Представляется интересной односторонняя конструкция, в которой на пластину из кремния с упомянутыми каналами попеременно нанесены слои анодного и катодного катализаторов с межэлементными соединениями из нитрида кремния, а сверху на всю эту сборку установлена ионообменная мембрана. В этом случае кремний, имеющий достаточно высокое сопротивление, препятствует появлению токов утечки.

Компания Neah использовала в ТЭ многослойные кремниевые ИС, пронизанные порами, и разработала ТЭ для стандартного ноутбука на восьми пористых ИС, который по габаритам не превосходит литий-ионную батарею. Вместе с тем компания признаёт, что работа находится на начальной стадии.

Конструкция электродов на основе кремниевых технологий предусматривает наличие газотранспортного канала, газораспределительных каналов пор и сепарирующей водород палла-

диевой мембраны на дне газотранспортного канала [5]. С противоположной стороны газотранспортного канала на пористой поверхности кремния сформирован каталитический слой на основе платины.

В качестве электролита использована плёнка, полученная из 5-% раствора мембраны «Нафион» в спирте. При толщине 25 мкм плёнка обеспечивала проводимость на уровне 1 мСм/см и выше, при увлажнении от 15 до 100%.

СПОСОБЫ НАНЕСЕНИЯ КАТАЛИТИЧЕСКИХ СЛОЁВ В МТЭ

Работоспособность МТЭ в значительной степени зависит от эффективности работы катализатора. Каталитические слои на протонпроводящую мембрану предложено наносить путём распыления каталитических чернил (катализатор на углеродном носителе в смеси с жидким «Нафионом»). Роль углеродного носителя сводится не только к обеспечению электрического контакта между ультрадисперсным нанокластерным катализатором и электродом ТЭ, но также к стабилизации наноструктуры катализатора и улучшению его электрокаталитических характеристик.

Для снятия диффузионных ограничений используется газодиффузионный электрод, который обычно состоит из гидрофобизированной углеродной бумаги, прикреплённой горячим прессованием к мембране с нанесённым катализатором. В последнее время для снижения затрат драгметаллов и получения ультратонких слоёв электрокатализаторов используют вакуумное физическое и химическое напыление, а также электрохимическое осаждение катализаторов, которое резко уменьшает стоимость изделий и повышает коэффициент использования катализатора. С помощью вакуумного напыления можно создавать тонкие и сложные по форме каталитические слои непосредственно на поверхности мембраны.

Разработки МТЭ не сводятся к уменьшению размеров топливного элемента. Для получения больших напряжений ТЭ соединяют в батареи. Вместе с уменьшением размеров единичного элемента, такой подход приводит к заметному росту стоимости. Поэтому вместо традиционных методов (резки, склейки, приварки, скручивания) применяют методы планарной техноло-

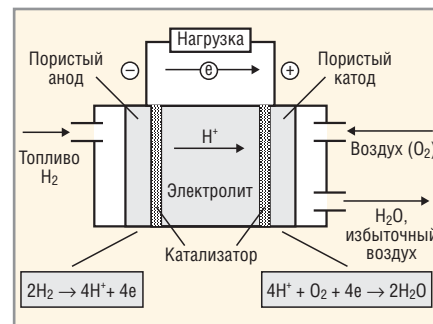


Рис. 1. Принципиальная схема водородно-воздушного МТЭ

Показаны реакции, протекающие на аноде и катоде

гии, включающие фотолитографию, вакуумное осаждение и другие методы, используемые в электронной технике.

КОНСТРУИРОВАНИЕ МТЭ МОЩНОСТЬЮ 0,5...20 Вт

Конструирования МТЭ началось с работ профессора Клауса Йенсена из Массачусетского технологического института, который адаптировал общепринятые для микротопливных элементов технологии, использующие кремний, в качестве основы для сборки топливного элемента. В слоистую структуру входит протонообменная мембрана «Нафион», где катализатор нанесён на мембрану в виде «чернил».

Была предпринята попытка уменьшить омические потери и интегрировать кремний в конструкцию МТЭ. В работе [5] проанализированы результаты исследований, цель которых состояла в разработке конструкций МТЭ и базовых технологий их изготовления, основанных на использовании кремниевых микротехнологий и технологий получения наноструктурированных катализаторов. В этой работе в качестве основного варианта следует рассматривать ТЭ с твёрдополимерной протонпроводящей мембраной (ТПТЭ), которая разделяет анодную и катодную стороны (см. рис. 1). В ТПТЭ на анодной стороне происходит реакция окисления топлива – либо газообразного (водород), либо жидкого (метанол, этанол, глицерин, этиленгликоль). На стороне катода идёт реакция восстановления кислорода воздуха. Обе реакции протекают с участием катализаторов, в качестве которых чаще всего используется платина или её сплавы.

Интерес к использованию кремния обусловлен также его высокой хими-

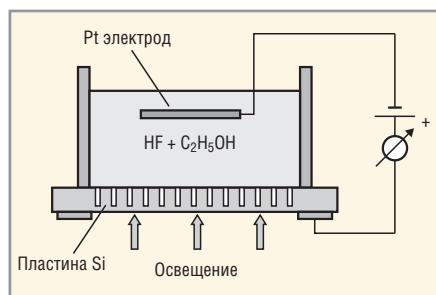


Рис. 2. Схема ячейки для фотоэлектрохимического травления кремния

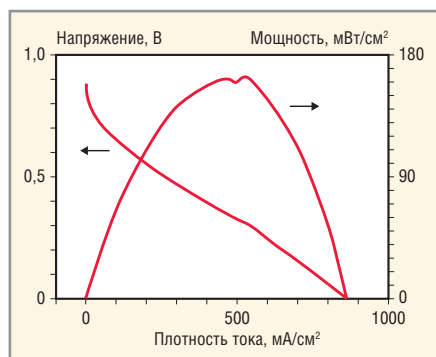


Рис. 3. Характеристики МТЭ с расширенным активным слоем, нанесённым на электроды из пористого кремния
Загрузка платины 48 мкг/см², температура 20°C

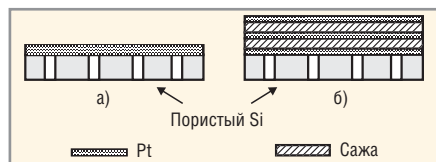


Рис. 4. Каталитические покрытия на электроде из пористого кремния
а) Плотное покрытие из наночастиц платины размером 1,8 нм (количество катализатора ограничено); б) расширенный активный слой из частиц сажи (50 нм) в смеси с полимером «Нафийон» и наночастицами платины (большее количество катализатора и большая суммарная активность)

ческой стойкостью, технологичностью, возможностью получать пористые структуры с развитой поверхностью, управлять электропроводностью объёма и гидрофильностью поверхности таких структур, а также возможностью использовать базовые технологии микроэлектроники.

Получение электродов из макропористого кремния осуществлялось методом электрохимического травления. В качестве исходного материала использовались пластины кремния проводимости n-типа толщиной 200...400 мкм. Травление производилось в растворе плавиковой кислоты и этанола при освещении обратной стороны образца (см. рис. 2). При плотности тока травле-

ния 3...7 мА/см² скорость травления составляла 0,6...0,9 мкм/мин, а максимальная глубина получаемых пор – 180...220 мкм. После электрохимического травления проводилось «вскрытие» пор путём шлифовки и полировки обратной стороны пластины.

При изготовлении электродов из пористого кремния необходимо контролировать их проводимость. Для повышения электропроводности использовалось диффузионное легирование образцов из газовой фазы в окислительной атмосфере (на воздухе). С учётом того, что толщина стенок между порами не превышает 4 мкм и диффузия в стенки идёт равномерно со всех сторон, обеспечивалось сквозное насыщение макропористого кремния легирующей примесью высокой концентрации. В результате легирования минимальные значения удельного сопротивления образцов достигали 10³ Ом/см.

Катализаторы на основе наночастиц платины были сформированы с помощью нового метода лазерного электродиспергирования, основанного на абляции металлической мишени под воздействием мощного импульсно-периодического лазера. Покрытия, состоящие из наночастиц платины, наносились на поверхность пористых кремниевых электродов, полимерные мембраны и на углеродные носители. Средний размер наночастиц платины составлял 1,8 нм, что обеспечило исключительно высокую активность полученных катализаторов в реакциях, протекающих на аноде и катоде водородно-кислородных МТЭ.

На рисунке 3 представлены характеристики «напряжение – ток» и «мощность – ток», измеренные в МТЭ с электродами из макропористого кремния, на которые нанесён расширенный активный слой. Структура мембранно-электродной сборки соответствует схеме, показанной на рисунке 1; сборка осуществлялась путём термокомпрессии электродов к протонпроводящей мембране («Нафийон-112») толщиной 100 мкм. ЭДС холостого хода (около 0,9 В) практически не зависела от числа слоёв в расширенной активной зоне.

Проведённые исследования показали, что, несмотря на чрезвычайно высокую удельную активность полученных платиновых нанокатализаторов, нанесение наночастиц платины непосредственно на кремниевый элект-

род или на мембрану не позволяет достичь величин удельной мощности МТЭ более 100 мВт/см². Причина в том, что наночастицы платины с размерами 1,8 нм образуют на гладкой поверхности кремниевых электродов (или мембран) очень плотные покрытия, газопроницаемость которых ограничена и в которых трудно создать условия для эффективного транспорта протонов (см. рис. 4а).

Для увеличения удельной мощности МТЭ авторами была предложена концепция «расширенного активного слоя», т.е. структуры, в которой эффективно используется большое количество частиц катализатора, что создаёт лучшие условия для подвода газов и для транспорта протонов. В одном из вариантов расширенного активного слоя использованы «промежуточные» слои из частиц углерода, размер которых значительно превышает размер наночастиц платины (см. рис. 4б). Как показано на рисунке 4, для обеспечения протонной проводимости расширенный активный слой должен быть «пропитан» протонпроводящим полимером «Нафийон».

Метанольно-воздушный МТЭ, использующий в конструкции микроэлектромеханическую систему (МЭМС), создан компанией Motorola. Вся установка состоит из трёх основных блоков: ёмкости с метанолом весом 350 г и объёмом 413 см³, батареи топливных элементов весом 180 г и объёмом 87 см³ и блока контроля, автоматизации, регулирования и подготовки топлива весом 155 г и объёмом 416 см³. Батарея состоит из шести последовательных элементов, рассчитанных на рабочее напряжение 0,5 В, таким образом, общее напряжение батареи составляет 3 В. Номинальная мощность батареи 2 Вт. В батарее использованы МЭБ с мембраной «Нафийон» и электродами, активированными платиновым катализатором. Номинальная рабочая плотность тока составляет 40 мА/см². В блоке контроля находится камера подготовки топлива, в которую с помощью микронасоса с пьезоприводом подаётся метанол. Другой микронасос непрерывно прокачивает 4-% раствор метанола через анодные камеры топливных элементов. Третий насос прокачивает атмосферный воздух через катодные камеры. Отходящие из камер газы проходят сепарацию, и неизрасходованный метанол возвращается в камеру подготовки топлива. Продукты ре-

акции (углекислый газ и пары воды) через клапан выбрасываются в атмосферу.

При небольшом расходе топлива в 0,55...1,38 мкл/мин удалось достичь высокой эффективности ТЭ. Однако снижение количества используемого топлива требует поддержания постоянной концентрации топлива, – только в этом случае достигается максимальная эффективность устройства. При этом исследователям удалось создать действительно компактный ТЭ, толщина которого составляет всего 0,17 см, объём 0,03 см³, а вес не превышает 110 г.

Таким образом, важнейшими отличительными особенностями ТЭ microDMFC являются: высокая эффективность во время работы при комнатной температуре, возможность изготовления топливной ячейки с использованием стандартных технологий изготовления микросхем (например, КМОП), возможность отказа от сложных помповых насосов. Миниатюрные размеры позволяют использовать ТЭ для питания MEMS- и NEMS-устройств.

Предложен ряд толерантных по отношению к метанолу катодных каталитических наносистем для электровосстановления кислорода на основе металлахалкогенидных кластеров, обладающих высокой электрокаталитической активностью и стабильностью [6–10].

Типы топлива для МТЭ

Если для крупногабаритных топливных элементов наиболее удобным видом топлива является газообразный водород, то для МТЭ целесообразно применять жидкое топливо. Стандартные теоретические напряжения E_0 и теоретические удельные энергии приведены в таблице.

Хотя в литературе обсуждался широкий набор разнообразных видов жидкого топлива, на практике существуют два варианта – метанол и раствор боргидрида натрия. В обоих случаях рассматривают конструктивные варианты МТЭ не со свободным, а с матричным или мембранным электролитом.

Метанол используется, как правило, с кислым электролитом. Уравнение реакции окисления метанола на аноде ТЭ в этом случае имеет вид $\text{CH}_3\text{OH} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 6\text{H}^+ + 6e + \text{CO}_2$. На катоде ТЭ происходит восстановление кислоро-

да (источником кислорода обычно служит атмосферный воздух) по реакции $1,5\text{O}_2 + 6\text{H}^+ + 6e \rightarrow 3\text{H}_2\text{O}$.

Таким образом, при нормальном функционировании метанольно-воздушного ТЭ в него должен подаваться воздух, а из него должны удаляться продукты реакции – углекислый газ и пары воды, при этом часть воды должна переноситься от катода к аноду. Электролит должен иметь протонную проводимость. Основным преимуществом метанольных топливных элементов является высокая теоретическая удельная энергия метанола, которая составляет около 6 кВтч/кг и около 5 кВтч/л.

Боргидрид используется со щелочным электролитом. Реакция анодного окисления боргидрида описывается уравнением $\text{BH}_4^- + 8\text{OH}^- \rightarrow \text{BO}_2^- + 6\text{H}_2\text{O} + 8e$. Кислород в щелочной среде восстанавливается по уравнению $\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4e \rightarrow 4\text{OH}^-$. Таким образом, при работе боргидридного ТЭ образуется вода и растворимый в щелочном растворе метаборат, без выделения газообразных продуктов. Электролитная мембрана в этом случае должна иметь проводимость по ионам гидроксила. В отличие от элементов с кислым электролитом (метанольно-воздушных), в данном случае вода образуется на отрицательном электроде и потребляется на положительном электроде. Таким образом, поддержание водного баланса в боргидридном элементе имеет такое же значение (с аналогичными сопутствующими проблемами), как в метанольном элементе.

Теоретическая удельная энергия боргидрида составляет около 9,3 кВтч/кг. Впервые боргидридный топливный элемент был описан в середине прошлого века. Тогда же были получены обнадеживающие результаты. Однако в последующие 30 лет исследования в

этом направлении практически не проводились из-за трудностей реализации полного окисления боргидрида с образованием метабората и выделением 8 электронов на один ион боргидрида.

На малоэффективных электрокатализаторах анодное окисление боргидрида протекает с ничтожно малой скоростью. На «хороших» электрокатализаторах, наряду с описанным выше восьмиелектронным процессом, протекает процесс каталитического разложения боргидрида и процесс его неполного окисления по уравнению $\text{BH}_4^- + 4\text{OH}^- \rightarrow \text{BO}_2^- + 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{H}_2 + 4e$. Протекание обоих процессов снижает кулоновскую эффективность и, в конечном счёте, удельную энергию, а также приводит к необходимости организовать безопасный отвод водорода.

Исследования механизма анодного окисления боргидрида показали, что удачным вариантом электрокатализатора для анодного окисления боргидрида может быть золото, и в 1998 г. был запатентован топливный элемент с анодом, активированным золотым катализатором. Аноды в таком элементе были изготовлены из карбонизованной ткани, на которую нанесены микрочастицы сплава, содержащего 97% золота и 3% платины. При температуре 70°C и плотности тока 124 мА/см² напряжение на макете ТЭ составило 0,5 В.

На рубеже тысячелетий интерес к боргидридным ТЭ возродился. В последнее время использование в МТЭ водорода, полученного путём реформинга из органического топлива (в частности, из метанола) или путём каталитического разложения твёрдых восстановителей (например, борогидрида натрия), широко обсуждается в литературе, поскольку эффективность

Теоретические параметры некоторых систем с воздушным электродом при 298°K

Среда	Топливо	Реакции	E_0 , В	Втм, кВтч/кг	Втл, кВтч/л
Щелочная	LaNi_5H_6	$\text{LaNi}_5\text{H}_6 + 1,5\text{O}_2 = \text{LaNi}_5 + 3\text{H}_2\text{O}$	1,3	0,48	3,17
	TiFeH_2	$\text{TiFeH}_2 + 0,5\text{O}_2 = \text{TiFe} + \text{H}_2\text{O}$	1,3	0,67	9,6
	TiV_2H_3	$\text{TiV}_2\text{H}_3 + 1,5\text{O}_2 = 2\text{TiV}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$	1,3	0,68	3,74
	Zn	$\text{Zn} + 0,5\text{O}_2 = \text{ZnO}$	1,64	1,34	12,1
	$\text{N}_2\text{H}_5\text{OH}$	$\text{N}_2\text{H}_5\text{OH} + \text{O}_2 = \text{N}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$	1,61	5,4	5,4
	MgH_2	$\text{MgH}_2 + \text{O}_2 = \text{MgO} + \text{H}_2\text{O}$	1,6	6,5	–
	AlH_3	$\text{AlH}_3 + 3\text{O}_2 = \text{Al}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$	1,6	8,57	–
	NaAlH_4	$\text{NaAlH}_4 + 2\text{O}_2 = \text{NaAlO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$	1,6	9,03	–
	NaBH_4	$\text{NaBH}_4 + 2\text{O}_2 = \text{NaBO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$	1,6	9,3	–
Кислая	H_2	$2\text{H}_2 + \text{O}_2 = 2\text{H}_2\text{O}$	1,23	5,4	–

ТЭ на основе водорода и их удельные характеристики значительно выше, чем топливных элементов на основе прямого электроокисления метанола или боргидрида.

Предложены каталитически активные кластерные Pt–Sn-анодные электрокатализаторы для прямого электроокисления этанола [11]. В работах [12–14] описаны высокоактивные электрокатализаторы на основе наноструктурированных систем Ru–Ni–F (Ni : Ru = 10 : 1), содержащие фтор для окисления боргидрида натрия. Получены патенты на катодные и анодные кластерные электрокатализаторы для прямого окисления боргидрида натрия и на портативные источники тока на основе прямого электроокисления боргидрида натрия [15–20].

Подача топлива в МТЭ

Наиболее удобно хранить жидкий чистый метанол. Однако для работы в ТЭ необходимо применять раствор метанола с концентрацией, находящейся в определённых пределах – обычно 0,5...2,0 М, что соответствует 1,6...6,4 %. Превышение концентрации приводит к увеличению кроссовера (проникновению метанола через электролитную мембрану к катоду с потерей части метанола и отравлением катодного катализатора). Уменьшение концентрации метанола приводит к росту концентрационной поляризации и ограничению максимально допустимого тока. Важно, что метанол из ёмкости с чистым метанолом должен подаваться в анодную камеру в растворе оптимальной концентрации, со скоростью, пропорциональной току нагрузки.

Были разработаны сложные миниатюрные системы подачи топлива, состоящие из микронасосов, датчиков концентрации метанола и системы электронного управления. Большой интерес представляет капиллярная подача топлива с помощью фитилей, которые хорошо смачиваются метанолом и гораздо хуже смачиваются водой и разбавленными растворами метанола. По такому фитилю метанол подаётся из ёмкости (картриджа) в анодную камеру. Противоток в этом случае практически исключён.

При использовании в качестве топлива боргидрида натрия удобнее всего хранить его в твёрдом состоянии.

Однако автоматическое приготовление раствора создаёт большие трудности, поэтому целесообразно использовать концентрированным раствором боргидрида натрия в концентрированном растворе щёлочи. Специальные методы подачи раствора боргидрида в анодную камеру МТЭ пока не разработаны.

Существенное отличие боргидридного МТЭ от его метанольного аналога состоит в том, что один из продуктов реакции боргидридного элемента – метаборат натрия – не может выводиться в газообразном состоянии. Следовательно, длительное функционирование боргидридного МТЭ возможно лишь при условии периодической замены не только картриджа со свежим раствором боргидрида, но также и картриджа с раствором метабората натрия. Эта конструктивная проблема не решена до сих пор.

Комбинированные (гибридные) системы

Существенное отличие МТЭ от первичных элементов и аккумуляторов состоит в том, что высокие массогабаритные характеристики ТЭ достигаются лишь при малых нагрузках. Попытка создания ТЭ, выдерживающих пиковые нагрузки, приводит к существенному увеличению их объёма и веса. Максимальный срок службы ТЭ (как в микро-, так и в макроисполнении) достигается при их работе на постоянную нагрузку. Поэтому целесообразно создание комбинированных блоков питания на основе топливных элементов и буферных аккумуляторов (например, литий-ионных). В таком «гибридном» варианте ТЭ работают с постоянной мощностью, а аккумуляторы служат для сглаживания нагрузок: при энергопотреблении выше среднего аккумуляторы разряжаются, а при работе с малыми нагрузками, а также при отключении нагрузки происходит их заряд. В работе [21] проведено сравнение традиционного блока питания ноутбука, состоящего из батареи литий-ионных аккумуляторов с энергозапасом 30 Втч и зарядного устройства, а также гибридного блока питания, состоящего из батареи МТЭ мощностью 10 Вт и буферной батареи литий-ионных аккумуляторов с энергозапасом 15 Втч. Было показано, что в этом случае объём гибридной системы при-

мерно в шесть раз меньше, чем объём традиционного блока питания.

Дополнительные возможности предоставляют появившиеся в последние годы мощные аккумуляторы фирмы «КОКАМ» с током разряда до 20 Сн [22, 23], а также аккумуляторы компании «Альтаир-нано» (www.altairnano.com), разряжающиеся током до 100 Сн. Их использование в блоках питания в паре с ТЭ позволит реализовать высокие пиковые нагрузки. Заметим, что аккумуляторы компании «Альтаир-нано» созданы с применением нанотехнологий и наноматериалов. Особенности конструирования и эксплуатации литий-ионных аккумуляторов, а также требования к автономным блокам питания радиоэлектронной аппаратуры описаны в [23].

НОВЫЕ НАНОМАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ЭЛЕКТРОКАТАЛИЗАТОРОВ МТЭ

При создании водородно-кислородных ТЭ основной задачей является поиск достаточно эффективного катализатора для кислородного электрода. В последних разработках применяют бинарные системы, состоящих из платины с другим переходным металлом, в частности, кобальтом, хромом, никелем, вольфрамом и т.д. Для снижения расхода платины эти материалы используются в виде нанокластерных частиц, нанесённых на носитель.

Хотя к настоящему времени технология производства ТЭ на жидком и газообразном топливе, в частности на метаноле и водороде, в целом разработана, всё ещё остаются принципиальные проблемы, без решения которых невозможно перейти к промышленному выпуску метанольно-воздушных и водородно-воздушных ТЭ, предназначенных для питания портативных устройств. Наиболее важной задачей является создание эффективных электрокатализаторов, которые обеспечили бы длительную (несколько тысяч часов) работу топливных элементов без ухудшения характеристик.

Электрокатализаторы для кислородного (воздушного) электрода должны быть нечувствительными к отравляющему воздействию метанола, окисление которого на платиновом катоде приводит к снижению его потенциала и характеристик ТЭ в целом.

С целью повышения эффективности катализаторов реакции восстанов-

ления кислорода широко исследуются многокомпонентные, в частности, бинарные металлические наноразмерные системы на основе платины (Pt–Co, Pt–Ni, Pt–Cr, Pt–Fe и др.), которые являются толерантными к органическим примесям.

Таким образом, выясняется существенная роль не только халькогенидного атома, но и атома второго металла – партнёра платины. Изменения в составе поверхностного слоя PtMn₂S₂ не сказываются заметным образом на его электрохимических характеристиках, и такой катализатор остаётся более активным, чем PtFe₂S₂. При этом оба катализатора более активны, чем Pt₂S, не содержащий второго металла. Таким образом, можно предположить, что активация кислорода происходит, главным образом, на платиновых центрах, что и обеспечивает высокую активность таких гетерометаллхалькогенидных систем.

Исследования по электрокатализаторам для анодного окисления метанола продолжаются около 40 лет, но лучшим катализатором остаётся система платина–рутений. Основные усовершенствования последних лет свелись к разработке технологических приёмов, позволяющих приготовить нанесённые платино–рутениевые наноразмерные катализаторы так, что расход платины удалось снизить с 10 мг/см² примерно на порядок. Однако проблема создания эффективного электрокатализатора для метанольного анода всё ещё актуальна.

КОМПАКТНЫЕ ТОПЛИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ СО СМЕШАННЫМ РЕАГЕНТОМ

Компактные ТЭ со смешанным реагентом являются новым важным подходом к созданию МТЭ [24]. В отличие от обычных ТЭ, которые работают с использованием активных, но неселективных электрокатализаторов, компактные топливные элементы со смешанным реагентом, которые известны уже полвека, используют способности анодных и катодных электрокатализаторов разделять электрохимическое окисление топлива и восстановление окислителя. В этом случае отсутствует необходимость в пространственном разделении топлива и окислителя и значительно упрощается конструкция МТЭ.

Компактные ТЭ со смешанным реагентом представляют совершенно новую концепцию, в которой смесь топлива и окислителя протекает через систему анод – пористая электролитная матрица – катод. Эта система может быть моноэлементной (в виде набора пакетов или параллельных пакетов), с планарной, трубчатой или другой геометрией. Вне зависимости от электролита и типа ТЭ, для эффективной работы топливного элемента со смешанным реагентом анодные и катодные электрокатализаторы должны быть действительно селективными, т.е. анод должен быть активным в реакциях окисления топлива и толерантным к кислороду, а катод должен быть активным к восстановлению кислорода и толерантным к топливу.

Селективность катализаторов в ТЭ со смешанным реагентом необходима для минимизации смешанных потенциалов на электродах, которые будут уменьшать напряжение элемента, а также для оптимизации КПД преобразования в электричество. В последнее время появились селективные анодные и катодные наноэлектрокатализаторы. Развитие исследований в области компактных ТЭ открывает перспективы для их коммерческого использования.

Современная техническая литература по МТЭ весьма обширна. Хорошим путеводителем и справочным руководством может служить интернет-ресурс www.knowledgepress.com. Зарегистрированы патенты, посвящённые как технологии МТЭ, так и современным электрокатализаторам, видам топлива и типам мембран [22, 25, 26].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

К настоящему времени достигнуты значительные успехи в разработке МТЭ, что позволяет рекомендовать их для питания массовой портативной электронной аппаратуры. Прогнозы использования МТЭ весьма оптимистичны. Так, фирма Pike Research (<http://www.pikeresearch.com/newsroom>) подчёркивает, что, несмотря на экономическую рецессию, в 2010 г. в мире возросло производство топливных элементов (в денежном выражении прирост составил 740 млн. долл. США). В то же время разработчики столкнулись со сложными проблемами, которые необходимо решить для того, чтобы МТЭ выдержали конкуренцию с другими источниками тока, в

частности, с литий-ионными и литий-полимерными аккумуляторами.

ЛИТЕРАТУРА

- Ostwald W.F. *Elektrochemie*. 1894. Bd. 1. S. 122.
- Narayan S.R., Valdez T.I. *Interface*. 2008. V. 17. No. 4. P. 40.
- Patil A.S., Dubois T.G., Sifer N., Bostic E., Gardner K., Quab M., Bolton C. J. *Power Sources*. 2004. V. 136. P. 220.
- Wainright J.S., Savinell R.F., Liu C.C., Litt M. *Electrochim. Acta*. 2003. V. 48. P. 2869.
- Забродский А.Г., Гуревич С.А., Кожевни В.М. и др. *Альтернативная энергетика и экология*. 2007. № 2(46). С. 54.
- Гринберг В.А., Кулова Т.Л., Скундин А.М. и др. *Электрохимия*. 2007. Т. 43. № 1. С. 72–76.
- Гринберг В.А., Кулова Т.Л., Майорова Н.А. и др. *Электрохимия*. 2007. Т. 43. № 1. С. 77–86.
- Grinberg V.A., Kulova T.L., Skundin A.M., Pasymskii A.A. Patent application 20070078052. April 5, 2007. RU2004129396. Oct 5, 2004.
- Law C.G., Grinberg V.A., Kulova T.L., Skundin A.M., Pasymskii A.A. Patent application 20070111084, May 17, 2007. RU2004129396. Oct 5, 2004.
- Гринберг В.А., Пасынский А.А., Кулова Т.Л. и др. *Электрохимия*. 2008. Т. 44. № 2. С. 202–213.
- Гринберг В.А., Майорова Н.А., Пасынский А.А. *Электрохимия*. 2009. Т. 45. С. 1427.
- Гринберг В.А., Майорова Н.А., Корлюков А.А. и др. *Электрохимия*. 2010. Т. 46. № 11. С. 1377–1384.
- Grinberg V., Mayorova N., and Pasymskii A. 218th ECS Meet. Las Vegas, NV.
- Пасынский А.А., Гринберг В.А., Конченко С.Н. и др. *Координационная химия*. 2010. Т. 36. № 5. С. 359–365.
- Гринберг В.А., Скундин А.М., Пасынский А.А. и др. Патент РФ № 2401695 от 20.10.2010.
- Гринберг В.А., Скундин А.М., Пасынский А.А. и др. Патент РФ № 2396637 от 10.08.2010.
- Гринберг В.А., Скундин А.М., Корлюков А.А. и др. Патент РФ № 2404833 от 27.11.2010.
- Гринберг В.А., Скундин А.М., Михайлова А.А. и др. Патент РФ № 2396641 от 10.08.2010.
- Гринберг В.А., Скундин А.М., Михайлова А.А. и др. Патент РФ № 2402117 от 20.10.2010.
- Трусов Л.И., Федотов В.П., ВЛ., Красько Л.Б. и др. Патент РФ № 2396638 от 10.08.2010.
- Dyer C.K. *J. Power Sources*. 2002. V. 106. P. 31.
- Нижниковский Е.А. *Современная электроника*. 2010. № 2. С. 12–17.
- Нижниковский Е.А. *Портативные химические источники тока. «Спутник+», 2008.*
- Dyer C.K. *Sci. Am*. 1999. V. 281(1). P. 88.
- Hockaday R.G. *US Pat. No. 4 673 624*. 1987.
- Choi J., Lee E.-S., Jang J.-H., Seo Y. H., Kim B. *World Acad. of Sci., Engineering and Technol.* 2009. V. 56. PP. 31–34.

Особенности и параметры силовых модулей на МОП-транзисторах компании IXYS

Юрий Петропавловский (Ростовская обл.)

В статье рассмотрены номенклатура, параметры и конструктивные особенности современных силовых модулей на МОП-транзисторах компании IXYS.

Основанная в 1983 г. доктором Натаном Зоммером, компания IXYS (США) достаточно быстро заняла лидирующие позиции на рынке высоковольтных силовых полупроводниковых приборов в США. В течение ряда лет компанией был приобретён ряд производителей полупроводниковых и электронных приборов, в том числе Direct Energy Inc. (быстродействующие силовые приборы), Westcode Semiconductor Limited (приборы большой мощности), MicroWave Technology Inc. (ВЧ/СВЧ-полупроводниковые приборы и устройства), Leadis Technology Inc. (драйверы светодиодов и дисплеев), Zilog Inc. (микропроцессоры и системы на кристалле). Таким образом, компания IXYS стала одним из ведущих производителей разнообразных полупроводниковых изделий и устройств. В настоящее время продукция компании покрывает до 90% номенклатуры мирового рынка силовой электроники [1].

Компания IXYS выпускает продукцию для силовой электроники в сле-

дующих категориях: дискретные МОП-транзисторы, IGBT (биполярные транзисторы с изолированным затвором), тиристоры и модули на их основе; диоды и диодные сборки; корректоры коэффициента мощности; высоковольтные регуляторы; переключатели; приборы защиты; алюминиевые подложки DCB (Direct-Copper-Bonded); выпрямители и IGBT в корпусах для монтажа на поверхность.

В каталоге IXYS от 2011 г. представлена широкая номенклатура МОП-модулей различных конфигураций; все приборы компании разделены на группы [2]. Классификационные параметры силовых модулей приведены в таблице. В подстрочных индексах (в таблице и далее по тексту) указана температура измерения (°C).

H-Bridge – H-мостовые модули с n-канальными МОП-транзисторами семейства HDMOS, оппозитными (встроенными, защитными) диодами и встроенными терморезисторами с отрицательным ТКС, выполненные в корпусах ECO-PAC 2 (см. рис. 1) и V2-

Pack (см. рис. 2). Модули имеют следующие особенности:

- электрически изолированное основание, выполненное по технологии DCB, обеспечивает хороший отвод тепла от кристаллов и повышенную стойкость к термоциклированию;
- инверторы выполнены по технологии HiPerFET (семейство HDMOS) с низким сопротивлением сток-исток в открытом состоянии ($R_{ds\ on}$), малым зарядом переключения затвора и высоким быстродействием;
- высокая надёжность при работе на индуктивные нагрузки (UIS, Unclamped Inductive Switching) [3];
- устойчивость к высокой скорости нарастания напряжения (dv/dt ruggedness).

Области применения приборов, рекомендованные изготовителем: драйверы приводов двигателей и источники питания; управление системами батарей и топливных элементов; автомобильное оборудование, промышленные средства передвижения (Industrial Vehicle); схемы мощных источников вторичного электропитания; схемы импульсных источников первичного электропитания (прибор VBH 40-05B со встроенным мостовым выпрямителем).

Phase-Leg (однофазные приборы) – модули, состоящие из двух комплементарных или n-канальных МОП-транзисторов с оппозитными диодами и терморезисторами с отрицательным ТКС (в ряде приборов). Транзисторы модулей выполнены по технологиям HiPerFET, Polar P & N-Channel, Trench P & N-Channel, PolarHV HiPerFET, Trench Gate HiperFET, TrenchT2 HiperFET в корпусах ISOPLUS i4-Pak (см. рис. 3), Y3-Li (с низкой индуктивностью соединений, см. рис. 4), Y3-DCB, Y4-M5 (прибор VMM85-02F, структура и внешний вид см. на рис. 5), TO-240AA (прибор VMM45-02F, структура и внешний вид см. на рис. 6). Изолированные основания всех модулей рассматриваемой группы реализованы по технологии DCB. Приведём основные особенности перспективных приборов группы Phase-Leg, справочные листки на которые выпущены в 2008–2011 гг.:

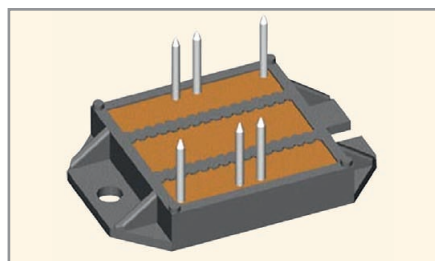


Рис. 1. Внешний вид модулей в корпусе ECO-PAC 2

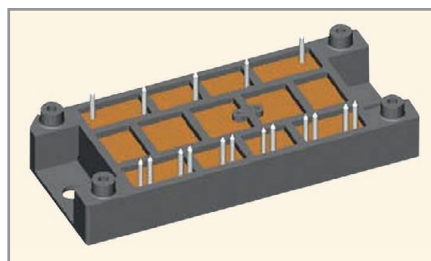


Рис. 2. Внешний вид модулей в корпусе V2-Pack

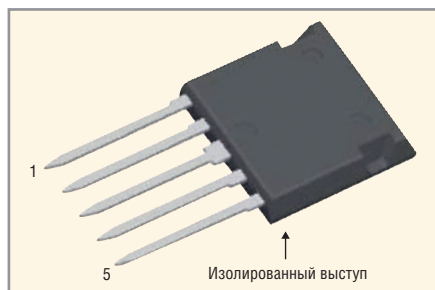


Рис. 3. Внешний вид модулей в корпусе ISOPLUS i4-Pak

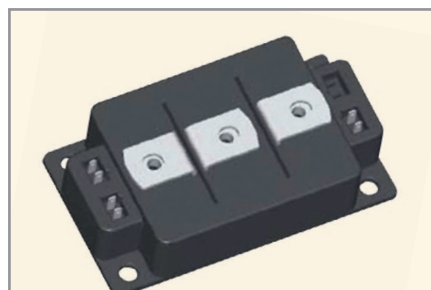


Рис. 4. Внешний вид модулей в корпусе Y3-Li

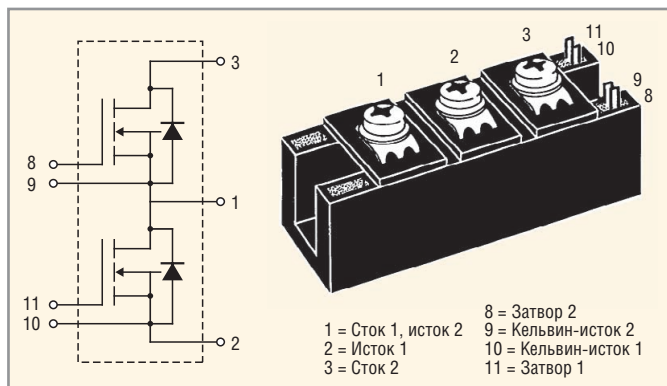


Рис. 5. Структура и внешний вид модуля VMM85-02F в корпусе Y4-M5

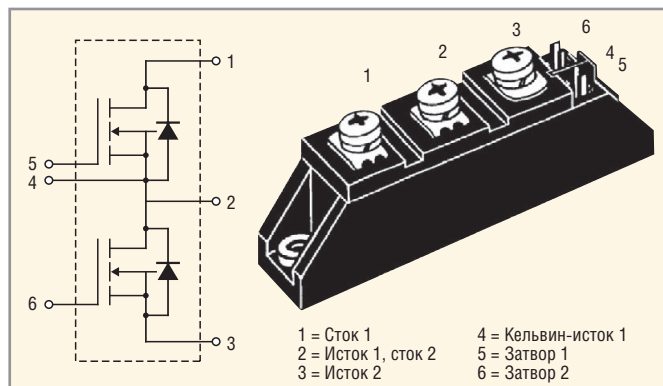


Рис. 6. Структура и внешний вид модуля VMM45-02F в корпусе TO-240AA

- малый заряд переключения затвора Q_g ;
- малые ёмкость стока/подложка и индуктивности внутренних соединений;
- высокое быстродействие;
- диапазон допустимых температур кристаллов $-55...150^{\circ}\text{C}$;
- допустимое напряжение изоляции выводы/подложка 2500 В (с.к.з. 50/60 Пс, 1 мин).

Области применения модулей, рекомендованные изготовителем: драйверы электродвигателей постоянного и переменного тока, звуковые усилители (комплементарные выходные прибо-

ры), многофазные DC/DC-преобразователи, промышленные зарядные установки; импульсные источники питания; синхронные выпрямители, инверторы для источников бесперебойного питания, солнечных и ветрогенераторов, тормозные прерыватели постоянного тока.

Trench Gate, Isoplus-DIL Trench – в 2011 г. фирма выпустила более десяти типов модулей, выполненных на полевых транзисторах с изолированными затворами типа Trench серий GMM, GWM, VWM. В состав всех новых трёхфазных модулей входят шесть n-канальных по-

левых транзисторов с оппозитными диодами. Приборы выполнены в корпусах с прямыми выводами (SL) и для монтажа на поверхность (SMD). Изолированные основания модулей реализованы по технологии DCB, их внешний вид показан на рисунке 7, структура – на рисунке 8.

Полевые транзисторы с затворами Trench имеют примерно на 40% меньшую площадь кристаллов по сравнению с сопоставимыми по мощности приборами, выполненными по другим технологиям. В них существенно уменьшен путь протекания тока и снижены

Пьезонасос

для охлаждения малогабаритных компонентов

- Замена радиаторов и вентиляторов
- Рабочая частота: 26 кГц
- Производительность: 1 л/мин. (15 В ампл.)
- Статическое давление: 1900 Па (15 В ампл.)
- Габаритные размеры: 20 x 20 x 1.85 мм

www.platan.ru

Офисы в Москве: м. Молодежная: ул.Ивана Франко, 40, стр.2, (495) 97 000 99, platan@aha.ru;
 м. Новослободская: 1-й Щемилковский пер., 16, стр.2 (495) 744 70 70, platan@platan.ru
 Офис в Санкт-Петербурге: ул. Зверинская, 44 (812) 232 88 36, baltika@platan.spb.ru

Реклама

Классификационные параметры силовых модулей компании IXYS на МОП-транзисторах

Категория	Тип прибора	Ucc, В	Ic25°, А	Ic80/90, А	Rds on, мОм	tf, нс	tr, нс	Qз, нК	Rth jc, К/Вт	Структура	Стиль корпуса
H-bridge	VKM60-01P1	100	75		25	60	60		0,5	VKM	ECO-PAC 2
	VBH40-05B	500	45	33	116	80	100		0,32	VBH	V2-PACK
	VHM40-06P1	600	38	/25	70	10	95		0,45	VHM	ECO-PAC 2
	VKM40-06P1	600	38	25/25	70	10	95		0,45	VKM	ECO-PAC 2
Phase-Leg	FMP26-02P	-200	-17		170	21	33	56	1		ISOPLUS-i4-Pak
	FMP36-015P	-150	-22		110	15	31		1		ISOPLUS-i4-Pak
	FMP76-010T	-100	-54		24	20	40		0,95		ISOPLUS-i4-Pak
	FMP76-01T	-100	-54		0,024	20	40	197	0,95		ISOPLUS-i4-Pak
	FMM150-0075X2F	75	120		0,0058	15	18	178	0,88		ISOPLUS-i4-Pak
	FMM150-0075P	75	150		4,2	90	100		0,6	FMM	ISOPLUS i4-PackTM (5 выводов)
	VMM1500-0075T2	75	1500		0,55	120	170	1200	0,06	VMM	Y3-Li
	FMM75-01F	100	75		25	60	60	180	0,5	FMM	ISOPLUS-i4-PackTM (5 выводов)
	VMM650-01F	100	680		2,2	200	250	1440	0,08	VMM	Y3-Li
	FMM60-02TF	200	33		40	42	46		1		ISOPLUS-i4-Pak
	VMM45-02F	200	45		45	45	45	190	0,63	VMM	TO-240AA
	VMM85-02F	200	84		25	100	80	380	0,33	VMM	Y4-M5
	FMM50-025TF	250	30		50	25	25		1		ISOPLUS-i4-Pak
	VMM300-03F	300	290		8,6	150	400	1440	0,08	VMM	Y3-DCB
	FMM22-05PF	500	13		270	21	25		0,95		ISOPLUS-i4-Pak
	FMM22-06PF	600	12		350	23	20		0,95		ISOPLUS-i4-Pak
VMM90-09F	900	85		76	140	180	960	0,08	VMM	Y3-Li	
Trench Gate	GWM180-004 x 2-SL/SMD	40	180	/136	2,5	170	240		1	GWM/VMM	ISOPLUS-DILTM
	GWM220-004P3	40	190	/145	2	190	270		1	GWM/VMM	ISOPLUS-DILTM
	GWM160-0055X1-SL/SMD	55	150	/115	3,3	120	125		1	GWM/VMM	ISOPLUS-DILTM
	GMM3x160-0055x1-SMD	55	150	/115	3,1	100	110		1	GMM	ISOPLUS-DILTM
	GMM3x180-004X2	40	180	/136	1	170	240		1	GMM	ISOPLUS-DILTM
	GWM120-0075x1-SL/SMD	75	110	/85	4,9	100	100		1	GWM/VMM	ISOPLUS-DILTM
	GMM3x120-0075x2-SMD	75	110	/85	4,9	100	100		1	GWM/VMM	ISOPLUS-DILTM
	GWM120-0075P3	75	125	/90	5,5	100	80		1	GWM/VMM	ISOPLUS-DILTM
	VWM270-0075x2	75	270	215	2,1	15	20		0,44	GWM/VMM	V2-PACK
	VWM350-0075P	75	340	250	2,3	200	170		0,26	GWM/VMM	V2-PACK
	VMM1500-0075P	75	1500	1200	0,55	200	170		0,06	VMM	Y3-Li
	VMM1500-0075x2	75	1560	1240	0,38	880	1680		0,08	VMM	Y3-Li
	GWM100-0085x1-SL/SMD	85	103	/77	6,2				1	GWM/VMM	ISOPLUS-DILTM
	GMM100-01x1-SL/SMD	100	90	/68	8,5	55	95		1	GWM/VMM	ISOPLUS-DILTM
	GMM3x100-01x1-SMD	100	90	/68	8,5	55	95		1	GMM	ISOPLUS-DILTM
	VWM200-01P	100	210	170	3,6	100	100		0,26	GWM/VMM	V2-PACK
	VMM1000-01P	100	100	800	0,75	100	100		0,06	VMM	Y3-Li
	FMM110-015x2F	150	53		20	18	16		0,83	FMM	ISOPLUS i4-PackTM
	GMM3x60-15x1-SMD	150	57	/45	22				1	GMM	ISOPLUS-DILTM
	FMM65-015P	150	65	/50	13	100	80		0,6	FMM	ISOPLUS-i4-PackTM (5 выводов)
Boost and Buck	IXFN100N10S1	100	100	/75	12	30	70		0,35	Copack (FRD)	SOT-227B
	IXFN100N10S2	100	100	/75	12	30	70		0,35	Boost	SOT-227B
	IXFN100N10S3	100	100	/75	12	30	70		0,35	Buck	SOT-227B
	FMD21-05QC	500	21	/15	220	15	70		0,5	Boost	ISOPLUS i4-PACTM
	IXFE44N50QD2	500	39	/29	120	10	22		0,31	Boost	ISOPLUS227TM
	IXFE44N50QD3	500	39	/29	120	10	22		0,31	Buck	ISOPLUS227TM
	IXFE48N50QD2	500	41	/31	110	10	22		0,31	Boost	ISOPLUS227TM
	IXFE48N50QD3	500	41	/31	110	10	22		0,31	Buck	ISOPLUS227TM
	IXFN44N50U2	500	44	/33	120	30	60		0,24	Boost	SOT-227B
	IXFN44N50U3	500	44	/33	120	30	60		0,24	Buck	SOT-227B
	IXFN48N50U2	500	48	/36	100	30	60		0,24	Boost	SOT-227B
	IXFN48N50U3	500	48	/36	100	30	60		0,24	Buck	SOT-227B
	IXFN6450PD2	500	50		0,085	22	25		0,2	Boost	SOT-227B
	IXFN6450PD3	500	50		0,085	22	25		0,2	Boost	SOT-227B
	FDM15-06KC5	600	15	/11	165	5	5		1,1	Buck	ISOPLUS i4-PACTM
	FMD15-06KC5	600	15	/11	165	5	5		1,1	Boost	ISOPLUS i4-PACTM
	MKE11R600DCGFC	600	15	/11	165	4	6		1,1	Boost/SiC diod	ISOPLUS i4-PACTM
	FMD40-06KC	600	38	/25	70	10	30		0,45	Boost	ISOPLUS i4-PACTM
FDM47-06KC5	600	47	/32	45	10	20		0,45	Buck	ISOPLUS i4-PACTM	
FMD47-06KC5	600	47	/32	45	10	20		0,45	Boost	ISOPLUS i4-PACTM	
Dual Switch	VMK165-007T	70	165		7	110	280		0,32	VMK/FMK	TO-240AA
	VMK90-02T2	200	83	60	25	100	80		0,33	VMK/FMK	TO-240AA
Single Switch	VMO550-01F	100	590	440	2,1	200	500		0,057	Single	Y3-DCB
	VMO650-01F	100	690	520	1,8	200	500		0,048	Single	Y3-DCB
	VMO1200-01F	100	1220	970	1,25	1020	1620		0,053	Single	Y3-Li
	VMO580-02F	200	580	430	3,8	350	500		0,05	Single	Y3-Li
	VMO1600-02P	200	1900	1600	1,7	700	1220		0,03	Single	Y3-Li
	VMO60-05F	500	60	37	75	30	45		0,21	Single	TO-240AA

потери на проводимость. В большей степени преимущества Trench-транзисторов проявляются для самых мощных приборов, однако основной выигрыш эта технология даёт при работе на высоких частотах переключения.

Для современной электроники требуются силовые приборы (и модули), обеспечивающие преобразование напряжения на частотах выше 100 кГц, коммутацию тока до 200 А и более, высокую устойчивость к лавинному пробое. Для низковольтных цепей автомобильного электрооборудования перечисленным выше требованиям удовлетворяют силовые полевые транзисторы. Традиционная планарная технология двойной диффузии с горизонтальным каналом позволяет изготавливать транзисторы с $R_{ds\ on}$ 2,3...3,6 мОм и пробивным напряжением 40 В. При токах более 100 А даже при таком низком внутреннем сопротивлении потери мощности превышают 20...30 Вт. Поэтому принципиально важно уменьшить внутреннее сопротивление транзисторов даже на несколько десятых ома. Однако дальнейшее увеличение площади кристал-

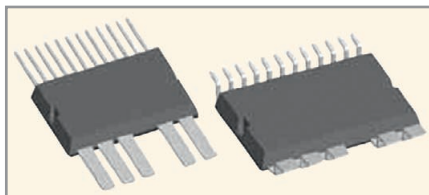


Рис. 7. Внешний вид модулей в корпусах Isoplus-DIL

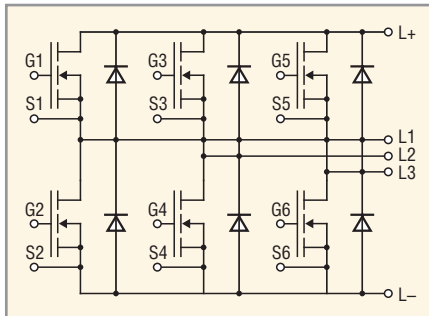


Рис. 8. Структура модулей серий GMM, GWM, VWM

лов транзисторов ограничено габаритами корпуса и ростом входной ёмкости, что приводит к снижению быстродействия и увеличению мощности в цепях управления.

Конструктивной особенностью кристаллов Trench-транзисторов является

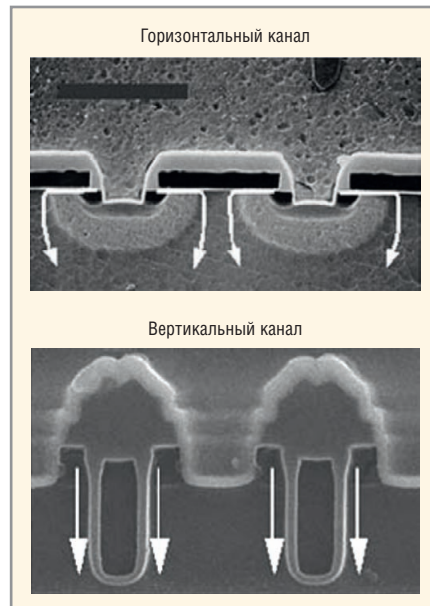


Рис. 9. Структуры кристаллов МОП-транзисторов с горизонтальным и вертикальным каналами

вертикальное расположение канала, создаваемого на стенках канавок (Trench), которыми прорезываются пластины (предварительно сформированные двойной диффузией области истока n^+ и более глубокие области канала p). На рисунке 9 показаны попе-

Chroma

МИРОВОЙ ЛИДЕР ПО ПРОИЗВОДСТВУ ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ И ЭЛЕКТРОННЫХ НАГРУЗОК

ПРОГРАММИРУЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ

ПОСТОЯННОГО И ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

МОЩНОСТЬ ОТ 0 ДО 5000 Вт



ЭЛЕКТРОННЫЕ НАГРУЗКИ

ПОСТОЯННОГО И ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

МОЩНОСТЬ ОТ 30 ДО 4500 Вт

ЗАО «ТЕСТПРИБОР» ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР КОМПАНИИ CHROMA ATE, [HTTP://WWW.CHROMAATE.COM](http://www.chromaate.com)

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://TESTPRIBOR.PF](http://TESTPRIBOR.PF)

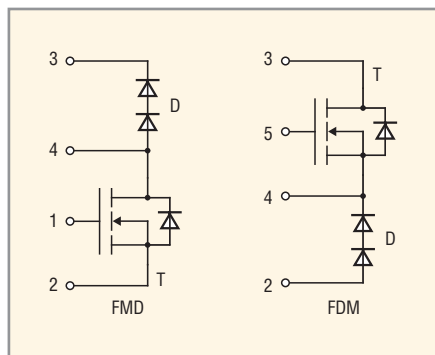


Рис. 10. Структуры модулей серий FMD, FDM

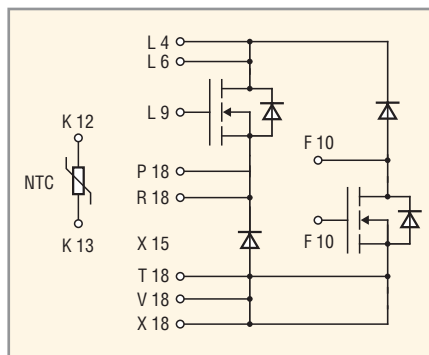


Рис. 11. Структура модуля VHM 40-06P1

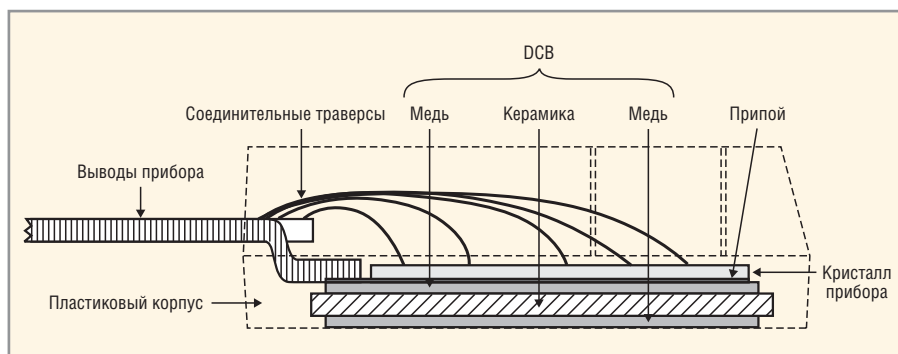


Рис. 12. Устройство приборов с основанием DCB

речные структуры кристаллов транзисторов с горизонтальным и вертикальными каналами; стрелками отмечено направление тока. Носители зарядов в структурах с вертикальным каналом движутся только в вертикальном направлении, в структурах с горизонтальным каналом – в горизонтальном направлении вдоль планарной поверхности и затем вертикально в дрейфовой области стока, и проходят при этом гораздо больший путь. Приборы с вертикальными каналами характеризуются следующими особенностями:

- в структурах, формируемых по Trench-технологии, достигается максимальная плотность ячеек на единицу площади, что обеспечивает увеличение общей ширины канала;
- в Trench-транзисторах отсутствует присущее планарным конструкциям «сжатие» верхней дрейфовой части стока областями пространственного заряда соседних ячеек;
- в структурах с вертикальным каналом в режиме обратного смещения и лавинного пробоя практически отсутствует горизонтальная составляющая тока вдоль истока n^+ ; в горизонтальных структурах это является причиной включения паразитного биполярного транзистора и развития разрушающего лавинного процесса;

- конструктивные особенности вертикального затвора обеспечивают улучшение зарядовых характеристик и снижение времени восстановления обратного сопротивления встроенного диода;
- сопротивление $R_{ds\ on}$ для Trench-транзисторов примерно на 40% меньше, чем у планарных аналогов [4].

Новые (2011 г.) приборы Trench MOSFET серий GMM, GWM, VWM имеют следующие особенности:

- низкое сопротивление $R_{ds\ on}$;
- оптимизированные параметры встроенных антипараллельных диодов;
- высокая степень интеграции;
- большие рабочие токи (для серии GWM до 300 А);
- вспомогательные выводы для контроля параметров пайки или сварки и доступа ко всем электродам транзисторов модулей;
- изолированное основание DCB с оптимизированными параметрами отвода тепла;
- малые габариты и вес;
- два типа выводов приборов серии GWM – прямые (SL – Straight Leads) и для монтажа на поверхность (SMD);
- новые модули серии VWM выполнены в корпусах V2-Pack (см. рис. 2).

Основные области применения модулей серий GMM, GWM, VWM, рекомендованные изготовителем: драйве-

ры систем управления рулём автомобилей, драйверы стартеров двигателей, драйверы силовых промышленных установок, драйверы вилочных погрузчиков, оборудование с питанием от аккумуляторов.

На основе приборов Trench MOSFET выполнены и модули компании более ранних разработок (2009 и 2010 гг.), например, VMM 1500-0075X2 (2010 г.) содержит два последовательно включённых МОП-транзистора с оппозитными диодами и выполнен в корпусе Y3-Li (см. рис. 4). Прибор характеризуется очень низким сопротивлением $R_{ds\ on}$ (0,38 мОм) при токе 1560 А. Области применения модуля: компактные драйверы большой мощности главных и вспомогательных электрических двигателей переменного тока; четырёхквadrантные драйверы постоянного тока большой мощности; источники питания с низким входным напряжением (топливные и солнечные элементы и т.п.).

Boost and Buck – модули различных конфигураций, в состав которых входят одиночный МОП-транзистор и дополнительные диоды, выполненные в различных корпусах. Новые приборы серий FMD, FDM (2008–2010 гг.) выполнены в корпусах ISOPLUS i4 (см. рис. 3), структура модулей приведена на рисунке 10. Приборы имеют следующие особенности:

- технология CoolMOS фирмы Infineon (3-го и 4-го поколения);
- высокое блокирующее напряжение и малое сопротивление $R_{ds\ on}$;
- нормированные лавинные параметры при подключении индуктивной нагрузки (UIS);
- повышенная плотность мощности (Enhanced Total Power density);
- низкое тепловое сопротивление вследствие малой толщины кристалла;
- встроенные диодные сборки HiPerDyn FRED, состоящие из нескольких последовательно соединённых диодов и обеспечивающие высокие динамические характеристики и рабочие частоты;
- изолированная подложка, выполненная по технологии DCB, обеспечивает большую мощность рассеяния, напряжение изоляции 2500 В и малую (менее 40 пФ) ёмкость сток/основание.

Основные области применения модулей: выходные каскады импульсных источников питания (SMPS), источни-

ки бесперебойного питания, корректоры фактора мощности.

Dual Switch Common Source/Single Switch – двоянные или одиночные МОП-транзисторы со встроенными оппозитными диодами; для новых разработок предназначены только два прибора – VMO1200-01F и VMO1600-02P, – выполненные в корпусах Y3-Li (см. рис. 4, один вывод отсутствует). Модули изготовлены по технологии PolarHT, которая обеспечивает очень низкое сопротивление $R_{ds\ on}$ и устойчивость к высоким значениям dv/dt . Приборы предназначены для использования в драйверах большой мощности главных и вспомогательных электрических двигателей переменного тока, драйверах постоянного тока и источниках питания.

Рассмотрим особенности и параметры некоторых перспективных модулей более подробно.

VHM 40-06P1 (2009 г.), группа H-Bridge. Структура модуля приведена на рисунке 11. Прибор выполнен в корпусе ECO-PAC 2 на изолированном основании DCB. Подложки DCB применяют многие производители полупроводников; устройство одного из приборов с таким основанием показано на рисунке 12. Подложка DCB выполняется из керамики с изоляцией Al_2O_3 или AlN , имеющей высокие значения теплопроводности и напряжения изоляции. Для изготовления подложки на медную пластину толщиной порядка сотен микрон при температуре свыше $1000^\circ C$ сверху и снизу наплавляют изолирующий материал. Кристаллы модуля припаиваются к верхней части подложки, а её нижняя часть припаивается к основной пластине модуля толщиной в несколько миллиметров. Достоинства технологии DCB: хорошая изоляция кристаллов модулей от главного основания; небольшая емкостная связь с главным основанием способствует уменьшению уровня электромагнитных помех; большая мощность рассеяния; хорошая стойкость к термоциклированию конструкции кристалл/подложка; возможность пайки выводов модулей к изолирующему слою подложки [5, 6].

В модулях применены быстродействующие полевые транзисторы, выполненные по технологии CoolMOS и характеризующиеся высокой стойкостью к блокировке, низким сопро-

тивлением $R_{ds\ on}$, нормированными лавинными параметрами при коммутации индуктивных нагрузок (UIC), низким тепловым сопротивлением. Основные параметры прибора (кроме приведённых в таблице):

- максимальное значение dv/dt составляет 6 В/нс;
- заряд затвора $Q_g/Q_{gs}/Q_{gd}$ – 220/55/125 нК (типичные значения при $U_{зи} = 10$ В, $U_{си} = 350$ В, $I_c = 50$ А, $T = 25^\circ C$);
- время задержки включения/выключения $t_{d(on/off)}$ 30/100 нс;
- параметры оппозитных диодов: $U_{пр} = 1$ В; $I_{пр\ макс} = 47$ А; $t_{гр} = 80$ нс; $Q_{гр} = 3$ мКК;
- параметры обратных диодов (FRED): $I_{пр80} = 12$ А; $t_{гр} = 70$ нс; $R_{thjc} = 0,35^\circ K/Вт$;
- параметры терморезистора с отрицательным ТК $R_{25} = 5$ кОм, $B_{25/50} = 3375^\circ K$;
- допустимые рабочие температуры кристаллов модуля $-40...150^\circ C$.

FMP26-02P (2011 г.), группа Phase-Leg. Структура модуля приведена на рисунке 13, прибор выполнен в корпусе ISOPLUS i4-Pak с изолированным основанием DCB. В состав прибора входит комплементарная пара полевых транзисторов с общим стоком и оппозитными диодами, выполненная по технологии Polar P & N-Channel. Транзисторы модуля отличаются низкими зарядами затвора, малыми ёмкостями сток/основание

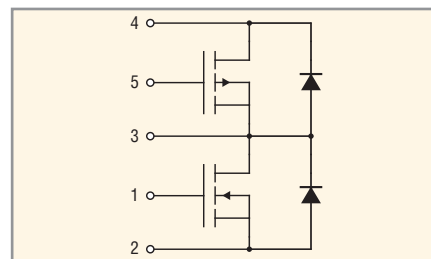


Рис. 13. Структура модуля FMP26-02P

и высоким изолирующим напряжением (2500 В). Основные параметры модуля (кроме приведённых в таблице):

- диапазон рабочих температур кристаллов $T_{vj} -55...150^\circ C$;
- параметры р-канального транзистора:
 - мощность рассеяния $P_{расс} = 25...125$ Вт,
 - время задержки включения/выключения $t_{d(on/off)} = 18/46$ нс,
 - заряд затвора $Q_g/Q_{gs}/Q_{gd} = 56/18/20$ нК,
 - параметры оппозитного диода: $U_{пр} = -3,2$ В, $I_{пр\ макс} = -17$ А, $t_{гр} = 240$ нс;
- параметры n-канального транзистора:
 - напряжение сток/исток $U_c = 200$ В;
 - ток стока $I_{c25} = 26$ А,
 - мощность рассеяния $P_{расс} = 25...125$ Вт,
 - время задержки включения/выключения 26/70 нс,
 - заряд затвора $Q_g/Q_{gs}/Q_{gd} = 70/17/37$ нК,

Твердотельные накопители данных для профессионалов

SMARTTM Modular Technologies ADTRON

До 60 000 IOPS
500 МБ/с / 500 МБ/с
Форм-фактор 1.8"/2.5"
Рабочий диапазон $-40...+85^\circ C$
Технологии SLC / eMLC NAND

Made in USA

Enterprise SSD Industrial SSD Flash Cards Embedded SSD

ООО «АСД-Адтрон» • www.adtron.ru • info@adtron.ru • (812) 766-55-48

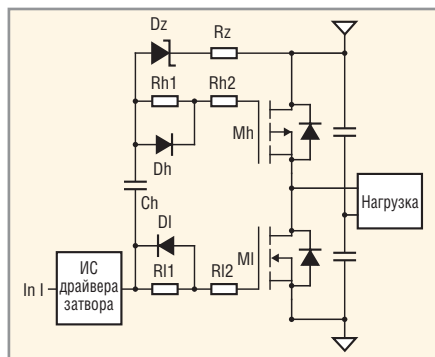


Рис. 14. Схема включения модуля FMP26-02P

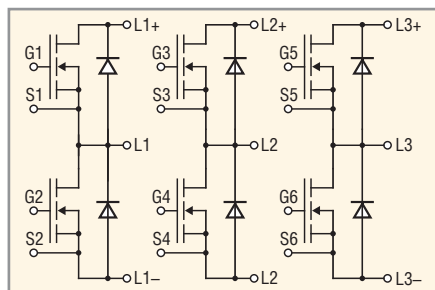


Рис. 15. Структура модуля GMM 3x180-004X2

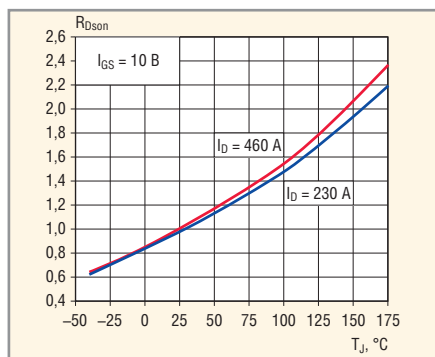


Рис. 16. Зависимости нормированного сопротивления Rds на модуля VWM 270-0075X2 от температуры перехода

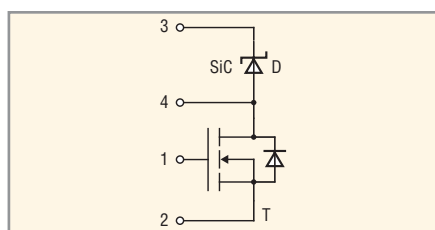


Рис. 17. Структура модуля MKE 11R6DCGFC

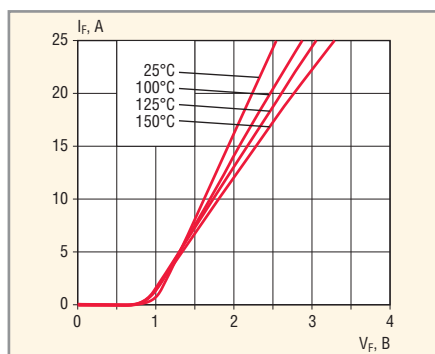


Рис. 18. Зависимость прямого тока ускоряющего диода модуля MKE 11R6DCGFC от прямого напряжения

– параметры оппозитного диода:
 $U_{пр} = 1,5 \text{ В}$, $I_{пр макс} = 26 \text{ А}$, $t_{rr} = 150 \text{ нс}$.

Главным преимуществом р-канальных транзисторов является простота управления в схемах верхнего ключа. Источник питания для них может быть однополярным, в то время как управление п-канальными транзисторами возможно с помощью изолированного драйвера либо импульсного трансформатора. Пример схемы включения модуля с одним драйвером управления приведён на рисунке 14 [7].

GMM 3x180-004X2 (2011), группа Trench Gate. Структура этого полномостового трёхфазного модуля приведена на рисунке 15. Прибор отличается полностью изолированными плечами моста (питание на каждую фазу может подаваться отдельно по выводам L+, L-). Транзисторы Trench MOSFET модуля отличаются очень низким сопротивлением $R_{ds on} = 2,8 \text{ мОм}$ при $T_{vj} = 125^\circ\text{C}$ и токе 120 А и большим температурным диапазоном ($T_{vj} = -55...175^\circ\text{C}$). В приборах применены оппозитные диоды с оптимизированными параметрами для достижения минимальных потерь переключения. Основные параметры модуля (за исключением приведённых в таблице):

- параметры Trench MOSFET:
 - заряд затвора $Qg/Qgs/Qgd$ 110/33/30 нК,
 - время задержки включения/выключения $t_{d (on/off)}$ 150/350 нс;
 - энергия включения/выключения E_{on}/E_{off} 0,12/0,51 мДж,
- параметры оппозитных диодов при $T = 125^\circ\text{C}$:
 - $t_{rr} = 38 \text{ нс}$, $Q_{rm} = 0,31 \text{ мкК}$, $U_{пр} = 0,9 \text{ В}$ (при $I_{пр} = 100 \text{ А}$).

GWM 180-004X2 (2011 г.), группа Trench Gate. Структура модуля приведена на рисунке 8 (прибор имеет общие цепи питания всех трёх фаз). Приборы выпускаются в двух исполнениях – с прямыми выводами и для монтажа на поверхность. Основные параметры модуля практически не отличаются от соответствующих параметров модуля GMM3x180-004X2.

VWM 270-0075X2 (2011 г.), группа Trench Gate. Структура модуля соответствует приведённой на рисунке 8. Прибор выполнен в корпусе V2-Pack (см. рис. 2) и отличается очень низким сопротивлением $R_{ds on}$ – не более 2,1 мОм при $I_c = 100 \text{ А}$. Параметры Trench MOSFET при $I_c = 230 \text{ А}$, $R_3 = 10 \text{ Ом}$, $T = 125^\circ\text{C}$:

- заряд затвора $Qg/Qgs/Qgd$ 360/105/80 нК;
- время задержки включения/выключения $t_{d (on/off)}$ 145/410 нс;
- энергия включения/выключения 0,3/2,95 мДж.

Параметры оппозитных диодов при $T = 25^\circ\text{C}$:

- $t_{rr} = 85 \text{ нс}$, $Q_{rm} = 2,2 \text{ мкК}$, $U_{пр}$ не более 1,1 В;
- диапазон рабочих температур кристаллов $T_{vj} -40...175^\circ\text{C}$.

Зависимости нормированного сопротивления $R_{ds on}$ от температуры модуля при различных токах приведены на рисунке 16.

MKE 11R600DCGFC (2010 г.), группа Boost and Buck. Структура модуля, выполненного в корпусе ISOPLUS i4 с основанием DCB (см. рис. 3), приведена на рисунке 17. В приборе реализована интеграция технологии на основе карбида кремния (SiC) и технологии Super Junction MOSFET CoolMOS четвертого поколения фирмы Infineon в корпусе ISOPLUS i4. Модуль обладает повышенными предельной плотностью мощности и эффективностью в таких приложениях, как импульсные источники питания (SPMS) с быстрой коммутацией, инверторы солнечных батарей и популярные у разработчиков узлы boost-chopper корректоров коэффициента мощности для высокочастотных приложений. Из-за отсутствия инжекции неосновных носителей зарядов в SiC, встроенный ускоряющий диод имеет минимальное время восстановления обратного сопротивления, что уменьшает потери на переключение. Использование технологии Isoplus позволяет расположить транзистор и диод очень близко друг к другу и таким образом минимизировать паразитную индуктивность [8]. Основные параметры модуля (за исключением приведённых в таблице):

- параметры MOSFET при $I_c = 12 \text{ А}$, $R_3 = 10 \text{ Ом}$, $T = 125^\circ\text{C}$:
 - допустимое значение dv/dt 50 В/нс,
 - заряд затвора $Qg/Qgs/Qgd$ 40/9/13 нК,
 - время задержки включения/выключения $t_{d (on/off)}$ 12/75 нс,
 - энергия включения/выключения E_{on}/E_{off} 0,09/0,01 мДж;
- параметры оппозитного диода при $T = 25^\circ\text{C}$, $I_{пр} = 12 \text{ А}$, $di/dt = 100 \text{ А/мкс}$, $U_{обр} = 400 \text{ В}$:
 - $t_{rr} = 390 \text{ нс}$, $Q_{rm} = 7,5 \text{ мкК}$, $U_{пр} = 0,9 \text{ В}$;
- параметры ускоряющего диода SiC:

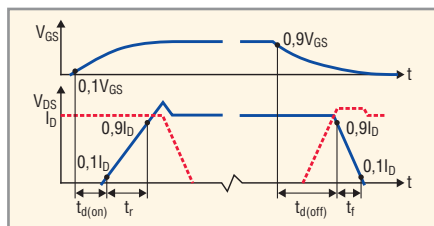


Рис. 19. Временные характеристики модуля MKE 11R6DCGFC

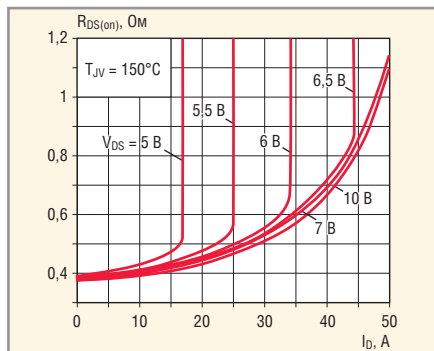


Рис. 20. Зависимости сопротивления $R_{DS\ on}$ модуля MKE 11R6DCGFC от тока стока

- $U_{обp} = 600\text{ В}$ ($T = 25...150^\circ\text{C}$), $I_{пр25/90} = 15/9,5\text{ А}$,
- $U_{пр}$ не более $1,9\text{ В}$ ($T = 25...150^\circ\text{C}$),
- $Q_c = 19\text{ нК}$, t_c не более 10 нс (при $T = 150^\circ\text{C}$, $di/dt = 200\text{ А/мкс}$, $U_{обp} = 400\text{ В}$, $I_{пр} = I_{макс}$);

• диапазон рабочих температур модуля T_{vj} составляет $-55...150^\circ\text{C}$.

Зависимости прямого тока ускоряющего диода модуля от прямого напряжения при различных температурах приведены на рисунке 18. Временные характеристики модуля приведены на рисунке 19. На рисунке 20 показаны зависимости сопротивления $R_{ds\ on}$ модуля от тока стока при различных напряжениях сток-исток.

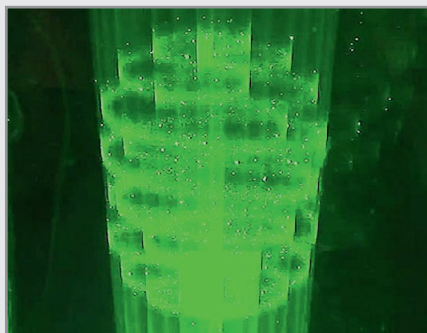
ЛИТЕРАТУРА

1. <http://www.ixys.com/Corporate/history.aspx>.
2. <http://www.ixys.com/ProductPortfolio/PowerDevices.aspx>.
3. <http://www.fairchildsemi.com/onlineseminars/unclampedInductiveSwitchingEnvironment.pdf>.
4. Голубев Н. Новая технология полевых МОП-транзисторов для современной автомобильной электроники. Силовая электроника. 2004. № 1.
5. http://www.tu-chemnitz.de/etit/le/downloads/amro/amro_pesc04_homepage.pdf.
6. http://www.gaw.ru/html.cgi/txt/doc/transistor/igbt_semi/2_4_1.htm.
7. Абдус Самтар. Применение новой серии р-канальных MOSFET-транзисторов компании IXYS. Силовая электроника. 2009. № 2.

Новости мира News of the World

True 3D: парящее в воздухе объёмное изображение

Представленный компанией Burton дисплей True 3D позволяет создавать светящиеся пиксели в любой точке трёхмерного пространства в воздухе или в воде. В основе системы лежит модернизированная версия технологии, совместно разработанной учёными японского института AIST и университета Кэйю, впервые она была анонсирована в 2006 г. Фокусируя лазерный луч в какой-то одной точке, система создаёт плазменное возбуждение кислорода и азота в воздухе и вызывает свечение.



Учёные говорят, что это первая в мире технология, позволяющая создавать изображение даже без какого-то подобия дисплея. Большинство современных 3D-систем создаёт картинку на двухмерном экране, и она кажется трёхмерной из-за оптической иллюзии, которая производит разные изображения для левого и правого глаза. Однако в данном случае изображение получается прямо в воздухе, оно полностью трёхмерно, и объёмные предметы выглядят натурально.

Текущая версия системы создаёт порядка 50 тыс. точек в секунду, частота смены кадров составляет примерно 10–15 в секунду, сейчас учёные работают над увеличением этого показателя до 24–30 кадров в секунду. Создание картинки в водной среде более экономично в аспекте потребления энергии, а в воздухе требуется более мощный лазер. Проще всего работать с зелёным лазером, однако если использовать комбинацию красного, зелёного и синего, можно добиться полноцветного изображения. Возможностей практического применения данной технологии поистине бесчисленное множество, но прежде её нужно будет усовершенствовать, увеличить разрешение и частоту смены кадров, чтобы картинка смотрелась правдоподобно.

<http://www.diginfo.tv/>

Цены на NAND-чипы продолжили падать в конце ноября

Согласно данным аналитического агентства DRAMeXchange, контрактные цены на микросхемы NAND продолжили снижаться во второй половине ноября. Рост заказов на SSD-диски стимулирует спрос на чипы, но из-за перепроизводства цены медленно идут ко дну.

С одной стороны, как отмечают аналитики, наводнение в Таиланде привело к дефициту жёстких дисков и, соответственно, последующему росту спроса на SSD-накопители, использующие NAND-память. С другой стороны, перебои с поставками цифровых камер вызвали падение спроса на флэш-карты. Совокупные поставки NAND-чипов для ПК, смартфонов и планшетов оказались низкими в конце прошлого месяца.

Контрактные цены на MLC-чипы mainstream-сегмента упали в среднем на 4...6%, при этом наибольший отрицательный скачок зафиксирован среди микросхем ёмкостью 32 Гбит.

<http://www.digitimes.com>

Доходы большинства производителей ЖК-панелей упали в октябре

Отраслевые источники считают, что производители жидкокристаллических панелей переживают сейчас свои чёрные дни, но уже в следующем году, по их мнению, может появиться свет в конце туннеля.

В октябре доходы компании AU Optronics (AUO) снизились на 5,2%. Chunghwa Picture Tubes (CPT) также показала спад на уровне 2,6%, а вот доходы HannStar, наоборот, хоть и незначительно, но выросли – на 0,6%.

Совокупные объёмы поставок крупных панелей AUO в прошедшем месяце составили 9,03 млн., что на 8,6% меньше, чем в сентябре. Отгрузки панелей малого и среднего размера снизились на 11,9%. У CPT ситуация немного лучше. Несмотря на то что поставки её крупных панелей также упали, в сегменте малых и средних панелей зафиксирован рост на уровне 1,8%. Всего на этот рынок CPT отгрузила 52,5 млн. панелей. Хотя доходы HannStar немного увеличились, её объёмы поставок панелей в октябре уменьшились на 7,4% – до 37,64 млн.

Сейчас в Северной Америке в отрасли ЖК-телевизоров наблюдается традиционный сезонный подъём. Цены на крупные панели стабилизировались, и обозреватели надеются, что это продлится до первого квартала 2012 г., после чего цены и начнут повышаться.

<http://www.digitimes.com>

Процессоры Intel Sandy Bridge в изделиях фирмы Kontron

Леонид Акиншин (Москва)

В статье рассмотрены платы компании Kontron на базе новых процессоров компании Intel.

ВВЕДЕНИЕ

Процессоры серии Sandy Bridge фирмы Intel смогли обеспечить хороший прирост по тем показателям, которые обычно используются для оценки микропроцессорной техники, включая общую производительность и производительность из расчёта на один ватт потребляемой мощности. Другие улучшения коснулись функций системного управления и микроархитектуры. В частности, в процессорах Sandy Bridge система команд x86 была дополнена специализированными векторными расширениями AVX (Advanced Vector eXtensions). Благодаря этим изменениям, новые процессоры Intel стали конкурентоспособными при решении задач класса MAG HPEC (Military, Aerospace & Government High Performance Embedded Computing – высокопроизводительные встраиваемые вычисления для оборонных, аэрокосмических и государственных проектов), где в настоящее время доминируют процессоры PowerPC компании Freescale.

Исторически в сегменте MAG HPEC системы на базе устройств PowerPC с модулями AltiVec служили популярной альтернативой классическим решениям на основе специализированных сигнальных процессоров (ЦПОС). Благодаря модулям AltiVec, реализующим функции ЦПОС в процессорах общего назначения, высокопроизводительные процессоры PowerPC компании Freescale пользуются большой популярностью у разработчиков оборудования для радаров, сонаров и сложных систем формирования и обработки изображений.

Оценив возможности процессоров Intel Sandy Bridge, крупнейшие поставщики оборудования стали пересматривать свои стратегии, ориентированные на рынки MAG, и смещать предпочтения в сторону систем на основе x86 + AVX. Учитывая, что компания Freescale давно не анонсирует новые хост-процессоры с ядрами AltiVec, можно спрогнозировать постепенный уход Freescale с рын-

ка высокопроизводительных векторных вычислений для обслуживания задач класса MAG HPEC и его заполнение x86-совместимой продукцией корпораций Intel и AMD. Те x86-совместимые процессоры, которые смогут обеспечить достаточный уровень производительности, найдут применение в задачах ЦОС и визуализации, при этом расширение AVX может вызвать значительные изменения в некоторых сегментах рынка встроенных систем.

Фактический уход компании Freescale с рынка MAG HPEC может иметь серьёзные последствия для будущего компании Intel в индустрии встроенных систем. Прежде всего, компании придётся завоевывать доверие к своей продукции, поскольку рынок оборудования MAG HPEC обслуживает консервативных и весьма требовательных заказчиков. С появлением семейства Sandy Bridge для процессоров Intel осталось мало принципиально закрытых ниш, поскольку x86-совместимая продукция Intel уже сегодня способна удовлетворять требованиям большинства встроенных приложений – от контроллеров до многопроцессорных комплексов РЛС, при условии, что эта способность будет поддержана разработчиками специализированного программного обеспечения. По мере внедрения новых и модернизации старых высокопроизводительных систем, платы на базе процессоров PowerPC с модулями AltiVec будут замещаться новыми изделиями. И немалая часть этих изделий будет реализована на основе продукции Intel.

Появление процессоров Sandy Bridge на рынке встроенных систем привело к массовому выпуску разнообразного оборудования многими независимыми поставщиками. По количеству моделей различных встраиваемых изделий на их основе микропроцессоры Sandy Bridge поставили абсолютный рекорд в отрасли, что можно проследить по продуктовому линейкам основных производителей. Ниже мы рассмотрим, какие продукты и решения на базе мик-

ропроцессоров Sandy Bridge предлагает международный холдинг Kontron – один из крупнейших поставщиков встраиваемых изделий с годовым оборотом порядка 500 млн. евро.

В общей сложности специалисты Kontron интегрировали микросхемы семейства Sandy Bridge на десять различных встраиваемых платформ. Наличие в ассортименте холдинга широкого спектра стандартных встраиваемых платформ на базе этих процессоров способствует повышению качества конечных продуктов и создаёт дополнительные удобства для заказчиков, снижая риски и позволяя применять одни и те же наработки в разных изделиях.

Первым изделием Kontron на базе новой линейки процессоров Intel стал компьютер на модуле Kontron ETXexpress-SC, выполненный в формфакторе COM Express Basic. Вскоре к нему присоединились плата CompactPCI (высотой 6U) и встраиваемые материнские платы в конструктивах mini-ITX и Flex-ATX. Затем инженеры Kontron успешно внедрили новые процессоры Intel в платформы CompactPCI 3U, VPX (3U), AdvancedMC, PCIe/104 и ATX, а также стали устанавливать их в некоторые промышленные компьютеры.

КОМПЬЮТЕР НА МОДУЛЕ KONTRON ETXEXPRESS-SC В КОНСТРУКТИВЕ COM EXPRESS BASIC

Компьютер на модуле (Computer-On-Module – COM) Kontron ETXexpress-SC – это четыре высокопроизводительных процессорных ядра на компактной плате базового формата COM Express, рассчитанного на построение малогабаритных встраиваемых систем самого различного назначения (см. рис. 1). Данный продукт оснащается процессором Intel Core i7-2715QE (2,1 ГГц), концентратором ввода-вывода Intel Mobile QM67, поддерживает высокоскоростные интерфейсы USB 3.0 и обладает самой быстрой графической подсистемой фирмы Intel. Новый компьютер на модуле существует в версиях с расположением выводов Type 2 и Type 6 (спецификация PICMG COM Express Rev. 2.0) и может быть полезен как при рабо-



Рис. 1. COM-модуль Kontron ETXexpress-SC на базе 2,1-ГГц процессора Intel Core i7-2715QE и набора микросхем Intel Mobile QM67

те над новыми проектами, так и для модернизации существующих систем.

Продукт поддерживает технологию PCI Express 2.0, имеет семь интерфейсов PCI Express x1, один конфигурируемый интерфейс PCI Express Graphics и способен осуществлять независимую визуализацию на двух мониторах. Объём встроенной памяти DDR3 может достигать 16 Гб. Модификация модуля с расположением выводов COM Express Type 2 отличается от версии Type 6 поддержкой интерфейсов PCI и Parallel ATA. У модификации Type 2 интерфейсы SDVO, DisplayPort и DVI/HDMI выведены в один интерфейс DDI, мультиплексированный с портом PCI Express Graphics. Обе версии поддерживают стандарт VESA DisplayID для автоматического определения подключенных дисплеев и новый стандарт BIOS, имеют криптографическую подсистему TPM (Trusted Platform Module) и по два канала SATA II и SATA 3. Также в наличии интерфейс Gigabit Ethernet и звуковая подсистема Intel HDA. На модуле Kontron ETXexpress-SC используются высококачественные конденсаторы с твёрдым органическим электролитом (Polymerized Organic Semiconductor CAPacitor – POSCAP). Напряжение питания постоянного тока находится в диапазоне 8,5...18 В.

Программная поддержка Kontron ETXexpress-SC включает BSP-пакеты на основе операционных систем Windows 7, Windows Vista, Windows XP, Windows Embedded Standard 7, Linux (в том числе Red Hat Enterprise, SuSE, Red Flag, Wind River Linux) и VxWorks. Как показали проведённые специалистами Kontron испытания, процессоры поколения Sandy Bridge, совмещающие функции ЦП, графики, контроллера ECC-памяти и контроллера PCI Express на одном 32-нанометровом кристалле, обеспечивают для Kontron ETXexpress-SC прирост общей производительности до 205% (в ариф-

2 поколение
CORE
SANDY BRIDGE
AVX

COM Express/ETXexpress

Flex-ATX/MiniITX

AdvancedMC/MicroTCA
AdvancedTCA

VME/VPX

CompactPCI 3U/6U

Встраиваемые платформы на Intel Core i3/i5/i7 второго поколения (Sandy Bridge) фундаментально расширяют возможности и сокращают затраты при разработке перспективных проектов

- Энергоэффективность. Непревзойденная вычислительная мощность
- Передовые технологии: эффективная обработка векторных данных AVX, 1/10 GB Ethernet, PCI Express Gen2, SATA III, USB 3.0, HD-графика и звук
- Исполнение: 0 +60C и -40 +85C, MTBF – от 150 000 часов
- Поддержка ОС: Windows/WEmbedded, Linux, LynxOS, VxWorks, QNX и др.
- Длительный жизненный цикл до 7 и более лет
- Гарантия: от 2 до 5 лет
- Соответствие современным открытым стандартам и предыдущим поколениям платформ
- Низкие цены
- Профессиональная инженерная поддержка «РТСофт» и Kontron AG!

Подробнее: www.rtsoft.ru/core2s

Закажите тестдрайв! Готовые комплекты разработчиков

средства и системы автоматизации

Москва, Никитинская, 3, ЗАО «РТСофт»
тел: (495) 976 1505 | факс: (495) 742 6829
почта: rtsoft@rtsoft.ru | сайт: www.rtsoft.ru

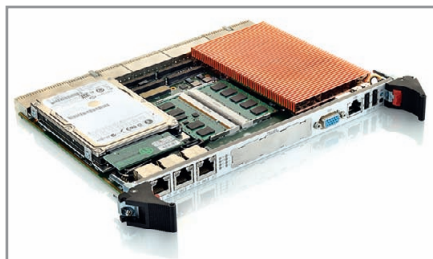


Рис. 2. Плата Kontron CP6003-SA в формате Compact PCI высотой 6U, поддерживающая четырёхядерные процессоры семейства Sandy Bridge с тактовой частотой до 2,1 ГГц и ОЗУ типа DDR3 объёмом до 16 Гб

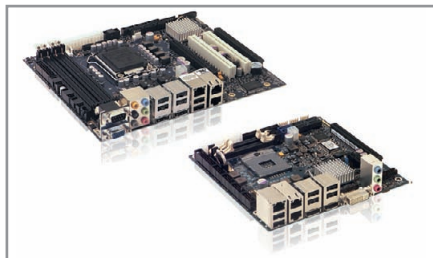


Рис. 3. Встраиваемые материнские платы Kontron KTQ67/Flex и KTQM67/mITX в конструктивах Mini-ITX и Flex-ATX, рассчитанные на установку процессоров Intel Core i3/i5/i7 с тактовыми частотами до 3,8 ГГц и характеризующиеся увеличенным жизненным циклом

метическом тесте Dhrystone ALU), прирост производительности графической подсистемы до 170% и производительности на ватт до 20%. Будучи самым мощным из доступных сегодня изделий стандарта COM Express, модуль Kontron ETXexpress-SC обладает тепловыделением на уровне своих предшественников аналогичного класса, но заметно быстрее их, что проявляется, прежде всего, в приложениях с повышенной интенсивностью обычных и графических вычислений. Как следствие, модуль Kontron ETXexpress-SC позволяет создавать на его основе мощные малогабаритные встраиваемые системы без использования дискретных графических карт, удовлетворяющие жёстким требованиям по температуре эксплуатации.

ПРОЦЕССОРНАЯ ПЛАТА Kontron CP6003-SA В СТАНДАРТЕ COMPACTPCI

Плата Kontron CP6003-SA, реализованная в конструктиве CompactPCI высотой 6U (см. рис. 2), адресована тем разработчикам, которые хотят модернизировать уже развёрнутые системы в стандарте CompactPCI. Процессор новой платы CompactPCI холдинга Kontron может иметь до четырёх ядер и штатную частоту до 2,10 ГГц (Intel

Core i7-2715QE). Подсистема памяти включает встроенный жёсткий или твердотельный диск плюс 32 Гб флэш-памяти типа NAND с интерфейсом Serial ATA. Система ввода-вывода включает шесть каналов Serial ATA с поддержкой массивов RAID 0/1/5/10, шесть интерфейсов USB 2.0, два последовательных порта RS232, порт VGA, интерфейсы HDMI и HDA, а также пять каналов Gigabit Ethernet с подключением по шине PCI Express. Базовые возможности платы могут быть расширены мезонинами типа PMC и XMC. Например, мезонинный модуль Kontron XMC401 Kontron CP6003-SA позволяет реализовать два интерфейса 10 Gigabit Ethernet.

Новая плата CompactPCI высотой 6U поддерживает установку как в системные, так и в периферийные разъемы, по заказу оснащается криптопроцессором TPM 1.2, имеет отказоустойчивый концентратор встроенного кода и позволяет использовать функции интеллектуального управления IPMI (Intelligent Platform Management Interface). Для платы Kontron CP6003-SA доступны операционные системы Linux, VxWorks, Windows 7, Windows Embedded Standard 7, Windows XP Embedded и Windows Server 2008 R2. Обеспечивая более чем трёхкратный прирост производительности в арифметическом тесте Dhrystone ALU и 50-% прирост производительности на ватт в арифметическом тесте по сравнению с аналогичными изделиями на базе предыдущих моделей процессоров Intel, данный продукт может использоваться в широком спектре прикладных задач.

Плата Kontron CP6003-SA удовлетворяет спецификации PICMG 2.16, выпускается в стандартном исполнении с воздушным охлаждением (Standard Air-cooled – SA), характеризуется увеличенным жизненным циклом и, благодаря поддержке расширений Intel AVX и технологии Intel Turbo Boost 2.0 (динамическое повышение тактовой частоты), позволяет получить прирост производительности как на векторных операциях, так и при выполнении однопоточных задач. Встроенная память типа DDR3 1600 МГц (или DDR3 1333 МГц для двухъядерных версий) объёмом до 16 Гб с поддержкой ECC позволяет применять данную плату в различных ответственных приложениях (радары, сонары, обработка изображений).

ВСТРАИВАЕМЫЕ МАТЕРИНСКИЕ ПЛАТЫ Kontron KTQ67/Flex и KTQM67/mITX В СТАНДАРТАХ Flex-ATX и Mini-ITX

Потребителям материнских плат холдинга Kontron адресует два изделия на базе процессоров семейства Sandy Bridge. Платы Kontron KTQ67/Flex и KTQM67/mITX, выполненные в конструктивах Mini-ITX и Flex-ATX соответственно, рассчитаны на установку новейших процессоров Intel Core i3/i5/i7 с тактовыми частотами до 3,8 ГГц и поддерживают до 32 Гб памяти типа DDR3 (см. рис. 3). Разработанные коммуникационные подсистемы обеих плат предоставляют разработчикам все стандартные интерфейсы, которые могут быть востребованы в задачах с высокой интенсивностью обычных и графических вычислений, в частности 14 портов USB 2.0, три порта Gigabit Ethernet с поддержкой технологии Intel AMT 7.0, шесть интерфейсов Serial ATA (4 Serial ATA 150/300 и 2 Serial ATA 600) с поддержкой RAID 0/1/5/10 и разъем mSATA (mini-SATA), позволяющий устанавливать современные твердотельные диски. Также в наличии криптопроцессор TPM 1.2 и контроллер HD Audio. В модели Kontron KTQ67/Flex периферийные интерфейсы обслуживаются платформенным контроллером-концентратором Intel Q67. Для подключения средств визуализации доступны интерфейсы DisplayPort (2 шт.), VGA (1 шт.) и LVDS. Возможности расширения обеспечиваются одним разъемом PCI Express ×16 и двумя PCI. Модель Kontron KTQM67/mITX имеет два порта DisplayPort, один выход DVI, один разъем PCI Express ×16 и один PCI Express ×1. Кроме источника питания в стандарте ATX, плата Kontron KTQM67/mITX поддерживает промышленный стандарт питания 12 В постоянного тока.

Материнские платы серии Kontron KTQ67 являются на сегодняшний день самыми быстрыми ATX-совместимыми встраиваемыми решениями холдинга Kontron и имеют гарантированный семилетний жизненный цикл. Изделия Kontron KTQ67/Flex и KTQM67/mITX могут работать под управлением операционных систем Windows 7, Windows Vista, Windows XP, Windows Embedded Standard 7 и VxWorks, а также различных версий ОС Linux (Red Hat Enterprise, Novell SuSE Linux Enterprise, Red Flag Linux, Wind River Linux и др.). Повышенная производительность в обычных и векторных вычислениях, обеспечивае-

мая функцией Intel Turbo Boost 2.0 и расширениями Intel AVX, востребована в разнообразных промышленных, медицинских и оборонных задачах.

Платы Kontron Flex-ATX KTQ67/Flex и KTQM67/mITX поддерживают все актуальные отраслевые стандарты подключения к мониторам без каких-либо дополнительных адаптеров, способны осуществлять независимый параллельный вывод на два дисплея высокого разрешения и могут быть полезны разработчикам систем с повышенной интенсивностью графических вычислений (мультиэкранов, информационно-развлекательных решений, игровых автоматов). Аналого-цифровой и цифро-аналоговый преобразователи плюс разъём GPIO с большим числом контактов (до 160) делают эти изделия идеальными для промышленных приложений.

ПРОЦЕССОРНЫЙ МОДУЛЬ KONTRON VX3035 (3U) В СТАНДАРТЕ VPX

Одной из лучших платформ для x86-совместимых микропроцессоров поколения Sandy Bridge является системная архитектура VPX, ориентированная на создание защищённых мультипроцессорных комплексов для ответственных применений. Процессорный модуль Kontron VX3035, выполненный в конструктиве VPX (3U) на базе набора микросхем Intel QM67 и энергоэффективного процессора Intel Core i7 2655LE со встроенным графическим контроллером Intel HD Graphics (см. рис. 4), призван поднять производительность малогабаритных комплексов такого типа на более высокий уровень.

Данное изделие имеет до 8 Гб двухканальной памяти DDR3 1333 МГц с функцией коррекции ошибок ECC и доступно в трёх исполнениях: стандартном с воздушным охлаждением (для температурного диапазона 0...55°C); защищённом с воздушным охлаждением (-40...70°C) и защищённом с кондуктивным охлаждением (-40...85°C). С фронтальной стороны модуля Kontron VX3035 доступны интерфейс Gigabit Ethernet, порт USB 2.0 и последовательный порт, а также выход VGA. На разъём объединительной панели выведены конфигурируемая шина PCI Express x4, четыре канала Serial ATA II, три интерфейса Gigabit Ethernet, четыре порта USB 2.0 и два последовательных порта EIA232/EIA485. Встроенный разъём USB/Serial ATA позволяет подключать стандартные флэш-накопители с соответствующими интерфейсами.

На нижнюю сторону модуля Kontron VX3035 можно устанавливать специализированные мезонины ввода-вывода, подключаемые по шине PCI Express x1. Благодаря поддержке технологии Kontron VXFabric, изделие Kontron VX3035 облегчает организацию межплатного взаимодействия в VPX- и OpenVPX-решениях, предоставляя стандартизированный интерфейс. Продукт Kontron VX3035 разрабатывался как замена для более ранней модели Kontron VX3030, которая реализована на процессоре Intel Core i7 620LE/610E и доступна для заказов в промышленных объёмах. Как и всё VPX-оборудование холдинга Kontron, плата Kontron VX3035 удовлетворяет требованиям стандарта OpenVPX (спецификация VITA 65).

Модуль VPX Kontron VX3035 высотой 3U поддерживает операционные системы Windows Embedded Standard 7, Linux и ОС реального времени VxWorks. Гибкость, высочайшая производительность, малые габариты, x86-совместимость и широкие возможности организации векторных и параллельных вычислений делают данный продукт привлекательным для OEM-заказчиков. С использованием данного изделия можно создавать исключительно компактные системы для обработки видео, формирования изображений, радиолокации, гидролокации и радиосвязи с программируемыми параметрами. Продукт Kontron VX3035 подпадает под действие программы долгосрочных поставок холдинга Kontron и может применяться в различных оборонных и гражданских проектах, где требуются высоконадёжные COTS-платформы с длительными сроками доступности.

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Известно, что микроархитектура x86 не является идеальной ни с теоретической, ни с инженерной точек зрения. Однако востребованность расширений AVX на рынке встраиваемых систем может стимулировать поставщиков инструментальных программных средств, а затем и разработчиков прикладного ПО перекомпилировать и оптимизировать свои продукты с целью наиболее эффективного применения новых расширений в тех задачах, где они могут быть использованы. Подобное в индустрии x86 уже происходило. Технология AVX сможет потеснить выделенные процессоры ЦОС, если производительности конкретного x86-со-

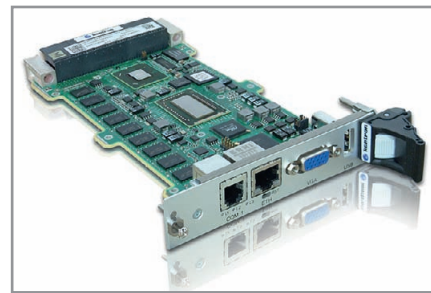


Рис. 4. VPX-модуль Kontron VX3035 высотой 3U, оснащённый процессором Intel Core i7 2655LE и доступный в исполнении с кондуктивным охлаждением для температурного диапазона -40...85°C

вместимого процессора хватит с избытком для решаемой задачи.

Проблемы разработки программного обеспечения нового поколения, оптимально использующего новые аппаратные возможности, нередко сопутствуют появлению новых микропроцессоров, и поставщикам ПО приходится эти проблемы оперативно решать, поскольку движущей силой прогресса в компьютерной отрасли пока еще остаются аппаратные средства. Например, известная на рынке встроенного программного обеспечения компания LynuxWorks объявила о поддержке процессоров Intel Core второго поколения в своём встраиваемом гипервизоре и ядре разделения LynuxSecure в тот же день, когда эти процессоры были представлены корпорацией Intel.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Индустрия встраиваемых систем предоставляет микропроцессорам семейства Sandy Bridge большие возможности для самореализации. В первую очередь это касается тех сегментов рынка, где используются устройства PowerPC, ориентированные на задачи реального времени и «глубоко» встроенные решения высокой надёжности и производительности. В частности, технология AVX может стать «водоразделом» между эпохами PowerPC и x86 на рынке оборудования MAG HPEC. Лакмусовой бумажкой для оценки глубины тех перемен, что происходят на рынке встраиваемых систем в связи с появлением Sandy Bridge, может служить сегмент VPX, где основные деньги уже сегодня вкладываются в изделия на базе x86-совместимых процессоров, хотя оборудование VME/VPX десятилетиями строилось на основе процессоров совершенно иных типов. Аналогичная картина наблюдается не только в сегменте VPX, но и в других сегментах, связанных с другими системными архитектурами.

Динамический датчик кислорода

Heraeus

Матвей Зинкевич (Германия), Александр Ядевич (Белоруссия)

В статье рассмотрен динамический датчик для измерения парциального давления кислорода в газах, разработанный фирмой Heraeus Sensor Technology (Германия). Приведены описание, принцип работы, технические характеристики и преимущества.

ПРЕИМУЩЕСТВА ДИНАМИЧЕСКОГО ДАТЧИКА КИСЛОРОДА

Динамический датчик кислорода, разработанный фирмой Heraeus Sensor Technology (Германия), представляет собой амперометрический сенсор для измерения парциального давления кислорода в газах и базируется на измерительной ячейке из стабилизированного диоксида циркония (ZrO_2).

Датчик имеет следующие преимущества:

- область измерений от 0,5 до 25% O_2 ;
- нет необходимости в эталонной атмосфере;
- калибровка в одной точке;
- вследствие динамического цикла измерения пригоден для автоматической проверки работоспособности;
- не требует применения расходных материалов;
- высокая термостойкость;
- долговечность в эксплуатации.

Технические характеристики датчика кислорода Heraeus

Диапазон измерений, объём. % O_2	0,5...25 (до 100 с адаптированной электроникой)
Точность измерения, объём. %	$\pm 0,25$
Частота измерения	1 (значение приблизительно в 2 с)
Мощность нагревателя, Вт	3,2
Мощность нагревателя в момент нагрева, Вт	5,2
Ток нагрева, не более, мА	350
Время нагрева, с	20
Рабочая температура, °C	Около 780
Напряжение нагрева, В	12
Сопротивление холодного нагревателя, Ом	$12 \pm 0,5$
Сопротивление нагревателя при рабочей температуре, Ом	42,5...46,2
Материал подложки	Керамика
Материал нагревателя	Платина
Размер, мм	4,8 × 5,9

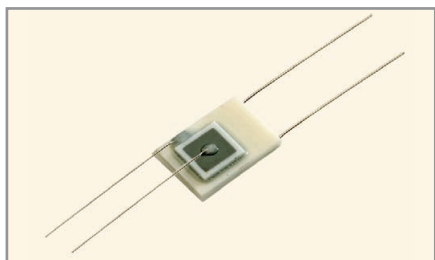


Рис. 1. Чувствительный элемент динамического датчика кислорода

Область измерений можно расширить до 100% O_2 с помощью выбора соответствующей электроники. Технические характеристики датчика кислорода приведены в таблице.

ПРИНЦИП РАБОТЫ

Сенсор состоит из керамической подложки, на нижней стороне которой нанесён тонкий нагревательный платиновый элемент, а на верхней стороне находится измерительная камера (рис. 1). Измерительная камера ограничена сверху мембраной из ZrO_2 , которая расположена на строго определённом расстоянии от подложки. Обрамление из платины противостоит высоким рабочим температурам вплоть до 750°C. Мембрана из ZrO_2 с обеих сторон покрыта тонким слоем платины. На границе трёх фаз, Pt/ ZrO_2 /газ, происходит ионизация молекул кислорода. Так как ZrO_2 при высоких температурах проводит ионы кислорода, кислород с помощью напряжения U_{pump} может быть

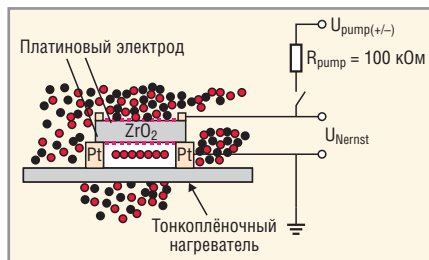


Рис. 2. Схема внутреннего устройства и принципа работы динамического датчика кислорода

закачан в камеру, что создаёт напряжение Нернста (U_{Nernst}) между платиновыми электродами на внешней и внутренней поверхностях мембраны из ZrO_2 .

Схема включения датчика показана на рис. 2. Цикл измерения состоит из фаз прокачки и измерения. Во время фазы прокачки цепь замкнута, и ионы кислорода через мембрану из ZrO_2 закачиваются в камеру до тех пор, пока не будет достигнуто заданное напряжение Нернста. Напряжение Нернста связано функциональной зависимостью с отношением внешнего парциального давления кислорода к внутреннему. В следующей фазе прокачки полярность U_{pump} меняется, и кислород откачивается из камеры до тех пор, пока напряжение Нернста не достигнет второго заданного значения. Чтобы достичь этих заданных значений напряжения, необходимо, чтобы определённое количество электрических зарядов в виде ионов кислорода прошло через мембрану. Обработывающая электроника из измеренных значений напряжений Нернста и ионного тока может рассчитать парциальное давление кислорода в измеряемой среде.

В зависимости от установки электроники, измерение значений может производиться, например, через 2 с. Благодаря тому, что принцип измерения основан на оценке напряжений Нернста при наполненной и откачанной камерах, для определения парциального давления кислорода не требуется эталонная среда.

Динамический датчик кислорода Heraeus может калиброваться в одной точке при нормальной атмосфере.

КОРПУС ДАТЧИКА КИСЛОРОДА И СИСТЕМНАЯ ИНТЕГРАЦИЯ

Датчик кислорода Heraeus доступен в различных корпусах, а также как отдельный элемент вместе с программным алгоритмом измерений. По желанию потребителя поставляется комплексная система измерений вместе с электроникой.

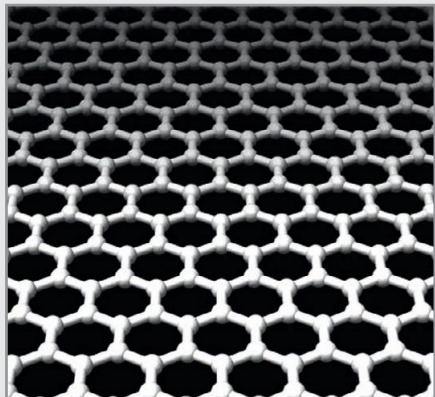
Алгоритм измерения, который был разработан для этого сенсора, предусматривает функцию самопроверки. Датчик кислорода Heraeus может быть использован для многих применений, где необходимы стабильные и просто калибруемые датчики O_2 .

Тел.: +375-17-286-36-60

<http://www.heraeus-sensor-technology.ru>

Графеновые транзисторы способны взаимодействовать с живыми клетками

Команда исследователей из Мюнхенского технического университета заявила о том, что ей удалось создать платформу, позволяющую электронике осуществлять взаимодействие непосредственно с клетками мозга.



В основе разработки лежит массив из транзисторов на базе графена – материала на основе углерода, который обладает уникальными свойствами. Созданное учёными устройство способно не только передавать электрические импульсы клеткам мозга, но и регистрировать обратную реакцию. Использование для таких целей традиционных кремниевых полупроводников невозможно, так как кремний не обладает способностью смачиваться.

Графен обладает химической устойчивостью, биологической инертностью и позволяет создавать полупроводниковые приборы с непревзойдённой производительностью. Кроме того, транзисторы из графена значительно дешевле в производстве, чем кремниевые, так как материал создаётся искусственно.

В ходе исследования учёные создали массив из 16 полевых графеновых транзисторов, размещённых на подложке из медной фольги. Графен был помещён на подложку методом осаждения паров, а транзисторы созданы с помощью фотолитографии и травления. Позже учёные вырастили поверх транзисторов слой клеток сердечной мышцы. В результате было обнаружено, что транзисторы без проблем способны регистрировать электрические сигналы этих клеток.

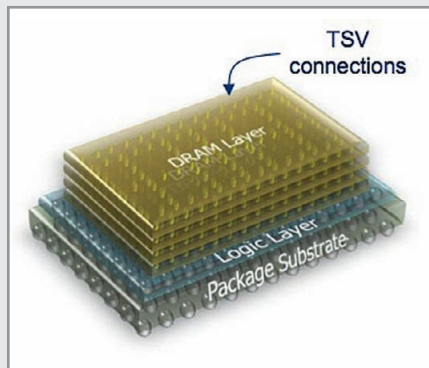
Дальнейшие труды исследователей будут направлены на создание массивов транзисторов на гибкой подложке, а также на увеличение числа транзисторов на одной подложке.

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

IBM и Micron начинают производство сверхбыстрых контроллеров памяти

IBM и Micron объявили о начале совместной работы по производству контроллеров памяти, которые обеспечат невиданную на сегодняшний день производительность. По заверению представителей обеих компаний, новый чип, который получил название Hybrid Memory Cube, позволит памяти работать в 15 раз быстрее. Коммерческую реализацию проекта возьмёт на себя Micron, который является самым крупным производителем памяти в США. К слову, ранее к этому проекту присоединилась компания Samsung.

Как сообщили разработчики, контроллер позволяет полностью реализовать потенциал динамической памяти (DRAM) и избежать разрыва между скоростями работы процессора и памяти, который постоянно увеличивается с развитием технологий производства полупроводников. Изначально Hybrid Memory Cube планируется использовать в высокопроизводительных системах вроде серверов, но IBM не исключает скорый приход технологии и на потребительский рынок.



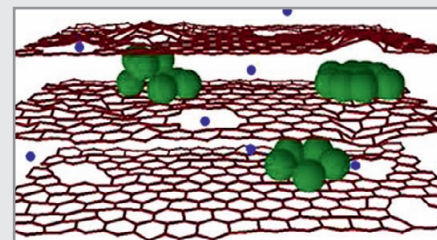
Часть разработки, которая принадлежит IBM, называется TSV и касается специальных каналов, с помощью которых осуществляется соединение с каждым отдельным стеклом. Благодаря такой архитектуре скорость доступа к каждому стеклу на порядок выше, чем при имеющихся методах. Если учесть, что динамическую память нужно регулярно обновлять для сохранения данных, то такой подход позволяет увеличить скорость работы в несколько раз.

Hybrid Memory Cube будет производиться на заводе IBM в Восточном Фишкилле, штат Нью-Йорк. Микросхемы будут выпускаться по 32-нанометровому техпроцессу. Поставки чипов начнутся во второй половине 2012 г.

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

Учёные обещают увеличить ёмкость аккумуляторов и уменьшить время заряда в 10 раз

Группа исследователей из Северо-Западного университета (Northwestern University) создала электроды, которые увеличат на порядок энергоёмкость существующих литий-ионных батарей и сократят в 10 раз время их зарядки.



Ёмкость батареи ограничивается возможностью электродов накапливать заряд, а время зарядки определяется скоростью перемещения ионов от анода к катоду – чем они ближе, тем меньше время заряда. Современная технология производства литий-ионных аккумуляторов использует углерод (в виде множества слоёв графена) в качестве материала для электродов, который накапливает ионы лития. Но углерод может захватывать лишь один ион лития на шесть своих атомов. Перспективно использовать в этом качестве кремний, который удерживает уже четыре атома лития на каждый свой атом. Однако при зарядке кремний быстро увеличивается в объёме, что вызывает его разрушение и соответствующую потерю ёмкости.

Исследователи под руководством профессора Гарольда Кунга (Harold Kung) предложили изменить структуру электродов, добавив между слоями графена кремниевые кластеры. Гибкость графена, таким образом, компенсирует расширение кремния. Кроме этого, в графеновых листах делаются отверстия размером 10...20 нм. Это так называемая «плоскость дефектов», ускоряющая доступ ионов лития к кремнию и на порядок сокращающая время зарядки.

Кунг утверждает, что в результате таких преобразований становится возможным увеличение ёмкости аккумулятора и скорости подзарядки в десять раз по сравнению с современными батареями. Он также отмечает, что даже после 150 циклов заряда-разряда новые аккумуляторы в пять раз эффективнее обычных. Коммерческое использование этой технологии может начаться уже через 3–5 лет.

<http://www.northwestern.edu/>

Преобразователь интерфейсов USB-SPI с гальванической развязкой

(часть 1)

Алексей Кузьминов (Москва)

В статье 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. Даны рекомендации по изготовлению кабеля связи по интерфейсу USB увеличенной длины. 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.

ВВЕДЕНИЕ

Интерфейс SPI, присутствующий в подавляющем большинстве микроконтроллеров (МК), широко используется для их сопряжения с периферийными устройствами (АЦП, ЦАП, различные таймеры и счётчики, датчики температуры, ЖКИ- и OSD-дисплеи и т.п.). Полное отсутствие проблем программирования, дешевизна и простота гальванической изоляции, а также высокая пропускная способность (10 Мбод и более) этого интерфейса общеизвестны. Однако компьютеры не имеют такого интерфейса, поэтому передать информацию из микроконтроллера в компьютер по интерфейсу SPI невозможно.

Интерфейс USB, который присутствует в компьютерах, также обладает высокой скоростью обмена. Однако подавляющее число МК не оборудованы таким интерфейсом, а те микроконтроллеры, в которые он интегрирован, достаточно просты и не оснащены набором необходимых устройств. Кроме того, интерфейс USB сложен в плане гальванической развязки, т.к. две его линии связи (D+ и D-) являются двуполярными/двуправленными и работают на очень высоких скоростях обмена.

Актуальная задача преобразования интерфейса USB в интерфейс SPI может быть решена несколькими способами. Например, с помощью микросхем драйверов, преобразующих сигналы интерфейса USB в TTL-сигналы.

Для этого требуется написание драйвера для компьютера и микроконтроллера, которые должны поддерживать работу с микросхемой драйвера – преобразователя USB. Этот способ очень трудоёмок и не под силу разработчикам, имеющим дело с микроконтроллерами, т.к. интерфейс USB сложен в программировании.

Второй способ – использовать готовые преобразователи USB-SPI, которые сейчас очень распространены и поставляются с уже готовым программным обеспечением. Тогда всё, что требуется для их работы, – установить программное обеспечение на компьютере. Однако стоимость таких устройств может достигать нескольких тысяч рублей.

Третий способ – использовать либо микросхемы преобразователей интерфейсов (ПИ) USB-SPI, поставляемые с программным обеспечением для компьютера (драйверы и библиотеки), либо МК с интерфейсом USB, для которых также поставляются драйверы и библиотеки для написания программ обмена. Стоимость таких микросхем преобразователей интерфейсов и микросхем МК на два порядка ниже стоимости готовых преобразователей USB-SPI.

По мнению автора, третий способ является самым простым, продуктивным и требует намного меньше времени и средств на разработку.

Поскольку наибольшие сложности возникают при программировании

интерфейса USB, простота программного обеспечения при использовании поставляемых с микросхемой преобразователя или МК готовых библиотек является важнейшим фактором при выборе той или иной микросхемы. Условием выбора является наличие функций приёма и передачи массива данных по интерфейсу USB – Передать (Адрес массива) и Принять (Адрес массива), – как для компьютера, так и для микроконтроллера. Если же требуется запрограммировать многочисленные регистры USB в МК или преобразователе, это затруднит реализацию.

В таблице представлены некоторые микросхемы преобразователей интерфейсов USB-SPI и микроконтроллеров с интерфейсом USB. В дополнение следует также упомянуть новый микроконтроллер фирмы FTDI типа VNC2-32Q1, который выпускается (в том числе) в корпусе QFN32 (7 × 7 мм), стоит около 10 долл. США, имеет бесплатно поставляемое ПО, но... практически недоступен для приобретения.

В представленную таблицу вошли микросхемы с готовыми библиотеками для программирования обмена по интерфейсу USB как со стороны компьютера, так и со стороны устройства. «Отсеялись» микросхемы, запрограммировать которые достаточно сложно, т.к. их библиотеки не обладают минимумом функций для программирования USB (MAX3420-EETG и MAX3421-EETG), и крупногабаритные приборы: FT232-RLQ (FTDI), AT89C5130-PUTUM (Atmel) и TUSB3210-PM (TI). Далее учитывалась доступность устройств: если микросхему нельзя приобрести со склада, то – при прочих равных условиях – она исключалась из рассмотрения. Четвёртый по важности параметр – стоимость устройства; пятый – функциональность устройства (при прочих равных условиях предпочтение отдавалось микроконтроллерам). В этом смысле преобразователи интерфейсов MAX3420/3421 и FT232 яв-

Микросхемы преобразователей интерфейсов (ПИ) USB-SPI и микроконтроллеров с интерфейсом USB

Характеристики	Max3420-EETG	MAX3421-EETG	FT232-RQ	FT232-HQ	AT89C5130-PUTUM	PIC18F13K50-I/MQ	PIC18F14K50-I/MQ	TUSB3210-PM	C8051F321-GMR
Корпус	TQFN24	TQFN32	QFN32	QFN48	QFN32	QFN20	QFN20	LQFP64	QFN28
Размер, мм	4 × 4	5 × 5	5 × 5	8 × 8	7 × 7	5 × 5	5 × 5	12 × 12	5 × 5
Стоимость, долл. США	8	9	8	8	10	4	5	10	3
Функциональность устройства	ПИ	ПИ	ПИ	ПИ	МК	МК	МК	МК	МК
Простота программного обеспечения	-	-	+	+	+	+	+	+	+
Габариты	+	+	+	-	-	+	+	-	+
Доступность	-	+	+	-	+	-	-	+	+
Стоимость	-	-	-	-	-	+	+	-	+
Функции микроконтроллера	-	-	-	-	+	+	+	+	+

но проигрывают остальным микросхемам.

Даже если исключить из рассмотрения параметр доступности, то микросхемы PIC18F13/14K50-I/MQ всё-таки уступают микроконтроллеру C8051F321. Во-первых, по функциональности (на 8 выводов меньше), во-вторых, по стоимости (они в 1,5...2 раза дороже). Кроме того, совместимые с I8051 МК до сих пор считаются промышленным стандартом. Всё вышеперечисленное склонило автора к выбору именно микроконтроллера C8051F321 в качестве преобразователя интерфейсов USB-SPI.

Дальнейшее изложение будет построено следующим образом. Вначале будут описаны аппаратные средства сопряжения МК типа C8051F321 с компьютером по интерфейсу USB и по интерфейсу SPI с МК типа C8051F067, у которого интерфейс USB отсутствует. Затем будут описаны программные средства сопряжения с использованием драйвера для компьютера и готовых функций из библиотеки USBXpress, бесплатно поставляемой фирмой Silicon Labs для микроконтроллера C8051F321 и компьютера с интерфейсом USB.

АППАРАТНЫЕ СРЕДСТВА

В этой части статьи будут приведены схемные решения для устройств сопряжения интерфейсов USB-SPI, включая топологии печатных плат и фотографии работающих устройств. Также будут даны рекомендации по выбору кабеля связи по интерфейсу USB и способу его удлинения до 13 м и более.

Принципиальные схемы устройств

На рисунке 1 представлена схема сопряжения микроконтроллера C8051F321 (DD1) с интерфейсом USB и с интерфейсом SPI, по которому этот МК, работающий в режиме ведомого,

EREMEX

Инновационный подход к проектированию электроники

ТороR

ТороR версия 5.2 NEW
Топологический трассировщик печатных плат

SimOne

SimOne
Моделирование электронных схем

Реклама

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

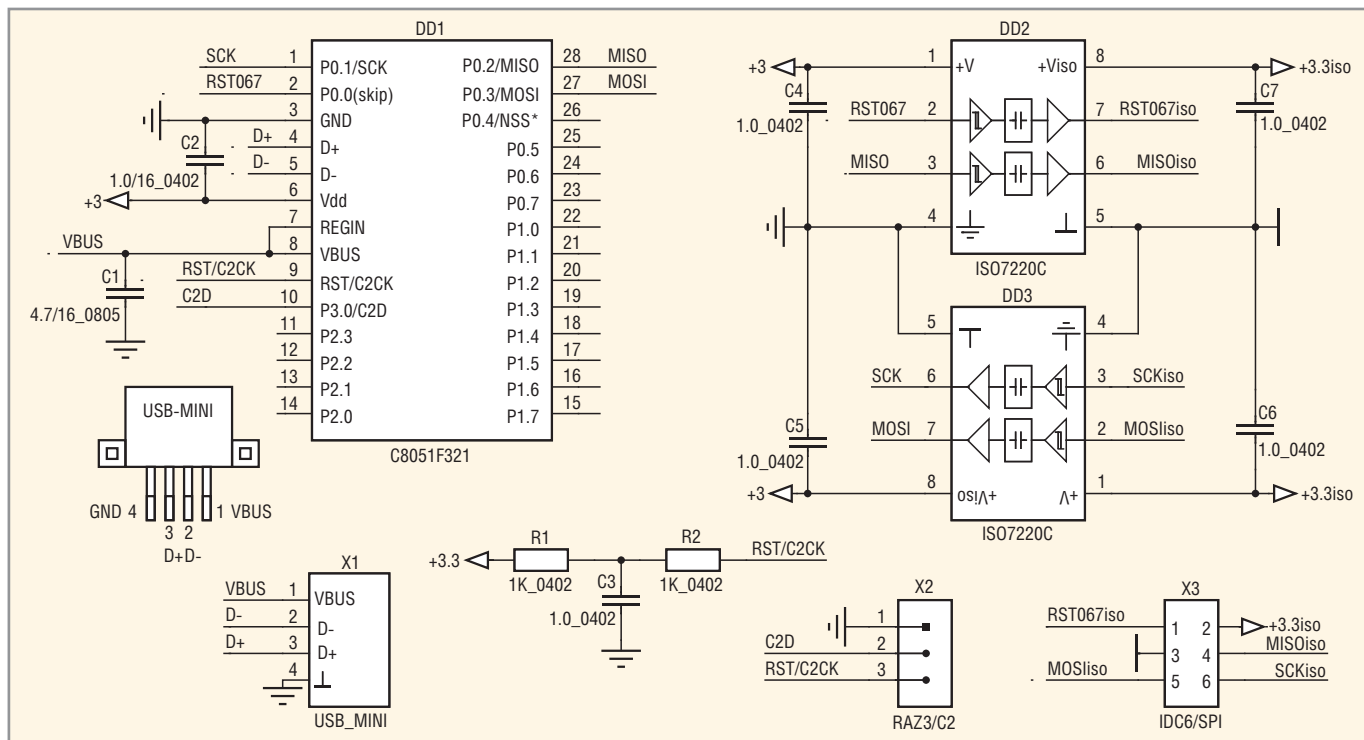


Рис. 1. Схема гальванически изолированного преобразователя USB-SPI, работающего в трёхпроводном режиме, на базе цифровых изоляторов ISO7220C

связывается с ведущим МК. Линии данных (D+ и D-) и линии питания VBUS и «земли» интерфейса USB подключаются к DD1 с помощью четырёхконтактного разъёма X1 (USB-mini). Линии интерфейса SPI (MOSI, MISO и SCK), работающего в трёхпроводном режиме (3-wire), а также сигнал сброса для ведущего МК (RST067) подключены к соответствующим выводам гальванических развязок ISO7220C (DD2 и DD3) фирмы Texas Instruments. Эти же линии (MOSIiso, MISOiso, SCKiso и RST067iso) используются на изолированной стороне и выведены на разъём X3.

Для программирования микроконтроллера C8051F321 используются сигналы C2D и RST/C2CK интерфейса C2, поступающие из адаптера USB-Debug, применяемого, в частности, при программировании большинства МК фирмы Silicon Labs. Эти сигналы (и «земля») подключаются к микроконтроллеру DD1 через трёхконтактный разъём X2. Цепочка R1, R2 и C3 используется для сброса МК при включении питания.

В качестве источника питания всей схемы используется линия VBUS интерфейса USB, на которой присутствует напряжение +5 В. Для питания микроконтроллера C8051F321 (DD1) и гальванических развязок ISO7220C (DD2 и DD3) используется напряжение +3 В, которое вырабатывается стабилизатором напряжения, встроен-

ном в МК. Вместо микросхем развязок ISO7220C можно использовать приборы ADUM1200B (Analog Devices), выполняющие аналогичные функции. Для краткости дальнейшего изложения назовём описанное выше устройство «3-wireSPI».

На рисунке 2 представлена схема, аналогичная схеме рис. 1, но работающая в четырёхпроводном режиме. Для этого используется один дополнительный сигнал NSS. В этой схеме микроконтроллер C8051F321 также работает в ведомом режиме. Вместо двух двухканальных цифровых изоляторов, применённых в схеме рис. 1, используется одна четырёхканальная гальваническая развязка (DD2, цифровой изолятор ADUM7441C фирмы Analog Devices), с помощью которой в МК передаётся дополнительный сигнал NSS, поступающий на вход развязки (NSSiso) на изолированной стороне из ведущего МК. Поэтому количество выводов разъёма X3 увеличено до 8. В связи с тем что цифровой изолятор ADUM7441C имеет только четыре канала, сигнал сброса ведущего микроконтроллера RST067 на изолированную сторону передаётся с помощью дополнительного (пятого) изолирующего канала, реализованного на оптроне TLP281 (TLP280) фирмы Toshiba.

Низкая помехоустойчивость оптрона к наводкам сети подавляется большой ёмкостью конденсатора C7, шунтирующего выходной транзистор.

Постоянная времени цепочки R4C7 составляет 100 мкс, что в несколько раз больше времени срабатывания оптрона. В программном обеспечении (см. далее) для сброса ведущего МК сигнал RST067 подаётся и сбрасывается с задержкой около 200 мкс. Для краткости дальнейшего изложения назовём описанное выше устройство «4-wireSPI_AD», ввиду использования в нём цифрового изолятора фирмы Analog Devices.

На рисунке 3 представлена схема изолированного преобразователя USB-SPI, работающего в четырёхпроводном режиме. Вместо цифрового изолятора ADUM7441C и оптрона TLP281 (см. рис. 2) применена одна шестиканальная гальваническая развязка (DD2, цифровой изолятор SI8663BC фирмы Silicon Labs). Для краткости дальнейшего изложения назовём это устройство «4-wireSPI_SI». Кроме того, в контексте изложения устройства 4-wireSPI_AD и 4-wireSPI_SI могут быть обобщённо названы «4-wireSPI».

На рисунке 4 представлена вспомогательная схема, которая использовалась автором при разработке всех аппаратных и программных средств, приведённых в статье. Помимо интерфейса SPI, в микроконтроллере C8051F321 аппаратно присутствуют такие интерфейсы, как RS232 (т.е. преобразователь USB-RS232), I²C (SMBUS) и CAN. Кроме того, высокая скорость (тактовая частота 24 МГц) и

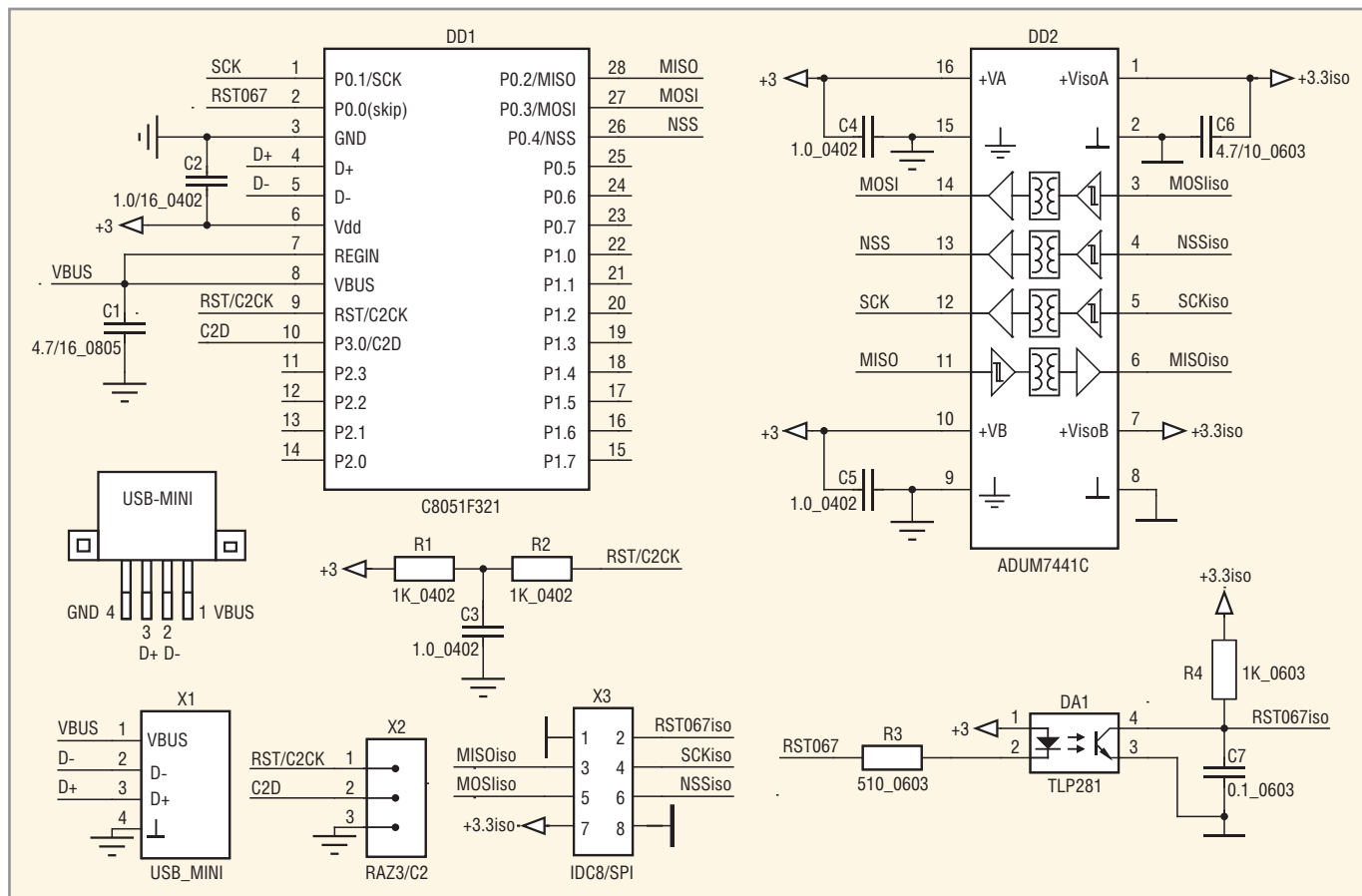


Рис. 2. Схема гальванически изолированного преобразователя USB-SPI, работающего в четырёхпроводном режиме, на базе цифрового изолятора ADUM7441C и оптрона TLP281

Транзисторы MOSFET в корпусе SMD-0.2 для аппаратуры космической техники

Характеристики корпуса SMD-0.2

- Специально разработан для силовых MOSFET с токами до 7 А
- Миниатюрная конструкция с улучшенным теплоотводом (основание 5x8 мм)
- Керамическая крышка (опция)

Преимущества

- Компактные решения для космических применений, удовлетворяющие требованиям QPL
- Корпус на 50% меньше и на 75% легче (всего 0,25 г), чем у SMD-0.5

Радиационно-стойкие транзисторы MOSFET	Схема управления	Поглощённая доза, крад	Максимальное рабочее напряжение, V _(BR) DSS, В	Сопротивление канала при открытом транзисторе R _{DS(ON)} макс, Ом	Ток стока I _D (+25°C), А	Напряжение затвор-исток V _{GS} , В
IRHLM77110SCS	Логический уровень	100, 300	100	0,29	6,5	4,5
IRHNM57110SCS	Стандартная	100, 300	100	0,22	6,9	12
IRHNM59110SCS	Стандартная	100, 300	-100	1,2	-3,1	-12

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ПАРТНЕР КОМПАНИИ INTERNATIONAL RECTIFIER HIREL

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

International Rectifier
THE POWER MANAGEMENT LEADER

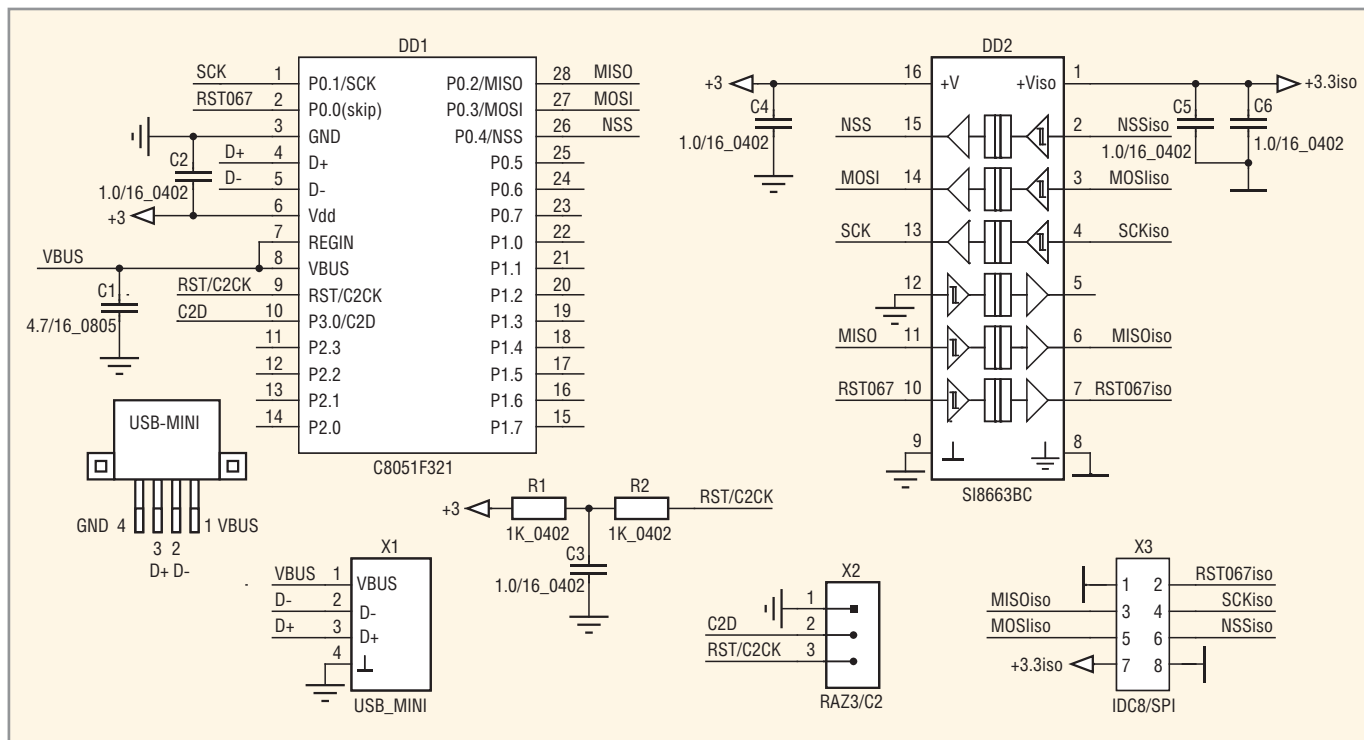


Рис. 3. Схема гальванически изолированного преобразователя USB-SPI, работающего в четырёхпроводном режиме, на базе цифрового изолятора SI8663BC

однотактный режим работы этого МК позволяют программно конструировать на его основе как последовательные интерфейсы (например, C2), использующиеся для программирования

многих МК (например, P89LPC9XX фирмы NXP в режиме ICP), так и параллельные интерфейсы (4-, 8- и даже 16-разрядные), которые применяются в ЖКИ- и ОСД-дисплеях, во многих

микросхемах памяти (ОЗУ) и других устройствах (быстродействующих АЦП, ЦАП, таймерах/счётчиках и т.п.). На достаточно распространённую панель DIP22 шириной 0,4 дюйма выведены все соединения МК, кроме выводов, связанных с интерфейсом USB это позволяет макетировать любое устройство, – достаточно установить такую панель на плату. Для краткости дальнейшего изложения назовём это устройство «DIP22».

Для программирования микроконтроллера C8051F321 используются сигналы C2D и RST/C2CK. Эти два сигнала вместе с «землёй» выведены на разъёмы X2 во всех четырёх схемах (см. рис. 1 – 4). Для сопряжения этих разъёмов с разъёмом JTAG адаптера USB-Debug, предназначенного, в частности, для программирования МК фирмы Silicon Labs, используется кабель, схема которого приведена на рисунке 5.

Кабель состоит из трёх проводов, защёлкнутых на соответствующие разъёмы (фотография кабеля будет приведена ниже). Сопряжение каждого из устройств (3-wireSPI, 4-wireSPI и DIP22) с микроконтроллером C8051F067 организовано на макетной плате. Схема такого сопряжения приведена на рисунке 6. На этой же схеме показано подключение этого МК к интерфейсу JTAG адаптера USB-Debug с целью его (микроконтроллера) программирования.

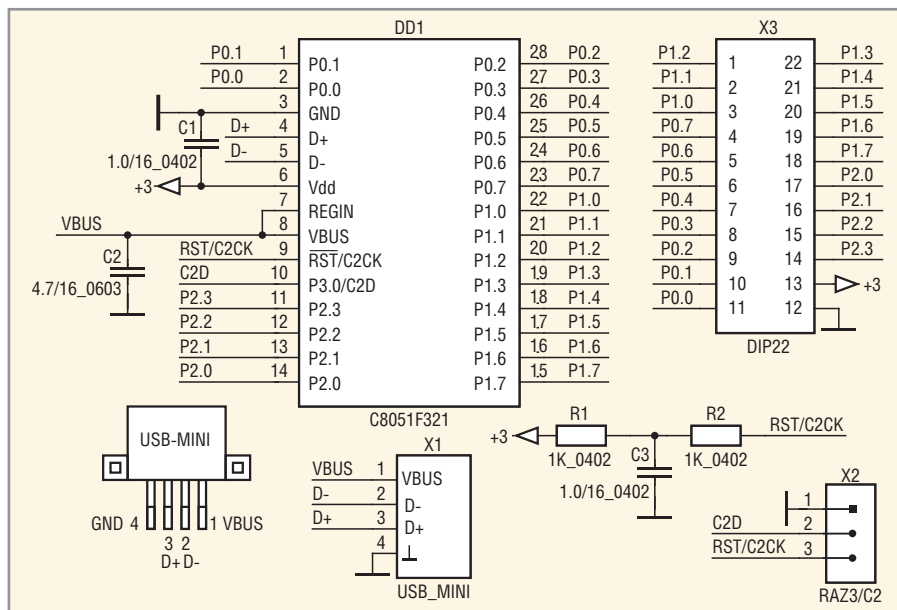


Рис. 4. Вспомогательная схема сопряжения микроконтроллера C8051F321 с интерфейсом USB и панелью DIP22

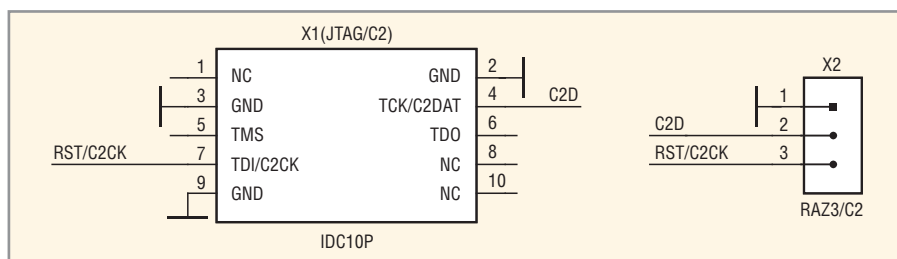


Рис. 5. Схема кабеля для программирования микроконтроллера C8051F321

В качестве ведущего МК в интерфейсе SPI представлен микроконтроллер C8051F067 (DD1). Почему этот МК должен работать в качестве ведущего, а микроконтроллер C8051F321 – в качестве ведомого? Во-первых, ведущий МК должен иметь возможность обмениваться информацией по интерфейсу SPI не только с ведомым МК, но и с другими периферийными устройствами, работающими в режиме ведомых. Другими словами, для микроконтроллера C8051F067 микроконтроллер C8051F321 должен являться одним из ведомых устройств. В свою очередь, микроконтроллер C8051F321 ни с каким устройством, кроме как с C8051F067, по интерфейсу SPI не обменивается.

Во-вторых, если даже микроконтроллер C8051F321 является единственным устройством связи по SPI для микроконтроллера C8051F067, для достижения максимальной скорости обмена (и, соответственно, высокой надёжности) один из двух МК должен иметь высокостабильный генератор тактовой частоты с кварцевым резонатором. Частота резонатора, в частности, определяется функциями, которы-

ми должен обладать главный МК. Если требуется измерение интервалов времени с помощью таймеров, входящих в состав C8051F067, то частота кварцевого резонатора после деления должна составлять целые доли секунды. В других случаях частота резонатора зависит от свойств периферийных устройств.

Ведомый микроконтроллер, в данном случае C8051F321, должен быть универсальным, «подстраиваться» под ведущий и не должен определять ни частоту работы ведущего МК, ни скорость обмена по интерфейсу SPI. Эти параметры определяет ведущий МК. Поэтому микроконтроллер C8051F321 может обойтись встроенным генератором 24 МГц.

Следует отметить, что при работе главного МК в качестве ведущего в четырёхпроводном режиме SPI на каждое из ведомых устройств подаются сигналы типа выбора устройства (CS) и сигнал синхронизации SCK. Один из таких сигналов CS (NSS) предусмотрен и в SPI-контроллере, аппаратно встроенном в микроконтроллер C8051F067. Остальные сигналы CS на другие периферийные устройства подаются с дру-

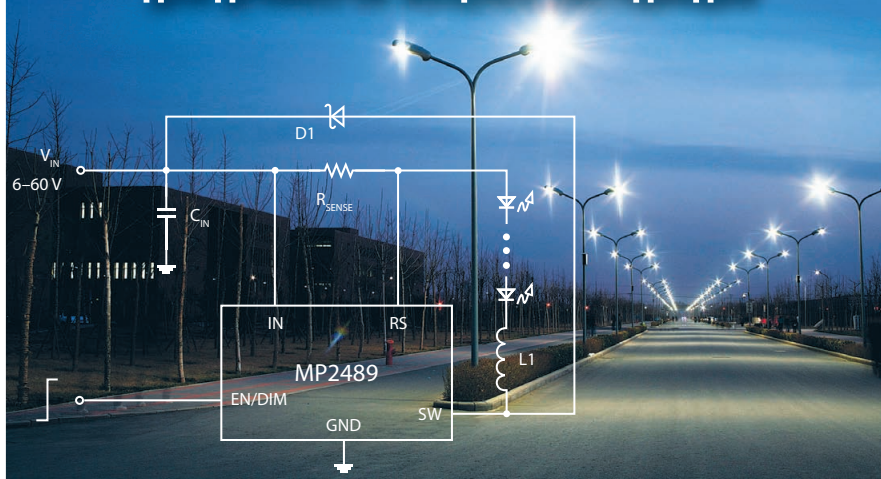
гих цифровых выводов микроконтроллера. При получении такого сигнала ведомое устройство откликается, и обмен информацией происходит именно с ним. Остальные периферийные устройства, не получив свой сигнал CS, игнорируют сигнал синхронизации SCK.

Как поступить, если требуется организовать трёхпроводной режим работы SPI по связи ведущего микроконтроллера C8051F067 с ведомым C8051F321, а с другими периферийными устройствами – четырёхпроводной режим? В этом случае можно использовать несложные решения, показанные на рисунке 7. Во-первых, необходимо запретить прохождение сигнала SCK в ведомый МК, когда этого не требуется, и, во-вторых, перевести сигнал MISO, поступающий от ведомого микроконтроллера в ведущий, в высокоимпедансное состояние или вообще отключить. Запрет прохождения сигнала SCK можно организовать с помощью логических схем «И» (1G08), «ИЛИ» (1G32), либо с помощью SPDT-коммутатора (1G3157). Вариант, при котором сигнал NSS имеет низкий уровень, отмечен на рисунке 7 звездочкой (*). Пере-



- 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

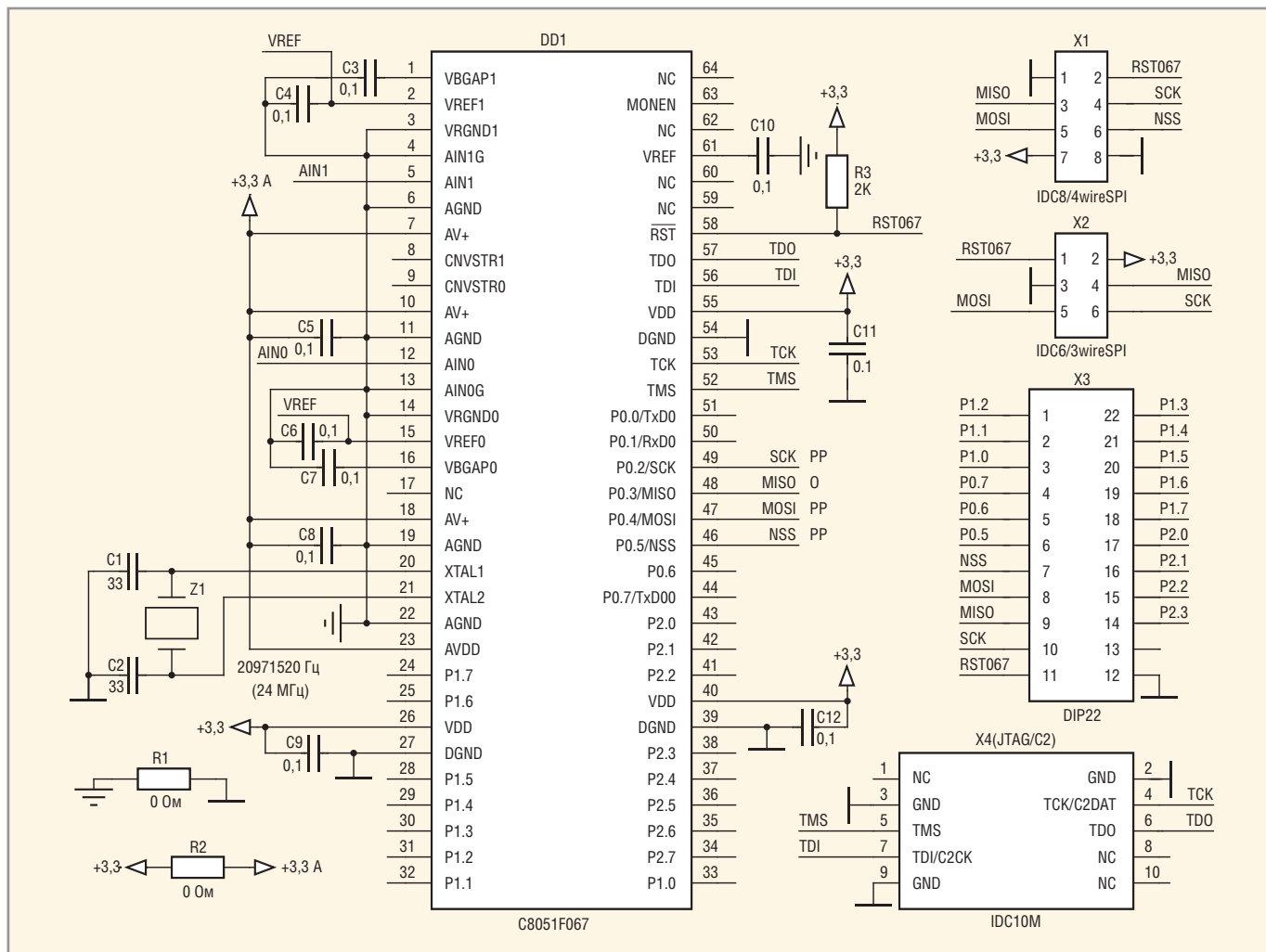


Рис. 6. Схема сопряжения микроконтроллера C8051F067 с устройствами 3-wireSPI, 4-wireSPI и DIP22 и с интерфейсом адаптера JTAG USB-Dedug

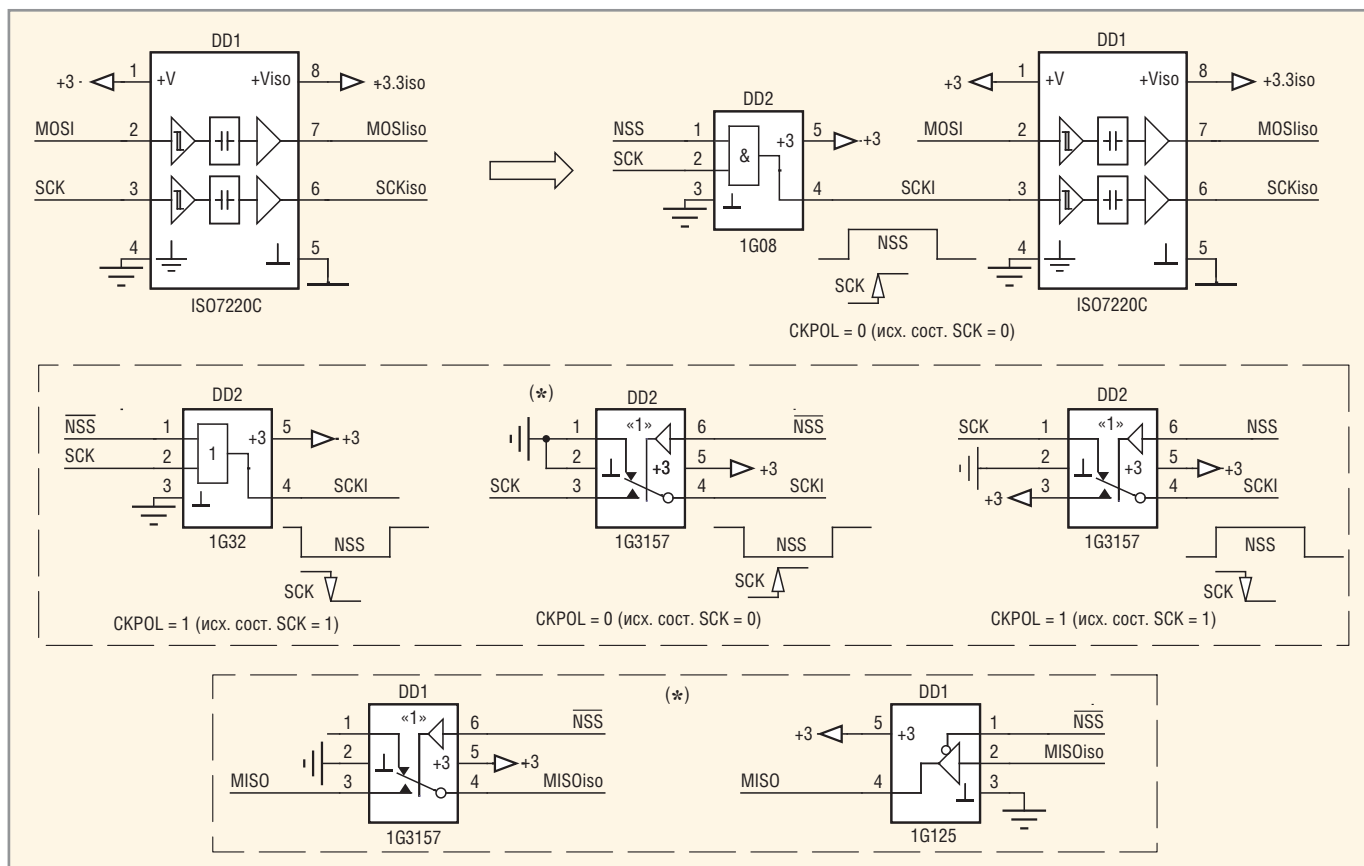


Рис. 7. Варианты решения проблемы одновременной работы 3- и 4-проводного режимов по интерфейсу SPI

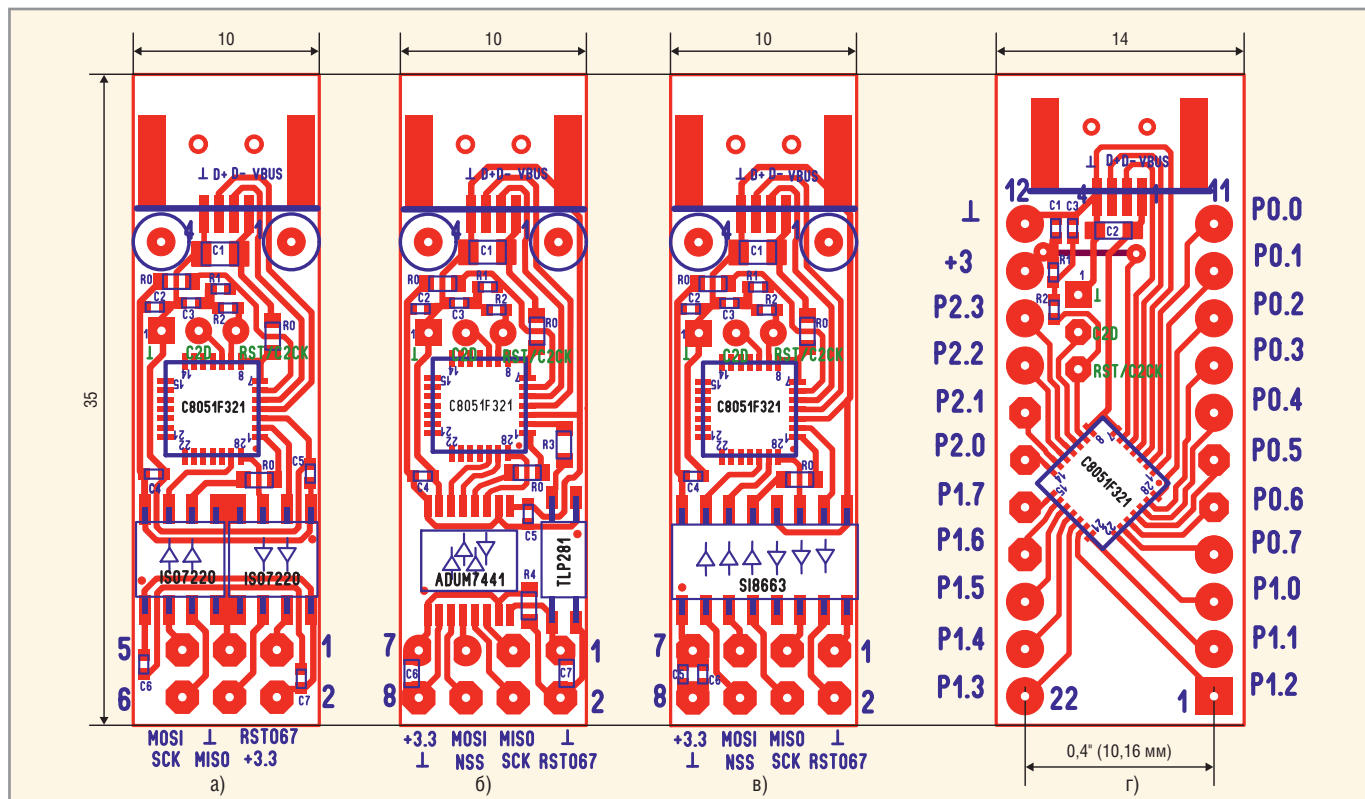


Рис. 8. Примеры разводки плат устройств 3-wireSPI (а), 4-wireSPI_AD (б), 4-wireSPI_SI (в) и DIP22 (г)

вести сигнал MISO в высокоимпедансное состояние можно с помощью микросхемы буфера с разрешением 1G125 (555ЛП18), а отключить этот сигнал можно с помощью того же коммутатора 1G3157. Вариант, который работает при низком уровне сигнала NSS, также отмечен звездочкой и показан в нижней части рисунка 7.

Для чего использовать трёхпроводной режим и устройство 3-wireSPI, если ведущий МК работает в четырёхпроводном режиме? Во-первых, схема 3-wireSPI не использует оптрона. Во-вторых, микросхемы цифровых изоляторов ISO7220C и ADUM1200B, использующиеся в устройстве 3-wireSPI, более доступны, чем микросхема ADUM7441C, использующаяся в устройстве 4-wireSPI_AD, и (тем более) SI8663BC, которая используется в устройстве 4-wireSPI_SI. В-третьих, при использовании вместо микросхем ISO7220C, максимальная скорость работы которых составляет 25 Мбод, микросхем ISO7220M, работающих на скорости 150 Мбод (как и SI8663BC), возможно увеличение скорости обмена по интерфейсу SPI на 25% (до 4 Мбод).

Ещё одной особенностью представленных схем является присутствие в них линии сброса ведущего МК (сигнал RST067). Можно отказаться от использования этой линии, заменив её простейшей RC-цепочкой, подключен-

ной к выводу RST ведущего МК, или вообще оставить вывод RST свободным (микроконтроллер C8051F067 оборудован собственной встроенной схемой автоматического сброса при включении питания Power-On-Reset, POR). Однако опыт эксплуатации систем сбора данных (см., например, [4]) показывает, что МК должен контролироваться компьютером, с возможностью сброса в любой момент времени.

Хотя с помощью интерфейса USB невозможно напрямую сбросить микроконтроллер C8051F067 (т.е. подать на его вывод RST соответствующий потенциал), его можно сбросить с помощью микроконтроллера C8051F321. В описанном ниже программном обеспечении самой первой командой для C8051F321 (после инициализации всех устройств) является команда сброса микроконтроллера C8051F067.

Изготовление плат

Разводка печатных плат устройств 3-wireSPI, 4-wireSPI_AD, 4-wireSPI_SI и DIP22 сделана автором с помощью программы Sprint LayOut 5 и показана на рисунке 8. Видно, что платы с гальванической развязкой получились довольно миниатюрными (10 × 35 мм). Разводка плат имеет две особенности. Во-первых, сделана на одной стороне, что позволяет использовать односторонний монтаж. Изготовить такую пла-

ту достаточно просто своими силами [1, 2]; кроме того, односторонние печатные платы значительно дешевле плат с двусторонним печатным монтажом. Во-вторых, все устройства, кроме DIP22, полностью лишены переходных отверстий (два переходных отверстия присутствуют только на плате DIP22; они соединены проводником на обратной стороне DIP22). Эта особенность – результат использования резисторов с нулевым сопротивлением (перемычек). На рисунке 8 все эти резисторы помечены как R0. На схемах рис. 1 – 3 такие резисторы отсутствуют, т.к. они являются атрибутом разводки, а не принципиальной схемы.

Фотографии готовых устройств 3-wireSPI, 4-wireSPI_AD, 4-wireSPI_SI и DIP22 приведены на рисунке 9. Платы изготовлены с помощью метода, подробно описанного в [1, 2]. Фотошаблоны плат напечатаны струйным принтером Canon Pixma MG5140 на прозрачной плёнке Avery Zweckform Z2503.

Подключение устройства 3-wireSPI к микроконтроллеру C8051F067 показано на рисунке 10. Микроконтроллер C8051F067 распаян на плате-переходнике TQFP64-PGA64, подробно описанной в [3], и вставлен в панель PGA64 на макетной плате. Чуть выше разъёма подключения устройства 3-wireSPI расположен восьмиконтактный разъём для подключения устройства

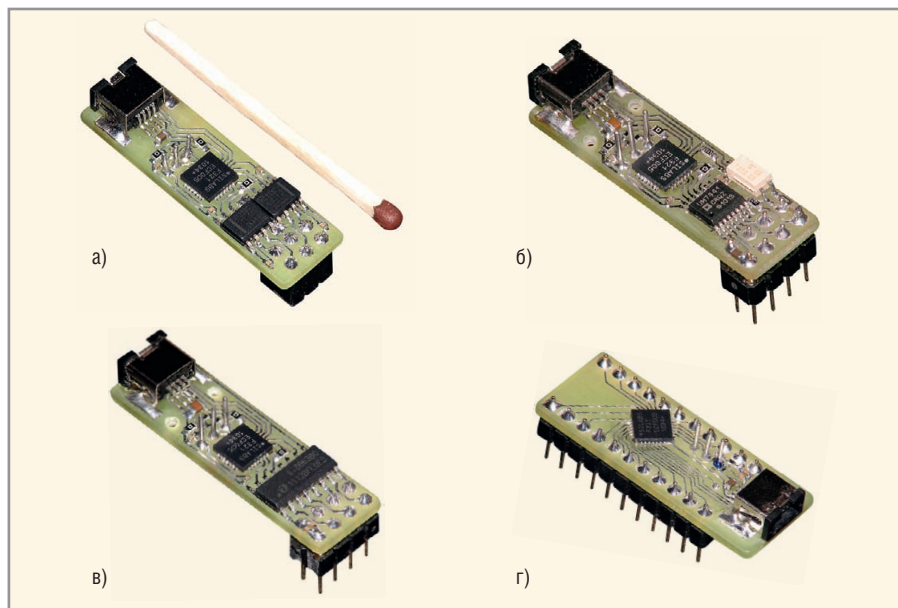


Рис. 9. Готовые устройства 3-wireSPI (а), 4-wireSPI_AD (б), 4-wireSPI_SI (в) и DIP22 (г)

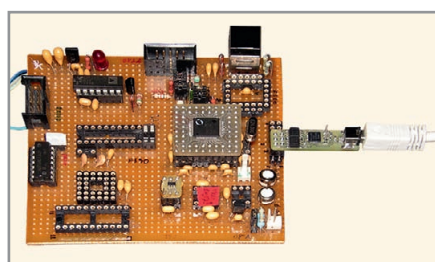


Рис. 10. Подключение устройства 3-wireSPI к микроконтроллеру C8051F067

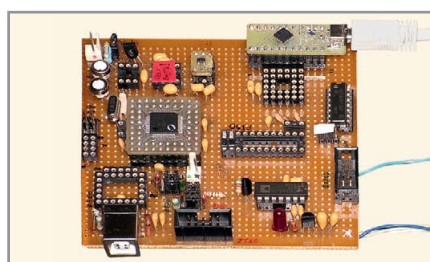


Рис. 11. Подключение устройства DIP22 к микроконтроллеру C8051F067

4-wireSPI, а в нижней левой части фотографии можно заметить панель DIP22, предназначенную для подключения устройства DIP22. Подключение устройства DIP22 к микроконтроллеру C8051F067 показано на рисунке 11.

Для программирования микроконтроллера C8051F321 в устройствах 3-wireSPI, 4-wireSPI и DIP22 необходимо изготовить кабель по схеме рис. 5, кабель для питания МК (см. рис. 12а) и соединить программируемое устройство этими кабелями соответственно с кабелем адаптера USB-Debug и блоком питания +5 В (см. рис. 12б). Устройство можно также соединить кабелем с интерфейсом USB компьютера (тогда кабель для соединения с блоком

питания и сам блок питания не нужны). Рисунок 13 иллюстрирует процесс программирования микроконтроллера C8051F067 по интерфейсу JTAG с помощью адаптера USB-Debug (см. схему рис. 6).

Кабель связи с компьютером по интерфейсу USB

Кабель связи с компьютером по интерфейсу USB – важный атрибут надёжного обмена информацией компьютера с микроконтроллером. От того, насколько качественно сделан такой кабель, зависит надёжность связи по интерфейсу USB. Согласно спецификации USB 2.0, кабель должен быть выполнен из одной витой пары 28AWG

(диаметр жилы 0,32 мм) для передачи данных и одной пары проводников от 20AWG (диаметр 0,81 мм) до 28AWG для питания, в зависимости от длины кабеля. Если длина кабеля 0,8 м, он должен состоять из одной витой пары 28AWG и двух проводников 28AWG для питания. На качественных кабелях такой длины обычно нанесена надпись 28AWG/28AWG. При длине 5 м кабель должен состоять из одной витой пары 28AWG и двух проводников 20AWG и иметь маркировку 28AWG/20AWG. Кроме того, кабель должен быть экранированным. Желательно, чтобы кабель был оснащён специальным ферритовым фильтром для подавления ВЧ-помех. По спецификации USB максимальная длина кабеля не должна превышать 5 м. При увеличении длины стандартного кабеля свыше 5 м интерфейс USB действительно неработоспособен.

Если требуется соединить устройства по интерфейсу USB на расстоянии более 5 м, то обычно применяют дорогостоящие удлинители, в которые встроены специальные усилители сигнала. Однако достаточно длинный (до 13 м и более) качественно работающий и недорогой кабель можно изготовить, если использовать обычный коаксиальный кабель. У автора был моток такого кабеля (RG-6U) длиной 26 м, оставшийся от разводки телевизионной антенны. Разрезав его пополам, припаяв две центральные жилы к контактам линий данных D+ и D- разъёма USB и соединив контакты линий питания (VBUS и «землю») с оплётками (экранами) двух кабелей, автор был приятно удивлён безукоризненной работой такого 13-м удлинителя USB.

Для удобства концы кабеля с припаянными разъёмами были помещены в небольшие корпуса, состоящие из двух половинок с защёлками. Чтобы кабели с разъёмами хорошо держались в этих корпусах, в них были вставлены кусоч-



Рис. 12. Программирование микроконтроллера C8051F321 по интерфейсу C2
а) Кабели питания и сопряжения с адаптером USB-Debug, б) процесс программирования

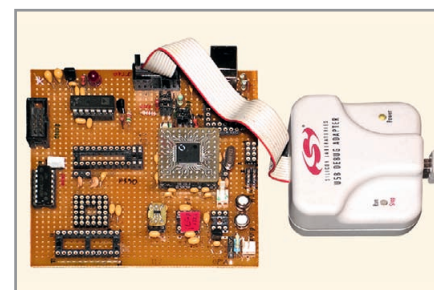


Рис. 13. Программирование микроконтроллера C8051F067 по интерфейсу JTAG



Рис. 14. Установка корпусов на разъёмы USB кабеля

а) Вид внутренней части корпуса, б) корпуса в сборе

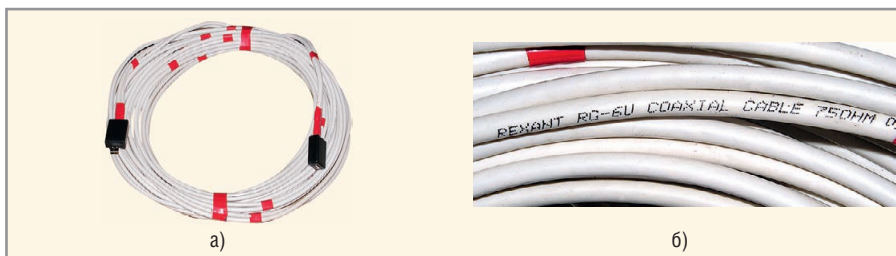


Рис. 15. Кабель 13 м в сборе (а), маркировка кабеля RG-6U (б)

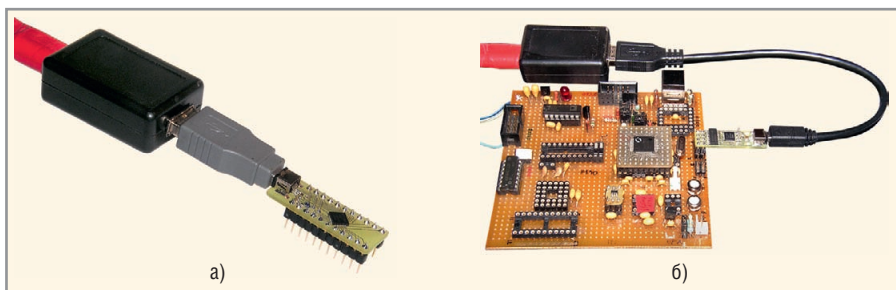


Рис. 16. Тестирование работы кабеля при работе по интерфейсу USB (а) и при работе по двум интерфейсам – USB и SPI (б)

ки макетной платы, к которым медной проволокой были прикручены сами разъёмы USB (см. рис. 14а). После этого половинки корпусов были склеены дихлорэтаном (рис. 14б), и получилась довольно удобная и жёсткая конструкция. Фотография самодельного кабеля приведена на рисунке 15а, а фотография маркировки кабеля – на рисунке 15б. Для проверки работы кабеля к нему были подключены устройства DIP22 (см. рис. 16а) и 4-wireSPI (см. рис. 16б), которые показали идеальную работу.

Необходимо отметить, что дешёвый кабель RG-6U китайского производства, использованный автором, является не лучшим выбором для удлинителя USB по двум причинам. Во-первых, его центральная жила выполнена из стали, покрытой медью. Во-вторых, металлическая оплётка сделана из тонких алюминиевых нитей, поэтому с ними были скручены медные жилы провода МГТФ, припаянного к контактам разъёма USB. Лучшим выбором является коаксиальный кабель, у кото-

рого внутренняя жила выполнена из чистой меди, а оплётка представляет собой свитые медные нити (например, отечественный РК75). Тогда длину кабеля USB можно увеличить до 20...30 м.

Продолжение следует

ЛИТЕРАТУРА

1. Кузьминов А. Метод фоторепродуцирования для изготовления фотошаблона печатных плат в домашних условиях. Технологии в электронной промышленности. № 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. Современные аппаратные средства связи микроконтроллера с компьютером по интерфейсу RS232. Компоненты и технологии. 2006. № 3–5.
4. www.microcompsys.narod.ru.
5. www.silabs.com. AN169.pdf. USBXpress® Programmer's Guide.
6. www.silabs.com. FileTransfer Example.

РАДИАЦИОННО-СТОЙКИЕ DC/DC-ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ



Серии SBB

DC/DC-преобразователи серии SBB (RAD-Hard™) типа POL предназначены для применения в распределённых системах электропитания

Основные характеристики

- Диапазон входных напряжений 4,5...5,5 В
- Выходные напряжения 1; 1,2; 1,5; 1,8; 2,5 и 3,3 В с регулировкой $\pm 10\%$
- Максимальный ток нагрузки 14 А
- Встроенные помехоподавляющие фильтры на входе и выходе
- КПД до 89%
- Сервисные функции: дистанционное включение/выключение, внешняя обратная связь, защита от пониженного входного напряжения, сигнал состояния выходного напряжения.
- Гарантированное отсутствие одиночных эффектов от воздействия протонов и ионов с ЛПЭ более 82 МэВ см²/мг, значение суммарной дозы 100 крад (Si)

International
IOR Rectifier

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ПАРТНЁР
INTERNATIONAL RECTIFIER HIREL В РОССИИ

ProSOFT[®]
COMPONENTS

Тел.: (495) 232-2522 • www.prochip.ru

Реклама

Быстродействующий датчик действующего значения переменного тока силовых преобразователей

Евгений Колесников (Тульская обл.)

Эффективность и надёжность силовых полупроводниковых преобразователей, использующих широтно-импульсное регулирование, в значительной мере зависит от быстродействия и точности датчиков напряжения и тока. Представленная схема позволяет увеличить быстродействие датчика переменного тока промышленной частоты.

Широкое применение микропроцессорных средств для управления силовыми полупроводниковыми преобразователями предъявляет повышенные требования к параметрам различных датчиков электрических величин. В современных регуляторах переменного напряжения, устройствах мягкого пуска асинхронных двигателей и управляемых выпрямителях на основе широтно-импульсного регулирования используются датчики переменного тока и напряжения, входящие в состав систем подчинённого регулирования. Контур внутреннего регулирования тока является внутренним, наиболее быстродействующим и наиболее ответственным. Традиционно датчики тока используются и в системах защиты от предельных токов.

От быстродействия датчика тока и, следовательно, всего контура регулирования тока зависит точность поддержания регулируемого параметра в нестационарных режимах. Использование быстродействующих датчиков тока в системах защиты преобразователей позволяет предотвратить выход из строя дорогостоящих силовых полупроводниковых приборов.

В общем случае система регулирования и защиты предполагает использование сигнала постоянного тока, про-

порционального текущему действующему значению измеряемого тока. Поэтому сигнал переменного тока, полученный с датчика тока, преобразуется в сигнал постоянного тока, как правило, с помощью двухполупериодного выпрямителя и сглаживающего фильтра.

В современных силовых преобразователях широко используются датчики тока на основе эффекта Холла [1]. Выходной сигнал таких датчиков снимается относительно общего провода, что делает невозможным применение в качестве выпрямителя традиционной мостовой двухполупериодной схемы. Это обстоятельство предопределило применение в датчике схемы двухполупериодного активного выпрямителя. Для повышения быстродействия датчика в схему активного выпрямителя дополнительно введены фазосмещатель, ещё один активный выпрямитель и сумматор, а вместо конденсатора фильтра использован активный фильтр низких частот второго порядка.

Структурная схема разработанного датчика тока силового преобразователя приведена на рисунке 1. Она включает первичный датчик тока ДТ на основе эффекта Холла, активные выпрямители АВ1 и АВ2, фазосмещатель ФС, сумматор С и активный фильтр АФ. Измеряемый переменный ток i преобразуется датчиком Холла в пропорциональное ему напряжение $u_{ДТ}$, которое подаётся на входы активного выпрямителя АВ1 и фазосмещателя ФС. Последний сдвигает фазу напряжения $u_{ДТ}$ на угол 90° и подаёт его на вход активного выпрямителя АВ2. В сумматоре С напряжения $u_{АВ1}$ и $u_{АВ2}$ суммируются, и напряжение u_C подаётся на вход активного фильтра АФ, где сглаживается до требуемой величины пульсаций. В

результате на выходе схемы датчика тока формируется напряжение $U_{\text{вых}}$ постоянного тока, пропорциональное действующему значению I измеряемого тока i .

На рисунке 2 приведена принципиальная электрическая схема разработанного датчика тока. В качестве первичного использован датчик тока LT100-S/SP30 на номинальный ток 100 А, имеющий токовый выход с номинальным током 100 мА. Выход датчика нагружен на измерительный резистор R1. Напряжение, снимаемое с резистора R1, понижается с помощью потенциометра резистора R2 до требуемого уровня $U_1 = 1$ В при измеряемом токе 40 А. Конденсатор С2 подавляет импульсные помехи. Переменное напряжение с движка потенциометра R2, пропорциональное измеряемому току, подаётся на входы активного выпрямителя АВ1 и фазосмещателя ФС.

Активные выпрямители АВ1 и АВ2 собраны на операционных усилителях DA1.1 и DA1.3 соответственно и представляют собой схемы точных однополупериодных выпрямителей [2]. Выпрямители АВ1 и АВ2 работают совместно с сумматором С, выполненном на операционном усилителе DA2.1. Двухполупериодное выпрямление осуществляется путём суммирования в сумматоре С входного синусоидального сигнала u_1 (при синусоидальном токе I) с однополупериодным сигналом двойной амплитуды отрицательной полярности, снимаемым с выхода каждого из АВ. Работа выпрямителей идентична, за исключением того, что на вход АВ2 поступает сигнал u_2 с выхода фазосмещателя ФС, отстающий по фазе на угол 90° от входного сигнала u_1 .

Фазосмещатель ФС реализован на операционном усилителе DA1.2, включенном по схеме неинвертирующего усилителя. Входные цепи R3C1 и R4C3 последовательно сдвигают фазу сигнала на 45° , в результате суммарный сдвиг составляет 90° на частоте 50 Гц. Коэффициент передачи фильтра равен 2 В/В и устанавливается резисторами R6 и R9.

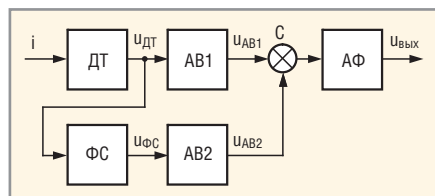


Рис. 1. Структурная схема датчика тока

ДТ – первичный датчик тока; ФС – фазосмещатель; АВ1, АВ2 – активные выпрямители 1, 2; С – сумматор; АФ – активный фильтр

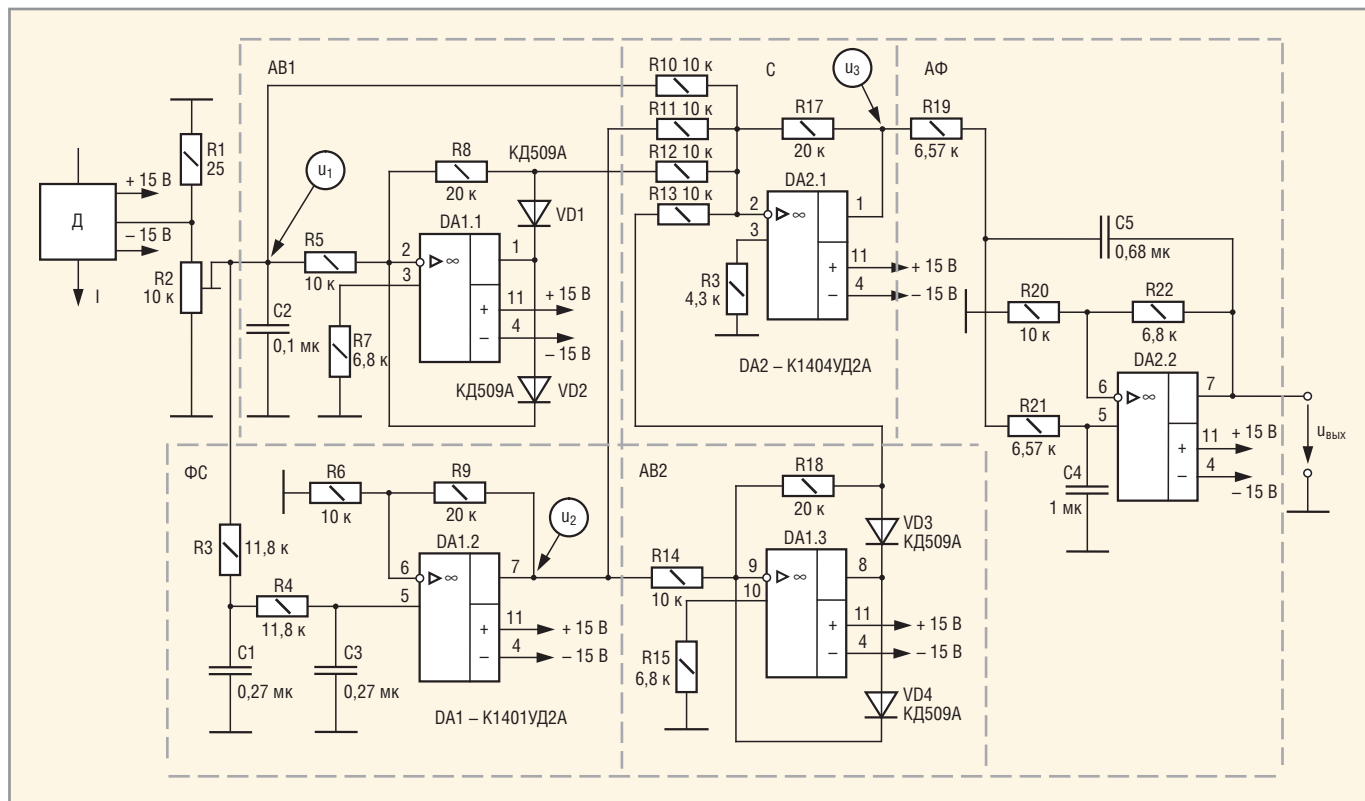


Рис. 2. Принципиальная схема датчика тока

Таким образом, на выходе сумматора С формируется сигнал u_3 , равный сумме двухполупериодных сигналов положительной полярности, сдвинутых на угол 90° и усиленных в два раза. С выхода сумматора С сигнал поступает на вход активного ФНЧ, выполненного по схеме Саллена-Ки второго порядка на операционном усилителе DA2.2 [3]. Компоненты фильтра подобраны таким образом, чтобы получить наибольшее быстродействие при перерегулировании выходного сигнала не более 5%.

На рисунке 3 приведены осциллограммы напряжений в контрольных точках схемы. Здесь же приведены осциллограммы выходных напряжений $u_{\text{вых}}$ и $u'_{\text{вых}}$ соответственно разработанного датчика и традиционного двухполупериодного выпрямителя, полученные при ступенчатом воздействии на входе схемы. Анализ осциллограмм показывает, что время установления выходного напряжения $u_{\text{вых}}$ разработанного датчика в 3,8 раза меньше времени установления t'_y датчика, выполненного по двуполупериодной схеме.

Применение разработанного датчика тока в силовых преобразователях обеспечивает повышение точности поддержания параметров в переходных режимах и, следовательно, повышение качества технологического процесса. Кроме того, использование

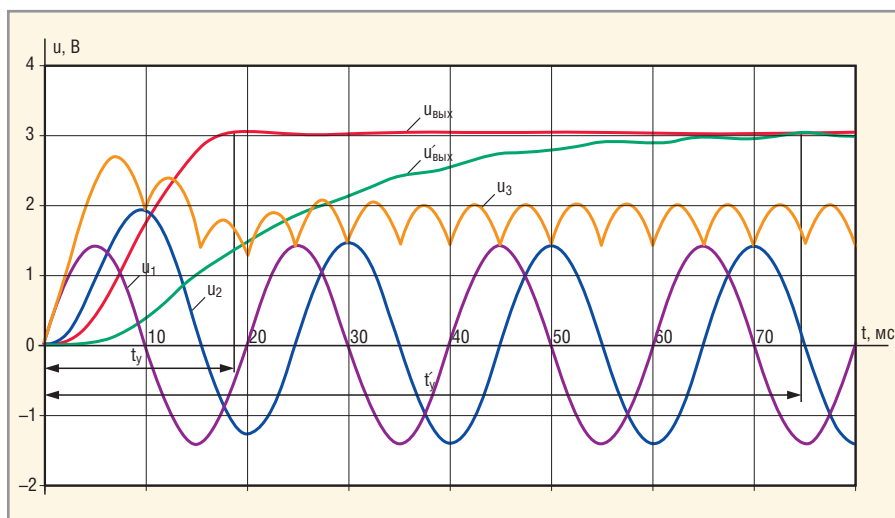


Рис. 3. Осциллограммы работы датчика тока

датчика увеличивает быстродействие защиты по току, повышая надёжность силовых ключей преобразователя и электрооборудования в целом.

Следует отметить, что область применения датчика ограничивается измерением переменного синусоидального тока промышленной частоты, что предопределяет его использование в силовых преобразователях с широтно-импульсным регулированием, где форма тока близка к синусоидальной.

Описанный в статье датчик тока использован в аппаратуре управления и защиты электродвигателя погружного насоса мощностью 22 кВт. Сигнал датчика задействован в транзисторном

регуляторе напряжения, который обеспечивает мягкий пуск электродвигателя путём ограничения пускового тока на заданном уровне, а также при организации защит от перегрузки и короткого замыкания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Романенко Д. Датчики тока на основе эффекта Холла. Основы схемотехники. 2003. № 6. С. 25.
2. Гусев В.Г., Гусев Ю.М. Электроника: Учебное пособие для приборостроительных специальностей вузов. Высшая школа, 1991.
3. Фолкенберри Л. Применение операционных усилителей и линейных ИС. Мир, 1985.

Широкополосный усилитель на ОУ с фильтром 0...45 МГц для цифрового синтезатора частоты

Валентин Сокол (Московская обл.)

В статье описана принципиальная схема и характеристики широкополосного фильтра и усилителя для обработки дифференциального сигнала с выходов микросхемы DDS типа AD9851.

Эта статья является продолжением темы, начатой в [1, 2], где был описан метод вычисления загрузочного кода для DDS (прямого цифрового синтеза), реализованный в ПЛИС и не требующий больших вычислительных ресурсов. Точность метода подтверждена экспериментально – получено отклонение не более 20 Гц на частоте 40 МГц. Измерение выполнялось после пересчёта поправочных констант и перепрограммирования ПЛИС под предварительно измеренную частоту кварцевого генератора.

Усилитель и фильтр разработаны для генератора на основе микросхемы AD9851, работающей на тактовой

частоте 120 МГц при напряжении питания 3,3 В. На рисунке 1 приведена осциллограмма сигнала 45 МГц на одном из парафазных выходов этой микросхемы; спектр сигнала показан на рисунке 2. Видно, что помимо основной частоты, в спектре присутствует первая разностная гармоника 75 МГц почти той же интенсивности, тактовый сигнал 120 МГц, суммарная гармоника 165 МГц и более высокочастотные комбинационные составляющие. Собственная третья гармоника ИС выражена довольно слабо. Анализируя рисунок 2, можно сделать следующие выводы. Первый: полоса подавления фильтра должна начи-

наться ниже частоты 75 МГц, с тем чтобы обеспечить достаточное ослабление первой разностной гармоники. Второй вывод – менее очевидный, но проверенный на практике, – на выходе ИС синтезатора частоты до фильтра не следует использовать активные элементы, поскольку в спектре выходного сигнала неизбежно появятся новые комбинационные частоты.

Электрическая схема фильтра и предварительного усилителя приведена на рисунке 3. Фильтрацию входного сигнала обеспечивают два пятизвенных фильтра Баттерворта, нагруженные на резисторы R3, R4 с сопротивлением, равным волновому. Достоинством дифференциальной схемы, несмотря на большее число компонентов, является хорошее подавление помех по шинам питания. В частности, именно в этом варианте удалось изба-

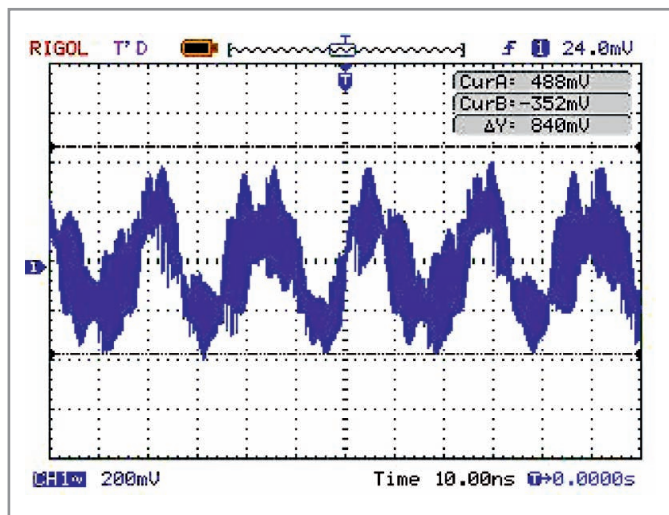


Рис. 1. Осциллограмма выходного сигнала микросхемы DDS на частоте 45 МГц

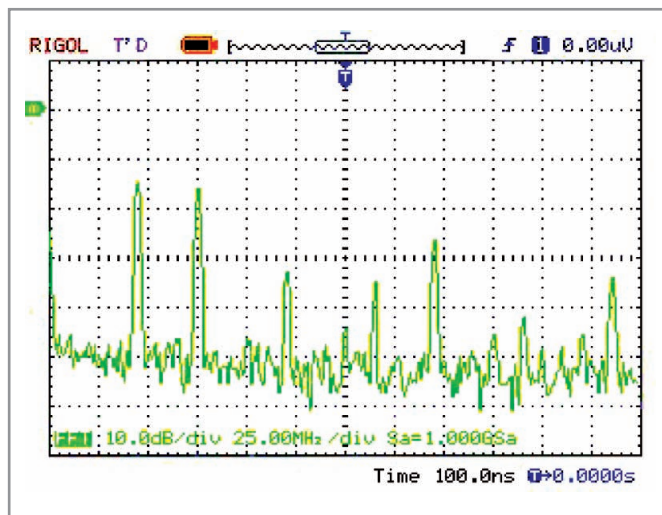


Рис. 2. Спектр выходного сигнала микросхемы DDS на частоте 45 МГц

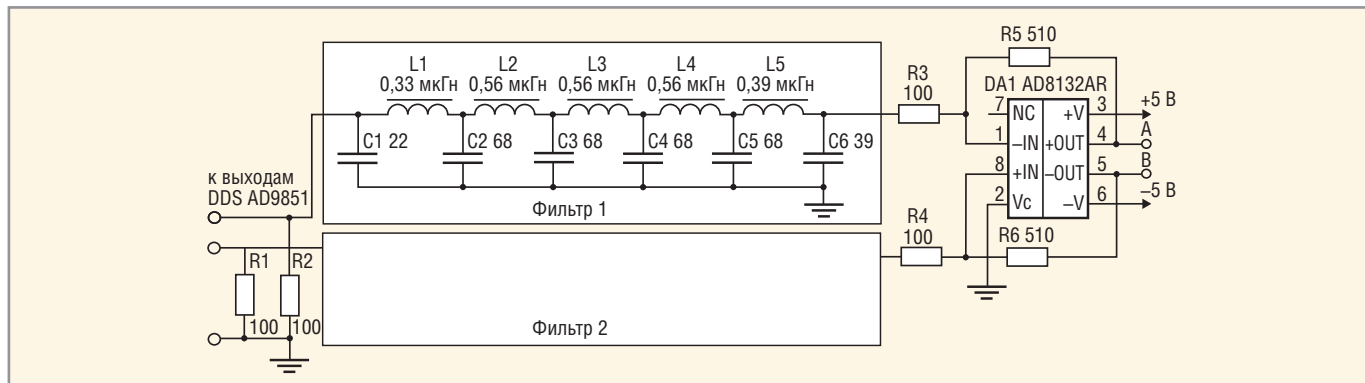


Рис. 3. Электрическая схема предварительного усилителя

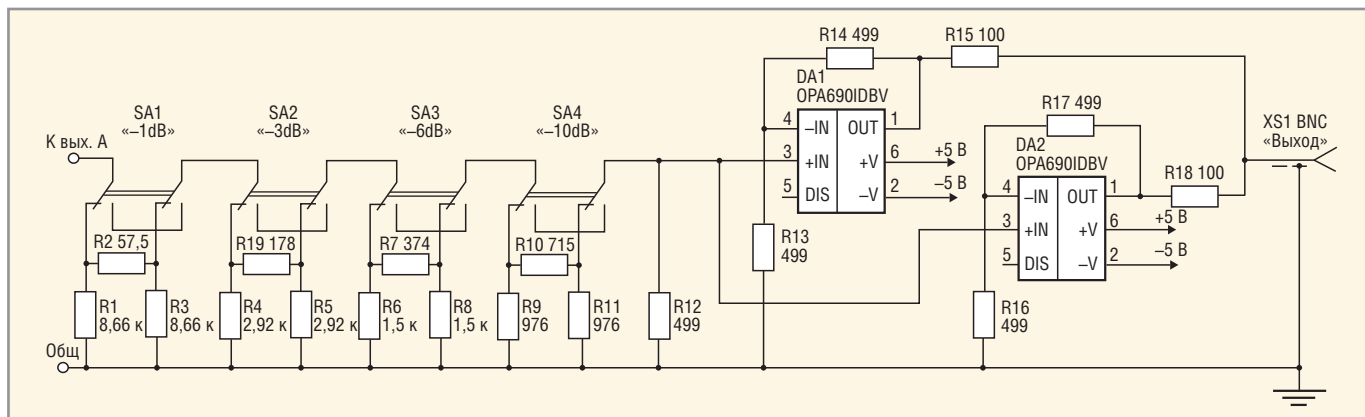


Рис. 4. Электрическая схема аттенюатора и выходного каскада

витель от влияния помехи, вызванной импульсным питанием светодиодных индикаторных матриц. Граничная частота фильтра (начало спада АЧХ) выбрана равной 46 МГц, тогда спектр выходного сигнала остаётся относительно чистым (в нём подавлены разностные гармоники сигнала и тактовой частоты DDS).

Дифференциальный драйвер DA1 AD8132AR, наряду с усилением, устраняет постоянное смещение с выходов синтезатора частоты. К сожалению, этот ОУ не предназначен для работы на нагрузку 50...500 Ом при размахе

выходного ВЧ-сигнала не менее 2,6 В. В нашей схеме вторая и третья гармоники практически незаметны до 10 МГц и возрастают до -42 и -40 дБ (здесь и далее с.к.з. напряжения) на частоте 15 МГц. Отметим, что выше 15 МГц ослабить рост третьей гармоники может только снижение нагрузки и уровня выходного напряжения. Впрочем, компания Analog Devices выпустила новый драйвер AD8138AR, от которого можно ожидать более высокой линейности.

Но вернёмся к фильтрам. Номинальные значения индуктивностей и ём-

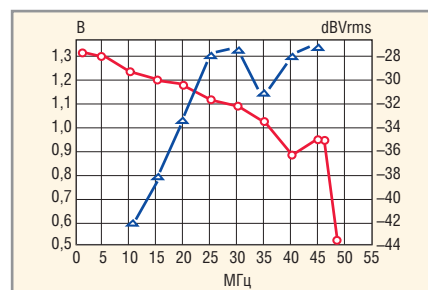


Рис. 5. АЧХ прибора и зависимость уровня третьей гармоники от частоты

костей фильтров выбраны из стандартного ряда с допусками 5% для конденсаторов и 5...10% для индуктив-

Отличная замена жесткому диску

Твердотельные накопители для баз данных

- * большой рабочий ресурс
- * высокая производительность
- * экономичность
- * MLC-технология с архитектурой L2
- * поддержка SMART

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР ПРОДУКЦИИ INNODISK

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

Реклама

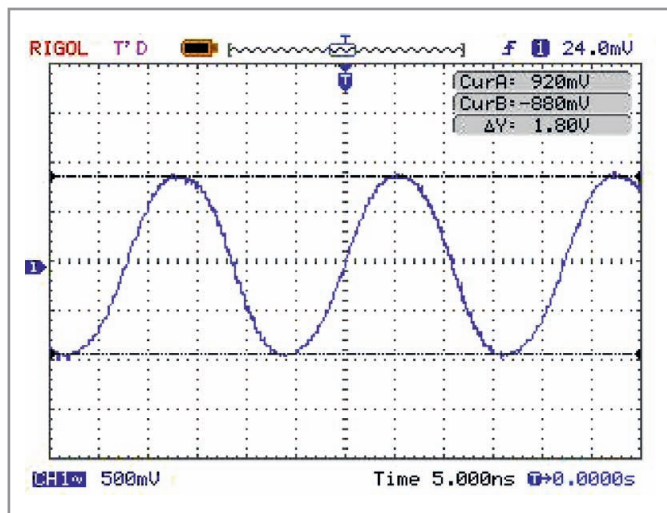


Рис. 6. Осциллограмма выходного сигнала на частоте 45 МГц

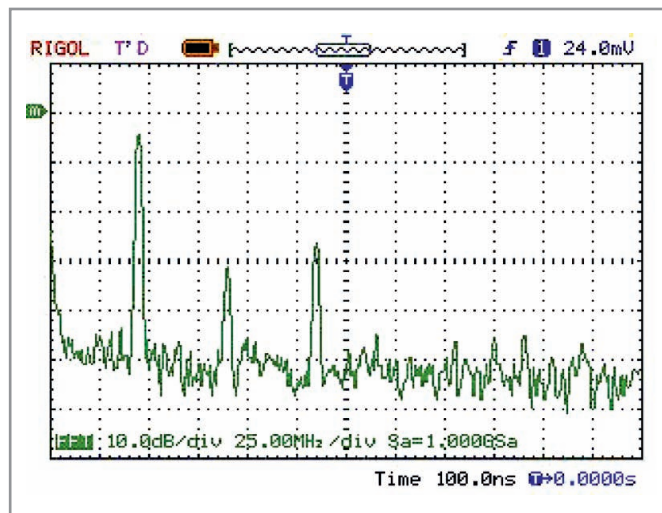


Рис. 7. Спектр выходного сигнала на частоте 45 МГц

ностей. Тем не менее, в нескольких образцах прибора АЧХ воспроизводилась достаточно точно. При моделировании в программе Pspice фильтр даёт подъём на верхних частотах (для частичной компенсации потерь) и ширину переходной зоны 13...14 МГц. Несмотря на значительную неравномерность расчётной АЧХ, выходная АЧХ прибора достаточно ровная, что обусловлено демпфированием фильтров выходным сопротивлением микросхемы. Моделирование с включением последовательного резистора 50 Ом на вход фильтра давало похожий результат.

Сигнал с одного из выходов драйвера поступает на аттенуатор и выходной усилитель (см. рис. 4), способный работать на нагрузку 50 Ом. Сопротивление аттенуатора, нагру-

жающего предварительный усилитель, равно 500 Ом. Последнюю ступень аттенуатора необходимо компенсировать включением конденсатора ёмкостью 3,3 пФ параллельно резистору R10.

Выходной усилитель с коэффициентом передачи 2 В/В выполнен на двух ОУ Texas Instruments OPA690 в корпусах SOT23-6 по схеме с разделённой нагрузкой. Выходные токи ОУ складываются, уменьшая нагрузку на каждый прибор. Питание к драйверу и усилителям подводится через разделительные фильтры, состоящие из плёночной индуктивности 2,2 мкГн и блокировочного конденсатора 0,47 мкФ. Кроме того, между шинами +5 В и -5 В вблизи выводов ОУ установлены конденсаторы 10 мкФ. Выходная АЧХ прибора, снятая на нагрузке 50 Ом непосредственно на выходном разъёме, приведена на рисунке 5 слева.

Если на АЧХ (см. рис. 5) можно угадать остатки «горбов», то график третьей гармоники, показанный синей линией, является предметом дальнейшего изучения. При установке щупа осциллографа на входе усилителя можно увидеть, что уровень третьей гармоники имеет максимум -34 дБ на частоте 35 МГц и минимум -40 дБ на частотах 30 и 46 МГц. Выходной сигнал 45 МГц (см. рис. 6) снят на той же нагрузке, но подсоединённой через кабель длиной 1 м, его спектр показан на рисунке 7. Сравнивая со спектром, приведённым на рисунке 2, можно убедиться, что фильтр свою задачу выполнил, но искажения, внесённые усилителем на верхних частотах, желательно снизить до уровня -36...-38 дБ. Это задача решаемая, поскольку паразитные гармоники сосредоточены во

второй половине частотной области, достаточно далеко от основной частоты.

Некоторое представление о приборе в целом даёт рисунок 8. Плата фильтра и усилителя закреплена на металлическом основании и закрывается промежуточным экраном, на который устанавливается управляющая плата. Слева внизу просматривается посадочное место под разъём USB-A, на средние контакты которого через резисторы 100 Ом выведены парафазные нерегулируемые выходы синтезатора, изолированные двумя повторителями на OPA690 (на схеме не показаны).

Симметричные цепочки фильтров видны на рисунке 9, где управляющая плата отведена в сторону. Расстояние между катушками индуктивности должно быть не меньше двойной длины катушки. В противном случае фильтр будет пропускать на высокой частоте. Микросхема DDS в этом варианте прибора установлена на управляющей плате рядом с ПЛИС. В правой части платы расположен импульсный преобразователь источника питания.

Несмотря на некоторую незавершённость, прибор успешно эксплуатируется, и, надеюсь, эта статья поможет читателям при решении подобных задач.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сокол В. Генератор синусоидального напряжения на микросхеме DDS. Современная электроника. 2010. № 3.
2. Сокол В. Коррекция загружаемого кода в генераторе синусоидального напряжения на микросхеме DDS-синтезатора. Современная электроника. 2010. № 7.

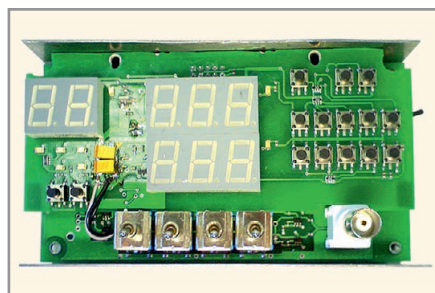


Рис. 8. Внешний вид прибора с установленной платой управления

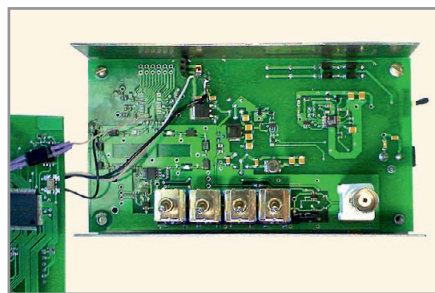


Рис. 9. Внешний вид платы фильтра

Новости мира News of the World Новости мира

Интегрированное решение оптического трансивера с 100 Гбит/с

Фирмой Molex представлено реализованное на одном единственном КМОП-чипе решение оптической связи со скоростью 100 Гбит/с. Оно выполняет требования к параметрам связи для следующего поколения «облачных» вычислителей, вычислительных центров и информационных приложений высокой производительности.

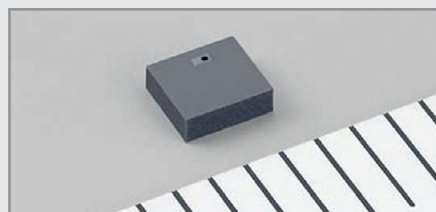
Активные оптические элементы, разработанные совместно с компанией Luxtera на базе кремниевой фотоники, включают в себя четыре передающих и приёмных канала, работающих на скорости 28 Гбит/с, питающихся от лазера. Они обеспечивают общую скорость передачи информации более 100 Гбит/с.

К предлагаемым интегрированным решениям оптических трансиверов относятся решения, монтируемые непосредственно на печатной плате, и комплектные системы End-to-End-связи. Molex предлагает также и оценочные платформы в качестве образцов.

www.molex.com/

Ёмкостные датчики влажности

Фирмой Alps начато массовое производство емкостных датчиков влажности серии HSHCA для применения в установках кондиционирования воздуха, очистителях воздуха и других электронных устройствах. Элементы поверхностного монтажа размером 2,5 × 2,2 × 1,0 мм рассчитаны на напряжения питания 2,2...3,6 В и измеряют относительную влажность воздуха в диапазоне 0...100% с точностью измерения ±5%.

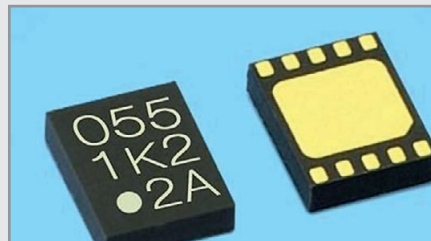


Диапазон рабочих температур в пределах -20...+85°C. В составе семейства версия модуля, состоящего из датчика, установленного на печатной плате и обеспечивающего простоту подключения. Основными областями применения являются установки кондиционирования воздуха, очистители воздуха, холодильники и другие предметы домашнего обихода, принтеры, мобильные телефоны, цифровые камеры и другие электронные приборы, а также приборы санитарного надзора и прочие медицинские изделия.

www.alps.com/

USB: Микросхема контроля заряда литий-ионных батарей

Фирмой Renesas Electronics предлагается микросхема контроля заряда R2A20055NS, которая обеспечивает управление процессом заряда одноэлементных литий-ионных батарей. Литий-ионные батареи могут очень сильно нагреваться и воспламениться при перезаряде. По этой причине ассоциация JEITA (Japan Electronics and Information Technology Industries Association) выпустила ряд директив, предписывающих уменьшение скорости заряда для определённых диапазонов низких или высоких рабочих температур батарей.



Наряду со специальными функциями защиты для переносных приборов, таких как, например, защита батареи от повышенного напряжения и таймер времени заряда, микросхема содержит также функции, которые выполняют профили заряда, предписанные директивами JEITA.

Таким образом, микросхема R2A20055NS реализует надёжное управление процессом заряда. Выводы входов имеют электрическую прочность 25 В и охвачены функцией защиты от повышенного напряжения. Эта функция защищает системы самого приложения от бросков напряжения, возникающих при подключении блока питания или USB-кабеля. Микросхема размещена в корпусе HUSON с десятью выводами размером 2,0 × 2,5 мм.

www.renesas.eu/

Светодиодные драйверы для автомобильной электроники

Микросхемы A6265, A6266 и A6267 компании Allegro MicroSystems представляют собой семейство схем управления мощными светодиодами, предназначенных для применения в автомобильной электронике и обладающих функциями защиты и диагностики. Элементы соответствуют требованиям норм AEC-Q100 Grade 0. DC/DC-контроллеры A6265/A6267 могут быть сконфигурированы как вольтодобавочные или промежуточные вольтодобавочные преобразователи, тогда как A6266 работает как вольтодобавочный преобразователь.



Каждый вариант микросхемы может осуществлять управление 15 включенными последовательно светодиодами и обеспечивает ток более 1 А, в зависимости от выбора внешнего МОП-транзистора. Семейство схем управления светодиодами предназначено для использования в приложениях управления светодиодами в автомобильной электронике, в частности для передних фар и фар заднего хода. A6265KLPTTR-T, A6266KLPTTR-T и A6267KLPTTR-T предлагаются в 16-контактном TSSOP-корпусе.

www.allegromicro.com/

Cree: светодиод с коэффициентом цветопередачи не менее 90

Компания Cree представляет свой усовершенствованный светодиод XLamp MT-G. MT-G с технологией Easy White обеспечивает яркость, цветопередачу и надёжность обычных галогенных средств освещения в сочетании с преимуществами энергоэффективности светодиодов. Светодиод на 10% ярче предыдущей модели и излучает световой поток до 1670 лм с цветовой температурой 3000 К в тёплом белом свете.

Помимо этого светодиод MT-G обладает коэффициентом цветопередачи (CRI) не менее 90. Этот параметр определяет качество цветопередачи источников света. Чем ближе его значение к 100, тем естественнее воспринимается свет. Поэтому он особенно подходит для приложений, в которых требуется постоянное освещение без искажения цвета, как, например, в магазинах и ресторанах.

Срок службы XLamp MT-G, определяемый согласно IESNA LM-80, превышает 6000 ч при цветовой температуре от 2700 до 5000 К. Все светодиоды имеются в наличии в цветовых температурах Easy White и с максимальным отклонением двух или четырёх эллипсов Мак Адамса от заданной цветовой точки. Кроме того, возможен выбор прямого напряжения между 6 и 36 В.

mtg.cree.com

Устройства на микроконтроллерах ATiny2313: кодовый замок и таймер

Сергей Шишкин (Нижегородская обл.)

В данной статье представлено устройство, выполненное на базе микроконтроллеров ATiny2313. Устройство реализует функции кодового замка и таймера. Автор достаточно подробно поясняет алгоритм работы устройства, схемотехнику, приводит с комментариями программное обеспечение.

Программные и аппаратные ресурсы микроконтроллера ATiny2313 позволяют разрабатывать на их базе самые различные устройства. Если для реализации заданных функций разрабатываемого устройства программных и аппаратных ресурсов данного микроконтроллера всё же не хватает, то разработчик может или применить более мощный микроконтроллер, или задействовать необходимое количество корпусов ATiny2313 и по возможности минимизировать в схеме количество других компонентов. Принципиальная схема устройства, в котором применено два микроконтроллера ATiny2313, представлена на рисунке.

Устройство совмещает функции кодового замка и таймера. На принципиальной схеме нетрудно выделить две составные части. На микроконтроллере DD1 собран кодовый замок, на микроконтроллере DD2 – таймер. Галетный переключатель SA1 подключает клавиатуру (кнопки S1 – S8) либо к микроконтроллеру DD1, либо к DD2.

Рассмотрим сначала алгоритм работы таймера. Для подключения клавиатуры к микроконтроллеру DD2 необходимо галетный переключатель SA1 установить в положение «2». Элементы управления таймера: переключатель S9, кнопки S1 – S3 и блок индикации (дисплей) из трёх цифровых семисегментных индикаторов HG3, HG5, HG7.

В таймере предусмотрено два режима обратного отсчёта времени в диапазоне от 999 до 0: режим отсчёта минут и режим отсчёта секунд. Установка режима работы осуществляется переключателем S9 (соответственно «мин» или «сек»).

Канал управления нагрузкой собран на твердотельном реле DA1. Нагрузка подключается к соединителю X2. Канал управляется с вывода 11 микро-

контроллера DD2. Соответственно пьезоэлектрический излучатель BA1 включается с вывода 8, переключатель режима подключен к выводу 9. С порта PB микроконтроллер DD2 управляет клавиатурой (кнопки S1 – S3) и динамической индикацией. Динамическая индикация собрана на транзисторах VT3, VT5, VT7 и цифровых семисегментных индикаторах HG3, HG5, HG7. Резисторы R5 – R12 токоограничительные, для сегментов индикаторов HG3, HG5, HG7. Коды для включения вышеуказанных индикаторов при функционировании динамической индикации поступают на вход PB микроконтроллера DD2. Для функционирования клавиатуры задействован вывод 7 микроконтроллера DD2. Предусмотрена подача звукового сигнала длительностью 60 с в момент окончания отсчёта заданного времени. Рабочая частота микроконтроллера задаётся генератором с внешним резонатором ZQ2 на 10 МГц. Цифровая часть принципиальной схемы таймера гальванически связана от сети.

Кнопки клавиатуры имеют следующее назначение (SA1 установлен в положение «2»):

- S1 (Δ) – увеличение на единицу значения при установке времени в минутах (секундах), при удержании данной кнопки в нажатом состоянии более 5 с значение времени, индицируемое на дисплее, увеличивается на 5 единиц за 1 с;
- S2 (∇) – уменьшение на единицу значения при установке времени в минутах (секундах), при удержании данной кнопки в нажатом состоянии более 5 с значение времени, индицируемое на дисплее, уменьшается на 5 единиц за 1 с;
- S3 (C) – кнопка включения/выключения обратного отсчёта времени, с нажатием данной кнопки начинает-

ся работа таймера – идёт обратный отсчет заданного времени, включается твердотельное реле DA1 (соответственно лампочка H1).

Кнопки S4 – S8 клавиатуры в данном случае не задействованы и поэтому отключены от микроконтроллера DD2.

Разряды индикации интерфейса имеют следующее назначение:

- 1-й разряд (индикатор HG7) отображает единицы минут (единицы секунд);
- 2-й разряд (индикатор HG5) отображает десятки минут (десятки секунд);
- 3-й разряд (индикатор HG3) отображает сотни минут (сотни секунд).

Сразу после подачи питания на выводе 1 микроконтроллера DD2 через RC-цепь (резистор R13, конденсатор C3) формируется сигнал системного аппаратного сброса микроконтроллера DD2. Инициализируются регистры, счётчики, стек, таймер T/C1, сторожевой таймер, порты ввода/вывода. Назначение флагов в регистрах flo и flo1 приведено в программе. При инициализации пьезоэлектрический излучатель BA1 и твердотельное реле DA1 отключены. На индикаторах HG1 – HG3 индицируются нули. Точка h индикатора HG3 включена.

Для перевода устройства в рабочий режим необходимо кнопками S1 и S2 установить необходимый интервал времени, а переключателем S9 выбрать режим работы. При установке времени в таймере запрещается отсчёт текущего времени. Далее необходимо нажать на кнопку S3, при этом на выводе 11 микроконтроллера установится лог. 0 и включится лампочка H1, а реле DA1 подключит нагрузку в сеть. Установленное время заносится в память микроконтроллера DD2. Задаваемое время от 1 до 999 мин с дискретностью задания 1 мин (1 с). Время, индицируемое на индикаторах HG3, HG5, HG7, декрементируется с каждой минутой (секундой). В режиме обратного отсчёта минут точка h индикатора HG7 периодически мигает с периодом 1 с. Если необходимо изменить заданное время, надо нажать на кнопку S3, при этом выключится лампочка H1 и реле DA1, которое отключит нагрузку от се-

ти. Потом кнопками S1 и S2 следует установить необходимый интервал времени и нажать на кнопку S3.

Листинг с программным обеспечением представлен в дополнительных материалах к статье на сайте журнала. Программное обеспечение микроконтроллера DD2 полностью обеспечивает реализацию алгоритма работы таймера. Задача формирования точных временных интервалов длительностью 1 с решена с помощью прерываний от таймера T/C1 и счётчика на регистре R25. Счётчик на регистре R21 формирует один интервал в минуту. Таймер T/C1 формирует запрос на прерывание примерно через каждые 3900 мкс. Счётчики на данных регистрах подсчитывают количество прерываний, через каждую минуту устанавливается флаг (PUSK), и текущее время декрементируется.

Интервал 3900 мкс для таймера T/C1 выбран неслучайно. Через каждые 3900 мкс происходит отображение разрядов в динамической индикации устройства.

Программа состоит из трёх основных частей: инициализации, основной программы, работающей в замкнутом цикле, и подпрограммы обработки прерывания от таймера T/C1 (соответственно метки INIT, SE1, TIM0).

В основной программе происходит инкремент, декремент заданного значения времени. В подпрограмме обработки прерывания осуществляется счёт одной секунды, опрос клавиатуры, включение световых и звуковых сигналов и перекодировка двоичного числа значений времени в код для отображения информации на семисегментных индикаторах.

В памяти данных микроконтроллера в адресах с \$060 по \$062 организован буфер отображения для динамической индикации. При нажатии на кнопку S1 текущее значение времени на дисплее увеличивается на единицу и устанавливается флаг, разрешающий увеличивать текущее значение времени, индицируемого на дисплее. Одновременно запускается счётчик, выполненный на R1 и формирующий интервал 5 с. Если кнопка удерживается более 5 с, значение времени, индицируемое на дисплее, увеличивается на 5 единиц за 1 с. Интервал времени, в течение которого происходит увеличение времени, организован на регистре R0. При отпускании кнопки S1 все вышеуказанные счётчики обнуляются. Аналогичным

образом организована работа кнопки S2 для уменьшения текущего значения времени, индицируемого на дисплее. При нажатии на кнопку S2 текущее значение времени на дисплее уменьшается на единицу. Если кнопка удерживается более чем на 5 с, значение времени, индицируемое на дисплее, уменьшается на 5 единиц за 1 с. Счётчики приведённого алгоритма для кнопки S2 организованы соответственно на регистрах R3 и R2.

На R22 организован регистр знака-места. При инициализации в R1 загружается число 1. В Y-регистр загружается начальный адрес буфера отображения \$060. При этом на дисплее будет включен разряд «единицы минут» («единицы секунд»). При каждом обращении к подпрограмме обработки прерывания содержимое регистра R22 сдвигается влево на один разряд, а Y-регистр инкрементируется. Понятно, что как только 1 будет в третьем разряде регистра R22, все разряды будут выбраны, при этом опять в R22 нужно загрузить единицу, а в Y-регистр – начальный адрес буфера отображения.

В процессе обработки подпрограммы прерывания происходит опрос клавиатуры. Младшая тетрада выводимого при этом в порт В микроконтроллера байта для клавиатуры представляет собой код «бегущий ноль». После записи данного байта в порт В микроконтроллер DD2 анализирует сигнал на входе 7 (PD.3). В рамках вышеуказанной подпрограммы, при любой нажатой кнопке на входе 7 микроконтроллера присутствует лог. 0. Таким образом, каждая кнопка клавиатуры «привязана» к «своему» разряду в младшей тетраде байта данных, выводимого в порт В микроконтроллера для опроса клавиатуры.

Рассмотрим алгоритм работы кодового замка. Для подключения клавиатуры к микроконтроллеру DD1 необходимо галетный переключатель SA1 установить в положение «1». В рабочем режиме, сразу после подачи питания, на дисплее индицируется число 0000. Микроконтроллер DD1 ждёт ввода четырёхразрядного кода. Вводимый с клавиатуры код микроконтроллер индицирует на дисплее и записывает в ОЗУ. После ввода четвёртого разряда четырёхразрядного кода микроконтроллер побайтно сравнивает его с четырёхразрядным кодом, записанным в памяти программ микроконтроллера (будем называть этот код эталонным).

Если вводимый код совпал с эталонным кодом, микроконтроллер DD1 подаёт сигнал на включение механизма открывания замка уровнем сигнала лог. 0 длительностью 5 с на выводе 9. Через 5 с микроконтроллер выключает механизм открывания замка и обнуляет дисплей. Если вводимый код не совпал с эталонным кодом, то микроконтроллер после ввода четвёртого разряда четырёхразрядного кода сразу обнуляет дисплей.

Элементы управления замка включают в себя: дисплей на цифровых семисегментных индикаторах HG1, HG2, HG4, HG6 и кнопки S1 – S8. Кнопки S1 – S7 обозначены цифрами от «1» до «7». Данные кнопки задают код ввода. На четырёхразрядном дисплее отображается вводимый код. Если необходимо подать постоянный сигнал на включение механизма открывания (отпираания) замка, то сразу после ввода эталонного кода в течение 5 с необходимо нажать на кнопку S8. Если необходимо закрыть замок, то снова нужно нажать на S8.

Замок выполнен на микроконтроллере DD1, рабочая частота которого задаётся генератором с внешним резонатором ZQ1 на 10 000 МГц. Порт PD микроконтроллера DD1 управляет динамической индикацией. Динамическая индикация собрана на транзисторах VT1, VT2, VT4, VT6 и цифровых семисегментных индикаторах HG1, HG2, HG4, HG6. Коды для включения индикаторов при функционировании динамической индикации поступают в порт PB микроконтроллера DD1. Для функционирования клавиатуры задействован вывод 7 (PD3) микроконтроллера DD1. Сразу после подачи питания на выводе 1 микроконтроллера DD1 через RC-цепь (резистор R3, конденсатор C3) формируется сигнал системного аппаратного сброса для микроконтроллера DD1. На дисплее индицируется код 0000.

Желательно, чтобы доступ к кнопке S8 был ограничен. Если нет необходимости в визуальном контроле на дисплее набираемого кода, то индикаторы HG1, HG2, HG4, HG6, транзисторы VT1, VT2, VT4, VT6 и резисторы R4 – R1 вообще можно исключить.

Программное обеспечение микроконтроллеров было разработано в среде AVR Studio. В программах используются два прерывания: Reset и прерывание таймера T0, обработчик которого начинается с метки TIM0. При перехо-

де на метку Reset инициализируются стек, таймер, порты, а также флаги и переменные, используемые в программах. В программе для замка в обработчике прерывания таймера T0 осуществляется процедура опроса кнопок S1 – S8, функционирование динамической индикации, перекодировка двоичного числа в код для отображения информации на семисегментных индикаторах устройства, а также временной интервал длительностью 5 с, необходимый для включения исполнительного устройства. В ОЗУ микроконтроллера DD1 в адресах с \$60 по \$64 организован буфер отображения для динамической индикации. (RAM = \$60 – начальный адрес буфера отображения.) Флаги, задействованные в программе, находятся в регистрах R19 (flo) и R25 (flo1).

Программно-аппаратные модели замка и таймера отличаются незначительно. Если разобраться в одной, то разобраться в другой не составит труда. Разработанная программа для замка на ассемблере занимает всего порядка 0,7 Кб памяти программ микроконтроллера, для таймера – 0,5 Кб.

Таймер и замок собраны фактически из одних и тех же элементов. Микроконтроллеры DD1, DD2 типа ATiny2313-10PI. Можно применить микроконтроллер AT90S2313, но тогда в программе в директиве .INCLUDE нужно вставить «2313def.inc».

В изделии применены резисторы типа С2-33Н, но подойдут любые другие с такой же мощностью рассеивания и точностью 5%. Конденсаторы С1 – С6 типа К10-17а, С5 типа К50-35. Соединители X1 типа WF-3 (ответная часть – розетка НУ-3). Соединители X2 типа MPW-2 (ответная часть PHU-2). Соединитель X3 типа WF-2 (ответная часть – розетка НУ-2). Конденсатор С5 устанавливается между цепью +5 В и общим проводником микроконтроллера DD1. Конденсатор С6 устанавливается между цепью +5 В и общим проводником микроконтроллера DD2.

Индикаторы НГ1 – НГ7 типа HDSP-F501 зелёного цвета. Движковый переключатель S9 типа SS008В (каталог TME Electronic Components). Номинальный ток предохранителей FU1 и FU2 1,1А, тип ВП1-1,1А (1,1А/250В). Держатели плавких вставок типа ДВП4-1в. Номинальный ток предохранителя выбирается исходя из номинального тока подключаемой нагрузки. Индикаторная лампа Н1 типа N-702R. Её можно заменить на любую

другую с рабочим напряжением 220 В, например, на неоновую лампу N-706R или N-702R. Переключатель галетный SA1 типа ПГ2-21-2П4НВК (на два положения и четыре направления). Кнопки S1 – S8 типа ПКН125. Питающее напряжение +5 В поступает на устройство с соединителя X3. Потребление тока по каналу напряжения +5 В не более 200 мА. Конденсатор С7 фильтрует пульсации в цепи питания +5 В. Блокировочный конденсатор С5 стоит в цепи питания микроконтроллера DD1, соответственно, блокиро-

вочный конденсатор С6 стоит в цепи питания микроконтроллера DD2.

Устройство не требует никакой настройки и наладки, при правильном монтаже замок и таймер начинают работать сразу.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баранов В.Н. Применение микроконтроллеров AVR: схемы, алгоритмы, программы. 2-е изд. испр. М.: Додека-XXI, 2006.
2. Белов А.В. Создаем устройства на микроконтроллерах. СПб.: Наука и техника, 2007.



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 ОС
- Поддерживает многопоточность и многоядерные процессоры
- Интегрированная среда на базе Eclipse
- Совместим с ОС 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

Проектирование активной антенны для системы ГЛОНАСС

Александр Курушин, Сергей Матвеев (Москва)

С помощью электродинамического подхода выполнен анализ активной антенны, состоящей из планарной антенны и транзисторного СВЧ-усилителя. Пассивная излучающая структура рассчитана в программах HFSS и Microwave Office. Проанализирована схема тестирования активной антенны, состоящая из рупорной антенны и линии связи. Приведена формула для расчёта коэффициента шума структуры, в которой тестируется активная антенна системы ГЛОНАСС.

ВВЕДЕНИЕ

На приёмную антенну системы глобального позиционирования ГЛОНАСС, наряду с полезными сигналами спутников, действуют различные поля естественного и искусственного происхождения. Кроме этого, антенна генерирует тепловой шум.

При оценке свойств антенного тракта должны быть учтены все источники случайных флуктуаций, поскольку они влияют на такую обобщённую характеристику, как эффективная темпера-

тура антенны [1]. Последняя зависит от диаграммы направленности и тепловых потерь в антенне.

Стандартные измерительные приборы измеряют коэффициент шума, который является наиболее универсальной и широко распространённой характеристикой для сравнения шумовых свойств систем и устройств. В измерителе коэффициента шума на входе испытываемого четырёхполюсника устанавливается калиброванный генератор шума (шумовая трубка). Тогда измеритель коэффициента шума рассчитывает значение:

$$K_{ш} = \frac{P_{ш.вых}}{P_{ш.г.вых}}, \quad (1)$$

где $P_{ш.вых}$ – мощность шума на выходе при воздействии всех источников шума, $P_{ш.г.вых}$ – мощность шума на выходе, определяемая только мощностью генератора шума на входе (при идеализации четырёхполюсника).

Выражение для коэффициента шума четырёхполюсника [2], достигаемое при коэффициенте отражения на входе $\Gamma_{Г}$, имеет вид:

$$K_{ш} = K_{ш.мин} + \frac{4r_n}{|1 + \Gamma_{opt}|^2 (1 - |\Gamma_{Г}|^2)} |\Gamma_{Г} - \Gamma_{opt}|^2, \quad (2)$$

где $K_{ш.мин}$ – минимальный коэффициент шума, достигаемый при оптимальном коэффициенте отражения на входе Γ_{opt} , r_n – шумовое сопротивление.

Из выражения (2) видно, что коэффициент шума активной антенны, состоящей из антенны и усилителя, зависит от степени согласования между ними [3, 4].

Антенна, как пассивная, так и с усилителем в её составе, является двухполюсником (однопортовой схемой). Поэтому для тестирования активной антенны как четырёхполюсника (двухпортовой структуры) необходимо создать измерительную систему с двумя антеннами, т.е. установить рупорную антенну напротив тестируемой антенны (см. рис. 1).

Чтобы оценить собственные тепловые потери тестовой антенны, необходимо сравнить затухание от порта 1 к порту 2 с учётом и без учёта потерь в тестовой микрополосковой антенне. На основании измерений шумовых характеристик всей структуры (см. рис. 1) можно найти зависимость измеренного коэффициента шума всего тракта, с учётом затухания, и коэффициента шума антенны, если представить её в виде четырёхполюсника, на входной порт которого поступает мощность, излучённая рупорной антенной.

С учётом приведённых соображений была поставлена задача моделирования и расчёта устройства, состоящего из СВЧ-структур, в которые включены активные элементы. Метод Олинера [4] используется для моделирования распределённых СВЧ-элементов вместе с дискретными активными СВЧ-элементами на основе формул расчёта распределённых элементов, но не учитывает связь по ближнему полю между отдельными элементами структуры.

Комплексный подход реализован в широко распространённой программе Microwave Office [3], в которой моделирование выполняется в схемном и топологическом представлении (см. рис. 2). Если СВЧ-структура рассчитывается методом моментов в программе MWO EMSight [5], то S-параметры или модель активных элементов добавляются на уровне схемы, т.е. узлы активных элементов подключаются к внутренним портам электродинамической структуры. Аналогичное объединение методов расчёта СВЧ-структур с моделями активных элементов реализовано в программе HFSS Designer (первый вариант на рисунке 2).

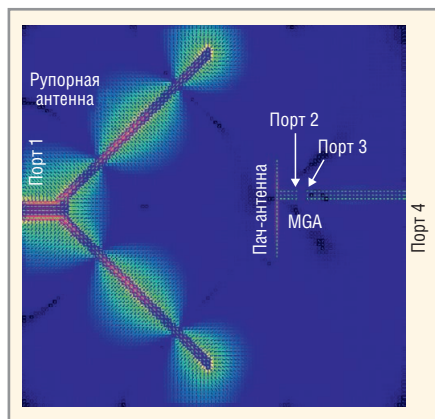


Рис. 1. Структурная схема тестирования, состоящая из рупорной антенны, пространства между рупорной и тестируемой антенной и усилителя MGA

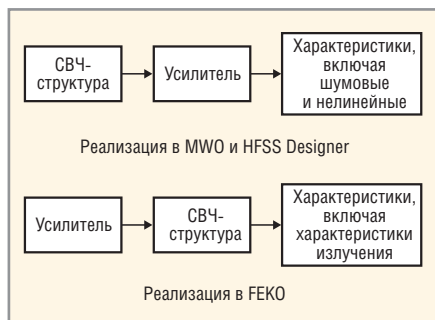


Рис. 2. Два метода объединения неизлучающей цепи (усилителя и электродинамической структуры)

Другой известный пакет программ – FEKO (<http://www.feko.info>) – предполагает включение усилителя в электродинамическую структуру (второй вариант на рисунке 2). Здесь сначала выполняется расчёт методами теории цепей, а затем – электродинамический анализ. В этом случае взаимная связь входной и выходной согласующих структур учитывается автоматически, и появляется возможность рассчитать характеристики ближнего и дальнего поля структуры, в которую включены активные элементы. Усилитель подключается к внутренним портам, созданным в разрыве входной и выходной согласующих структур (см. рис. 1).

Сравнивая подходы, представленные на рисунке 2, можно заключить, что шумовые характеристики учитываются в первом варианте, при совместном моделировании в интерфейсе программы Microwave Office. Это позволяет реализовать схему измерения коэффициента шума на проход и даёт возможность тестировать активные антенны по критерию собственных шумов.

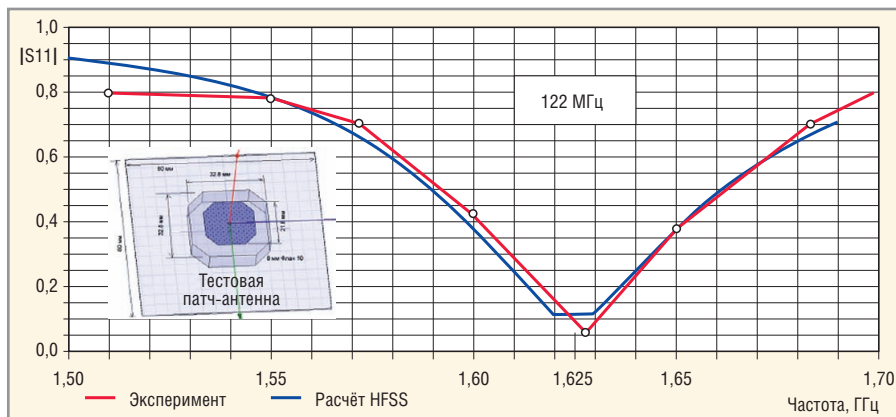


Рис. 3. Рассчитанные и измеренные характеристики микрополосковой антенны

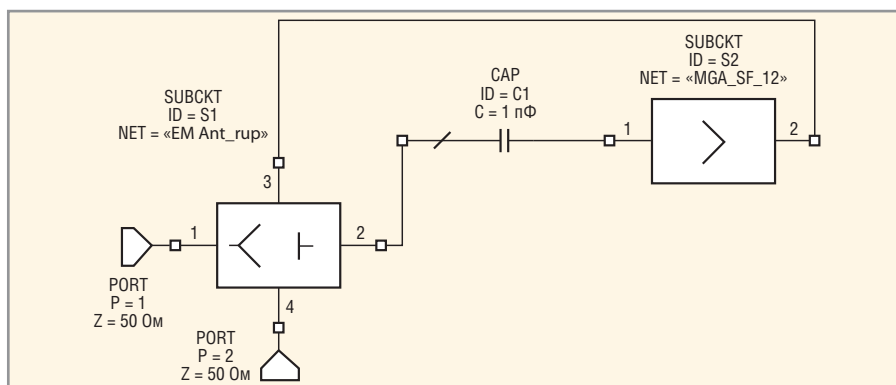


Рис. 4. Схема объединения восьмиполосника (рупорной и микрополосковой антенны) EM Ant_rup и S-параметров усилителя MGA-62563 в программе Microwave Office

Дни, недели и месяцы уходят на электродинамические расчеты?

AWR Microwave Office

— скорость и точность моделирования
Вашего проекта

AWR Microwave Office является уникальной технологией высокоскоростного электромагнитного моделирования СВЧ-устройств

Реклама

20 лет

ПОЛЕТ НОРМАЛЬНЫЙ

Дизайн-проекты, техническая поддержка и обучение

Тел: +7 (499) 613-2688 www.rodnik.ru

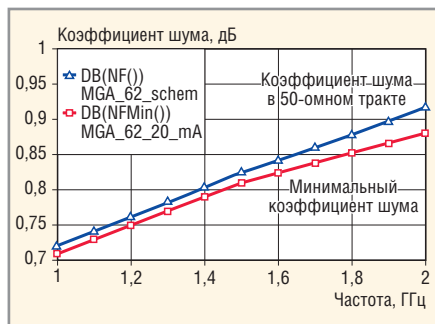


Рис. 5. Частотная зависимость коэффициента шума в согласованном и рассогласованном тракте

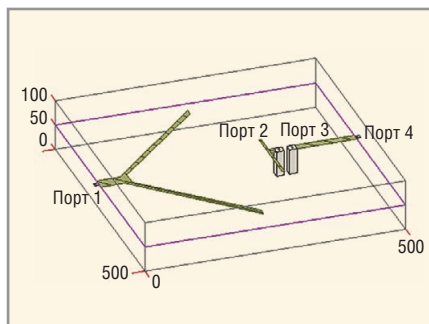


Рис. 6. Пространственная схема тестирования активной патч-антенны, собранная для моделирования в EMSight

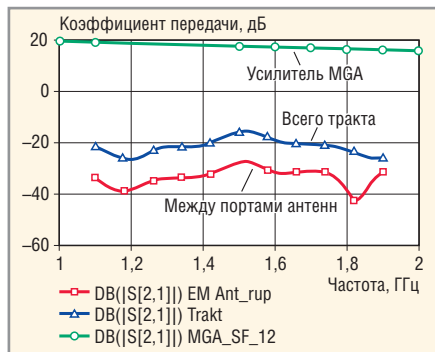


Рис. 7. Проходимые частотные характеристики усиления между двумя антеннами

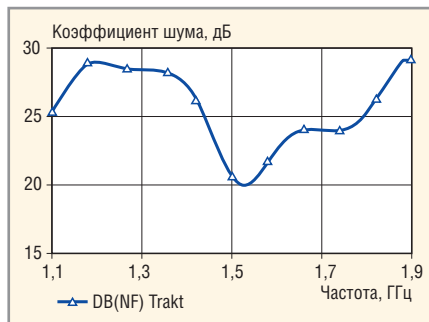


Рис. 8. Частотная зависимость коэффициента шума тракта, состоящего из рупорной и активной антенн

ДВУМЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ АКТИВНОЙ АНТЕННЫ И СТРУКТУРЫ ТЕСТИРОВАНИЯ

Предположим, что пассивная часть рассматриваемой антенны спроектирована электродинамическим методом и её частотные характеристики согласуются с экспериментом. На рисунке 3 приведены рассчитанная и экспериментально измеренная частотные характеристики этой микро-

полосковой антенны. Рассчитанные S-параметры антенны мы используем в полной структуре активной антенны (см. рис. 4).

Рассмотрим двумерное представление антенны в интерфейсе MWO [5] (см. рис. 1). На выходе микрополосковой антенны включен усилитель MGA-62563, S-параметры которого в диапазоне 1...2 ГГц сведены в таблицу 1. В таблице 2 перечислены шумовые па-

Таблица 1. Типовые значения S-параметров микросхемы MGA в диапазоне частот от 1 до 2 ГГц при смещении 20 мА и напряжении 3 В

Частота, ГГц	IS11	∠S11	IS21	∠S21	IS12	∠S12	IS22	∠S22
1,0	0,317	-143,232	9,611	121,342	0,042	10,645	0,173	167,409
1,1	0,34	-147,643	9,179	116,107	0,0042	12,083	0,175	166,393
1,5	0,385	-159,01	7,684	98,886	0,045	17,798	0,153	164,02
1,6	0,392	-161,727	7,349	95,185	0,046	19,056	0,144	163,07
1,7	0,397	-164,752	7,015	91,424	0,048	20,227	0,132	162,822
1,8	0,4	-167,685	6,72	88,093	0,049	21,207	0,122	162,927
1,9	0,4	-170,686	6,446	84,931	0,051	22,085	0,113	163,177
2,0	0,4	-173,615	6,195	81,892	0,052	22,821	0,104	163,203

Таблица 2. Шумовые параметры микросхемы MGA в диапазоне частот от 1 до 2 ГГц при смещении 20 мА и напряжении 3 В

Частота, ГГц	$K_{ш,мин}$	$ \Gamma_{opt} $	$\angle \Gamma_{opt}$	r_n , Ом
0,5	0,79	0,08	57,8	0,12
1,0	0,65	0,07	168,2	0,07
1,5	0,76	0,12	-176,7	0,07
2,0	0,87	0,13	149,3	0,08

раметры, в которые входят частота, минимальный коэффициент шума $K_{ш,мин}$, достигаемый при коэффициенте отражения Γ_{opt} , модуль и фаза в градусах коэффициента отражения и шумовое сопротивление, рассчитанное по формуле:

$$r_n = (K_{ш0} - K_{ш,мин}) \frac{|1 + \Gamma_{opt}|^2}{4|\Gamma_{opt}|^2}, \quad (3)$$

где $K_{ш0}$ – коэффициент шума в 50-омном тракте [4, 5].

Из теории линейного шума следует, что Γ_{opt} , $K_{ш,мин}$ и r_n являются независимыми величинами, причём должно соблюдаться условие:

$$r_n \geq \frac{K_{ш,мин} - 1}{4|\Gamma_{opt}|}. \quad (4)$$

Если это неравенство не выполняется, то в программе Microwave Office [5] значение r_n будет установлено равным выражению в правой части (4).

Блок MGA_SF_12 в схеме на рисунке 4 – это микросхема MGA-62563, выполненная по технологии E-GaAs pHEMT и предназначенная для применения на частотах от 100 МГц до 3 ГГц. Напряжение питания микросхемы MGA-62563 составляет 3 В; ток потребления обычно устанавливают равным 60 мА, чтобы обеспечить усиление 22 дБ. Параметры ИС, включенные в (3) и (4), а также $K_{ш,мин}$ и $K_{ш0}$ зависят от частоты, и на каждой частоте существует оптимальный коэффициент отражения Γ_{opt} , обеспечивающий $K_{ш,мин}$. Частотная зависимость $K_{ш,мин}$ микросхемы MGA-62563 приведена на рисунке 5.

После создания модели в виде схемы (см. рис. 4) с блоками, рассчитанными как электродинамическими методами расчёта, так и методами теории цепей, в программе MWO выполнена оптимизация по критерию сходимости экспериментальных и рассчитанных данных с использованием двумерной модели антенной системы [5]. В процессе оптимизации были найдены оптимальные параметры дискретных элементов, а также компонентов с распределёнными параметрами (размеры двумерного представления антенн и координаты точки питания антенны).

На рисунке 6 показано двумерное представление рупорной и микрополосковой антенн. Левая часть представляет собой сечение рупорной антенны, которая возбуждается пор-

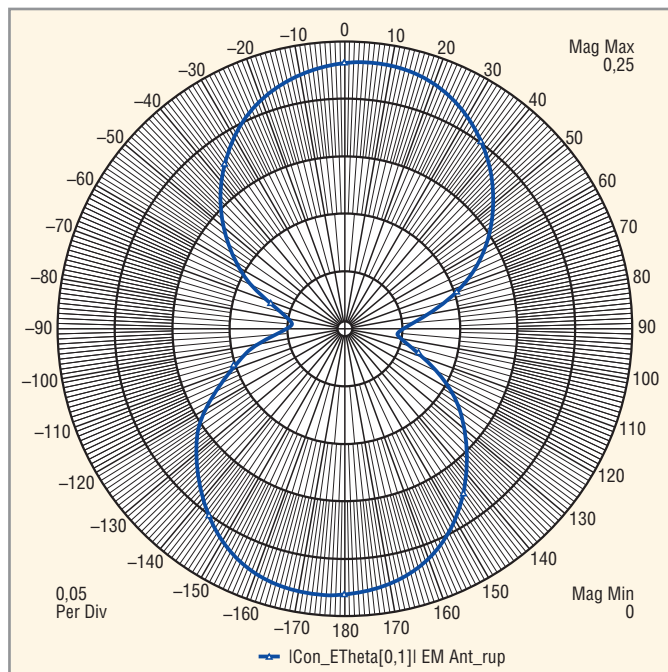


Рис. 9. Диаграмма направленности вверх над антенной

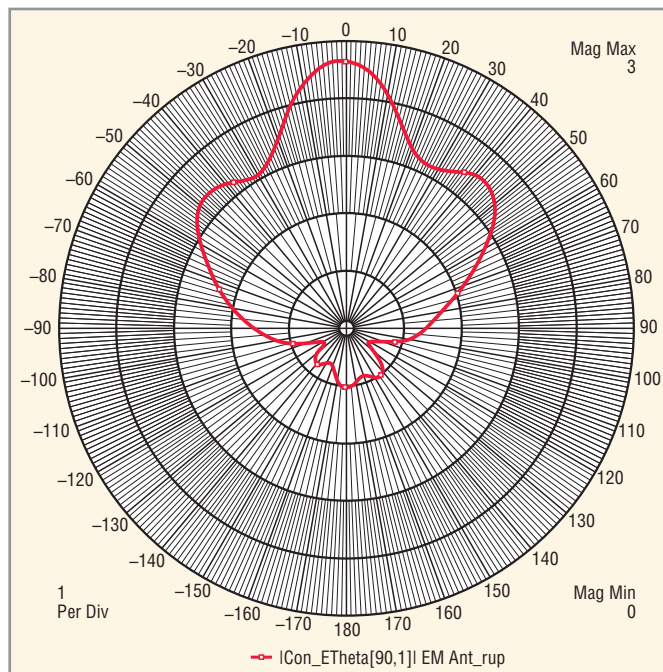


Рис. 10. Диаграмма направленности вдоль антенны

том 1. Напротив рупорной антенны находится тестируемая планарная антенна. Антенна присоединена к микрополосковой линии, в разрыв которой включен четырёхполюсник с S-параметрами микросхемы MGA. Порты, к которым присоединяется усилитель, заданы в виде перемычек. Задачей анализа является расчёт коэффициента передачи между входами антенн и коэффициента шума всего тракта.

На рисунке 7 приведены рассчитанные с помощью MWO частотные характеристики коэффициента передачи MGA-62563, коэффициента связи между портом рупорной антенны и выходом микрополосковой антенны, а также общий коэффициент усиления тракта, увеличенный за счёт включения микросхемы. Усилитель компенсирует общие потери тракта, что увеличивает точность измерения коэффициента шума всего тракта. Из рисунка 8 видно, что коэффициент шума системы из двух антенн и усилителя превышает 20 дБ. Отметим, что современные приборы фирмы Agilent измеряют коэффициент шума в диапазоне от 0 до 25 дБ с точностью 2%.

Диаграммы направленности СВЧ-структуры, состоящей из двух антенн, зависят от того, какая антенна излучает. Диаграмма направленности антенны в системе MWO выводится как меридиональная (см. рис. 9) и азимутальная (см. рис. 10). В структуре антенны верхняя и нижняя поверхности зада-

ются как поверхности поглощения с импедансом 377 Ом [5].

Коэффициент шума всего тракта, включая потери между тестовой и рупорной антенной, определяется по формуле Фрииса [1]:

$$K_{ш,тракта} = L_{тракта}(1 + L_{тп}K_{ш,у}), \quad (5)$$

где $K_{ш,тракта}$ – коэффициент шума всего тракта, включая и рупорную, и тестируемую активную антенну, $L_{тракта}$ – затухание в канале распространения волн, $L_{тп}$ – тепловые потери антенны, $K_{ш,у}$ – коэффициент шума усилителя.

Подставляя в формулу (5) значения $L_{тракта} = 20$ дБ (100 ед.), $L_{тп} = 3$ дБ (2 ед.) и $K_{ш,у} = 3$ дБ (2 ед.), получаем коэффициент шума тракта 27 дБ, который не зависит от коэффициента передачи усилителя. Известно, что при выходе из строя усилителя коэффициент шума тракта $K_{ш,тракта}$ возрастает на значение, эквивалентное коэффициенту передачи усилителя. Таким образом, установив рупорную антенну с определённой диаграммой направленности и КНД, можно тестировать любую антенну по критерию коэффициента шума на проход, который будет равен разности измеренного значения $K_{ш,тракта}$ и калибровочного значения $L_{тракта}$.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Программное обеспечение MWO AWR предоставляет большие возможности для электродинамического моделирования СВЧ-структур с внедрёнными в них активными элементами,

что показано на примере активной антенны системы ГЛОНАСС.

Используя электродинамическое моделирование, можно рассчитать антенные системы с учётом связи между согласующими структурами и антеннами. В программе MWO это можно выполнить, если трёхмерную структуру привести к двумерной, что иллюстрирует пример взаимодействия рупорной антенны и активной микрополосковой антенны. Обратные связи между входным и выходным портом в этом случае учитываются автоматически. Такой подход можно считать перспективным для проектирования многотранзисторных СВЧ-усилителей, активных антенн, активных антенных решёток и структур, которые играют роль согласующих и излучающих элементов одновременно.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сифоров В.И. Радиоприёмники сверхвысоких частот. Военное изд. Минобороны СССР, 1955.
2. Gonzalez G. Microwave Transistor Amplifiers. Analysis and Design, 1997.
3. Poole C.R., Paul D.K. Optimum Noise Measure Terminations for Microwave Transistor Amplifiers. IEEE Transactions on MTT. November 1985. Vol. MTT-13. No. 11. PP. 1254–1257.
4. Курушин А.А., Текшеев В.Б. Шумовые свойства СВЧ-транзисторов. Электросвязь. 1982. № 2. С. 57–60.
5. Разевиг В.Д., Потапов Ю.В., Курушин А.А. Проектирование СВЧ-устройств с помощью Microwave Office. СОЛОН-Пресс, 2003.

Конструирование блоков обработки сигналов и информации

Алексей Карих (Москва)

В статье рассматриваются основные вопросы, связанные с конструированием блоков обработки сигналов и информации: защита от механических и климатических воздействий, а также электромагнитная совместимость узлов в составе блока. Даны практические рекомендации и варианты построения блоков.

Электронный блок – это комплекс различных деталей, определённым образом объединённых электрически и механически друг с другом и выполняющих заданные функции в заданных условиях и режимах эксплуатации. От правильного выбора этих деталей и материалов, правильного их размещения, закрепления зависят важнейшие характеристики блока (объём, масса, потребляемая мощность, допустимые условия эксплуатации, надёжность, стоимость).

Выбор конструкции (размеры, элементы охлаждения, конструктивные элементы) блока определяется выделяемым физическим объёмом в общем конструктиве, в который входит блок, а также количеством тепла, которое необходимо отвести от блока. Блок должен отвечать тактико-техническим, конструктивно-технологическим, эксплуатационным, надёжностным и экономическим требованиям, согласно существующим нормативам и ГОСТам.

К конструкциям блоков предъявляются требования:

- максимально возможная плотность компоновки;
- обеспечение температурного режима работы всех составных единиц, компонентов и узлов;
- максимальное использование физического объёма блока;

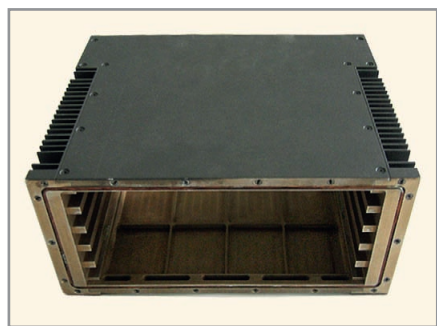


Рис. 1. Шасси блока вычислительных средств

- удобство доступа к составным единицам блока (ячейкам и платам);
- высокая надёжность.

В статье рассматривается: шасси (корпус) блока вычислительных средств, блоки обработки сигналов и сопряжения.

На рис. 1 показано шасси блока вычислительных средств без лицевой панели и входящих ячеек. Блок питается от бортовой сети постоянного напряжения 27 В. В блок входят составные единицы в конструктивном формате 6U: вычислительная машина с кондуктивным отводом тепла, двухканальный модуль «Манчестер» и источник питания. Отвод тепла и крепление составных единиц в блоке осуществляются при помощи клиновой группы, показанной на рис. 2, которая состоит из двух клиньев, двух подвижных упоров и одного неподвижного. Расклинивание (закрепление) ячейки в блоке осуществляется при помощи винта. Составные единицы подключаются к информационной шине VME. Отвод тепла от блока – кондуктивный. Температурный диапазон эксплуатации блока –50...+60°C.

На рис. 3 показан блок обработки сигналов. Блок питается от бортовой сети переменного напряжения 220 В, 400 Гц. В блок входят составные единицы в конструктивном формате 6U: вычислительная машина с кондуктивным отводом тепла, девять ячеек цифровой обработки и источник питания. Отвод тепла и крепление составных единиц в блоке осуществляются при помощи клиновой группы. Составные единицы подключаются к информационной шине VME. Отвод тепла от блока – кондуктивный. Температурный диапазон эксплуатации блока –50...+60°C. На рис. 4 показан блок обработки

со снятой верхней крышкой, вид сверху.

Все блоки изготовлены в пылебрызгозащищённом исполнении с двухслойным покрытием: первый слой – олово-висмут, второй слой – чёрная порошковая краска. Стенки блоков выполнены в виде рёбер-плит, изготовленных из алюминиевого сплава (Д16М, Д16Т) фрезерованием (при серийном производстве возможно литьём). Повышенные требования предъявляются к точности и к качеству обработки поверхностей. Шероховатость должна быть не хуже Rz 3,2 с допуском изготовления на некоторые сопрягающие детали $\pm 0,1$ мм.

На рис. 5 показан блок обработки и сопряжения. Блок питается от постоянного напряжения 27 В. В блок входят составные единицы в конструктивном формате 6U: вычислительная машина с воздушным охлаждением, ячейки цифровой обработки и источник питания. Отвод тепла в блоке осуществляется при помощи воздушного охлаждения, циркулирующего в замкнутом объёме. Составные единицы подключаются к информационной шине VME. Температурный диапазон эксплуатации блока –40...+50°C.

Так как блоки относятся к аппаратуре специального применения и к ним предъявляются повышенные требования как в части механики, так и в части электрических, информационных связей, то стандартных и готовых конструктивов нет. Под каждую задачу разрабатывается новый конструктив, и унификация в этом случае получается очень небольшая.

Блоки эксплуатируются в стационарных условиях либо на подвижных объектах (автомобильном, гусеничном, воздушном, водном), т.е. на блок в процессе эксплуатации воздействует вибрация, ударные нагрузки и линейные ускорения, а это накладывает определённые требования к конструкции блока. Как показывает опыт эксплуатации транспортируемых изделий, наибольшее разрушающее воздействие на конструкцию оказывает вибрация. Как правило, если

блок выдерживает воздействие вибрационных нагрузок в определённом частотном диапазоне, то в том же частотном диапазоне он выдерживает ударные нагрузки и линейные ускорения со значительно большими значениями. Поэтому при конструировании блока необходимо уделить особое внимание расчёту вибрационных нагрузок.

Для уменьшения воздействия вибраций и ударов блок устанавливают на амортизаторы или применяют демпфирующие материалы. Воздействие линейных ускорений с перегрузкой эквивалентно увеличению массы блока и при значительной длительности воздействия требует увеличения прочности конструкции. Амортизаторы от линейных ускорений практически не защищают.

Но самое страшное для конструкции – явление резонанса, когда частота внешнего воздействия совпадает с частотой собственных колебаний элементов конструкции. Для борьбы с этим явлением надо вводить дополнительные элементы конструкции, изменять взаимное расположение элементов и входящих в блок составных единиц, а также крепление блока к общему конструктиву. Необходимо, чтобы частота собственных колебаний элементов конструкции была выше верхней допустимой частоты внешних возмущающих колебаний. Частоту собственных колебаний элементов конструкции повышают за счёт увеличения числа точек крепления, рёбер жёсткости, увеличения толщины крышек и стенок, изменения геометрических размеров блока.

Блок должен быть уравновешен в пространстве, чтобы центр тяжести находился в середине блока. На практике центр тяжести может не совпадать с физическим центром блока, это связано с тем, что составные элементы и единицы неравномерно установлены в блоке и имеют разную массу.

В процессе эксплуатации и хранения блок подвергается воздействию влаги и агрессивной среды (морской соли, химических веществ и т.д.). При попадании влаги внутрь блока через микропоры и щели происходит химическое взаимодействие, вызывающее коррозию. Наличие в атмосфере кислот, щелочей, солей в большинстве случаев ускоряет процессы кор-

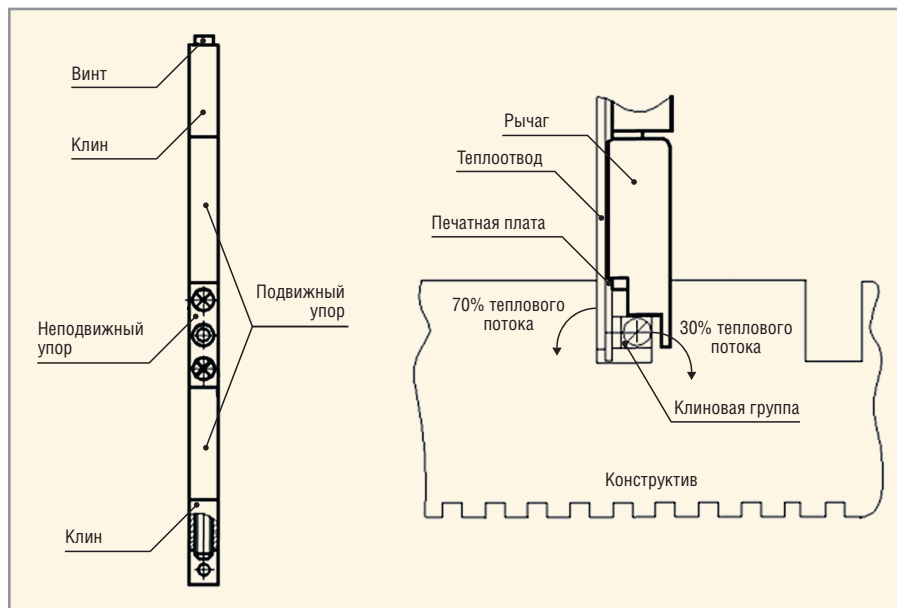


Рис. 2. Клиновья группа

розии. Действие влаги усиливается при контакте металлов с сильно отличающимися электрохимическими потенциалами, а также в местах швов; это может привести к постепенному или внезапному отказу или ухудшению параметров аппаратуры. Для защиты блоков применяют защитное покрытие (цинковое, кадмиевое, оловянно-висмутное, оловянно-свинцовое, никелевое). Выбор того или иного вида покрытия в каждом конкретном случае зависит от материала детали, её функционального назначения и условий эксплуатации.

Особенно тщательно следует подходить к защите разъёмных и неразъёмных контактов, а также к защите от коррозии резьбовых соединений. Для этой цели паяные и сварные соединения покрывают лаком, ответственные разъёмные соединения золотят, резьбовые соединения покрывают слоем кадмия.

Конструкция блока бывает разъёмная и неразъёмная. Швы неразъёмных блоков выполняются пайкой, склеиванием, заливкой специальными компаундами (герметиками) типа ВГО-1 или Виксинт. Аппаратура такого класса практически неремонтопригодна и считается одноразовой. Как правило, она используется в спецтехнике, например в аппаратуре космического применения. Если необходимо иметь доступ к составным единицам блока при эксплуатации, то корпус делают разъёмным. Обычно разъёмной является верхняя крышка, редко боковая стенка. Между соеди-

нительными деталями (корпусом и крышкой) помещают эластичную прокладку. Условием непроницаемости такого соединения является сохранение за всё время службы контактного давления между прокладкой и соединяемой поверхностью. Прокладка может быть резиновая или из эластичного герметика. При использовании резины следует помнить, что для этого материала характерно свойство релаксации, т.е. постепенного падения внутренних напряжений



Рис. 3. Блок обработки сигналов

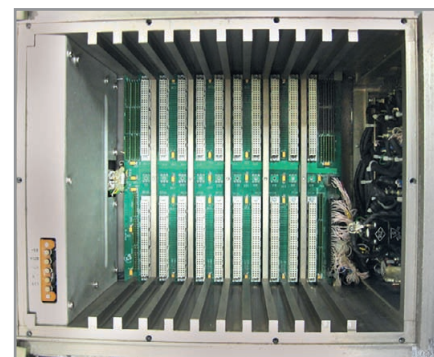


Рис. 4. Блок обработки сигналов без верхней крышки



Рис. 5. Блок обработки и сопряжения

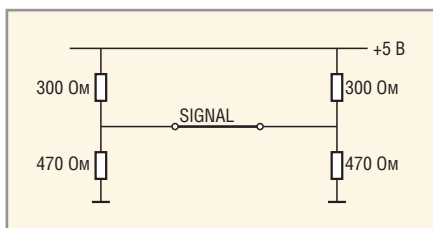


Рис. 6. Пассивное согласование шины

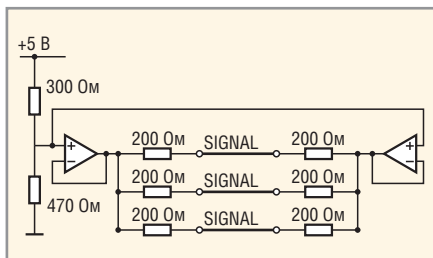


Рис. 7. Активное согласование шины

при неизменном значении деформации. Через 20 мин напряжение снижается на 14%, через двое суток – на 25% и затем стабилизируется. В связи с этим узел уплотнения с резиновой прокладкой следует подтягивать через 2 суток после сборки. Температурный коэффициент расширения резины равен 500×10^{-6} 1/град, что почти в 40 раз больше, чем у стали. Это надо учитывать при конструировании узла уплотнения, предназначенного для работы в широком диапазоне температур. Для герметизации блоков наиболее часто применяются прокладки из силиконовой резины, которая обладает повышенной влагостойкостью, теплопроводностью и термостойкостью в диапазоне температур $-60...+125^{\circ}\text{C}$. Если стенки блоков должны быть электрически связаны между собой по единому контуру, то применяют электропроводящую резину.

Основной сложностью при изготовлении блока является объёмно-жгутовой монтаж, особенно переход с объединительной платы на лицевую панель. Монтаж выполняется проводом МГШВ, МНВ или МГТФ. Жгуты могут иметь плоскую или цилиндрическую форму. Жгутовой монтаж – операция не технологичная и трудно поддающаяся автоматизации, она занимает до 40% времени сборки блока. Применение гибко-жесткой печатной платы вместо жгутов позволяет упростить изготовление блока и исключить ошибки в монтаже. Разъёмы впаиваются в печатную плату, и плата крепится к лицевой панели; такой подход вызывает ряд конструктивных сложностей, так как необходимо сопрячь несколько деталей, имеющих разные допуски. Российская промышленность выпускает разъёмы для печатного монтажа: МР5П, аналог МР1 (НКЦС.434410.117ТУ), ОНЦ-БС/БМ (АШКДК.434410.088ТУ), ОНЦ-БС/БМ аналог ОНЦ-БС/БМ (НКЦС.434410.110ТУ), СНЦ 127 (АШКДК.434410.082ТУ), РС (АШКДК.434410.059ТУ). При разработке конструкции электрических связей необходимо предусмотреть возможность доступа к отдельным частям при изготовлении и ремонте без полной разборки блока.

Конструктивно все рассматриваемые блоки состоят из объединительной платы, к которой стыкуются через разъёмы составные единицы – ячейки. Обеспечение внутренней ЭМС становится непростой задачей, так как множество устройств разной мощности, работающих на разных тактовых частотах, сосредоточены в ограниченном объёме блока и влияют друг на друга как по цепям питания, так и через излучение.

Электрическое объединение ячеек осуществляется связями двух видов: сигнальными шинами и цепями питания.

Любая электрическая линия характеризуется распределённой ёмкостью, индуктивностью и омическим сопротивлением. Реальная электрическая линия неоднородна, так как состоит из различных отрезков с различными параметрами. Но при расчёте электрическую линию необходимо рассматривать как однородную.

Переходные процессы в линии зависят от характера перепада напря-

жения на входе линии и соотношения волновых сопротивлений. В идеале необходимо согласовывать волновые сопротивления передатчика, линии и приёмника. На практике это равенство трудно выполнить, но при проектировании необходимо к этому стремиться и выбирать тип линии и вид соединителей с близкими волновыми сопротивлениями. Кроме того, приёмник и передатчик в процессе работы меняются местами, и нелинейные входные и выходные характеристики при переключении схем изменяется на несколько порядков, что усложняет расчёт и анализ.

Основные причины, вызывающие искажения сигналов при прохождении по сигнальным цепям:

- отражения от несогласованной нагрузки и от неоднородностей;
- затухание сигналов при прохождении их по цепям;
- ухудшения фронтов и задержки при включении нагрузок с реактивными составляющими;
- перекрёстные помехи;
- наводки от внешних электромагнитных полей.

При передаче сигналов по шине (VME, VXI и др.) либо по информационным каналам (RS, Ethernet и др.) необходимо соблюдать рекомендации стандартов по согласованию и разводке. Например, в рассматриваемых блоках используется шина VME, и стандарт рекомендует два вида согласования на концах шины: пассивное (рис. 6) и активное (рис. 7). Пассивное согласование рассеивает около 5 Вт, активное в разы меньше, но требует применения большого количества операционных усилителей. При помощи делителя на линии шины поддерживается напряжение 2,94 В (третье состояние).

В объединительной плате сигнальные провода разводят в одном слое, отделяют друг от друга проводниками с нулевым потенциалом или разводят в разных слоях, разделяя их слоями с нулевым потенциалом. Для уменьшения взаимной связи между сигнальными проводниками в жгуте и улучшения помехоустойчивости сигнальный и обратный провод выполняют скруткой или коаксиальным кабелем. Не следует прокладывать силовые и сигнальные провода в одном жгуте.

В статическом состоянии по цепям питания протекают стационарные токи, вызывающие падение напряжения на шине питания. Если рассматривать объединительную плату, на которой стоят ячейки, то в наихудших условиях с точки зрения помехозащищённости по шине питания находится n -я ячейка (если считать относительно источника питания), поскольку её реальная статическая помехозащищённость уменьшена по сравнению с номинальной на значение падения напряжения на шине питания. Уровень помехи рассчитывается так:

$$U_{\text{пом.ст}} = \Delta R_{\text{ш}} I_{\text{п}} n(n+1)/2,$$

где $U_{\text{пом.ст}}$ – максимально допустимое значение статической помехи; $I_{\text{п}}$ – ток потребления одной ячейкой; n – номер ячейки; $\Delta R_{\text{ш}}$ – сопротивление участка шины питания между двумя расположенными рядом ячейками.

При работе ячеек на шине происходит включение одних ячеек и выключение других, потребление ячеек меняется в зависимости от программ, возникает процесс перераспределения токов. Ток потребления по шине питания изменяется, что приводит к нежелательным падениям напряжения и паразитным наводкам, возникают переходные процессы в шине, что приводит к колебанию напряжения. Так как шина питания имеет паразитную ёмкостную и индуктивную связь с сигнальными шинами, в зависимости от значения этой связи, перепада напряжения и тока при переключении элементов в ячейке, на сигнальных связях наводятся сравнительно большие помехи.

Уменьшение помех достигается схемотехническими, конструкторскими и технологическими методами. К схемотехническим методам относятся:

- использование элементной базы с максимальной помехоустойчивостью;
- применение LC- и RC-фильтров в цепях питания;
- компенсация и локализация помех (например, использование скруток);
- минимизация аппаратурных средств (ячеек, плат).

К конструкторским методам относятся:

- уменьшение количества типов линий связи и переходов в одной цепи;
- ослабление паразитной связи путём разнесения источников и приёмников помех либо ортогональное расположение проводников в соседних слоях печатной платы;
- увеличение числа точек заземления и сечения шин питания;
- экранирование печатных плат, ячеек и узлов, которые генерируют помехи.

К технологическим методам относятся:

- увеличение однородности линий одного технологического исполнения (печатный проводник, кабель);
- уменьшение разброса параметров элементов схемы с помощью применения элементов с небольшими разбросами (прецизионных).

Как отмечалось ранее, для уменьшения помех применяют RC-фильтры, – по сути, сглаживающие конденсаторы, которые устанавливаются между шиной питания и общим проводом непосредственно возле разъёма присоединения ячейки. Заряжаясь до напряжения питания, конденсаторы являются как бы индивидуальным источником питания схемы.

Используется два вида конденсаторов.

Первый тип предназначен для сглаживания импульсных помех в момент работы ячейки. В качестве таких элементов используется конденсаторы, обладающие малым импедансом и ESR. Ёмкость выбирается из условия равенства заряда, накапливаемого конденсатором за время работы ячейки. При этом изменение напряжения на конденсаторе не должно превышать некоторого заданного значения, равного допустимой помехе по шине питания:

$$C \geq \frac{\Delta_n \tau_{\text{ф}}}{2U_{\text{ип}}},$$

где Δ_n – максимальное значение переменной составляющей тока потребления; $U_{\text{ип}}$ – допустимая импульсная помеха на шине питания; $\tau_{\text{ф}}$ – длительность фронта импульса переключения.

Второй тип предназначен для компенсации бросков тока. Обычно это электролитические конденсаторы большой ёмкости, обеспечивающие исключения резонансных явлений в цепях питания:

$$C \geq \frac{4L_{\text{пит}}}{R_{\text{ип}}^2},$$

где $L_{\text{пит}}$, $R_{\text{ип}}$ – индуктивность и сопротивление шины питания.

Теперь несколько слов о заземлении в блоке. Существует два вида общих (земляных) шин – корпусная и схемная. Корпус блока согласно требованием электробезопасности, подключается к общей (земляной) шине общего конструктива, в который этот блок входит. Система заземления представляет собой цепь возврата тока, обладающую хоть и низким, но конечным импедансом. Как известно, протекание любого тока в системе заземления приводит к появлению разности потенциалов. Для работы составных единиц (ячеек) необходимо, чтобы эта разность потенциалов была минимальна. Для этого необходимо сократить длину и увеличить поперечное сечение системы заземления, а схемный общий провод должен быть изолирован и соединяться с корпусом блока в одной точке. При несоблюдении этих требований импульсные напряжения, создаваемые уравнивающими и наведёнными токами на общей (земляной) шине блока, вызывают помехи и сбои в ячейках.

Для особо чувствительных схем применяют плавающую землю. Такая схема требует полной изоляции схемного общего провода и корпуса блока, т.е. высокого сопротивления и низкой ёмкости. Для предотвращения накопления статического электричества схемный общий провод подключают к корпусу блока через высокоомное сопротивление.

ЛИТЕРАТУРА

1. Барнс Дж. Электронное конструирование: методы борьбы с помехами. М.: Мир, 1990.
2. Варламова Р.Г. Справочник конструктора РЭА. М: Советское радио, 1980.
3. Ленк Дж.Д. Справочник по проектированию электронных схем. Техника, 1979.
4. Ненашев А.П. Конструирование радиоэлектронных средств. Высшая школа, 1990.
5. Преснухин Л.Н., Шахнов В.А. Конструирование электронных вычислительных машин и систем. Высшая школа, 1986.
6. Селиванова З.М. Схемотехника электронных устройств. Тамб. гос. тех., 2008.
7. Хоровиц П., Хилл У. Искусство схемотехники. М: Мир, 1998.

Функциональные модели триггеров и их реализация в FPGA

Пётр Бибило, Артём Соловьев (г. Минск, Белоруссия)

Рассматриваются алгоритмические VHDL-модели элементов памяти (триггеров) и их реализации в программируемых логических интегральных схемах типа FPGA фирмы Xilinx.

Современные синтезаторы логических схем позволяют преобразовать описание проектов цифровых схем в описания сконфигурированных логических интегральных схем (ПЛИС). При этом допускается смешанный стиль описания: одни части проектов могут быть заданы в графическом виде схемами, другие – в виде алгоритмических описаний на языках VHDL и Verilog. При схемном задании блоков проекта возникает необходимость создания функциональных VHDL-описаний элементов различных логических элементов, как комбинационных, так и элементов памяти в виде триггеров.

Функциональные описания комбинационных элементов представляют различные формы задания логических функций. Описания элементов памяти должны быть представлены синтезируемыми конструкциями, которые после синтеза будут заменены триггерами в построенной логической схеме. При алгоритмических описаниях проекта требуется использовать также синтезируемые конструкции языка VHDL, которые соответствуют тригграм. Для конкретности будем рассматривать ПЛИС типа FPGA семейства

Spartan 3 [1], а в качестве языка описания проекта – VHDL [2]. В качестве среды проектирования выбрана система ISE фирмы Xilinx версии 13.1 [3].

В публикациях [1, 4] рассматривались VHDL-модели некоторых триггеров, но не изучались их реализации в FPGA. Данная статья посвящена вопросам реализации триггеров в FPGA, типичным ошибкам при задании триггеров, моделям триггеров и анализу их реализации в FPGA, что может быть полезным при перепроектировании FPGA на заказные СБИС.

Напомним, что основными логическими блоками FPGA являются конфигурируемые логические блоки (CLB), включающие по две секции SliceL и SliceM, каждая из которых содержит два программируемых логических элемента LUT и два синхронных программируемых элемента памяти. 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 фронтом триггер) либо как Latch (триггер с потенциальным управлением – защёлка). Следует отметить, что в отечественной и зарубежной литературе имеются терминологические различия в классификации триггеров. В данной статье авторы придерживаются терминологии, принятой в зарубежной научно-технической литературе при описании структурных элементов FPGA.

схем, не знакомые с основами схемной реализации VHDL-конструкций, часто пытаются описать триггер в виде схемы из логических элементов или в виде взаимосвязанных логических выражений, что в конечном счёте одно и то же. Например, на рисунке 1 изображена схема триггера LAT. Данный триггер может быть нарисован в графическом редакторе в виде логической схемы либо описан на языке VHDL (см. листинг 1), где: C – вход разрешения, D – вход данных.

Листинг 1. Структурное описание триггера LAT

```
library IEEE;
use IEEE.STD_LOGIC_1164.all;
entity LAT is
port (D, C: IN std_logic;
      Q, NQ: OUT std_logic);
end;
architecture str of LAT is
component NOA
port (A:IN std_logic;
      B:IN std_logic;
      C:IN std_logic;
      y:OUT std_logic);
end component;
component N
port (A:IN std_logic;
      y:OUT std_logic);
end component;
signal w1, w2, w3, w4 :
std_logic;
begin
i5: N port map (C, w1);
i6: N port map (D, w2);
i1: NOA port map (A =>D, B =>w1, C
=> w4, Y => w3);
i2: NOA port map (A =>w2, B =>
w1, C =>w3, Y => w4);
i8: N port map (w3, Q);
i7: N port map (w4, NQ);
end;
```

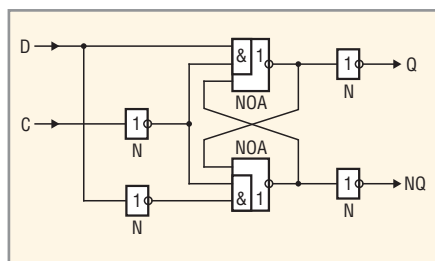


Рис. 1. Структурная схема триггера LAT

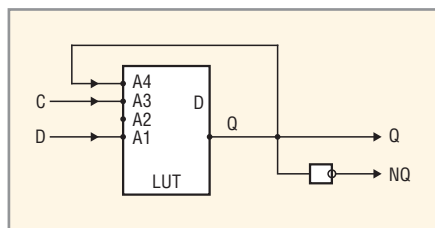


Рис. 2. Реализация триггера LAT в FPGA

ТИПИЧНАЯ ОШИБКА ПРОЕКТИРОВАНИЯ – ЗАДАНИЕ ТРИГГЕРА В ВИДЕ СТРУКТУРНОГО ОПИСАНИЯ СХЕМЫ ИЗ ЛОГИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ

Пользователи САПР программируемых логических интегральных

Элемент NOA реализует функцию $y = ((A \& B) \vee C)$, элемент N является инвертором. После выполнения процедуры синтеза по описанию, представленному в листинге 1, реализацией в FPGA является совсем не элемент памяти, а LUT (см. рис. 2), причём в схеме имеется обратная связь. После завершения синтеза в ISE выдаётся пред-

упреждение о наличии в схеме логического цикла (обратной связи), и при моделировании схема не выполняет функции триггера.

АЛГОРИТМИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ТРИГГЕРОВ

Для правильной реализации в FPGA, триггеры должны быть описаны не на структурном уровне (в виде соединений логических элементов, представленных соответствующими операторами port map языка VHDL), а алгоритмическими средствами с помощью параллельных операторов процесса (process) и входящих в процесс последовательных операторов [5]. В этом случае синтезатор логической схемы XST, входящий в состав ISE, распознает и правильно заменит алгоритмическую конструкцию триггером.

Реализацию триггера в логических блоках SliceL, SliceM (см. рис. 3) FPGA можно увидеть в топологическом редакторе (FPGA Editor). Такие реализации снабжаются четырьмя параметрами конфигурации, которые также присутствуют в XDL-формате

представления реализованного проекта.

Перечислим параметры конфигурации настраиваемого элемента памяти:

- тип элемента памяти (FF или Latch);
- тип сброса (SYNC или ASYNC);
- установка начального значения (INIT0 свидетельствует о начальной установке элемента памяти в лог. 0, INIT1 – в лог. 1);
- сброс в лог. 1 (SRHIGH) или в лог. 0 (SRLOW).

Кроме того, различные реализации элементов памяти, кроме обязательных входов (D – данные, CK – синхросигнал в триггерах типа FF и сигнал разрешения в триггерах типа Latch), могут иметь дополнительные входы: CE – разрешение; SR – сброс (при значении SRHIGH триггер устанавливается в лог. 1, при SRLOW – в лог. 0); REV – установка в лог. 1 (если REV используется, то сброс SR всегда SRLOW). Далее в статье Q обозначает выход элемента памяти; интерфейсная часть описания триггеров иногда опущена.

Представленная в листинге 2 алгоритмическая модель реализуется в

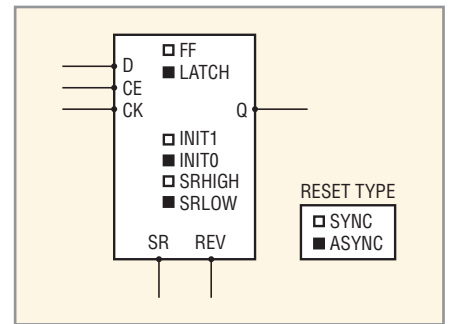


Рис. 3. Программируемый элемент памяти в логических блоках FPGA

программируемом элементе памяти FPGA в виде Latch (с входом разрешения CK) с начальной установкой в лог. 0, сбросом в лог. 0 (четвёртый параметр конфигурации имеет значение SRLOW). Следует отметить, что синтезатор установил данный параметр по умолчанию, а комментарии на VHDL начинаются с двух дефисов и продолжаются до конца строки.

Листинг 2. Алгоритмическая модель триггера LAT (типа Latch)

```
architecture Beh of LAT is
signal temp : STD_LOGIC='0';
--INIT0 (начальная установка)
```

Мощные светодиоды CREE

ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СВЕТОДИОДОВ:

- Уличное освещение
- Промышленное освещение
- Общее освещение
- Освещение витрин, рекламных щитов
- Архитектурное и ландшафтное освещение
- Аварийное освещение
- Автономные системы освещения
- Мощные прожекторы и фонари
- Переносные осветительные приборы

Светодиоды CREE были успешно применены при создании архитектурного освещения олимпийского стадиона «Птичье гнездо» в Пекине

СЕРИИ:

- XR-E/XR-C
- XP-E/XP-C
- XP-G/XM-L
- MX-6/MX-3
- MC-E

АКТИВНЫЙ КОМПОНЕНТ ВАШЕГО БИЗНЕСА

Телефон: (495) 232-25-22 • www.prochip.ru • Эл. почта: info@prochip.ru

Реклама

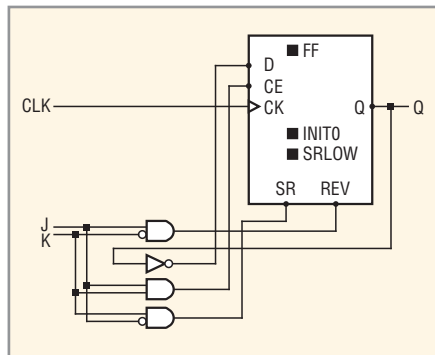


Рис. 4. Реализация JK-триггера в FPGA

```
begin
process (C)
begin
if(C='1') then temp<=D; end if;
end process;
Q <= temp; NQ <= not temp;
end Beh;
```

Алгоритмическая модель триггера, представленная в листинге 3, реализуется в FPGA (см. рис. 3) триггером типа Latch, имеющим асинхронный сброс (ASYNC), с начальной установкой в лог. 0 (INIT0), сбросом в лог. 0 (SRLOW) и полным набором входных сигналов. При синтезе схемы в библиотеке элементов, заданной пользователем, начальные значения сигналов игнорируются, а при синтезе схемы FPGA начальные значения сигналов поддерживаются. Это следует принимать во внимание при замене схемы FPGA на заказную СБИС.

Листинг 3. Алгоритмическая модель триггера типа Latch

```
library IEEE;
use IEEE.STD_LOGIC_1164.ALL;
entity Latch is
Port
(D,CE,CK,SR,REV : in STD_LOGIC;
Q : out STD_LOGIC);
end;
architecture Beh of Latch is
signal temp : STD_LOGIC:='0';
begin
process (SR,REV,CE,CK)
begin
if SR = '1' then temp<='0';
elsif (REV='1') then temp<='1';
elsif (CE='1') then
if (CK='1') then
temp<=D;
end if;
end if;
end process;
Q<=temp;
end Beh;
```

В листинге 4 приводится модель триггера типа FF, управляемого положительным фронтом, с асинхронным сбросом и установкой.

Листинг 4. Алгоритмическая модель триггера FF

```
library IEEE;
use IEEE.STD_LOGIC_1164.ALL;
entity FF is
Port
(D,CE,CK,SR,REV : in STD_LOGIC;
Q : out STD_LOGIC);
end;
architecture Beh of FF is
signal temp : std_logic:='0';
--INIT0
begin
process (SR,REV,CK)
begin
if (SR='1') then -- ASYNC
temp <='0'; -- SRLOW
elsif (REV='1') then temp <='1';
elsif (CK'event and CK='1') then
if (CE='1') then
temp<=D;
end if;
end if;
end process;
Q<=temp;
end Beh;
```

В процессе на листинге 4 для описания асинхронного сброса и установки первыми анализируются значения сигналов SR и REV. При написании модели триггера FF с синхронным сбросом, выражение if (CK'event and CK='1') для проверки переднего фронта синхросигнала CK должно быть проанализировано первым в процессе, затем следует проверить значения сигналов сброса и установки.

В алгоритмических моделях триггера выражения

```
if (CK'event and CK='1')
и
if (CK'event and CK='0')
```

определяют триггер, синхронизируемый передним и задним фронтом соответственно.

РЕАЛИЗАЦИЯ JK-ТРИГГЕРА В FPGA

Сложные триггеры реализуются в FPGA программируемыми элементами памяти с дополнительной комбинационной логикой на основе LUT и дру-

гих элементов из состава логических блоков.

Листинг 5. Алгоритмическая модель JK-триггера

```
library IEEE;
use IEEE.STD_LOGIC_1164.ALL;
entity JK is
Port ( J : in STD_LOGIC;
K : in STD_LOGIC;
CLK : in STD_LOGIC;
Q : out STD_LOGIC);
end JK;
architecture Beh of JK is
begin
process (CLK)
variable temp :
STD_LOGIC:='0';
begin
if (CLK'event and CLK='1') then
if (K='1' and J='0') then
temp:='0';
elsif (K='0' and J='1') then
temp:='1';
elsif (K='1' and J='1') then
temp:=not temp;
end if;
end if;
end if;
Q<=temp;
end process;
end Beh;
```

Приведённая в листинге 5 модель реализуется схемой (см. рис. 4), которая размещается в FPGA в трёх блоках SliceL (синтез производился в Xilinx ISE 13.1 с запрещением размещения триггеров в блоках ввода-выхода (IOB)); в одном из блоков SliceL задействован только элемент памяти FF, а комбинационные логические элементы реализованы в двух других блоках SliceL.

РЕАЛИЗАЦИЯ RS-ТРИГГЕРА В FPGA

Если не оговаривать значения выходов RS-триггера (рассматривается RS-триггер с двумя выходами – прямым Q и инверсным NQ) для входной комбинации R = 1, S = 1, то алгоритмическая модель RS-триггера (см. листинг 6) реализуется в FPGA одним элементом – триггером Latch. Если же для входной комбинации R = 1, S = 1 полагать значения прямого и инверсного выходов равными лог. 0, то для реализации RS-триггера требуется два элемента памяти. В обоих случаях реализация таких триггеров невозможна без дополнительной комбинационной логики.

Листинг 6. Алгоритмическая модель**RS-триггера**

```

process (R,S)
variable temp: std_logic:='0';
begin
  if (R='1') then temp:='0';
    elsif (S='1') then
temp:='1';
    end if;
  Q <= temp;
  NQ <= not temp;
end process;

```

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

С учётом того, что схемные реализации элементов памяти могут отличаться не только значениями параметров конфигурации, но и различным числом входов, для восстановления структурно-функциональных описаний проектов, реализованных в FPGA, необходимо использовать большой набор базовых функциональных моделей триггеров.

При помощи различных конструкций язык VHDL позволяет описывать разнообразные аспекты поведения цифровых систем. Многие конструкции VHDL при схемной реализации приводят к элементам памяти. Не только приведённые выше описания триггеров реализуются в FPGA настраиваемыми элементами памяти, – к корректным реализациям приводят и описания на основе других VHDL-операторов. При этом следует учитывать особенности реализации VHDL-конструкций различными синтезаторами, которые используют разные целевые библиотеки. Однако общепринятыми в литературе [2, 5] VHDL-моделями описания триггеров являются алгоритмические модели, использующие операторы процесса и операторы выделения передних и задних фронтов сигнала синхронизации с помощью различных атрибутов данного сигнала.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кузелин О.М., Кнышев Д.А., Зотов Ю.В. Современные семейства ПЛИС фирмы Xilinx: Справочное пособие. Горячая линия – Телеком, 2004.
2. Бабак В.П., Корченко А.Г., Тимошенко Н.П., Филоненко С.Ф. VHDL: Справочное пособие по основам языка. Додэка-XXI, 2008.
3. Зотов Ю.В. Проектирование цифровых устройств на основе ПЛИС фирмы Xilinx в САПР WebPack ISE. Горячая линия – Телеком, 2003.
4. Суворова Е.А., Шейнин Ю.Е. Проектирование цифровых систем на VHDL. БХВ-Петербург, 2003.
5. Pedroni V.A. Circuit Design with VHDL. MIT Press: London, 2004.

**Новости мира News of the World****Ignis Innovation разработала AMOLED-дисплей с разрешением 300 точек на дюйм**

Компания Ignis Innovation объявила о том, что ею разработан AMOLED-дисплей с разрешением более 300 точек на дюйм и матрицей RGB. Ранее столь высокая плотность изображения для экранов AMOLED была доступна лишь с использованием матрицы типа PenTile, которая неоднократно подвергалась критике.

Новая технология производства дисплеев включает в себя новые элементы управления, которые позволяют компенсировать неравномерности изображения и существенно повысить срок службы экрана. Согласно Ignis, такая технология позволяет выпускать дисплеи, аналогичные по плотности существующим Retina Display, используемым в iPhone 4 и 4S, но значительно превосходящим их по качеству отображения цветов, контрастности и углам обзора.

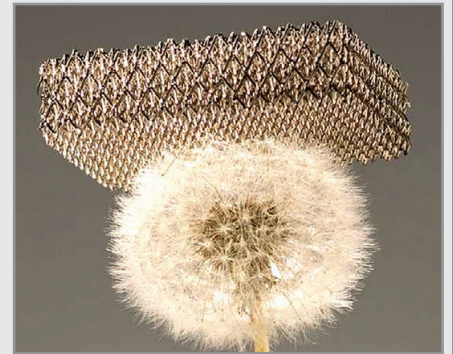
Компания уже объявила о том, что не планирует самостоятельно производить дисплеи по собственной технологии. Тем не менее, пока неизвестно, какие производители займутся выпуском подобных экранов. Вполне вероятно, что среди них будет Samsung, которая является мировым лидером в области технологии AMOLED.

<http://gsmarena.com/>

Создан самый лёгкий в мире материал

Учёные из исследовательской лаборатории HRL Калифорнийского университета создали материал с плотностью всего 0,9 мг/см³. Сверхлёгкая и упругая губка из металлических волокон в 100 раз легче пенополистирола и считается самой лёгкой структурой из металла. Новый материал заставляет пересмотреть пределы прочности для пористых материалов из-за своей уникальной микрорешётчатой архитектуры. Состоящий на 99,99% из воздуха материал изготовлен из полых металлических трубок нанометрового, микронного и миллиметрового размера с толщиной стенок в 1000 раз тоньше человеческого волоса.

Из специального фотополимера создаётся необходимая структура, которая покрывается никель-фосфорным сплавом. Затем полимер удаляется растворителем. По словам создателей, в создании структуры используется принцип архитектурных металлоконструкций по примеру Эй-



фелевой башни или моста «Золотые ворота». Благодаря этому материал демонстрирует уникальные свойства упругости и сопротивления сжатию. Исследователи считают, что созданный материал будет широко использоваться в различных областях от аэрокосмической промышленности до строительства.

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

Самые эффективные в мире органические светодиоды на пластиковой подложке

Как утверждает группа учёных из университета Торонто, им удалось разработать самые эффективные в мире органические светодиоды (OLED), разместив их на пластиковой подложке. Это означает, что у производителей появилась альтернатива укреплённому стеклу, которое считается сегодня единственным возможным выбором. Более того, пластик позволит делать дисплеи гибкими, а новая технология обещает сделать их при этом недорогими.

В настоящий момент большинство OLED-панелей производится на укреплённом тяжёлыми металлами стекле, которое обеспечивает высокую яркость при низком потреблении энергии. Единственная проблема на сегодняшний день – это цена, такие панели имеют высокую себестоимость; кроме того, они достаточно тяжёлые, негибкие и, как результат, хрупкие.

Разработанная канадцами технология имеет в своей основе слой оксида тантала толщиной 50...100 нм, он по сути является продвинутым оптическим тонкоплёночным покрытием. Если нанести его на гибкую пластиковую подложку, можно получить высокоэффективную OLED-панель, которая может существовать без традиционного укреплённого стекла. К сожалению, на текущий момент отсутствует технология, позволяющая перенести данное решение на рельсы массового производства, эту цель разработчики достигнут в ближайшие годы.

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

Программа SEMISEL – тепловые расчёты силовых схем

Печатается с разрешения журнала Chip News Украина (<http://www.chipnews.com.ua>)

Андрей Колпаков, Андрей Гладских

Расчёт тепловых режимов работы силового каскада является одним из важнейших этапов процесса разработки, позволяющим подтвердить правильность выбора и применения электронного компонента, что во многом определяет надёжность работы устройства. В статье описаны основные особенности программы теплового расчёта SEMISEL и в виде примера приведены расчёты трёхфазного выпрямительного моста, чоппера и трёхфазного инвертора.

ВВЕДЕНИЕ

Постоянное ценовое давление рынка и стремление к повышению эффективности преобразовательных устройств сделали выбор элементной базы одним из самых ответственных этапов проектирования. Не менее ответственной фазой разработки является и расчёт тепловых режимов, важность которого обусловлена непрерывным увеличением плотности мощности.

Растущее многообразие решений, применяемых в силовой электронике, и специализация типов компонентов привели к тому, что сравнение близких по назначению силовых модулей на основании только справочных данных стало серьёзной проблемой. Предельные значения тока и напряжения транзистора или модуля, обычно вынесенные в заголовок технических характеристик, не дают разработчику никаких данных для расчёта, а лишь позволяют в первом приближении сравнить один элемент с другим. Сложность выбора компонента заключается и в том, что желательно максимально использовать его мощностные характеристики, чтобы не платить лишних денег за неоправданный запас мощности.

Проектирование силового каскада является сложным и ответственным процессом, требующим от современ-

ного разработчика большого объёма знаний и опыта. Автоматизированные средства разработки, позволяющие решать большинство поставленных задач, способны оказать неоценимую помощь при разработке и свести к минимуму ошибки проектировщика.

Что такое SEMISEL?

Тенденции современного рынка силовой электроники – сокращение сроков проектирования, рост мощностей и усиление требований к надёжности – делают невозможным процесс разработки без специализированного программного обеспечения. Программы для расчёта режимов работы мощных преобразовательных устройств предлагаются практически всеми основными производителями силовых модулей. Наиболее популярные компьютерные средства разработки доступны на сайтах компаний Eupes/Infineon, Mitsubishi, Semikron. Как правило, данные программы предназначены для расчёта мощности потерь и температуры перегрева, с их помощью разработчик может с различной степенью достоверности выбрать силовой ключ на основании заданных режимов работы.

Компания Semikron предложила для массового применения свою программу автоматизированного расчёта и выбора компонентов SEMISEL [1] раньше своих конкурентов. Первый вариант программы появился на сайте фирмы в 2001 г., и с тех пор SEMISEL постоянно совершенствуется, обновляется, пополняется база данных. Последняя версия SEMISEL Version 4.0.1 пригодна для моделирования тепловых режимов любых силовых ключей на основании их технических характеристик.

Программа SEMISEL, on-line-версия которой доступна по ссылке semisel.semikron.com, может быть использована для анализа практически всех используемых конфигураций схем в реальных условиях эксплуатации. Последние варианты SEMISEL способны помочь разработчику практически на всех этапах проектирования, включая выбор драйвера, расчёт режимов его работы, а также оптимизацию охлаждающей системы любого типа или моделирование заданного рабочего цикла.

В первую очередь программа предназначена для решения следующих задач:

- оптимальный выбор силового ключа для заданной конфигурации схемы и условий эксплуатации;
- сравнение эффективности работы различных компонентов, поиск замены;
- достижение оптимальной технической и экономической эффективности;
- нахождение оптимального соотношения основных электрических характеристик (частоты переключения, эффективности системы охлаждения, перегрузочной способности и т.п.);
- оценка запаса надёжности по предельным режимам.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Основные потери в силовых транзисторах и модулях создаются непосредственно в кристалле. Тепло, выделяемое полупроводниковым кристаллом, отводится через корпус элемента на теплоотвод и далее – в окружающую среду. Градиент температур между кристаллом и окружающим воздухом является функцией рассеиваемой мощности и тепловых сопротивлений материалов, из которых состоит корпус элемента, и материалов теплоотвода.

На рис. 1 показаны в разрезе слои стандартного модуля IGBT, участвующие в процессе теплопередачи: 1 – вывод чипа (Al), 2 – чип (Si), 3 – припой,

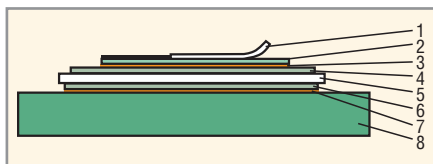


Рис. 1. Элементы тепловой структуры модуля IGBT

4 – металлизация (Cu), 5 – керамика (Al₂O₃), 6 – металлизация (Cu), 7 – припой, 8 – основание (Cu). Слои 4, 5, 6 образуют так называемую DCB (Direct Copper Bonding) плату – керамическую пластину, покрытую с двух сторон медной фольгой методом диффузионного напыления. Для корректного теплового анализа должны быть определены тепловые сопротивления каждого из показанных элементов. Модуль устанавливается на радиатор через теплопроводящую пасту, и эти элементы также должны быть учтены при расчёте. Кроме того, для правильного анализа динамических тепловых процессов необходимо знать теплоёмкость соответствующих слоёв.

В справочных данных полупроводниковых элементов обычно приводятся предельные параметры тока для постоянного (continuous) и импульсного (pulse) режимов. При реальной работе кристалла, например, в режиме высокочастотной модуляции, ток и температура кристалла имеют пульсирующий характер и амплитуда импульсов тока может значительно превышать предельные постоянные значения. Для теплового расчёта в таких режимах температура кристалла определяется с помощью графика динамического теплового импеданса Z_{thjc} . Исходными данными являются потери мощности за один импульс, длительность импульса и коэффициент заполнения.

Для компьютеризации расчёта график динамического теплового импеданса выражается в виде аналитической функции, и градиент температуры рассчитывается по формуле:

$$\Delta T(t) = PZ_{thjc} = p \sum_{i=1}^n R_i [1 - e^{-t/\tau_i}] \quad (1)$$

Специалисты фирмы Semikron произвели вычисления компонентов формулы для всех модулей, выпускаемых фирмой. Это позволило сделать процесс расчёта полностью автоматизированным, простым и точным.

На рис. 2 показаны эпюры импульсов мощности и соответствующие им графики изменения температуры кристалла. Для расчёта градиента температуры служат следующие формулы, используемые программой SEMISEL:

- одиночный кратковременный импульс (температура не достигает установившегося значения):

$$\Delta T(t_1) = P \sum_{i=1}^n R_i [1 - e^{-t_1/\tau_i}]$$

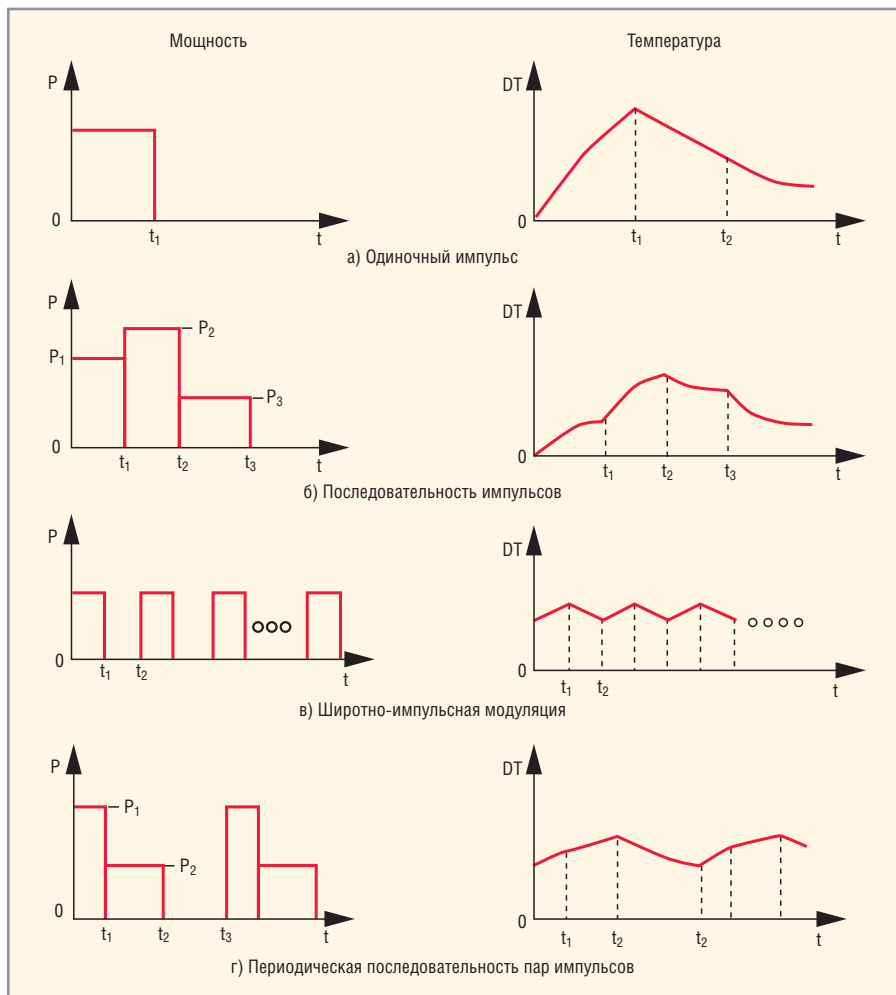


Рис. 2. Тепловые режимы работы силовых модулей

$$\Delta T(t_2) = P \sum_{i=1}^n R_i [1 - e^{-t_2/\tau_i}] - P \sum_{i=1}^n R_i [1 - e^{-(t_2-t_1)/\tau_i}] + P_2 \sum_{i=1}^n R_i \frac{1 - e^{-(t_2-t_1)/\tau_i}}{1 - e^{-t_3/\tau_i}}$$

- последовательность одиночных прямоугольных импульсов. Этот режим используется для аппроксимации импульсов произвольной формы. Формула дана для последовательности из Q импульсов:

$$\Delta T(t_Q) = \sum_{q=1}^Q (P_q - P_{q-1}) \sum_{i=1}^n R_i [1 - e^{-(t_Q - t_{q-1})/\tau_i}]$$

- широтно-импульсная модуляция с постоянным коэффициентом заполнения:

$$\Delta T = P \sum_{i=1}^n R_i \frac{1 - e^{-t_1/\tau_i}}{1 - e^{-t_2/\tau_i}}$$

- периодическая последовательность пар различных импульсов:

$$\Delta T = P_1 \sum_{i=1}^n R_i \frac{[1 - e^{-t_1/\tau_i}] e^{-(t_2-t_1)/\tau_i}}{1 - e^{-t_3/\tau_i}} +$$

Реальные режимы работы могут рассматриваться как различные сочетания указанных режимов. Далее необходимо определить тепловое сопротивление R_{thjc} . Для этого служат выражения:

$$R_{(thjc)p} = \sum_{i=1}^n R_i \frac{1 - e^{-t_p/\tau_i}}{1 - e^{-1/(\tau_i f)}} \quad (2)$$

$$t_p = \frac{\Theta}{360 f} \quad (3)$$

где t_p – длительность импульса, выраженная в формуле (3) через угол отсечки Θ , f – рабочая частота.

Данные выражения справедливы как для кратковременных одиночных импульсов, так и для высокочастотных импульсных режимов. Для расчёта значения $R_{(thjc)p}$ используется значение максимальной рассеиваемой мощности за период проводимости.

Приведённые выше формулы даны отнюдь не для того, чтобы испугать

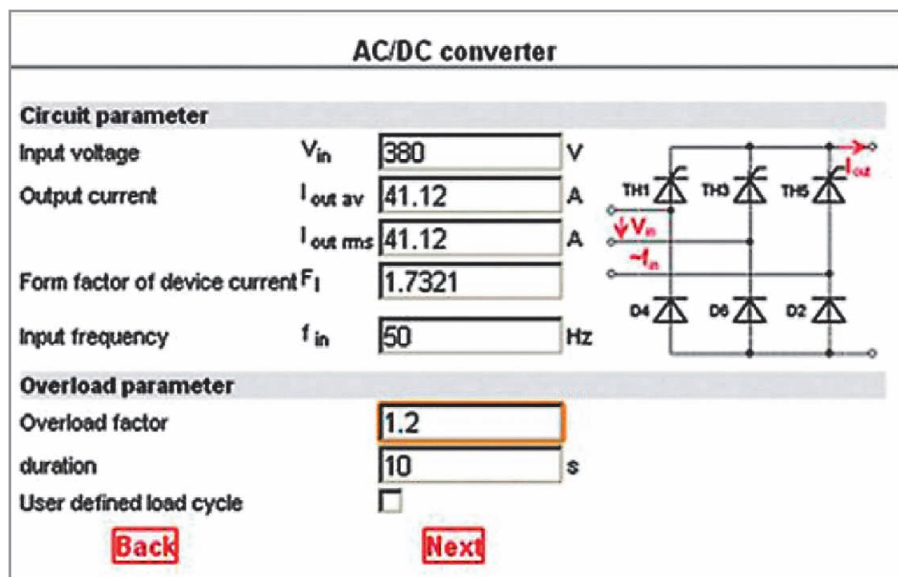


Рис. 3. Исходные данные для расчёта трёхфазного выпрямительного моста

пользователя. Они отражают общие принципы, заложенные в программе SEMISEL, и предназначены для специалистов, которые хотят понять физику происходящих процессов. А сама программа разработана таким образом, чтобы максимально упростить процесс расчёта.

Одним из главных достоинств программы SEMISEL по сравнению с аналогичными средствами расчёта является широкий выбор схем AC/DC-, AC/AC-, DC/AC- и DC/DC-преобразователей:

- выпрямители AC/DC:
 - В2U – однофазный выпрямительный мост,
 - В2Н – однофазный тиристорный мост с управлением в верхнем плече,
 - В2С – однофазный полностью управляемый тиристорный мост,
 - В6U – трёхфазный выпрямительный мост,
 - В6Н – трёхфазный полууправляемый тиристорный мост,
 - В6С – трёхфазный полностью управляемый тиристорный мост;
- регуляторы переменного напряжения AC/AC:
 - W1C – тиристорный ключ,
 - W3C – трехфазный тиристорный ключ;
- инверторы DC/AC:
 - inverter_1_phases – полный мостовой каскад (в режиме разрывного и непрерывного тока),
 - inverter_3_phases – трёхфазный инвертор,
 - direct inverter – обычный мостовой инвертор в режиме «флип-флоп»,

– 3-level inverter – трёхуровневый инвертор;

- преобразователи постоянного тока DC/DC:
 - buck – чоппер верхнего плеча,
 - boost – чоппер нижнего плеча,
 - SR-мотор – вентильный индукторный двигатель.

Далее мы рассмотрим на различных примерах, как непосредственно работает программа SEMISEL. Примером послужит «сквозное» проектирование преобразователя частоты, состоящего из трёхфазного выпрямительного моста, чоппера системы торможения и IGBT-инвертора. Исходные данные для расчётов: $P_n = 22 \text{ kW}$, $\cos\phi_{std} = 0.8$; 3 phase 380 V; possible overload 20% time 10 sec; $f_{pwm-max}$ – до 12 kHz; $f_{pwm-std}$ – 4.5 kHz; sinusoidal PWM. Полная мощность системы при стандартном косинусе: $S_{nom} = P_n/0.8 = 27.5 \text{ kVA}$.

Трёхфазный выпрямительный мост

Рассмотрим вариант расчёта трёхфазного полууправляемого выпрямителя. После выбора соответствующей конфигурации (В6Н) на экране появляется схема и меню (рис. 3), в котором требуется ввести значения соответствующих параметров:

- V_{in} – линейное напряжение;
- $I_{out av}$, $I_{out rms}$ – среднее и среднеквадратичное значение выходного тока;
- F_1 – так называемый форм-фактор – отношение среднеквадратичного и среднего тока выпрямительного моста (не нагрузки!). При индуктивной нагрузке $F_1 = 1,41$ для однофазного выпрямителя и $F_1 = 1,73$ для трёхфазного выпрямителя. Если вве-

дены значения $I_{out av}$ и $I_{out rms}$, то F_1 вычисляется автоматически;

- f_{in} – значение частоты входного сигнала (учитывается при расчёте потерь для быстрых диодов);
- Overload factor – процент перегрузки. При расчёте потерь используется метод последовательных приближений из 40 шагов и учитывается эффект саморазогрева;
- Duration – время перегрузки;
- User defined load cycle – эта опция используется, если форма выходного тока отличается от стандартной и определяется пользователем.

В нашем случае:

- фазный входной ток $I_{inp} = 34 \text{ A}$;
- выходной ток выпрямителя $I_d = P_n/535 = 41,12 \text{ A}$ (учитываем, что реактивный ток двигателя замыкается через батарею звена, поэтому при расчёте выпрямителя используем только номинальную мощность);
- коэффициент перегрузки – 1,2 на протяжении 10 с.

После заполнения всех необходимых граф программа предлагает различные типы выпрямителей, выпускаемых фирмой и подходящих для решения данной задачи (рис. 4). Дальнейшие действия необходимы для расчёта мощности потерь. Вы выбираете тип корпуса моста и непосредственно тип элемента из выпадающего меню. При использовании типовых значений параметра (typical values) тепловой расчёт производится для номинального режима работы, предельные значения (maximum values) необходимы для расчёта режима перегрузки.

Выбор элементной базы. Как говорил Леонид Быков устами киногероя фильма «В бой идут одни старики», – учите матчасть. Поэтому вначале, пожалуйста, ознакомьтесь с номенклатурой выпускаемых приборов, чтобы не ошибиться случайно раз в пять. «Запас карман не жмет», но денег уже требует [6].

Если хотите использовать библиотеку ранее выпускавшихся приборов (мало ли, вдруг где-то пара-тройка модулей пролежала в значке лет семь...), поставьте птичку в графе: Select your package and device x Add former generation.

Надеюсь, что читатель уже полистал ShortForm Semikron, если нет – в электронном виде можно найти здесь: <http://issuu.com/semikron/docs/semikronshort-form-2011-012> (или запро-

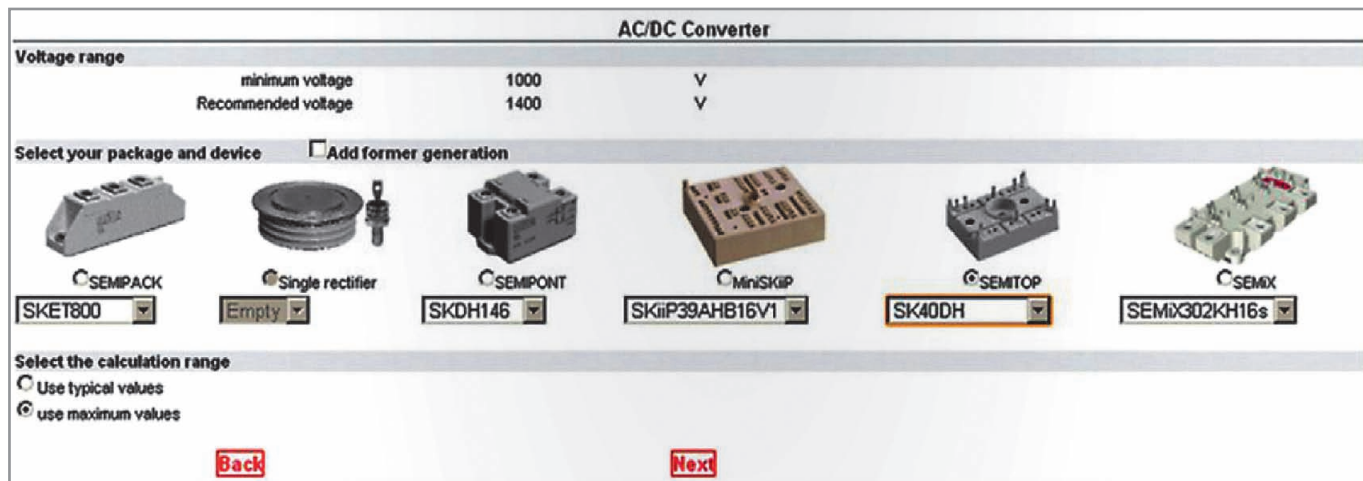


Рис. 4. Предлагаемые типы выпрямителей

силь у дистрибьютора печатный вариант). Поэтому без лишних объяснений выбираем первые попавшиеся приборы на 40 А, например миниатюрный SEMITOP SK40DH.

Следующий этап – расчёт мощности потерь и температуры кристалла. Экран для этого режима приведен на рис. 5.

Берём рекомендованный охладитель P14-120 со стандартным вентилятором и нажимаем Calculate.

- T_a – температура окружающей среды;
- number of switches per heatsink – количество элементов модуля, в нашем случае (трёхфазный выпрямитель) – 6;
- number of parallel devices on the same heatsink – количество параллельно соединённых на одном радиаторе модулей – 1;
- cooling method – способ охлаждения. Расчёт может производиться для естественного режима (natural air), режима принудительной вентиляции (forced air) и режима водяного охлаждения (water);
- SK model – тип теплостока производства Semikron, после выбора автоматически заполняется графа теплового сопротивления $R_{th(s-a)}$;
- correction factor – с помощью этого коэффициента можно изменять значение теплового сопротивления «тепlostок – окружающая среда» $R_{th(s-a)}$;
- flow rate – скорость протекания воздуха или жидкости в режиме принудительного охлаждения;
- self defined heatsink – вводятся параметры теплоотвода пользователя;
- fixed heatsink temperature – расчёт перегрева кристалла относительно температуры окружающей среды

при фиксированной температуре радиатора.

Результаты расчётов можно увидеть на рис. 6. В таблице результатов кроме входных данных и конфигурации схемы приводятся следующие параметры:

- VTO25(125) – прямое падение напряжения;
- rT25(125) – динамическое прямое сопротивление;
- Lossesdevice – потери на одном диоде;
- Lossestot – суммарные потери.

С помощью соответствующих кнопок можно вернуться в любую точку программы, изменить исходные данные и повторить расчёт. В конце расчёта программа сообщит своё мнение о выбранном элементе и теплоотводе:

- This configuration works fine – силовой элемент и радиатор выбраны правильно, температура кристалла в режиме перегрузки не превышает 125°C, обеспечен запас по перегрузке ($100^\circ\text{C} < T_j < 125^\circ\text{C}$);
- This configuration seems to be too powerful – выбран неоправданно мощный элемент, запас по мощности слишком велик ($T_j < 100^\circ\text{C}$);
- Recommendation by Semikron: Do not use semiconductor in the range of $T_{j(max)} = 125^\circ\text{C}$ – температура кристалла в режиме перегрузки превышает 125°C, рекомендуется выбрать более мощный элемент или улучшить охлаждение;
- This configuration does not work! – температура кристалла во всех режимах превышает 125°C, необходимо применить более мощный элемент или улучшить теплоотвод.

Результат... не очень хороший, ибо рекомендация Semikron гласит: «Recommendation by Semikron: Do not use semiconductor in the range of $T_{j(max)} =$

$= 125^\circ\text{C}$ », и действительно, – максимальная температура кристалла при перегрузке 115°C.

Если температура внутри шкафа возрастёт хотя бы на 10°C (что для прошлого года было объективной реальностью), то получим перегрев кристалла. Проверяем, устанавливая в графе «Ambient and heat sink parameter: Ambient temperature T_a 50».

Результат не заставил себя ждать: «Evaluation: This configuration does not work!»

Берём радиатор большего размера: P16-200. Повторный расчёт при той же температуре с новым радиатором показывает успешный результат «This configuration works fine» (забегая вперед, скажем: если радиатор использовать «по-хозяйски», т.е. разместить на нём ещё чоппер с инвертором, то результат может оказаться плачевным, но до этого ещё дойдём).

Опять вернемся к статье «Мифы...»[6]. А лучше вспомним Ильфа и Петрова:

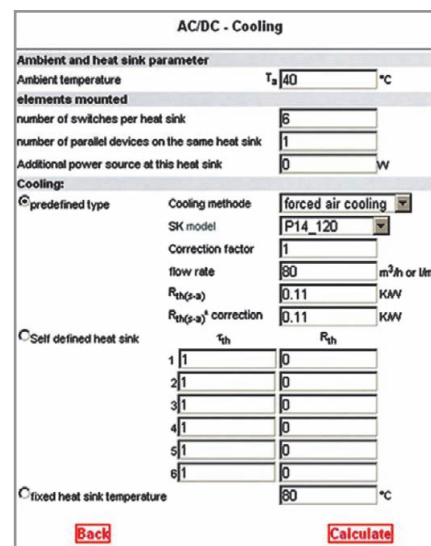


Рис. 5. Исходные данные для теплового расчёта трёхфазного выпрямительного моста

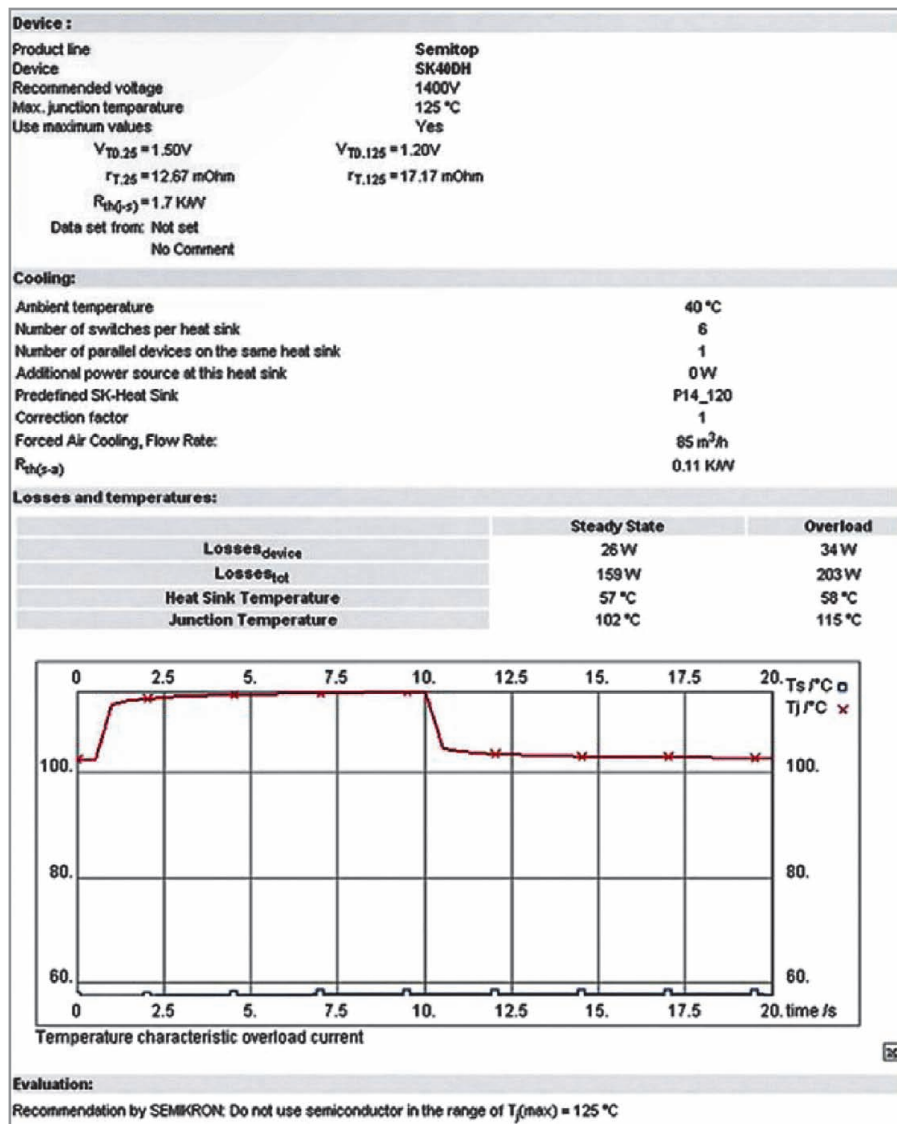


Рис. 6. Результаты расчёта трёхфазного выпрямительного моста

«На антресолях жила ничья бабушка, которая не доверяла электричеству». Вот так и наш брат-разработчик не очень доверяет заверениям, что печатный монтаж (если грамотно спроектирована плата) позволяет спокойно работать с токами до 50 А. Поэтому пробуем другой вариант (опять же без объяснения причины выбора) – выбираем модули Semipack1 SKKH42.

Проходим последовательность ещё раз, начиная с выбора диодно-тиристорного модуля. Для этого кликаем внизу кнопку Device Parameter, возвращаемся на страницу выбора, ставим птичку на Semipack и SKKH42. Нажимаем кнопку Calculate – результат: «This configuration seems to be too powerful».

Очень большой запас, ибо при перегрузке температура кристалла едва достигает 73°C. Не по-хозяйски (хотя мы же держим в памяти, что хотим разместить все силовые ключи на одном радиаторе)...

Из «чистого интереса» вернёмся к радиатору P14-120 (как поменять, надеемся, грамотный читатель уже запомнил). Результат: температура при перегрузке 79°C и «This configuration seems to be too powerful».

Как гласит народная мудрость, «модуль – он и на северном полюсе – модуль, но очень холодный».

Предоставим читателю возможность самостоятельно оценить возможность применения в этой схеме SKKH27.

Дотошный читатель логичное объяснение этому «чуду» найдёт самостоятельно.

ТОРМОЗНОЙ ЧОППЕР

Выбираем конфигурацию силовой части DC/DC Buck. «Почему?» – тут же спросит дотошный читатель. А для теплового расчёта нет никакой разницы, куда вешать тормозной (Brake) резистор. Точно так же никакой разницы нет между полупроводниковыми кристаллами в конфигурациях GAR

и GAL Semikron. Они симметричны. Но вот какие параметры вводить для расчёта?

Исторически сложилось, что в электроприводе переменного тока свойства тормозного ключа зависят от механизма, в котором применяется привод. Поэтому такое разделение оставим на совести инженеров-приводчиков. А именно, тормозящий ключ, в зависимости от применяемых регуляторов и законов торможения, может быть выбран в двух вариантах: на 33% номинальной мощности привода или на 100% (для справки: 33% используется для общепромышленных приводов, где нужно торможение; 100% – для высокодинамичных и высокоинерционных).

Начнём с общепромышленных с невысокой динамикой.

Зачем вообще нужен чоппер? При частотном торможении асинхронный двигатель переходит в генераторный режим и кинетическая энергия, запасённая в роторе (и приводимом механизме), за вычетом механических потерь (трение) и электрических потерь (на активных сопротивлениях статора и ротора), преобразуется инвертором назад в электрическую. При этом напряжение U_d на конденсаторах звена растёт. Вот для рассеяния этой возвращаемой энергии и применяется тормозящий ключ с мощным резистором (вариант рекуперации не рассматриваем). При выделении её на резисторе напряжение U_d снижается с $U_{d\ max}$ до $U_{d\ min}$ (наперёд заданные настраиваемые величины).

Величина и мощность указанного резистора выбирается исходя из следующих условий:

- $R_b \leq 0,33U_{d\ max}/I_{d\ nom}$ для общепромышленных приводов;
- $R_b \leq U_{d\ max}/I_{d\ nom}$ для высокодинамичных.

Значение $U_{d\ max}$ выбирается исходя из максимально допустимого для конденсаторной батареи (обычно в звене используют последовательно соединённые электролитические конденсаторы с $U_{c\ nom} = 400\ V$). Поэтому для обеспечения надёжности, с учётом возможного рабаланса емкостей батареи: $U_{d-max} = 0,9 \times 2U_{c-nom} = 720\ V$.

Не вникая в особенности, отметим, что вариант торможения, когда brake-ключ полностью открыт, является далеко не оптимальным с точки зрения задач привода. Поэтому используется несколько более сложный алгоритм,

при котором ток через тормозной резистор стабилизирован, а частота ШИМ совпадает с частотой коммутации ключей инвертора. Вот его и рассмотрим:

$$I_b = 0,33I_d = \sim 14 \text{ A}, f_{sw} = 4,5 \text{ кГц.}$$

Задаём начальные параметры U_{in} (наше U_{dmax}) = 720V, U_{out} (наше U_{dmin}) = 620 и переходим к выбору компонентов. Вариантов – масса. Остановимся на самом простом: SEMITOR SK20GAR123D (Add former generation).

При $T_a = 50 \text{ }^\circ\text{C}$ получаем предупреждение: «Температура перехода 140°C », что явно не годится.

Дилемма – выбрать либо более мощный ключ, либо более мощный радиатор. Начнём с ключа. Используем модуль SEMITOR SK30GAR123D, что даст нам следующие величины потерь (рис. 7): «температура кристалла 102°C , This configuration works fine».

Запоминаем выделяемую мощность: «Ptot 52 W 52 W».

Вспоминаем, что использовать три разных радиатора для выпрямителя, инвертора и чоппера «не по-хозяйски», и возвращаемся к... расчёту выпрямителя. Поскольку чоппер добавит нам 52 Вт тепловых потерь, учтём их в строке «Additional power source at this heat sink» выбора охладителя. В результате получаем то, что предположили заранее: «Evaluation: This configuration does not work!». То есть разместить выпрямитель SK40DH и чоппер SK30GAR123 на радиаторе P14-120 невозможно в силу перегрева (чем точнее хотите получить результат, тем больше вариантов и итераций придётся посчитать). То же самое проделаем для выпрямителя на модулях SEMIPAK1 SKKH42. Температура кристаллов модулей выпрямителя подросла до 85°C , но до граничной 125°C ещё очень далеко.

ИНВЕРТОР IGBT

Чтобы рассчитать тепловые потери нашего инвертора, возвращаемся к странице выбора схемы, нажав на кнопку Change Circuit. Выбираем схему Inverter 3 Phases и вводим исходные данные (которые затем отображаются в левой колонке рис. 8). Переходим к выбору IGBT-модулей для расчёта... глаза разбегаются. Здесь уже нужен либо кое-какой опыт разработчика, либо перебор нескольких десятков вариантов, либо... введение допол-

Calculated losses and temperatures with rated current and at overload:			
		Rated Current	Overload
$P_{cond tr}$		27W	27W
$P_{sw tr}$		18W	18W
P_{tr}		46W	46W
$P_{cond d}$		3.03W	3.03W
$P_{sw d}$		3.18W	3.18W
P_d		6.22W	6.22W
P_{tot}		52W	52W
T_s		56 °C	56 °C
T_c		56 °C	56 °C
T_{tr}		102 °C	102 °C
T_d		63 °C	63 °C

Рис. 7. Результаты расчёта тормозного чоппера

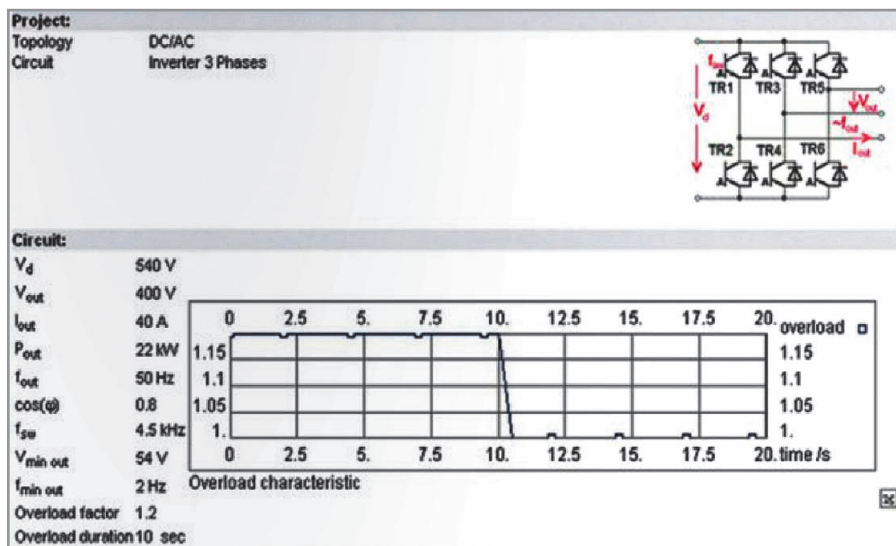


Рис. 8. Результаты расчёта трёхфазного инвертора

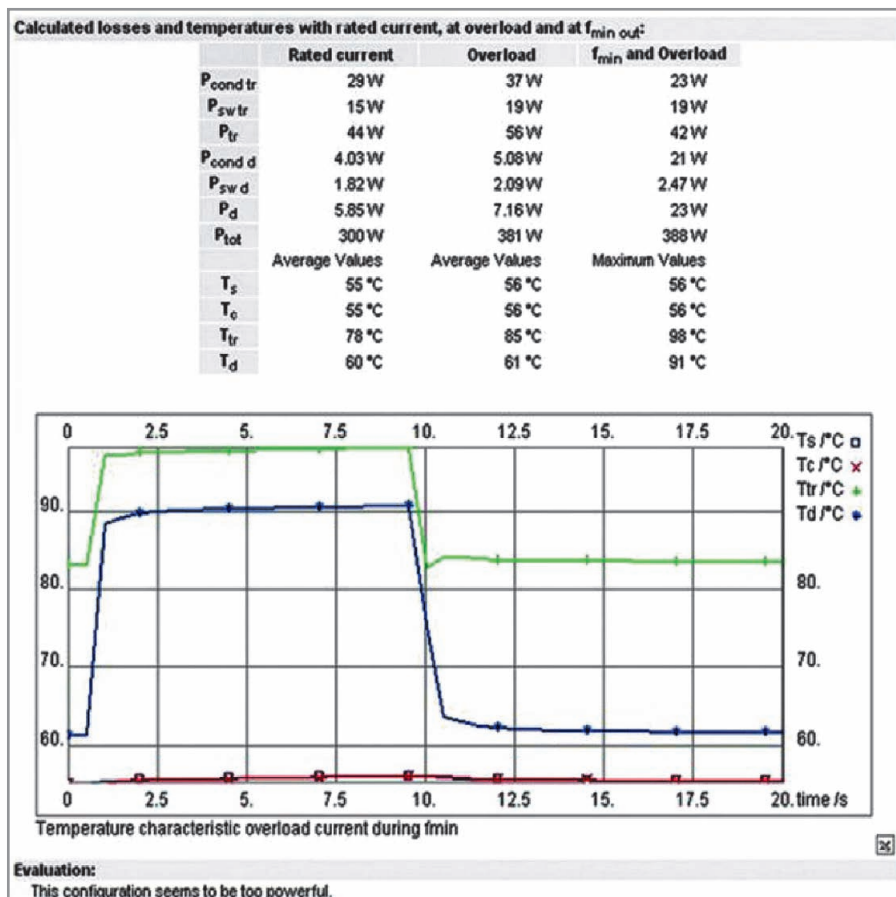


Рис. 9. Результаты расчёта трёхфазного инвертора при использовании радиатора P16-200

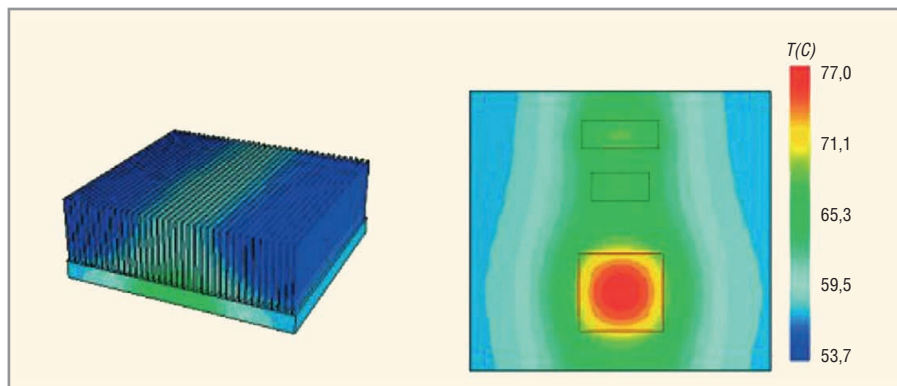


Рис. 10. Распределение тепла в радиаторе

нительных факторов, ограничивающих число вариантов. Поскольку ранее мы решили, что постараемся использовать печатные проводники, то остановимся на модуле SK75GD12T4T (просто исходя из допустимых амплитудных значений тока через транзисторный ключ).

Радиатор P14-120, всё ОК. Размещаем на этом же радиаторе чоппер, что добавляет к рассеиваемой мощности еще 52 Вт. Пересчитываем – тоже всё в порядке, но температура подросла до 127°C.

При $T_a = 50^\circ\text{C}$ температура кристалла – 139°C, радиатора – 93°C (мощность потерь в самом «плохом» случае: минимальная выходная частота инвертора + 20% перегрузка). 93°C – перебор, «наши люди в булочную на такси не ездят». Поэтому используем P16-200. Результаты расчёта приведены на рис. 9.

Как и следовало ожидать, радиатор холодный – 56°C, температура кристалла – 91°C при перегрузке.

Предпоследний этап для проверки. Рассмотрим «самое слабое звено» – выпрямитель с добавлением к нему мощности, выделяемой чоппером – 52 Вт и инвертором – 388 Вт.

Пересчитываем температуру выпрямителя и получаем зловещее «This configuration does not work!».

Удлинение радиатора не оправдывает надежд – та же фраза красным (что мы ранее и предполагали).

Делаем ход конём, меняем выпрямительный мост на более мощный – SK70DH. И через несколько секунд убеждаемся, что если разместить на охладителе типа P16-200 и диодный мост, и чоппер, и инвертор, кристаллы этих модулей будут чувствовать себя более чем комфортно. Увеличение частоты ШИМ до 12 кГц для инвертора увеличит тепловые потери в инверторе до 669 Вт. Однако, пересчитав тепловой режим, убеждаемся: кристаллы

IGBT-модулей уже будут работать в режиме, близком к предельному, но выпрямитель останется в норме ($T_{\text{охл}} = 85^\circ\text{C}$).

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕПЛА

В предыдущем разделе мы установили, что на одном радиаторе P16-200 можно разместить все три тепловыделяющих элемента нашего преобразователя частоты. Невьясненным остаётся вопрос: «Как их разместить?». Ведь мы получили среднюю температуру радиатора, которая эквивалентна «средней температуре по больнице». Для того чтобы оценить взаимовлияние модулей и распределение температурного поля по радиатору, воспользуемся программой R-Theta [8]. Дадим возможность читателю самостоятельно разобраться с настройками этой программы. Поэтому лишь заметим, что визуализация процесса распределения тепла в радиаторе позволяет оценить эффективность охлаждающей системы, что наглядно демонстрирует рис. 10.

Грамотное разнесение силовых модулей на поверхности радиатора улучшает картину распределения тепла, что эквивалентно уменьшению теплового сопротивления.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Давно прошли времена, когда выбор силового ключа осуществлялся на основании его номинального тока, а для повышения надёжности рекомендовалось использовать двойной запас по мощности. Цель современного разработчика – обеспечение высокой надёжности при использовании предельных режимов работы компонентов плюс минимальные сроки проектирования. Решение этой задачи немислимо без специализированного программного обеспечения, призванного максимально упростить и авто-

матизировать процесс проектирования, устранить возможные ошибки, оптимизировать выбор элементной базы.

Программа SEMISEL пригодна для анализа большинства существующих практических схем [9], позволяет оптимально выбрать режимы работы и условия охлаждения и требует от пользователя ввода только числовых исходных данных. Удобный интерфейс, пояснения, данные для всех режимов работы, позволяют использовать программу разработчикам средней квалификации. Конечно, компьютер не способен заменить голову разработчика. Знания и опыт в любом случае остаются самыми главными составляющими процесса проектирования. Специализированное программное обеспечение – это, прежде всего, очень хороший инструмент для грамотного инженера, помогающий избежать массы ошибок, быстро проанализировать различные варианты схемы и выбрать из них лучший. В результате сокращается время и повышается качество работы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Wintrich A. Free help with your converter design. Semikron Elektronik, 2006.
2. Srajber D., Lukasz W. The calculation of the power dissipation for the IGBT and the inverse diode in circuits with sinusoidal output voltage. Semikron Elektronik, 1996.
3. Freyberg M., Scheuermann U. Measuring Thermal Resistance of Power Modules. PCIM Europe J. 2003.
4. Колтаков А.И. Обеспечение надёжности силовых IGBT-модулей. Электронные компоненты. 2003. № 4.
5. Колтаков А.И. Методы оценки надёжности IGBT-модулей Semikron в предельных режимах. Силовая электроника. 2004. № 1.
6. Колтаков А.И. Мифы и легенды российских электронщиков. Компоненты и технологии. 2007. № 9.
7. Колтаков А.И. Принципы работы и особенности программы теплового расчёта. Электронные компоненты. 2004. № 6.
8. Колтаков А.И. Тепловое моделирование – просто и доступно. Электронные компоненты. 2008. № 8.
9. Колтаков А.И., Мисак Т.В., Полищук С.И. Программа теплового расчёта SEMISEL 3.1 – новые возможности и перспективы. Технічна електродинаміка. Силовая электроника та енергоефективність. Тематичний вип., 2008. Ч. 2. С. 114–119.

GaN HEMT-транзисторы для телекоммуникационных приложений



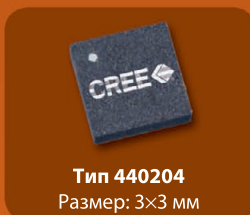
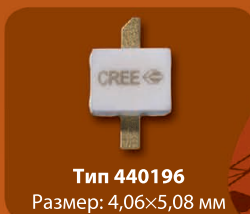
Эра новых технологий!

Новая серия включает GaN-транзисторы с выходной мощностью от 6 до 120 Вт, работающих в диапазоне частот: DC–2,0 ГГц, 1,8–2,3 ГГц, 3,3–3,8 ГГц и 4,9–5,8 ГГц.

Серия также включает мощные транзисторы на 180 и 240 Вт с диапазоном рабочих частот 1,8–2,3 ГГц.



Выходная мощность	DC–2,0 ГГц	1,8–2,3 ГГц	2,3–2,7 ГГц	3,3–3,8 ГГц	5,3–5,8 ГГц
6 Вт	CGH40006S	CGH40006S	CGH40006S	CGH40006S	CGH40006S
15 Вт	CGH27015 F/P	CGH27015 F/P	CGH27015 F/P	CGH35015 F/P	CGH55015 F1/P1
30 Вт	CGH27030 F/P	CGH27030 F/P	CGH27030 F/P	CGH35030 F/P	CGH55030 F1/P1
60 Вт	CGH27060 F	CGH27060 F	CGH27060 F	CGH35060 F	—
120 Вт	CGH09120 F	CGH21120 F	CGH25120 F	—	—
180–240 Вт	—	CGH21240 F	—	—	—



ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР CREE MICROWAVE В РОССИИ И СТРАНАХ СНГ

Использование стандарта программирования OpenCL для организации вычислений на ПЛИС

Владимир Вычужанин (г. Одесса, Украина)

В статье рассматривается применение стандарта программирования OpenCL для реализации параллельных вычислений в устройствах на ПЛИС.

Технология программирования электронных устройств для решения вычислительных задач традиционно развивалась по двум основным направлениям:

- программирование одноядерных процессоров и процессоров цифровой обработки сигналов с помощью списка обязательных, последовательно выполняемых инструкций (команд);
- программирование устройств на ПЛИС на основе инструкций, выполняемых параллельно.

Для оптимизации работы программируемых устройств с последовательным выполнением инструкций используется изменение рабочей частоты процессора, а также аппаратные средства, обеспечивающие параллелизм на уровне потока команд. Например, в одноядерной архитектуре вход-

ной поток инструкций обеспечивается схемой параллельно включенных функциональных устройств (ФУ) (см. рис. 1). В этом случае значительная аппаратная часть процессора обеспечивает динамическое извлечение параллелизма из последовательных программ и компенсацию задержки памяти.

Растущий интерес проектировщиков к параллельным вычислениям стал доминирующей парадигмой при оптимизации архитектуры компьютеров, в основном, многоядерных процессоров (имеющих 2, 4 или 8 ядер) и потоковых графических процессоров (состоящих из сотен ядер). Для решения вычислительных задач сегодня применяются различные процессорные архитектуры в сочетании с непрограммируемыми аппаратными узлами: SISD (Single Instruction, Single Data), исполь-

зуемые как процессоры общего назначения; SIMD (Single Instruction, Multiple Data), предназначенные для операций с векторами данных (например, мультимедийной обработки); MIMD (Multiple Instruction, Multiple Data) – матрицы процессорных элементов.

С помощью гетерогенной вычислительной среды многоядерный подход позволяет оптимально распределить нагрузку между ядрами процессоров. Кроме того, возможность реконфигурирования аппаратуры обеспечивает реализацию в каждом многоядерном процессоре именно тех возможностей, которые требуются ему для решения определённого класса задач, что недостижимо ни для процессоров общего назначения, ни для графических ускорителей.

Ещё большими преимуществами при решении вычислительных задач, по сравнению с процессорами стандартных архитектур, обладают ПЛИС на многоядерных устройствах, поскольку аппаратные затраты в этом случае существенно меньше, чем в архитектурах многоядерных процессоров.

Помимо аппаратного обеспечения, успех параллельных вычислений зависит от используемых программных продуктов. В новых разработках для программируемых устройств происходит смещение акцента программирования с автоматического извлечения параллелизма на уровне команд во время их выполнения на уровень потоков параллелизма во время кодирования.

Для осуществления параллельных вычислений в программируемых устройствах компанией Apple был предложен открытый кросс-платформенный стандарт OpenCL (Open Computing Language), поддерживающий параллельное программирование различных типов процессоров – CPU, GPU и DSP (ЦПОС). Стандарт программирования OpenCL может быть успешно использован и при реализации параллельных вычислений в конфигурациях на ПЛИС с массовым параллелизмом (см. рис. 2) [1]. Взаимосвязь стандарта OpenCL и ПЛИС иллюстрирует рисунок 3. Стандарт OpenCL обеспечи-

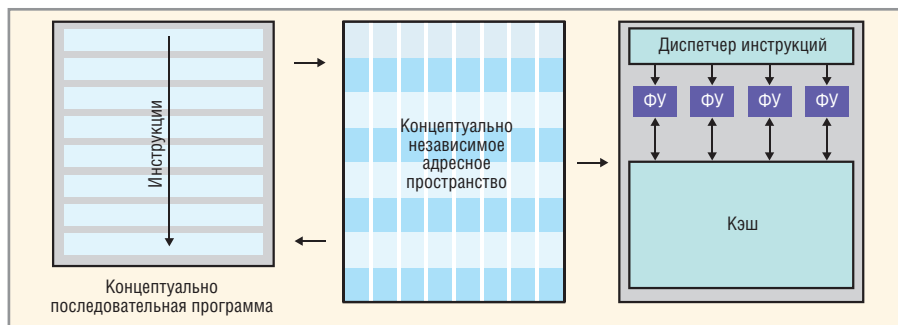


Рис. 1. Одноядерная архитектура извлечения параллелизма из последовательных программ

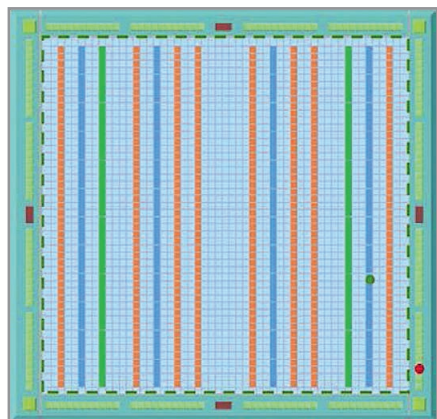


Рис. 2. ПЛИС с массовым параллелизмом

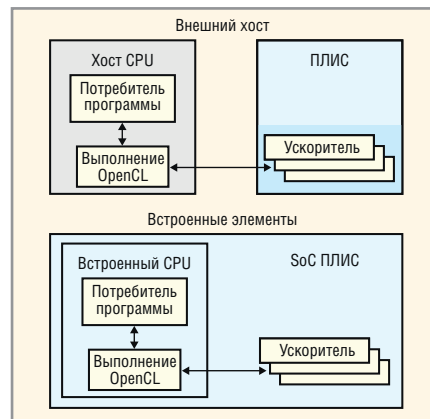


Рис. 3. Использование OpenCL на ПЛИС

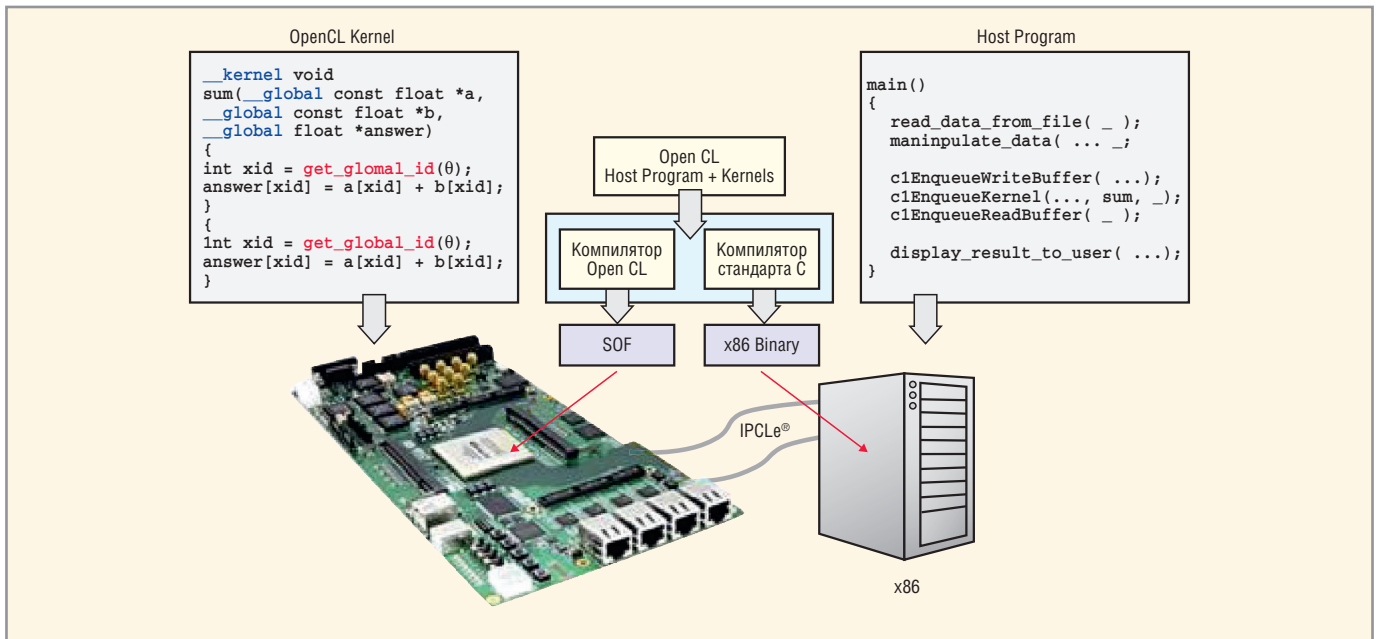


Рис. 4. Структура приложения OpenCL для ПЛИС

вает параллелизм и на уровне инструкций, и на уровне данных и является развитием технологии GPGPU, которая использует потоковые процессоры для неграфических данных.

Приложение OpenCL (см. рис. 4) состоит из хост-программы и набора ядер (kernels). В базовую структуру OpenCL

входит язык программирования C/C++ (стандарт ISO C99). Модель платформы OpenCL (см. рис. 5) имеет высокоуровневое описание гетерогенной системы. Центральным элементом модели является хост – первичное устройство, управляющее OpenCL-вычислениями и осуществляющее взаимодействие с

пользователем. Устройства OpenCL логически поделены на вычислительные узлы, состоящие из обрабатывающих элементов (рабочих единиц). На рисунке 5 показана платформа OpenCL, состоящая из трёх устройств.

Набор ядер фактически выполняет функцию ускорителя вычислений. Яд-

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

SHARP

BULGIN

International
TOR Rectifier

RFHIC
www.rfhic.com

CREE

PHILIPS
LUMILEDS

MPS
Monolithic Power Systems

HARTING

Grayhill

anadigm™

Switchcraft

austriamicrosystems

AVO

MICROMETALS

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

Реклама

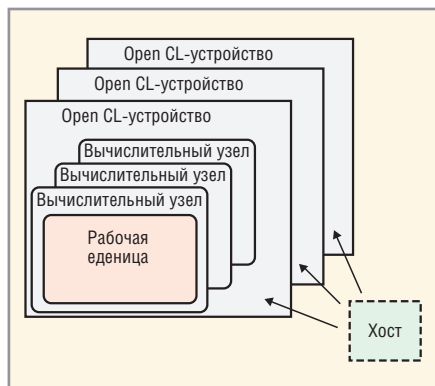


Рис. 5. Платформа OpenCL

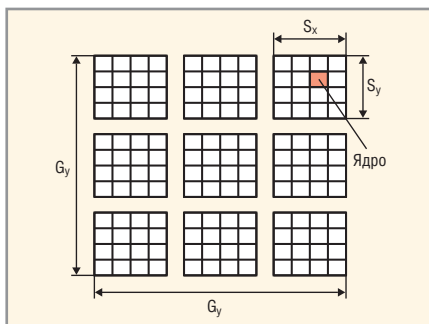


Рис. 6. Индексное пространство

G_x, G_y – число глобальных идентификаторов,
 S_x, S_y – число локальных идентификаторов

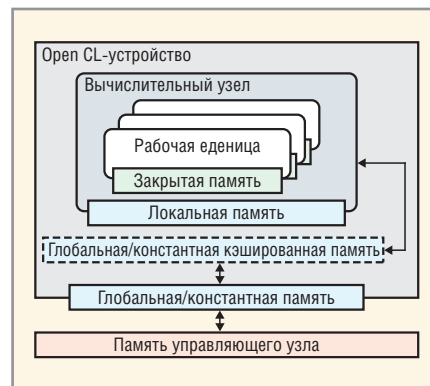


Рис. 7. Иерархия памяти OpenCL

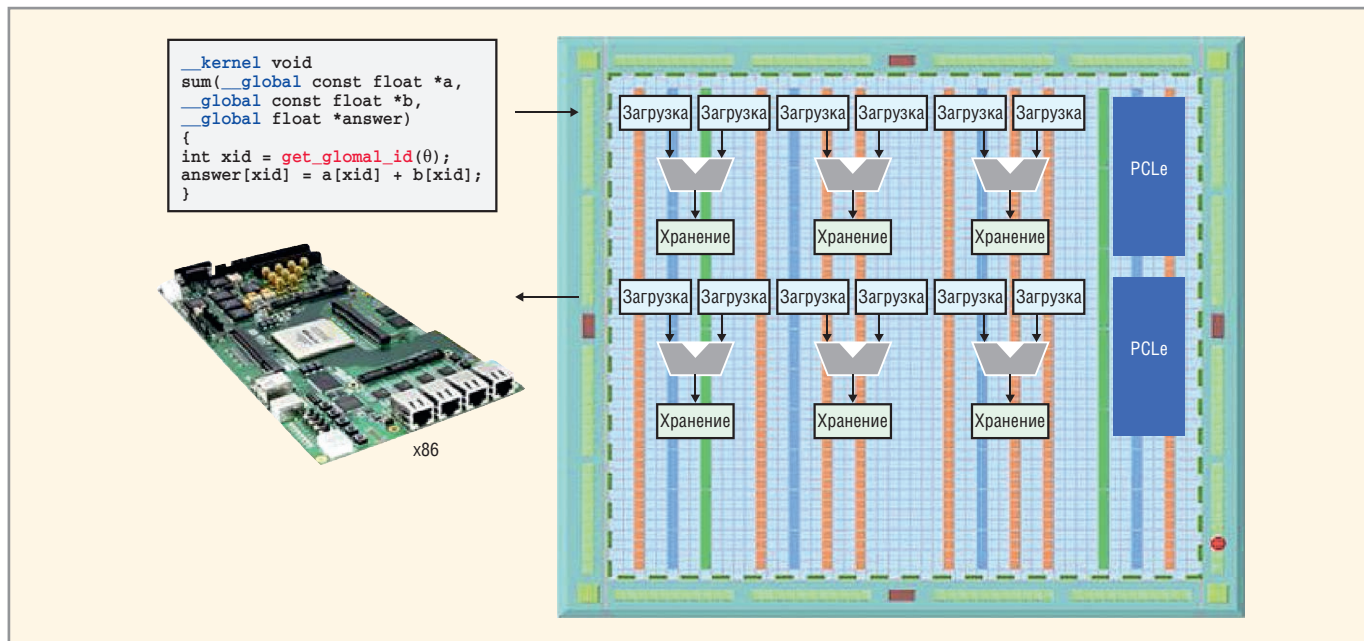


Рис. 8. Векторное сложение двух массивов на ПЛИС

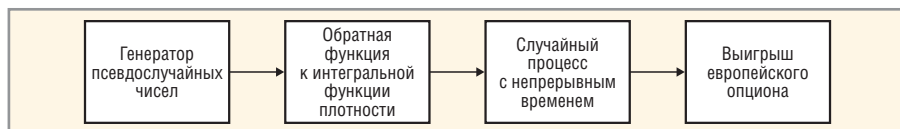


Рис. 9. Расчёт премии (выигрыша) опциона методом Монте-Карло

ра написаны на языке C с учётом параллелизма и иерархии памяти. Ядро создаётся в хост-программе и затем с помощью специальной команды ставится в очередь на выполнение в одном из OpenCL-устройств. Ядра объединены в группы, с каждой из которой сопоставляется индивидуальный идентификатор. Все ядра в пределах одной группы выполняются параллельно на обрабатывающих элементах одного вычислительного модуля устройства OpenCL. Во время выполнения команды создаётся целочислен-

ное пространство индексов, каждый элемент которого носит название глобального идентификатора. Пространство индексов имеет размерность N . На рисунке 6 показано двумерное индексное пространство. Каждое ядро выполняется отдельно для каждого значения глобального идентификатора.

Другим важным понятием модели вычислений является контекст, определение которого (при помощи вызова специальных функций OpenCL API) является первой задачей приложения

Сравнительная эффективность OpenCL для вычислений по формуле Блэка-Скоулза

Процессор	CPU Quad Core Xeon	Сравнимый GPU	ПЛИС Stratix IV 530
Скорость моделирования, Мб/с	240	950	2200
Пиковая производительность, GFLOPS	160	500	200

OpenCL. Контекст определяет среду выполнения ядер, в которую входят следующие компоненты: устройства, сами ядра, программные объекты, исходный и выполняемый код будущих ядер, объекты памяти.

Взаимодействие между хостом и устройством OpenCL происходит посредством команд, помещённых в командную очередь. Модель памяти описывает набор уровней памяти и обеспечивает манипулирование ими во время проведения вычислений. Стандарт OpenCL охватывает иерархию уровней памяти, которая показана на рисунке 7.

Следует отметить, что в ПЛИС с OpenCL, в отличие от процессоров и графических процессоров, параллельные вычисления выполняются на разных ядрах. Причём в ПЛИС ядра могут быть преобразованы в специальные конвейерные аппаратные схемы, использующие концепцию многопоточного параллелизма обрабатываемых источников вычислительной инфор-

мации. Каждый из этих источников может быть воспроизведён многократно для обеспечения ещё большего параллелизма. В качестве примера на рисунке 8 показано применение параллельного вычисления при выполнении векторного сложения двух массивов «а» и «б» в ПЛИС. Хост-программа имеет доступ к стандартным приложениям OpenCL и программным интерфейсам (API), что позволяет передавать данные в ядро ПЛИС.

Как показано на рисунке 8, для осуществления и воспроизведения каждой операции в OpenCL, обеспечивающей необходимые временные требования и пропускную способность, ядро сложения векторов реализовано с помощью каскадирования функциональных блоков. Чтобы обеспечить высокую рабочую частоту, каждый функциональный блок может быть реализован с глубокой конвейерной обработкой. Кроме того, используемый компилятор позволяет создать схему управления связями с внешними системами. Так, в рассмотренном примере контроллеры памяти DDRx связаны с ядром для обеспечения эффективного доступа к большим массивам вне кристалла.

Необходимо отметить, что использование стандарта OpenCL позволяет описывать параллельные алгоритмы вычислений при их реализации на ПЛИС, а также в гетерогенной системе CPU + ПЛИС, на более высоком уровне абстракции и с меньшим временем проектирования, чем при использовании языков описания аппаратных средств более низкого уровня VHDL или Verilog.

Для оценки сравнительной эффективности применения стандарта OpenCL для ПЛИС был выполнен расчёт премии опциона купли европейского стиля методом Монте-Карло по формуле Блэка-Скоулза. Обобщённая схема расчёта показана на рисунке 9. Результаты получены для ПЛИС фирмы Altera Stratix IV EP4SGX530 и представлены в таблице.

Таким образом, применение стандарта OpenCL на ПЛИС на однотипных вычислительных задачах обеспечивает более высокую производительность при меньшей потребляемой мощности по сравнению с универсальными и графическими процессорами и ЦПОС.

ЛИТЕРАТУРА

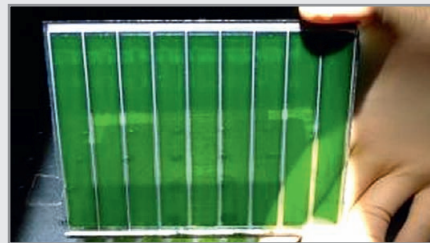
1. www.altera.com



Новости мира News of the World

Сенсибилизированные солнечные батареи достигли 12%-эффективности преобразования

Учёные из Федеральной политехнической школы Лозанны (Ecole Polytechnique Federale de Lausanne, EPFL) сообщают, что им удалось улучшить коэффициент эффективности преобразования до 12,3% для солнечных элементов, сенсибилизированных органическими красителями. Фактически учёным из лаборатории фотоники под руководством Михаэля Гретцеля (Michael Grätzel) удалось поднять эффективность недорогих элементов на красителях до предлагаемых на рынке кремниевых образцов. Исследователи экспериментировали с веществами, которые придают фотоэлектрические свойства органическим красителям.



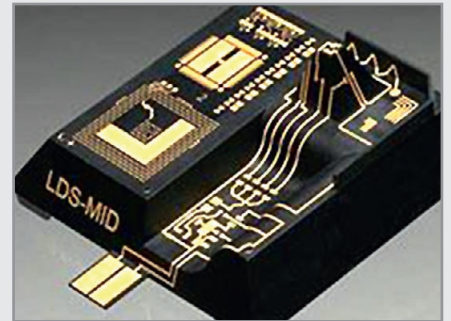
Путём замены традиционных рутения и йода на порфирина и кобальта был увеличен слой, который поглощает солнечный свет, что приводит к эффективному электронному обмену между красителем и подложкой. Интересно, что за счёт применения новых химических соединений сенсибилизированные красители приобрели зеленоватый оттенок, а процесс преобразования стал всё больше напоминать фотосинтез.

Достигнутый результат пока ещё далёк от теоретического предела для органических солнечных батарей – 30%. Но технология уже может с успехом применяться в гибких и прозрачных батареях – там, где использование кремниевых элементов либо невозможно, либо нецелесообразно.

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

Технологии соединений для медицинской техники

Изделия серии MediSpec фирмы Molex были разработаны для решений в области технологий диагностической визуализации, в терапевтических установках и хирургических системах, системах контроля состояния пациента и IT-приложениях в больницах и в амбулаторной терапии. Они имеют литой монтажный каркас (Molded Interconnect Device, MID) для 3D-схем и



антенн, а также ёмкостные сенсорные и мембранные поля управления для пользовательских интерфейсов. Изделия производятся на технологическом оборудовании, сертифицированном ISO, и соответствуют медицинским стандартам и предписаниям.

www.molex.com/

Светодиод Cree выдаёт 140 лм/Вт

Компания Cree расширила свою серию XLamp версией XP-G со 140 лм/Вт. При этом сохранена первоначальная конструкция. Срок службы определён тест-лабораторией предприятия и составляет до 10 000 ч. В соответствии с методикой TM-21 расчёта срока службы светодиодов, пользователи могут исходить из срока службы, равного 60 000 ч, что соответствует почти семи годам. Светодиоды пригодны для освещения улиц и территорий как замена светильников с параболическими рефлекторами с алюминиевым покрытием, а также для мощных фонарей. XLamp XP-G холодного свечения (5000 K) выдаёт 148 лм и 141 лм/Вт, тогда как XP-G белого свечения (4000 K) выдаёт до 139 лм и 132 лм/Вт, а тёпло-белый вариант (3000 K) до 122 лм и 116 лм/Вт при токе 350 мА.

www.cree.com/

IGBT 600 В

Компания International Rectifier расширила свой портфель 600-вольтовых Trench-IGBT-элементов выпуском IRGFS4067DPbF и IRGP4066DPbF для систем бесперебойного питания, а также для солнечных энергетических установок, промышленных двигателей и сварочных аппаратов. Элементы имеют малые коммутационные потери, размещены в корпусе вместе с Soft-Recovery-диодом с низким Q_{rr} , спроектированы для сверхбыстрой коммутации (8...30 кГц) со стойкостью к короткому замыканию на время 5 мкс. Максимальная температура запорного слоя составляет 175°C.

www.irf.com

HDL-реализация контроллера флэш-памяти

Алексей Гребенников (г. Актау, Казахстан)

Статья содержит описание контроллера флэш-памяти на языке Verilog. Рассмотрены принципы действия блоков контроллера со схемами конечных автоматов основных модулей. Приведена схема системы на кристалле, обеспечивающей обмен данными через шину Wishbone.

ВВЕДЕНИЕ

Отладочная плата SP605 для ПЛИС Xilinx семейства Spartan 6 содержит большое количество периферийных устройств, одним из которых является флэш-память типа CF (Compact Flash). Эта память подключается к ПЛИС не напрямую, а через контроллер System ACE (System Advanced Configuration Environment). При таком подключении флэш-память может конфигурировать ПЛИС или служить внешним носителем данных. Если память работает как внешний носитель, требуется дополнительный контроллер в составе ПЛИС (далее – контроллер CF), который, как правило, является частью системы на кристалле и обеспечивает чтение/запись данных из памяти для других устройств системы. При этом все низкоуровневые операции выполняются контроллером System ACE, а контроллер CF генерирует только высокоуровневые команды, например, команды чтения/записи определённого числа блоков данных.

Данная статья содержит описание контроллера CF на языке Verilog. Все

исходные файлы проекта находятся в архиве *CF_ctrn_verilog.zip*, который можно скачать с интернет-страницы журнала. Проект построен в программной среде PlanAhead 12.3; моделирование системы проводилось в среде ModelSim.

Схема подключения памяти к ПЛИС изображена на рисунке 1. Контроллер System ACE конфигурирует ПЛИС через интерфейс JTAG. Конфигурационный файл может быть считан из различных источников, в зависимости от установки переключателей на плате, – внешнего порта JTAG, встроенных параллельной и последовательной флэш-памяти и внешней карты памяти типа CF. При использовании памяти в качестве внешнего носителя обмен данными происходит через порт MPU. Этот порт представляет собой набор регистров в адресном пространстве контроллера System ACE; подробное описание регистров приведено в [1]. Контроллер CF является частью системы на кристалле и обеспечивает обмен данными с внутренними потребителями через шину Wishbone.

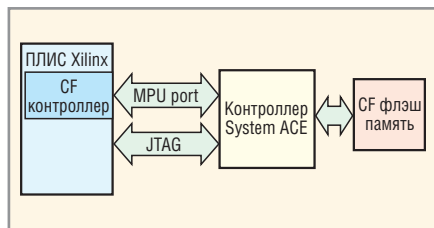


Рис. 1. Схема подключения памяти к ПЛИС

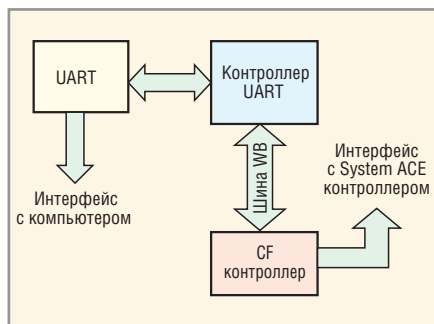


Рис. 2. Блок-схема системы на кристалле

КОНТРОЛЛЕР CF

Контроллер CF является частью системы на кристалле, изображённой на рисунке 2. Модуль верхнего уровня системы находится в файле *sofc.v*. Для обмена данными с компьютером используется асинхронный приёмопередатчик (UART) [2]. Эта простейшая система не имеет специального контроллера шины Wishbone, – обмен данными между контроллерами UART и CF происходит напрямую. В системе на кристалле модуль верхнего уровня контроллера CF представлен в файле *sdcdrn_ctrn.v*. Этот модуль непосредственно генерирует управляющие сигналы для контроллера System ACE и содержит два дополнительных модуля – контроллер шины Wishbone

wb_ctrn_ace.v и конечный автомат *sdcdrn_fsm.v*.

Как упоминалось выше, обмен данными между контроллерами CF и System ACE происходит через порт MPU, который определяется следующими сигналами:

- output [6:0] *mpa_o* – адресные линии, задающие адрес регистра;
 - inout [7:0] *mpd_io* – линии данных. Шина данных может быть 8- или 16-битной.
- Плата SP605 имеет восьмибитную двунаправленную шину данных, поэтому контроллер сконфигурирован для этой разрядности:
- output *mpce_n_o* – сигнал Chip Enable, активация контроллера;
 - output *mpwe_n_o* – сигнал Write Enable, разрешение записи;
 - output *mpoe_n_o* – сигнал Output Enable, чтение данных;
 - input *mpbrdy_i* – готовность буфера данных для операций чтения/записи.

В данной версии контроллера прерывания не используются.

При восьмиразрядной шине данных, по адресам 0h – 3Fh расположены различные конфигурационные и контрольные регистры контроллера System ACE. В адресном пространстве 40h – 5Fh расположен 32-байтный буфер данных.

Для корректной работы необходима синхронизация рабочих частот контроллеров CF и System ACE. На плате SP605, согласно схеме [3], рабочая частота (33 МГц) контроллера System ACE задаётся генератором U29. Этот же сигнал доступен в ПЛИС и является рабочей частотой системы на кристалле.

Рассмотрим более подробно работу отдельных блоков контроллера CF.

Контроллер шины Wishbone

Модуль контроллера шины Wishbone представлен в файле *wb_ctrn_ace.v*. Этот модуль обеспечивает приём команд, данных (от контроллера UART), а также передачу данных, считанных из флэш-памяти. Модуль содержит в своём составе конечный автомат, изображённый на рисунке 3. В режиме ожидания конечный автомат находится в состоянии *WBSD_IDLE*. Для

передачи данных внешним устройствам автомат переходит в состояние *WBSD_BWRITE*. В этом случае контроллер становится мастером шины Wishbone. После завершения передачи пакета данных конечный автомат возвращается в состояние *WBSD_IDLE* и ожидает дальнейших команд. Для декодирования команд от контроллера UART конечный автомат переходит в состояние *WBSD_DECODE*. Команды декодируются по смещению адреса относительно базового адреса шины Wishbone для контроллера CF. Базовый адрес задаётся константой *WBSD_BASE* в файле *sd_parms.v*.

Конечный автомат различает следующие команды в зависимости от смещения базового адреса:

- *WBSD_BASE + 0* – чтение одного восьмибитного регистра. Адрес регистра для чтения задаётся младшими 7 битами слова данных на шине Wishbone. Прочитанный байт затем передаётся через шину Wishbone как младшие 8 бит 32-битного слова. Эта команда используется для чтения контрольных и конфигурационных регистров контроллера System ACE;
- *WBSD_BASE + 1* – запись одного восьмибитного регистра. Адрес регистра для записи задаётся младшими 7 битами слова данных на шине Wishbone, и байт для записи определяется битами 15-8;
- *WBSD_BASE + 2* – чтение группы регистров. Эта команда считывает четыре последовательных регистра и передаёт их через шину Wishbone как одно 32-битное слово. Адрес первого регистра задаётся младшими 7 битами слова данных шины Wishbone; адреса регистров 2-4 получаются путём прибавления единицы к первоначальному адресу. Например, если в команде задан адрес 7'h10, будут считаны регистры по адресам 7'h10, 7'h11, 7'h12, 7'h13;
- *WBSD_BASE + 3* – запись группы регистров. Команда записывает четыре регистра в адресном пространстве контроллера System ACE. Первое слово данных на шине Wishbone задаёт начальный адрес регистра, и следующее 32-битное слово содержит четыре байта для записи;
- *WBSD_BASE + 4* – чтение буфера данных. Команда задаёт число буферов

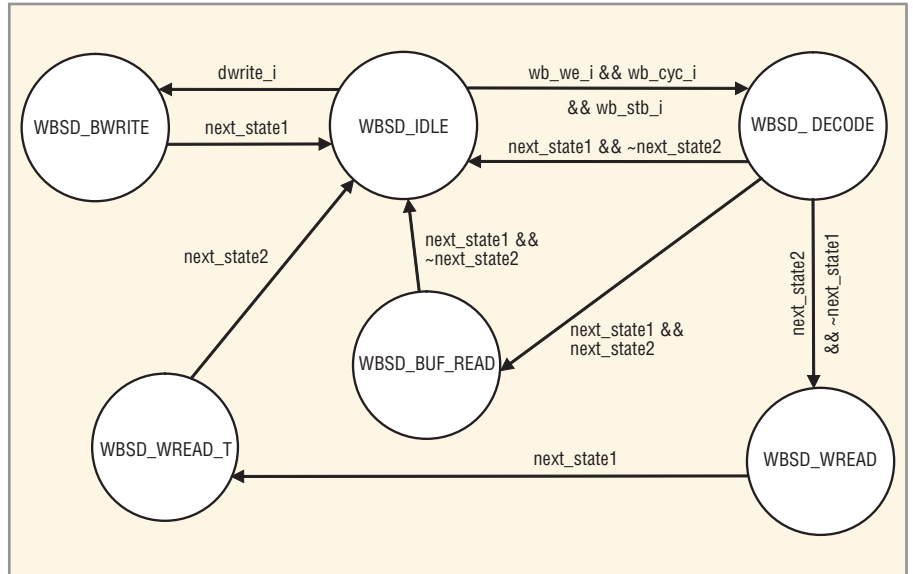


Рис. 3. Конечный автомат контроллера шины Wishbone

данных, которые необходимо прочитать. Каждый буфер содержит 32 байта данных;

- *WBSD_BASE + 5* – запись буфера данных. Команда задаёт число буферов данных, которые необходимо записать. Один буфер, так же как и для команды чтения буфера, состоит из 32 байтов данных, которые передаются через шину Wishbone вслед за командой.

Полученные команды контроллер шины Wishbone передаёт конечному автомату контроллера CF. Рассмотрим более подробно работу этого конечного автомата.

Конечный автомат контроллера CF

Модуль конечного автомата CF контроллера находится в файле *sd-card_fsm.v*. Блок-схема автомата изображена на рисунке 4. В начальный момент времени конечный автомат ожидает команды от контроллера шины Wishbone, находясь в состоянии *SD_IDLE*. Обработка команд начинается после установки регистра *cmd_i* в соответствующее значение, при этом контрольные сигналы для контроллера System ACE формируются модулем *sdrcard_cntr.v* на основании состояний конечного автомата контроллера CF.

Рассмотрим более подробно каждую команду.

cmd_i == CMD_SRR. команда чтения одного регистра. После получения этой команды автомат переходит в состояние *SD_SRR* и формирует управляющие сигналы для контроллера System ACE [1]. В этом состоянии автомат читает один регистр контроллера ACE со-

гласно параметрам, заданным в команде. После завершения операции чтения автомат переходит в состояние *SD_SRR_WB*. В этом состоянии прочитанный регистр передаётся через шину Wishbone контроллеру UART, при этом старшие 24 бита заполняются нулями.

cmd_i == CMD_SRW команда записи одного регистра. Автомат переходит в состояние *SD_SRW*, формирует управляющие сигналы для контроллера System ACE и затем возвращается в состояние *SD_IDLE*.

cmd_i == CMD_MRR автомат читает четыре байта данных. Временная диаграмма управляющих сигналов для этого состояния схожа с диаграммой для состояния *SD_SRR*, за исключением того, что считываются четыре байта вместо одного. После чтения четырёх регистров автомат переходит в состояние *SD_MRR_WB* и передаёт прочитанные данные через шину Wishbone. Все 32 бита слова в этом случае содержат полезные данные.

cmd_i == CMD_MRW запись четырёх регистров. Временная диаграмма этого состояния схожа с диаграммой для состояния *SD_SRW* с той лишь разницей, что записываются четыре регистра вместо одного.

cmd_i == CMD_RDB получив эту команду, автомат начинает чтение одного буфера данных контроллера System ACE. Буфер данных представляет собой 32-байтную память типа FIFO, расположенную по адресам 7'h40 – 7'h5F, следовательно, возможно чтение любого байта в пределах буфера. Однако алгоритм чтения буфера использует

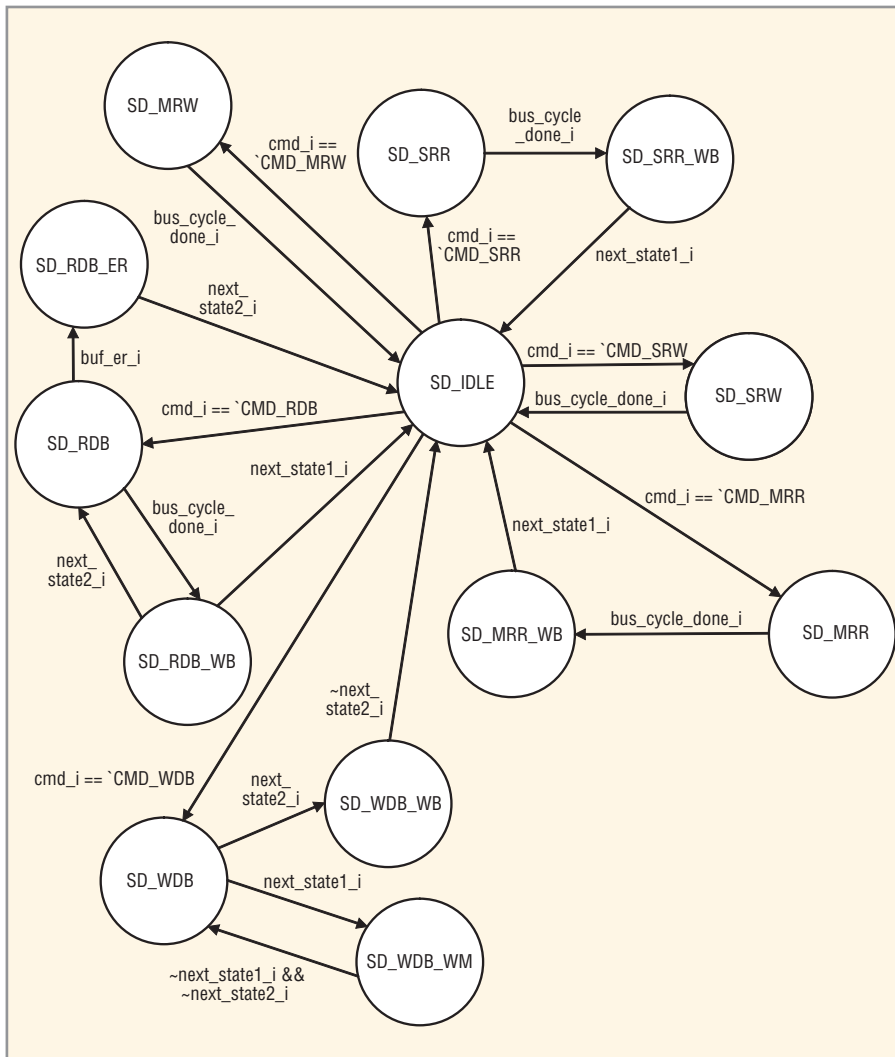


Рис. 4. Конечный автомат контроллера CF

только адреса 7'h40 и 7'h41. Первым считывается байт по адресу 7'h40, затем после считывания байта по адресу 7'h41 происходит автоматический сдвиг данных FIFO-памяти буфера, поэтому следующий байт вновь читается по адресу 7'h40. Этот цикл продолжается до тех пор, пока не будет прочитано 32 байта – один полный буфер. Заметим, что в отличие от команд чтения индивидуальных регистров, которые всегда доступны, при чтении буфера данных используется дополнительный сигнал готовности буфера данных *mpbrdy_i*. Если во время чтения буфера данных происходит ошиб-

ка, автомат переходит в состояние *SD_RDB_ER*, в котором он передаёт контроллеру UART одно слово с кодом ошибки и затем возвращается в состояние *SD_IDLE*. В случае успешного чтения буфера автомат переходит в состояние *SD_RDB_WB*, в котором происходит передача считанного буфера через шину Wishbone. При помощи одной команды *CMD_RDB* возможно чтение нескольких буферов данных. Таким образом, после передачи буфера данных внешним потребителям в состоянии *SD_RDB_WB* автомат анализирует общее количество буферов для чтения. Если требуется считать больше

буферов, конечный автомат вновь переходит в состояние *SD_RDB* и читает следующий буфер. Если считанный буфер был последним, контроллер переходит из состояния *SD_RDB_WB* в состояние *SD_IDLE*, – чтение всех буферов завершено.

cmd_i == CMD_WDB команда записи буфера данных в адресное пространство контроллера System ACE. Так же как и для операции чтения, буфер записи в этом случае представляет собой память типа FIFO, расположенную по адресам 7'h40 – 7'h5F. При этом запись происходит только по адресам 7'h40 и 7'h41. После записи байта по адресу 7'h41 происходит автоматический сдвиг памяти FIFO, и следующий байт вновь записывается по адресу 7'h40. В состоянии *SD_WDB* автомат считывает одно 32-битное слово на шине Wishbone и затем переходит в состояние *SD_WDB_WM*, в котором происходит запись этого слова в память FIFO контроллера System ACE. Адресные линии во время этого цикла будут принимать значения 7'h40 – 7'h41 – 7'h40 – 7'h41, как это видно по результатам симуляции (см. рис. 5). После записи одного слова автомат вновь переходит в состояние *SD_WDB* и считывает следующее слово с шины Wishbone. Цикл продолжается до тех пор, пока не будет записан хотя бы один буфер данных – 32 байта. Но возможна передача и большего количества буферов за одну команду. После завершения цикла записи буферов автомат переходит в состояние *SD_WDB_WB*. В этом состоянии контроллеру UART передаётся слово, содержащее статус операции записи. В случае успешного завершения операции передаётся слово *C_PATTERN = 32'b00000002*. В случае ошибки передаётся слово *TO_PATTERN = 32'b00000001*. Так же, как и в случае чтения буфера, необходимо, чтобы память FIFO контроллера System ACE была в состоянии

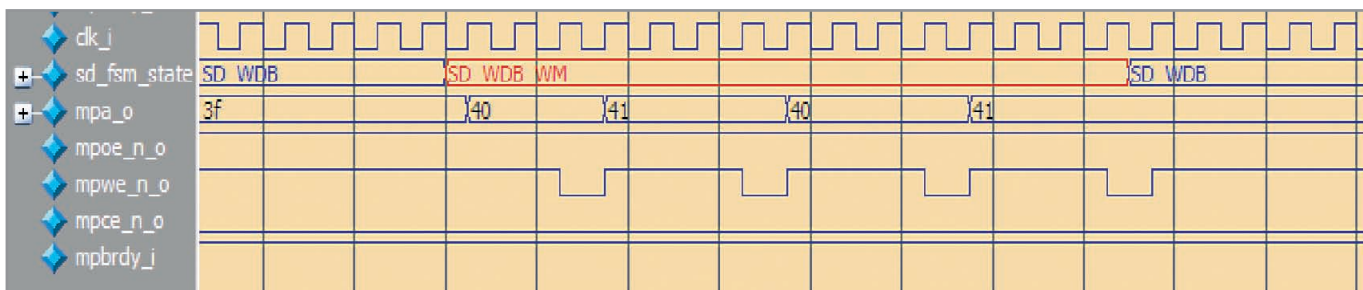


Рис. 5. Симуляция работы конечного автомата контроллера CF

готовности принимать данные (сигнал *mpbrdy_i*). Более подробно временные диаграммы операций чтения и записи буфера данных описаны в [1].

Для проверки работоспособности контроллера использовалась программа XilinxCOM, исходные коды которой приведены в архиве *XilinxCOM.zip*. Также необходима флэш-память с максимальным размером сектора 2 Гб и файловой системой FAT12 или FAT16. Эти ограничения обусловлены контроллером System ACE. Рассмотрим более подробно процесс верификации контроллера.

Верификация контроллера

Программа XilinxCOM обменивается данными с контроллером UART. Первый байт данных, переданных контроллеру, содержит код команды. Для верификации контроллера CF необходима только одна команда записи данных 8'h33. Базовый адрес записи для всех команд равен 32'hFFFF0000. Различные варианты команд в текстовом формате приведены в архиве *test_seqs.zip*. Рассмотрим некоторые из них.

test33_srr.asm: 33 FFFF0000 00000001 00000013. Для всех команд первые десять байт данных – это служебные слова, декодируемые контроллером UART; 33 – код команды; FFFF0000 – адрес в адресном пространстве шины Wishbone (именно по этому базовому адресу контроллер CF декодирует команды). Адрес FFFF0000 декодируется как команда чтения одного регистра; 00000001 – параметр, определяющий, сколько 32-битных слов данных необходимо записать через шину Wishbone; 00000013 – адрес регистра, который необходимо прочитать. В результате выполнения этой команды программа XilinxCOM отображает одно 32-битное слово. Младшие 8 бит представляют прочитанный байт данных.

test33_srw.asm: 33 FFFF0001 00000001 00007910. Адрес FFFF0001 декодируется как команда записи одного байта. Адрес байта – 10, значение байта – 79.

test33_mrr.asm: 33 FFFF0002 00000001 00000015. Адрес FFFF0002 декодируется как команда чтения четырёх байт данных. Адрес первого байта – 15. Четыре прочитанных байта переданы как одно 32-битное слово.

test33_mrw.asm: 33 FFFF0003 00000002 00000018 43ECBEA7. Адрес FFFF0003 декодируется как команда записи четырёх байт данных. Адрес первого байта – 18; 43ECBEA7 – данные для записи. В регистр по начальному адресу 18 будет записан наиболее значимый байт 43.

test33_rdb.asm: 33 FFFF0004 00000001 00000010. Адрес FFFF0004 декодируется как команда чтения буфера данных. Параметр 00000010 задаёт количество буферов – 16.

test33_wdb.asm: 33 FFFF0005 00000009 00000001 11111111. Адрес FFFF0005 декодируется как команда записи буфера данных. Параметр 00000001 задаёт количество буферов для записи – в данном случае один. Вслед за параметром следуют 32 байта буфера данных.

Как упоминалось выше, команды чтения/записи регистров не требуют предварительной подготовки, тогда как для команд работы с буфером данных требуется готовность буфера. Поэтому командам чтения/записи буферов всегда предшествуют команды, обеспечивающие готовность буфера и задающие некоторые другие дополнительные параметры.

Рассмотрим цепочку команд в файле *test33_prg_seq_16.asm*:

```
33 FFFF0001 00000001 00000218
33 FFFF0003 00000002 00000010
80200000
33 FFFF0001 00000001 00000114
33 FFFF0001 00000001 00000315
33 FFFF0001 00000001 00008218
33 FFFF0004 00000001 00000010
```

Первая команда устанавливает бит 1 регистра 18. По этому адресу расположен контрольный регистр *CONTROLREG*. Бит 1 – *LOCKREQ* – устанавливает блокировку со стороны контроллера. Установка этого бита означает, что контроллер CF выполняет операции обмена данными.

Следующая команда задаёт количество секторов, которые необходимо прочитать – по адресу 14 записывается значение 1. Один сектор равен 512 битам – минимальная единица обмена данными. В данном случае поступил запрос на чтение одного сектора – 512 байт (16 буферов).

Далее в регистр по адресу 15 записывается команда для контроллера Sys-

tem ACE; 3 – это команда чтения данных *ReadMemCardData*. После этого выполняется команда перезапуска контроллера System ACE – устанавливается бит *CFGRESET* регистра *CONTROLREG*.

После выполнения всех этих команд контроллер System ACE начинает считывать данные из флэш-памяти, т.е. буфер наполняется данными. Поэтому следующая команда считывает данные из 16 буферов (10 в шестнадцатеричной форме). После считывания одного сектора сигнал готовности буфера становится равным нулю – все данные переданы и буфер опустел. В данной версии контроллера этот сигнал, *mpbrdy_i*, был выведен на один из светодиодов для визуальной индикации заполнения буфера.

Аналогично происходит процесс записи. Здесь, так же как и при операции чтения, минимальной единицей является один сектор – 512 байт. Пример команд для записи буфера приведён в файле *test33_prg2.asm*.

При тестировании работы контроллера также является полезной цепочка команд (см. файл *test33_read_cfg_regs.asm*), считывающих значения всех контрольных регистров. Наиболее важным из служебных регистров является *STATUSREG*, который находится по адресам 7'h4 – 7'h7 и отображает состояние контроллера System ACE.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В статье описана модель контроллера флэш-памяти для отладочной платы SP605. Этот контроллер работает в паре с аппаратным контроллером System ACE, установленным на плате SP605, и обеспечивает обмен данными между флэш-памятью и устройствами на ПЛИС. Данная модель может быть интегрирована в более сложную систему на кристалле. Контроллер CF был синтезирован для ПЛИС Spartan 6 и показал удовлетворительные результаты при тестировании.

ЛИТЕРАТУРА

1. System ACE CompactFlash Solutions. DS080 (v2.0). Xilinx. 2008. October 1.
2. Гребенников А. HDL-реализация асинхронного приёмопередатчика. Современная электроника. 2011. № 4.
3. SP605 board schematics, xtp067_sp605_schematics.pdf.

Итоги VI Международного выставочного форума «Радиоэлектроника. Приборостроение. Автоматизация – 2011»

С 23 по 25 ноября 2011 г. в Петербургском СКК прошел VI Международный выставочный форум «Радиоэлектроника. Приборостроение. Автоматизация – 2011». Организатор – выставочное объединение «ФАРЭКСПО» совместно с НТФ «ТехноКом».

Традиционно в рамках форума прошли три специализированные выставки: «РАДЭЛ-ЭКСПО: радиоэлектроника и приборостроение», «Автоматизация», «Промышленная электротехника». Совместное проведение выставок по смежным тематикам позволило их участникам наиболее полно представить свою продукцию и услуги, а посетители получили возможность оперативного поиска решений по всему комплексу промышленных вопросов.

Выставки традиционно проходили в международном формате – участниками стали около 200 компаний из Белоруссии, Германии, Голландии, Китая, Польши, России, США, Тайваня, Украины.

Главы компаний высказали мнение о том, что выставочный форум «Радиоэлектроника. Приборостроение. Автоматизация – 2011» отличается деловой, но дружеской атмосферой и богатым ассортиментом на стендах. Это единственный форум в Санкт-Петербурге и один из немногих в России, который характеризуется независимым и широким охватом продукции промышленной отрасли.

«Радиоэлектроника и приборостроение» – крупнейшая в Северо-Западном регионе России выставка электронных компонентов и комплектующих, печатных плат, светотехники, материалов, технологий, оборудования, услуг, сертификации, сервиса в радиоэлектронике и приборостроении.

Ежегодно выставка проходит под патронажем Торгово-промышленной палаты РФ, при поддержке Управления радиоэлектронной промышленности и систем управления Федерального агентства по промышленности РФ, Санкт-Петербургской ассоциации

предприятий радиоэлектроники, приборостроения, средств связи и инфокоммуникаций, Ассоциации IPC – Association Connecting Industries.

Тематические разделы выставки:

- электронные компоненты и комплектующие;
- печатные платы;
- светотехника;
- конструктивы;
- технологии;
- материалы для производств;
- оборудование, инструменты и приборы;
- измерительные, контрольно-испытательные, диагностические приборы и системы.

Как показывает статистика, количество посетителей Международного выставочного форума «Радиоэлектроника. Приборостроение. Автоматизация» растёт с каждым годом. За три дня, с 23 по 25 ноября 2011 г., на форуме зарегистрировалось 6194 специалиста, что на 18% больше, чем в 2010 г.



РАБОЧЕЕ СОВЕЩАНИЕ МЕЖДУНАРОДНОЙ ЭКСПЕРТНОЙ КОМИССИИ ПО РАЗРАБОТКЕ СТАНДАРТОВ

Заседание технического комитета 34 (ТК34) Международной экспертной комиссии (МЭК) по разработке стандартов по светотехнике состоялось 17–21 октября в г. Делфт, Нидерланды.

Целью заседания было рассмотрение поправок к стандартам, а также принятие новых стандартов по светотехнике, касающихся применения светодиодов в светотехнических изделиях.

В заседании приняли участие более 50 человек, среди них представители

основных компаний – разработчиков и производителей светотехнических изделий (Osram, Philips, General Electric), источников питания (Vossloh-Schwabe), а также представители национальных комитетов по стандартизации США, Японии, Китая, Южной Кореи и европейских стран. Впервые за последнее время в заседании ТК34 принял участие представитель России.

Видно, что использование светодиодов в светотехнических устройствах яв-

ляется одним из приоритетных направлений в современной светотехнике. Ведутся работы как по разработке светильников на основе светодиодов нового дизайна, так и по прямой замене ламповых источников света на светодиодные в существующих светильниках. Как следствие, разрабатываются новые стандарты специально для светодиодов и дорабатываются под возможность применения светодиодов старые стандарты, изначально разработанные для ламп.

«Силовая электроника и энергетика 2011»: Сила развития отрасли!

С 29 ноября по 1 декабря 2011 г. в московском ВК «Крокус Экспо» прошла 8-я Международная выставка «Силовая электроника и энергетика». Проект «Силовая электроника и энергетика» – это специализированная выставка, на которой ведущие компании в области силовой электроники имеют возможность продемонстрировать свою продукцию. Традиционно в рамках экспозиции представляются передовые технологии энергоэффективности и энергосбережения, новейшие силовые полупроводниковые приборы и источники питания, системы автоматизации и многое другое оборудование отечественного и зарубежного производства, которое вызывает интерес со стороны не только специалистов данной области, но и представителей органов власти, бизнес-структур и ведущих отраслевых СМИ.

Ежегодно выставка проходит при поддержке Министерства промышленности и торговли РФ, Комитета Государственной Думы по энергетике, Федерального агентства по науке и инновациям РФ, Федерального фонда развития электронной техники РФ, Правительства Москвы, ГК «Ростехнологии», ОАО «Российская электроника», Ассоциации производителей электронной аппаратуры и приборов (АПЭАП).

По словам председателя Комитета Госдумы по науке и наукоёмким технологиям В.А. Черешнева, выставка «Силовая электроника и энергетика» является неотъемлемой частью научно-технического и образовательного прогресса российского общества.

Развитие отрасли силовой электроники и энергетике трудно представить без тесного сотрудничества российских и зарубежных предприятий, инвесторов и разработчиков. Все необходимые условия для их плодотворного сотрудничества создаёт выставка «Силовая электроника и энергетика», являясь отличной площадкой, собирающей вместе передовых профессиональных российских и международных участников. В нынешнем году мероприятие стало местом встречи более 100 участников, 25% из которых – ведущие зарубежные компании отрасли силовой электроники. География участников выставки распространилась на девять стран мира: Россию, Украину, Китай, Германию, Францию, Израиль, Италию, Польшу и Чехию.

Обратив внимание на широкий спектр оборудования и технологий, демонстрирующихся в рамках экспозиции, руководитель Федерального фонда развития электронной техники А.И. Сухопаров в приветственном слове, направленном организаторам, выразил надежду на то, что на выставке будет представлено ещё больше перспективных отечественных разработок, которые смогут составить достойную конкуренцию западным аналогам и станут основой для модернизации и технологического перевооружения российских предприятий.

Особое внимание участников и посетителей привлекла деловая программа выставки, в рамках которой прошло обсуждение целого ряда актуальных и крайне значимых вопросов силовой электроники.

Так, 29 ноября в рамках выставки состоялась Международная конференция по электроприводу, на которой были рассмотрены вопросы современного состояния технологического развития, конкурентоспособности продукции российских и зарубежных производителей электропривода, актуальные вопросы применения электропривода в различных отраслях промышленности, а также энерго- и ресурсосбережение. На конференции впервые в России выступил с докладом профессор Йенс Онно Крах из Германии. Он представил слушателям доклад о новейших разработках и результатах последних исследований в области мощных преобразователей для электроприводов.

30 ноября для участников и гостей выставки прошел семинар «Источники питания для светодиодной техники. Экономические и технические вопросы».

«Силовая электроника и энергетика», наряду с выставками «ЭкспоЭлектроника» и «ЭлектронТехЭкспо» является одним из шагов на пути реализации федеральных целевых программ «Развитие электронной компонентной базы и радиоэлектроники на 2008–2015 гг.» и «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технического комплекса России на 2007–2012 гг.», нацеленных на обеспечение расширенного внедрения современных технологий и систем в этих сферах.

Следующая выставка «Силовая электроника и энергетика» откроется 27 ноября 2012 г.





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 expo

При содействии:



GAMA



ЭЛИНТ СП

Электронтехнологии СНГ



ITE CHINA

+7 (812) 380 6003/07/00, electron@primexpo.ru

www.expoelectronica.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

Реклама



Оргкомитет:
+7(495) 287-4412, info@e-transport.ru
[Http://www.e-transport.ru](http://www.e-transport.ru)

ПОДДЕРЖКА:



НОВАЯ ЭЛЕКТРОНИКА / РОССИЯ

17–19 АПРЕЛЯ 2012

МОСКВА
ЭКСПОЦЕНТР
НА КРАСНОЙ ПРЕСНЕ

главная российская выставка электронных компонентов и модулей

