

# СОВРЕМЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА 5 2011

В номере:

[http](http://www.soel.ru)

Управление устройствами GSM/GPRS через Интернет  
Драйверы МОП-транзисторов с приёмкой «5»  
Повышение качества передачи высокоскоростных сигналов  
Реализация интерфейса RS-485 в микроконтроллерах  
Тенденции развития высокопроизводительных ЦОС-процессоров  
и многое другое

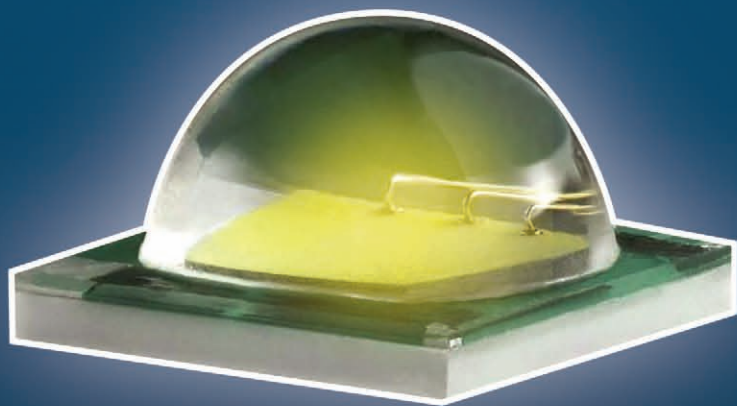




www.cree.com



# Новый светодиод XM-L с рекордной светоотдачей до 160 лм/Вт



- Светоотдача до 160 лм/Вт  
(при токе 350 мА в холодном белом)
- Световой поток до 910 лм  
(при токе 3 А)
- Максимальный ток 3 А
- Тепловое сопротивление 2,5°C/Вт
- Размер основания 5 x 5 мм

Доступен в холодном, теплом и нейтральном оттенках белого

Москва  
Тел.: (495) 995-0901 доб. 2393  
Факс: (495) 995-0902  
E-mail: svet.msk@compel.ru

Санкт-Петербург  
Тел.: (812) 327-9404 доб. 4339  
Факс: (812) 327-9403  
E-mail: svet.spb@compel.ru

Киев  
Тел.: +38 (044) 586 5601  
Факс: +38 (044) 586 5603  
E-mail: svet@compel.ua

 **Компэл**  
www.compel.ru

Реклама

© СТА-ПРЕСС

# Плотно упакованная повышенная мощность



Серия **SNP**

Источники питания  
для промышленного  
и медицинского  
оборудования



Серия **MNP**



**650 Вт**

- Модели с выходными мощностями 650 и 1000 Вт
- Прочная промышленная конструкция
- Серия MNP предназначена для применения в медицинском электрооборудовании
- Вентиляторы установлены на верхней плоскости или задней стенке, исполнение в П-образном шасси для 650 Вт моделей
- Диапазон рабочих температур от -20 до +70°C
- Регулируемая скорость вентилятора для уменьшения акустического шума
- Канал 5 В для обеспечения дежурного режима
- Сервисные функции: сигнал АС ОК, дистанционное включение/выключение, активное распределение выходного тока при параллельном соединении
- Гарантия 3 года



**1000 Вт**

**XP** XP Power

**ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР ПРОДУКЦИИ XP POWER**

**PROSOFT® 20 ЛЕТ**

**МОСКВА** Тел.: (495) 234-0636 • Факс: (495) 234-0640 • E-mail: info@prosoft.ru • Web: www.prosoft.ru  
**С.-ПЕТЕРБУРГ** Тел.: (812) 448-0444 • Факс: (812) 448-0339 • E-mail: info@spb.prosoft.ru • Web: www.prosoft.ru  
**ЕКАТЕРИНБУРГ** Тел.: (343) 376-2820 • Факс: (343) 376-2830 • E-mail: info@prosoftsystems.ru • Web: www.prosoftsystems.ru  
**САМАРА** Тел.: (846) 277-9166 • Факс: (846) 277-9165 • E-mail: info@samara.prosoft.ru • Web: www.prosoft.ru  
**НОВОСИБИРСК** Тел.: (383) 202-0960; 335-7001/7002 • E-mail: info@nsk.prosoft.ru • Web: www.prosoft.ru  
**КИЕВ** Тел.: (+380-44) 206-2343/2478/2496 • Факс: (+380-44) 206-2343 • E-mail: info@prosoft-ua.com • Web: www.prosoft.ru  
**УФА** Тел.: (347) 292-5216/5217 • Факс: (347) 292-5218 • E-mail: info@ufa.prosoft.ru • Web: www.prosoft.ru  
**КАЗАНЬ** Тел.: (843) 291-7555 • Факс: (843) 570-4315 • E-mail: info@kzn.prosoft.ru • Web: www.prosoft.ru  
**ОМСК** Тел.: (3812) 286-521 • E-mail: omsk@prosoft.ru • Web: www.prosoft.ru  
**ЧЕЛЯБИНСК** Тел.: (351) 239-9360 • E-mail: chelyabinsk@prosoft.ru • Web: www.prosoft.ru  
**КРАСНОДАР** Тел.: (861) 224-9513 • Факс: (861) 224-9513 • E-mail: krasnodar@prosoft.ru • Web: www.prosoft.ru  
**Н. НОВГОРОД** Тел.: (831) 215-4084 • Факс: (831) 215-4084 • E-mail: n.novgorod@prosoft.ru • Web: www.prosoft.ru

**Главный редактор**  
Александр Майстренко

**Зам. главного редактора**  
Татьяна Крюк

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

**Вёрстка**  
Олеся Фрейберг

**Обложка**  
Дмитрий Юсим

**Служба распространения**  
(info@soel.ru)  
Ирина Лобанова

**Служба рекламы**  
(advert@soel.ru)  
Ирина Савина

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

Журнал выходит 9 раз в год

Тираж 10 000 экземпляров  
Журнал зарегистрирован в Федеральной службе  
по надзору за соблюдением законодательства  
в сфере массовых коммуникаций  
и охране культурного наследия  
(свидетельство ПИ № ФС77-18792  
от 28 октября 2004 года)  
Свидетельство № 00271-000  
о внесении в Реестр надёжных партнеров  
Торгово-промышленной палаты Российской Федерации  
Цена договорная

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

Перепечатка материалов допускается только  
с письменного разрешения редакции.  
Ответственность за содержание рекламы  
несут рекламодатели.  
Ответственность за содержание статей  
несут авторы.  
Материалы, переданные редакции,  
не рецензируются и не возвращаются.  
© СТА-ПРЕСС, 2011

# 5/2011 Contents

## MARKET

|   |   |
|---|---|
| <b>News from the Russian Market</b> . . . . .                                     | 4 |
| <b>High-Performance Digital Signal Processors: Developmental Trends</b> . . . . . | 8 |

*Nikolai Kol'skii*

## ELEMENTS AND COMPONENTS

|   |    |
|---|----|
| <b>Advanced LEDs from Nichia</b> . . . . .            | 14 |
| <b>Constituents for Wire Communications</b> . . . . . | 22 |

*Yurii Petropavlovskii*

*Aleksandr Samonin*

## DEVICES AND SYSTEMS

|  |    |
|--|----|
| <b>Effective Channels for Through-Internet Control of GSM/GPRS Devices</b> . . . . . | 26 |
| <b>New Era in Calibration Systems</b> . . . . .                                      | 34 |

*Aleksandr Eliseev*

*Natal'ya Denisova*

## PRACTICAL ELECTRONICS

|   |    |
|---|----|
| <b>Drivers for MOSFETs Meet Military Specifications: Is It All That Simple?</b> . . . . .       | 38 |
| <b>Quality Improvement of High-Speed Signal Transmission Using FPGA-Based Devices</b> . . . . . | 46 |

*Pavel Novikov*

*Vladimir Vychuzhanin*

|   |    |
|---|----|
| <b>Implementation of the RS-485 Interface in Microcontrollers</b> . . . . . | 52 |
|---|----|

*Oleg Val'pa*

|  |    |
|--|----|
| <b>Achieve Thermal Management in Robust Systems with Fan Speed Control</b> . . . . . | 56 |
|--|----|

*Sachin Gupta*

## PROGRAMMING

|  |    |
|--|----|
| <b>HDL Implementation of the MIPS32 Architecture</b> . . . . .   | 60 |
| <b>Use of the LPCXpresso Tool for Development of Applications Based on NXP 32-Bit Microcontrollers with ARM Cortex-M0 and Cortex-M3 Cores (Part 1)</b> . . . . . | 68 |

*Aleksei Grebennikov*

*Pavel Red'kin*

## EVENTS

|   |    |
|---|----|
| <b>New Electronics 2011</b> . . . . .   | 74 |
| <b>ExpoElectronica: Targets Achieved</b> . . . . .  | 76 |
| <b>«Embedded Technologies 2011» Conference: Presentation of Advanced Technologies «Microsoft Windows Embedded.»</b> . . . . . | 77 |
| <b>SEMICON/SOLARCON Russia 2011!</b> . . . . .  | 78 |
| <b>Advanced Lighting Technique in St. Petersburg</b> . . . . .  | 79 |

# Содержание 5/2011

## РЫНОК

- 4 **Новости российского рынка**
- 8 **Тенденции развития высокопроизводительных цифровых процессоров обработки сигналов**  
*Николай Кольский*

## ЭЛЕМЕНТЫ И КОМПОНЕНТЫ

- 14 **Современные светодиоды фирмы Nichia**  
*Юрий Петропавловский*
- 22 **Комплекующие для построения проводных линий связи**  
*Александр Самонин*

## ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

- 26 **Создание эффективных каналов управления устройствами GSM/GPRS через Интернет**  
*Александр Елисеев*
- 34 **Новая эра в системе калибровки**  
*Наталья Денисова*

## ПРАКТИЧЕСКАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

- 38 **Драйверы МОП-транзисторов и приёмка «5»: всё ли так просто?**  
*Павел Новиков*
- 46 **Повышение качества передачи высокоскоростных сигналов с использованием устройства на ПЛИС**  
*Владимир Вычужанин*
- 52 **Реализация интерфейса RS-485 в микроконтроллерах**  
*Олег Вальпа*
- 56 **Управление температурным режимом в системах с высокой живучестью путём регулировки скорости вентилятора**  
*Сахин Гупта*

## ПРОГРАММИРОВАНИЕ

- 60 **Реализация архитектуры MIPS32 на языке HDL**  
*Алексей Гребенников*
- 68 **Использование инструментария LPCXpresso для разработки приложений на базе 32-разрядных микроконтроллеров NXP с ядрами ARM Cortex-M0 и Cortex-M3 (часть 1)**  
*Павел Редькин*

## СОБЫТИЯ

- 74 **Новая электроника 2011**
- 76 **ЭкспоЭлектроника: цели достигнуты!**
- 77 **Конференция «Встраиваемые технологии 2011». Презентация новейших технологий Microsoft Windows Embedded**
- 78 **SEMICON/SOLARCON Russia 2011!**
- 79 **Современные светотехнические решения появятся в Санкт-Петербурге**

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.

### «Артос-ГАЛ»

тел.: (495) 981-0324, 788-3988  
artos-gal@mail.ru

### «Интер-Почта-2003»

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

### «Орикон-М»

тел./факс: (495) 663-3054  
oricon@sovintel.ru

### «Урал-Пресс»

http://www.ural-press.ru

Читатели из дальнего зарубежья могут оформить подписку через агентство

### «МК-Периодика»

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

## Новости российского рынка

### Элементы и компоненты

#### Блоки управления бесколлекторными двигателями BLD и BLSD

Блоки управления бесколлекторными двигателями BLD и BLSD представляют собой электронное устройство, предназначенное для управления трёхфазными бесколлекторными (вентильными) двигателями с датчиками Холла.



Напряжение питания 24...48 В.  
Максимальный ток до 50 А.

Блоки управления позволяют регулировать скорость и направление движения, обеспечивают плавный пуск и остановку двигателя. Стабилизация скорости производится на основе данных, получаемых блоком от датчиков Холла двигателя. Управление производится с помощью логических сигналов «СТОП/СТАРТ», «РЕВЕРС» и аналоговых сигналов «СКОРОСТЬ», «УСКОРЕНИЕ», «ТОРМОЖЕНИЕ».

Блок управления BLSD поддерживает интерфейс RS-485 и помимо внешних сигналов может управляться командами от компьютера. Также через интерфейс RS-232 можно получать информацию о текущем положении (счётчик импульсов), скорости и направлении движения. Для работы с блоком BLSD от ПК предлагается бесплатное программное обеспечение.

[www.electroprivod.ru](http://www.electroprivod.ru)

Тел.: (812) 703-0981 (495) 649-8726

#### Качественно новые прецизионные термокомпенсированные кварцевые генераторы со стабильностью частоты на уровне термостатированных

ОАО «МОРИОН» (Санкт-Петербург) представляет качественно новые прецизионные термокомпенсированные кварцевые генераторы. Ключевой особенностью приборов данной группы является сочетание следующих характеристик:

- стабильность частоты на уровне термостатированного генератора ( $\sim 10^{-7}$ );

- малое значение потребляемой мощности – как после включения генератора, так и в установившемся режиме (около 100 мВт);
- малое время стабилизации частоты после включения (около 2...3 с);
- низкий уровень фазовых шумов.

В настоящее время планируется серийный выпуск двух базовых моделей указанных прецизионных термокомпенсированных генераторов – ГК202-ТК и ГК203-ТК:

- ГК202-ТК имеет номинальную частоту 12,8 МГц, выходной сигнал SIN и напряжение питания 5 В. Прибор обеспечивает температурную стабильность частоты до  $1,5 \times 10^{-7}$  в широком интервале рабочих температур и долговременную стабильность частоты до  $1,5 \times 10^{-7}$  за год. Генератор выполнен в стандартном корпусе с размерами  $36 \times 27 \times 12,7$  мм;
- в свою очередь ГК203-ТК имеет номинальную частоту 10 МГц и напряжение питания 12 В. Выходной сигнал также имеет синусоидальную форму. Прибор характеризуется ещё более высокой стабильностью частоты: до  $5 \times 10^{-8}$  при изменении рабочей температуры в широком диапазоне и до  $1,5 \times 10^{-7}$  долговременной за год.



ГК203-ТК имеет аналогичные ГК202-ТК габаритно-присоединительные размеры, однако при этом имеет очень перспективное исполнение с высотой 10 мм.

Сочетание высокого уровня температурной и долговременной стабильности частоты с низким уровнем потребления и почти мгновенной готовностью к работе делают генераторы ГК202-ТК и ГК203-ТК очень эффективным решением для многих применений, в частности, в различных системах мобильной радиосвязи.

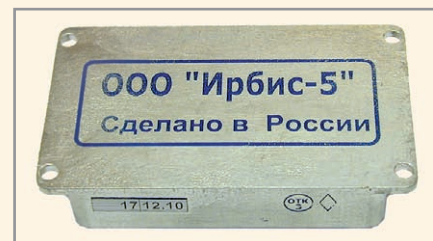
Дополнительная информация об этих и других новых приборах доступна на сайте ОАО «МОРИОН» [www.morion.com.ru](http://www.morion.com.ru).

[www.morion.com.ru](http://www.morion.com.ru)

Тел.: (812) 350-7572, (812) 350-9243

#### Источники вторичного электропитания ВР24 ТУ 6390-001-61704169-10

В августе 2011 г. ООО «Ирбис-5» (г. Москва) планирует начать продажу источников вторичного электропитания (ИВЭП) ВР24 с приёмкой «5», предназначенных для применения в аппаратуре специального назначения. ИВЭП удовлетворяют требованиям ГОСТ РВ 20.39.411, ГОСТ РВ 20.39.412, ГОСТ В 24425. Питание осуществляется от сети постоянного тока с номинальным напряжением 24 В (минимальное 9 В, максимальное 36 В). Выход одноканальный, мощность – 3, 6, 15 или 30 Вт. Минимальный ток нагрузки  $0,1 I_{\text{нагр. ном}}$ .



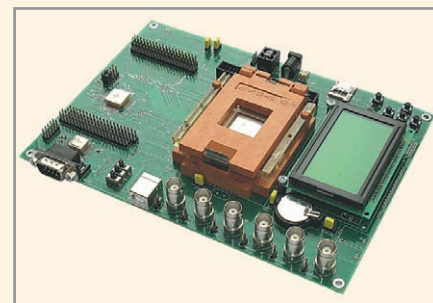
ИВЭП ВР24 конструктивно выполнен в виде модуля для монтажа на печатную плату, в металлическом корпусе с фланцами, элементы залиты компаундом.

[9871016@mmp-irbis.ru](mailto:9871016@mmp-irbis.ru)

Тел.: (495) 987-1016

#### Российские микросхемы для построения узкополосных систем связи спецназначения

Ни для кого не секрет, что производство российских носимых (габаритных) радиостанций в последние годы велось, в подавляющем большинстве, на импортных микросхемах, даже если это касалось радиостанций для ФСБ и всех иных спецслужб. Для принципиального изменения данного положения дел компанией «Миландр» был разработан комплект микросхем в рамках ОКР «Кузбасс-Ку». В процессе данного ОКР было разработано три микросхемы: 1901ВЦ1Т, 1321ХД1У и 1321ХД2У. Первая из них – это двухъядерный процессор, который осуществляет цифровую обработку сигнала, а также его кодирование для



## Новости российского рынка

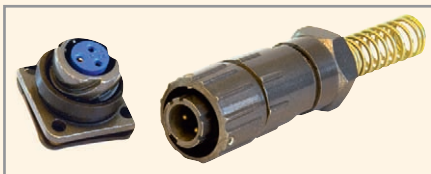
дальнейшей передачи. Этот процессор основан на высокопроизводительном 32-разрядном RISC-ядре с 16-разрядным DSP-сопроцессором. Микросхема 1321XD1Y – РЧ/ПЧ-приёмник, 1321XD2Y – формирователь модулирующего сигнала радиопередатчика. Данный chip-set микросхем рассчитан на построение систем связи в диапазоне 10 МГц...300 МГц. Все ИМС будут предназначены для использования в спецтехнике, а также для расширенного рабочего температурного диапазона от –60 до +85°C. Серийный выпуск микросхем приёмника и передатчика запланирован на конец 2011 г., а двухъядерного процессора на начало – середину 2012 г. Поставка программно-аппаратных средств для проектирования систем на основе микросхемы 1901BЦ1T начнётся с июня 2011 г.

[www.milandr.ru](http://www.milandr.ru)

Тел.: (495) 981-5433

### Соединители фирмы POL-SUN

Компания ООО «Радиотех-Трейд» представляет на российском рынке широкий ассортимент соединителей производства фирмы POL-SUN.



Фирма POL-SUN была основана в 1987 г. в г. Цзы в Китае, является производителем высококачественных электрических разъёмов. В 1997 г. компания POL-SUN была сертифицирована по стандарту ISO 9001. Продукция компании широко используется во многих странах мира в таких областях, как авиация, средства связи, источники питания, в транспортных средствах, в различной радиоэлектронной аппаратуре и т.д.

Ассортимент поставляемых соединителей представлен следующими сериями:

- серии В, К, S – соединители являются полными аналогами разъёмов LEMO. Имеют надёжную, прочную, в то же время быстроразъёмную систему сочленения Push-Pull;
- серия 2PM – полные аналоги российских круглых разъёмов 2PM, производятся в соответствии с российскими стандартами;
- серия FQ – круглые герметичные разъёмы имеют отличную пыле- и влагозащищённость, а также надёжное, лёгкое и быстроразъёмное байонетное сочленение разъёмов;

- серия KP2G – разъёмы этой серии имеют надёжное резьбовое соединение, низкое сопротивление контактов, пыле- и влагозащищённость IP65 и являются функциональными аналогами российских разъёмов 2PM и 2PMГ;
- серия P – аналоги российских круглых разъёмов ШР. Предназначены для использования в электрических цепях переменного и постоянного токов с напряжением до 850 В;
- серия PC – аналоги российских разъёмов PC-серии, производятся в соответствии с российскими стандартами;
- серия Q – круглые разъёмы Q-серии имеют малые габариты, облегчённый вес и быструю байонетную систему сочленения/расчленения;
- серия PY07 – водонепроницаемые пластиковые соединители;
- серия C091D – водонепроницаемые металлические цилиндрические соединители с резьбовым сочленением. Метод монтажа контактов – пайка или обжим;
- серия X – круглые разъёмы X-серии, являются аналогами российских негерметичных разъёмов ОНЦ-РГ-09.

Подробную информацию о всех электрических соединителях возможно посмотреть на сайте <http://connector.su>.

<http://connector.su>

Тел.: (495) 795-0805

### Новая система парофазной пайки ASSCON на производстве PCBtechnology

Известный поставщик многослойных печатных плат и контрактный производитель, компания PCBtech (Москва), инвестировала в покупку новой системы парофазной пайки ASSCON VP1000-64 для сборки печатных плат самого высокого уровня сложности. Новая печь позволит выполнять на московском производстве компании PCBtech монтаж «в едином цикле» свинец-содержащих и бессвинцовых компонентов BGA, а также пайку миниатюрных пассивных компонентов 0402, 0201 и 01005. Приобретение парофазной печи позволит компании PCBtech ещё быстрее и качественнее выполнять заказы по срочному монтажу образцов и небольших партий (до 1000 шт.) сложных многослойных печатных плат, не опасаясь перегрева или недогрева отдельных деталей и печатных плат.

Поставщиком оборудования выступила компания «Диполь».

Параметры оборудования:

- максимальные габариты печатного узла – до 600 × 400 мм;
- быстродействие: до 100 загрузок в смену.



Последние инвестиции PCBtech в современное монтажное оборудование ведущих мировых поставщиков, в том числе линию поверхностного монтажа Europlacer, систему автоматической оптической инспекции Omron, систему формования выводов Fan-cort, систему пайки Asscon, выполняются в рамках обеспечения наилучшего выполнения комплексных заказов от основных заказчиков компании PCBtech – предприятий радиоэлектронной промышленности.

[www.pcbtech.ru](http://www.pcbtech.ru)

Тел.: 8 (800) 333-9722

### Радиационно-стойкие сдвоенные силовые транзисторы MOSFET в компактном герметичном корпусе LCC-6 для поверхностного монтажа

Компания International Rectifier, IR®, мировой лидер в технологии управления электропитанием, представила первое семейство радиационно-стойких (RAD-Hard™) сдвоенных силовых транзисторов MOSFET в компактном герметичном корпусе LCC-6 для поверхностного монтажа, предназначенных для применения в маломощных приложениях с небольшим весом, требующих небольшой площади, таких как системы питания аппаратуры целевых систем космических аппаратов.

Небольшие габариты корпуса LCC-6 (6,2 × 4,3 × 2 мм) способствуют уменьшению площади и веса платы. Новый 60-В логический уровень устройств доступен в конфигурациях: два транзистора с каналом



## Новости российского рынка

n-типа, два транзистора с каналом p-типа или один транзистор n-типа и один – p-типа, упакованные в корпус LCC-6 с шестью контактными площадками для поверхностного монтажа.

«Объединение двух транзисторов MOSFET в одном небольшом корпусе LCC-6 может заменить два UB- или LCC-3 корпуса, таким образом уменьшить число компонентов, площадь и вес платы в современных малоомощных применениях. Кроме того, как транзисторы MOSFET с логическим уровнем, они могут управляться непосредственно от цифровых схем, сокращая число внешних компонентов», – сказал Odile Ronat, менеджер по маркетингу цифровых устройств подразделения высоконадёжных изделий (HiRel) компании International Rectifier.

Новые устройства выполнены с применением проверенной технологии R7™ для создания радиационно-стойких (Rad-Hard) транзисторов MOSFET, которые отличаются низким сопротивлением открытого канала ( $R_{DS(ON)}$ ), быстрым переключением и небольшими размерами, что делает новые MOSFET-транзисторы идеальной альтернативой биполярным приборам.

Поставляются устройства, рассчитанные на суммарную дозу ионизирующего излучения 100 крад (Si) и 300 крад (Si). Гарантируется отсутствие одиночных эффектов от воздействия протонов и ионов с пороговыми линейными потерями в веществе при 82 МэВ см<sup>2</sup>/мг, а также доступны устройства коммерческого класса (commercial-off-the-shelf) или с космическим уровнем отбраковки согласно техническим условиям MIL-PRF-1950.

[www.prochip.ru](http://www.prochip.ru)  
Тел.: (495) 232-2522

### Стереомонитор SA2311W 3D Vision™ с разрешением Full 1080 HD от Planar Systems

Фирма Planar Systems представила настольный монитор SA2311W, созданный для отображения трёхмерного изображения (3D) с использованием в качестве основы высококачественного двухмерного (2D) изображения. Моделируете ли вы сложные биомолекулы в 3D, играете в самые современные 3D-игры и вам необходимо переключаться в высококачественное 2D-изображение между задачами, частота кадров 120 Гц и время отклика 2 мс обеспечит чёткое, ясное изображение и неразмытое видеовоспроизведение.

Снабжённый комплектом 3D Vision™ Kit и соответствующей видеоплатой NVIDIA, дисплей SA2311W 3 D Vision™ обеспечи-

вает впечатляющее стереоизображение для энтузиастов 3D-игр и профессионалов, использующих 3D-формат.

Клавиатура с подсветкой ProGlow™, входящая в комплект 3D Vision™ Kit, обеспечивает простоту работы с дисплеем.



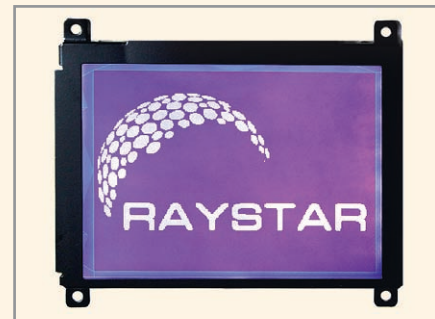
Технические параметры SA2311W:

- формат изображения – HD 1080;
- разрешение – 1920 × 1080 пикселей;
- число пикселей – 2,1 млн.;
- шаг пиксела – 0,2655 мм;
- размер диагонали – 23";
- число цветовых оттенков – 16 млн.;
- время отклика – 2 мс (тип.);
- кадровая частота – от 55 до 120 Гц;
- интерфейс – аналоговый D-sub, цифровой DVI-D и HDMI с аудиовыходом;
- габариты с подставкой – 546,33 × 377 × 210,5 мм;
- глубина панели без подставки – 60 мм;
- высота панели без подставки – 338 мм;
- вес – 7 кг;
- сертификаты – FCC-B, CE, UL/cUL, RoHS, CCC, NVIDIA 3 D Vision.

[www.prosoft.ru](http://www.prosoft.ru)  
Тел.: (495) 234-0636

### Компактный модуль ЖК-дисплея RT320240B3, выполненный с применением технологии TAB

Компания Raystar Optronics – один из известных производителей плоскопанельных дисплеев – предлагает ряд ЖК-дисплеев, выполненных с применением технологии TAB (Tape Automatic Bonding – кристалл монтируется на трёхслойной полиимидной подложке-ленте) соединения кристаллов драйверов с выводами стеклянной подложки ЖК-индикатора. Применение технологии TAB, используемой достаточно давно в дисплейных монтажных технологиях, позволяет получить толщину конструкции «носитель + кристалл» около 1 мм. Предлагаются модели с разрешениями 124 × 64, 240 × 160 и 320 × 240 точек, системы задней подсветки могут быть электролюминесцентными, све-



одиодными, стекло ЖК-индикатора выполняется по технологии STN (Super Twist Nematic) или FSTN (Film compensated STN). Новой моделью ЖК-индикатора, выполненного с применением технологии TAB, является модель EL320240B3 с чёрно-белым контрастом (FSTN), предлагаемая с электролюминесцентной или светодиодной подсветкой, разрешение 320 × 240 точек. Встроенный стандартный контроллер RAiO RA8835 совместим с 8-битовыми микропроцессорными интерфейсами (семействами процессоров серий 8080 и 6800). Доступны модели с сенсорным экраном, напряжение питания +3,3 В (доступны также версии с напряжением +5 В). Видимая область экрана 81,4 × 61 мм.

Диапазон рабочих температур от –20 до +70°C. Потребляемый ток 33 мА (при напряжении +3,5 В). Габариты: 94,7 × 71,7 × 8,6 мм.

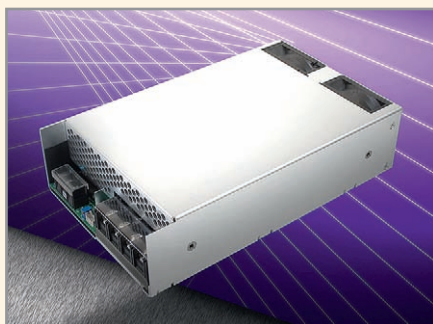
[www.prosoft.ru](http://www.prosoft.ru)  
Тел.: (495) 234-0636

### Источники питания AC/DC с выходной мощностью 1 кВт для медицинского и промышленного оборудования

Компания XP Power объявила о дополнении к сериям SHP и MHP моделей с высокой удельной мощностью и принудительным воздушным охлаждением. Модели SHP1000 и MHP1000 являются высокоэффективными источниками питания – типичное значение КПД 85%, удельная мощность 8,9 Вт/ дм<sup>3</sup> – и способны обеспечить в нагрузке 1000 Вт во всём диапазоне входных напряжений 90...264 В. Модели с выходным напряжением 24 В и более способны обеспечивать на выходе до 1200 Вт при входном напряжении 180 В и выше. Ряд из шести одноканальных моделей обеспечивает выходные напряжения +12, +15, +24, +28, +36 или +48 В. Выходные напряжения регулируются в пределах ±10% от номинального значения. Для обеспечения дежурного режима предназначен выходной канал 5 В/1 А.

Источники питания MHP1000 соответствуют требованиям стандарта безопас-

## Новости российского рынка



ности UL/IEC60601-1 для медицинского электрооборудования, а также требованиям стандартов EN55022/EN55011 Class B к уровням кондуктивных помех и Class A для помех излучения. Ряд моделей SHP1000 соответствуют требованиям стандартов безопасности UL/IEC60950-1 для IT-оборудования, требованиям SEMI F47, а по требованиям к уровням электромагнитных помех соответствуют стандарту EN55022 Class B по кондуктивным помехам и Class A по помехам излучения.

Компактные блоки питания с габаритами 242,6 × 149,8 × 61 мм способны обеспечивать полную мощность в диапазоне температур от -20 до +50°C, а пониженную выходную мощность до температуры +70°C. Источники питания способны включаться при температурах не ниже -40°C. Для снижения акустического шума в модулях серий SHP и MHP применяется вентилятор с изменяемой скоростью вращения.

Доступны сигналы управления АС ОК и дистанционное включение/выключение. Однопроводная схема активного распределения тока позволяет равномерно распределять нагрузку между несколькими параллельно соединёнными модулями в конфигурациях систем с резервированием, также предусмотрена внешняя обратная связь.

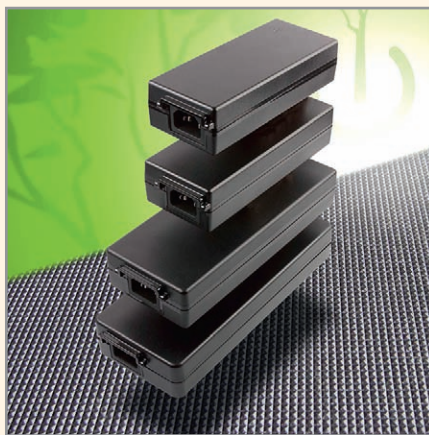
[www.prosoft.ru](http://www.prosoft.ru)

Тел.: (495) 234-0636

### 85...250-Вт выносные источники питания AC/DC с КПД 92% для IT и медицинского оборудования

Компания XP Power объявила о начале поставок выносных источников питания AC/DC серии АНМ с весьма высоким значением КПД для широкого ряда медицинских и IT-применений. Серия АНМ включает одноканальные источники питания с пятью значениями выходных мощностей – 85, 100, 150, 180 и 250 Вт, – обеспечивающие распространённые выходные напряжения с номинальными значениями от +12 до +48 В. Конвекционный отвод тепла уст-

раняет необходимость в использовании принудительного воздушного потока. Это обеспечивает не только более высокую надёжность, но и бесшумное функционирование. Это свойство особенно важно для медицинской аппаратуры, установленной рядом с пациентом.



Модули серии АНМ, относящиеся к оборудованию уровня Energy Efficiency Level V, являются весьма эффективными со значением КПД 92% (тип.) и соответствуют жёстким требованиям общепринятых стандартов, устанавливающих требования к эффективности использования энергии. Выбор источников питания серии АНМ гарантирует, что продукция производителей соответствует требованиям таких стандартов, как EISA2007, CE2008 и европейской директиве ErP. Кроме того, модули соответствуют международным признанным стандартам безопасности для медицинского оборудования IEC/UL/EN/CSA 60601-1 и оборудования информационной технологии IEC/UL/EN/CSA 60950-1. Они также соответствуют стандарту IEC60601-1-2:2007, устанавливающему требования к электромагнитной совместимости медицинского электрооборудования, удовлетворяют уровню В по кондуктивным помехам и помехам излучения стандартов EN55011/22 и соответствующим стандартам ряда EN61000, устанавливающим требования к помехоустойчивости. Благодаря высокой эффективности модулей стало возможным спроектировать корпуса с гладкой поверхностью. Это позволяет легко выбирать корпуса для условий госпиталя, больницы. Наряду с этим корпус имеет степень защиты IPX1, что предотвращает попадание внутрь твёрдых посторонних тел и капель воды.

Конструкция с защитой от поражения электрическим током по классу I является стандартной для всех моделей, доступны также модели с выходными мощностями 85 и 100 Вт, выполненные по классу II, и с соединителями IEC320-C14, IEC320-C8 или

IEC320-C18. Дополнительно доступен удерживающий фиксатор для сетевого шнура.

[www.prosoft.ru](http://www.prosoft.ru)

Тел.: (495) 234-0636

### DC/DC-преобразователи для стабилизации напряжения в высокотемпературных применениях

DC/DC-преобразователи серии НТА компании International Rectifier предназначены для применения в аппаратуре высокой мощности для подземных исследований и высокотемпературных приложениях до +185°C, включая буровое оборудование, сейсмическое оборудование и оборудование для разведки полезных ископаемых, а также электронную аппаратуру реактивных двигателей.

DC/DC-преобразователи могут применяться в качестве отдельных блоков и преобразователей напряжения промежуточной шины в системах электропитания. Доступные как коммерческие стандартные изделия (COTS – commercial-off-the shelf), эти преобразователи значительно сокращают длительность цикла разработки, габариты и затраты на конструкторские работы, связанные с высокотемпературными приложениями.



DC/DC-преобразователи серии НТА способны выдать в нагрузку 20 Вт при предельных температурах корпуса от -35 до +185°C. Диапазон входных напряжений от 150 до 250 В, предлагаются одно- и двухканальные модели. Гальваническая развязка между входными и выходными цепями защищает нагрузку от катастрофических системных отказов на входной стороне и обеспечивает последовательное соединение нескольких модулей для получения высоких напряжений.

Дополнительными достоинствами являются небольшие габариты, небольшой вес (<70 г) и высокая стойкость к воздействию внешних факторов среды, таких как предельные температуры, вибрационные и ударные воздействия.

[www.prochip.ru](http://www.prochip.ru)

Тел.: (495) 232-2522

# Тенденции развития высокопроизводительных цифровых процессоров обработки сигналов

Николай Кольский (Москва)

В статье представлен обзор ситуации на рынке цифровых процессоров обработки сигналов: новые приложения, новые конструкции, новые сроки.

Цифровой процессор обработки сигналов (ЦПОС, DSP), или цифровой сигнальный процессор (ЦСП) – это наименование одной из двух разновидностей вычислительных платформ (наряду с процессором общего назначения) и одной из трёх базовых конструкций (наряду с процессором общего назначения и микроконтроллером). Особенности архитектуры ЦПОС определяются приложениями, для которых был создан этот процессор, – использование ограниченного набора алгоритмов цифровой обработки сигналов (ЦОС) для обработки данных в режиме реального времени. Что это означает с точки зрения производительности, можно проиллюстрировать работой с голосовым сигналом: время выборки должно составлять не более 125 мкс (соответственно, частота выборки должна быть не менее 8 кГц), и за этот период должно быть выполнено примерно 600 инструкций. Если же использовать дополнительно алгоритмы шумо- и эхоподавления, то производительность ЦПОС должна быть существенно выше.

Удовлетворить высоким требованиям к скорости обработки сигналов, особенно в условиях ограниченного набора операций, было бы проще с использованием чисто аппаратной логики. Однако программируемый процессор позволяет быстро модернизировать приложение, более оперативно предлагать рынку системы для новых приложений, а также удешевить создание оборудования, выпускаемого малыми и средними сериями за счёт снижения стоимости вычислительной платформы. Один и тот же ЦПОС может использоваться для создания разнообразного оборудования (точнее, встроенных систем для различного оборудования) и выпускаться в больших количествах.

Тридцать лет тому назад ЦПОС использовались в нескольких типах при-

ложений, среди которых в первую очередь следует назвать локацию в воздушной и водной среде и медицинское приборостроение. Сегодня цифровые сигнальные процессоры по-прежнему являются микросхемами для избранных применений, но приложений стало больше и ёмкость новых рыночных ниш возросла. Следует упомянуть рынок сотовых телефонов и оборудования операторского класса для сотовой связи или рынок развлекательных мультимедийных устройств и цифровой кино- и фототехники (телевидение высокой чёткости, цифровые камеры, потоковое видео, DVD- и MP3-проигрыватели), факс-аппаратов и модемов, компьютерной периферии.

В некоторых из этих приложений ЦПОС выступают в виде цифровых сигнальных микроконтроллеров (ЦСМ, DSC), которые всё чаще стали называть микроконтроллерами реального времени. Однако предлагаемая статья посвящена современному состоянию ЦПОС в его классическом назначении – высокопроизводительная вычислительная подсистема для обработки данных, удовлетворяющая таким современным требованиям, как высокая точность вычислений, масштабируемость, удобство программирования, а также не слишком большое удельное энергопотребление (по сравнению с высокопроизводительными x86- и RISC-процессорами, конкурирующими с ЦПОС в некоторых из упомянутых приложений).

## Конструкция ЦПОС: унаследованные и приобретённые особенности

Аппаратное умножение, реализация в одном цикле операции умножения с накоплением (multiply-accumulate, MAC), набор отдельно реализованных в конструкции кристалла специали-

рованных подсистем, в числе которых модули MAC-операций, модули АЛУ, компараторы, сдвиговые регистры, – эти конструктивные особенности всегда позволяли ЦПОС быстро обрабатывать поступающие сигналы. Позднее к ним добавились разделение памяти инструкций и памяти данных и использование отдельных шин для манипуляций с инструкциями и данными, специальные приёмы управления программами, в т.ч. адресации (цикл с автоматической проверкой условия завершения цикла/zero-overhead looping; адресация с последующим обращением адреса/register indirect addressing with post-increment; двоично-инверсная адресация/bit-reversal addressing и т.д.). В целом архитектура ЦПОС – это отдельная область со своими особенностями программирования специализированных алгоритмов, реализуемых специальной конструкцией процессора.

Прогресс в технологиях микроэлектронного производства (типичные проектные нормы технологических процессов, используемых для производства ЦПОС на разных фабриках, в ближайшей перспективе могут составить 28 нм) позволил, не поступаясь габаритами кристалла (которые у ЦПОС и так были меньше, чем у процессоров общего назначения), увеличить разрядность и/или число шин для манипуляций с данными, разместить на кристалле большее количество аппаратных умножителей, модулей MAC и АЛУ. Все эти дополнения характеризуют так называемую улучшенную архитектуру (enhanced architecture). Например, в ЦПОС TMS320C55x корпорации Texas Instruments (TI) присутствуют два MAC-устройства и два АЛУ, три шины чтения данных из памяти и две шины для их записи.

В числе архитектурных нововведений – появление новых инструкций, отражающих специфику алгоритмов для новых приложений. Команда SUBABS4, поддерживаемая в некоторых ЦПОС на основе ядра C64 корпорации TI, значительно ускоряет выполнение алгоритма оценки движения за счёт вычисления за один такт вось-

ми абсолютных разностей. В ядре TMS320C6000 около полутора десятков лет назад была реализована технология VLIW (Very Long Instruction Word, инструкция на основе сверхдлинного командного слова), что резко увеличило производительность ядра ЦПОС за счёт параллельного выполнения команд несколькими блоками и довело её до уровня в несколько тысяч MIPS. Специальные инструкции, поддерживаемые ядром C64 корпорации TI, в котором уже восемь независимых функциональных модулей (два MAC и шесть АЛУ), позволяют за один такт выполнить, например, четыре 16-разрядные операции MAC.

Помимо технологии сверхдлинного командного слова, в практику ЦПОС вошла векторная обработка данных/SIMD (Single Instruction Multiple Data, обработка набора данных одной инструкцией), а также некоторые другие технологии повышения параллелизма вычислений и производительности расчётов на этих процессорах.

Сегодня, с появлением новых приложений (например, для систем в области мобильной беспроводной связи на базе технологии MIMO/multiple-input-multiple-output, поддерживаемой сложными конфигурациям антенн), на повестку дня, наряду с высокой производительностью расчётов, встало расширение динамического диапазона и повышение точности вычислений. Исторически поддержка вычислений с плавающей запятой не была сильной стороной ЦПОС. Классические приложения для ЦПОС предыдущих поколений удовлетворялись в большинстве случаев поддержкой математики с фиксированной запятой, обладая при этом необходимыми характеристиками стоимости, энергопотребления и производительности. Обработка же данных с многоантенных конфигураций оборудования, построенного на базе технологии MIMO, требует высокой точности расчётов в широком динамическом диапазоне и за малые интервалы времени.

Корпорация TI предлагает решать подобные задачи на базе многоядерных микросхем, поддерживающих математику с плавающей запятой за счёт ускорителей общего назначения, а компания Freescale Semiconductor создала специализированный ускоритель MAPLE (Multi Accelerator Platform Engine) для обработки данных с

многоантенных систем. Этот ускоритель, помимо поддержки операций с плавающей запятой, ориентирован на поддержку специальных алгоритмов (наборов операций) для наиболее типичных конфигураций антенных систем (2/4/8 параллельных антенн). Их реализация в рамках стандартного набора арифметических операций требует столь большой вычислительной мощности, что в ряде конкурирующих решений (не использующих ЦПОС с ускорителем MAPLE) для достижения столь же малого времени задержки приходится использовать специализированные микросхемы программируемой логики (ПЛИС/FPGA).

Аппаратные ускорители, специализированные сопроцессоры, интегрированные схемотехнические решения для поддержки стандартных базовых интерфейсов для обмена данными и подключения стандартных периферийных устройств – всё это стало неотъемлемой частью современных ЦПОС, позволяя не только повысить скорость вычислений, но и удешевить и упростить разработку законченного решения. Примеры подобного подхода можно найти, анализируя конструкцию ЦПОС TMS320DM644x (аппаратные ускорители аудио- и видеокодеков, входные цепи для подключения, захвата и обработки видеосигнала с внешней камеры) или TMS320DM6437/5/3/1 (специализированная поддержка режима предварительного просмотра и изменения размеров изображения).

### **Многоядерные высокопроизводительные ЦПОС**

Многоядерность оказалась удобным способом масштабирования вычислительных возможностей платформы на базе ЦПОС. Разработчики ЦПОС раньше конструкторов процессоров для ПК освоили этот приём, который позволяет поднять производительность и при этом уменьшить удельное энергопотребление. В многоядерных микросхемах некоторых компаний несколько десятков ядер ЦПОС объединены в сеть с топологией mesh (полносвязанная сеть).

Многоядерность в номенклатуре ЦПОС тесно соседствует с подходом на основе концепции SoC (система на кристалле), когда к набору процессорных ядер подключается система аппа-

ратных ускорителей и специализированные периферийные устройства (прежде всего, разнообразные интерфейсы). Многоядерными микросхемами на базе шести ядер являются новые ЦПОС Freescale MSC8157/8, которые оснащены упоминавшимся специализированным ускорителем MAPLE для обработки данных, поступающих с многоантенных систем. В конце прошлого года корпорация TI представила семейство микросхем TMS320C66x (точнее, первые четыре микросхемы этого семейства – C667x) как «первые ЦПОС с рабочей тактовой частотой в 10 ГГц», хотя реально это восьмиядерные микросхемы (архитектура Keystone) с рабочей частотой каждого ядра 1,25 ГГц. Особенностью используемых ядер является поддержка математики как с фиксированной, так и с плавающей запятой. По мнению экспертов BDTI (Berkeley Design Technology, ведущая организация по тестированию характеристик процессоров), в новых микросхемах лишь слегка выросла рабочая тактовая частота, но значительно усовершенствованы возможности параллельной обработки данных. При испытаниях в BDTI характеристики нового ядра превысили на 30% возможности ядра C64x+ предыдущего поколения.

Развитая многоядерность (и с количественной точки зрения, и с точки зрения разнообразия архитектур) отличает и новые микросхемы компании Mindspeed, которая недавно анонсировала данные о семействе SoC-микросхем Transcede для базовых станций сотовой связи на базе технологий LTE, W-CDMA и WiMAX, – от станций для размещения на городской территории до маленьких станций, реализующих концепцию фемтосот (femtocells) при установке внутри помещений. В составе семейства Transcede есть микросхемы с более чем двумя десятками вычислительных ядер и блоков, среди которых ядра ARM Cortex-A9, а также ядра ЦПОС Ceva X1641 и ускорители алгоритмов цифровой обработки сигналов с фирменной архитектурой Mindspeed Application Processor. Максимальная рабочая тактовая частота этих микросхем составляет 750 МГц, а энергопотребление – 12 Вт. Внешние коммуникации поддерживаются на базе технологий SerDes, PCI Express Serial Rapid IO. Микросхемы выполнены по технологии с проектными нормами 40 нм.

Среди наиболее известных производителей многоядерных ЦПОС стоит упомянуть компании picoChip, Tileria Sandbridge. Платформы picoChip являются примерами весьма впечатляющей многоядерности. Так, процессор PC205 включает ядро ARM926EJ-S (выполняет функции так называемого «прикладного» процессора, управляющего приложением) и целый массив ядер ЦПОС (picoArray), который состоит из 248 элементов, поддерживающих технологию VLIW.

## НОВЫЕ КОНКУРЕНТЫ И КОНКУРЕНЦИЯ НА РЫНКЕ ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫХ ЦПОС

Рынок производителей цифровых сигнальных процессоров в целом является «зрелым» в рамках терминологии маркетологов. Этот термин означает, что на рынке присутствует ярко выраженная группа из 3-5 лидеров, занимающих в совокупности около 80% рынка, и ряд безликих, с точки зрения финансистов, компаний, которые, тем не менее, отличаются фирменными технологиями, что позволяет им доминировать на более узких рынках. На «зрелом» рынке «имущественное расслоение» наблюдается и в группе лидеров.

Применительно к рынку ЦПОС, в роли абсолютного лидера выступает компания TI, чья доля в общем рынке колеблется в диапазоне 50...60%, далее идут Freescale Semiconductor с долей около 15% и Analog Devices. В числе разработок последней – совместный проект с корпорацией Intel, в результате которого Analog Devices включила в свой портфель весьма популярную процессорную архитектуру Blackfin, которая послужила основой для миллионов проданных ЦПОС.

Компания Texas Instruments является лидером по финансовым показателям деятельности на рынке ЦПОС. Но эта корпорация – ещё и безусловный технологический лидер. В продукции TI все инновации появляются либо впервые, либо почти одновременно с их внедрением тем или иным игроком «второго плана». Это касается и создания цифровых сигнальных микроконтроллеров («бюджетный» сегмент рынка ЦПОС), и внедрения элементов «улучшенной архитекту-

ры», и создания многоядерных платформ.

В числе важнейших элементов обеспечения лидерства корпорации TI – её программные продукты, поддерживающие разработку программного обеспечения общего назначения для ЦПОС (интегрированная среда разработки Code Composer Studio), а также специализированный инструментарий и программное обеспечение для узких рынков, важнейшими среди которых являются телекоммуникационный и мультимедийный (системы промышленной и потребительской направленности).

В состав платформы TI DaVinci (комплексное предложение компонентов и средств разработки мультимедийных систем на основе ЦПОС) входят и программное обеспечение в виде ОС Monta Vista Linux, Integrity, Windows CE, и большой набор лицензионных кодеков (H.264, MPEG-4, H.263, WMV9, MPEG-2, JPEG, AAC+, WMA8, MP3, G.711, G.728, G.723.1, G.729ab), поддерживаемых как TI, так и сторонними производителями. Платформа TI для создания телекоммуникационного оборудования операторского класса включает программное обеспечение Telogy для поддержки голосовых приложений (около 80% индустрии оборудования VoIP) и библиотеку программных модулей, ориентированных на нужды операторов фиксированной и мобильной связи и кабельных модемов. При этом TI активно работает со своими партнёрами, для того чтобы предлагать заказчикам взаимовыгодные решения.

В качестве примера специализированной программной поддержки можно привести eXpressDSP Digital Media Software Standard (xDM). Этот интерфейс программирования поддерживает «бесшовную» интеграцию и замену кодеков внутри приложения без изменения прикладного уровня. Возможность динамической замены кодека позволяет улучшить управляемость приложений, например, для сетевых систем видеонаблюдения на базе протокола IP в условиях ограничений на полосу пропускания. Использование стандарта xDM позволяет также создавать высокоспециализированные кодеки, которые удобны для заказчиков. При этом камера может использовать

стандартный кодек при работе с оборудованием других поставщиков, а специализированный кодек, обеспечивающий высокую степень сжатия, – при использовании оборудования поставщика, разработавшего этот кодек. Важной особенностью интерфейса xDM является доступ к внутренним данным кодека, что обеспечивает гибкость анализа изображения в части детектирования перемещений и распознавания объектов.

Внимание к программной поддержке своих платформ сегодня является важнейшим фактором обеспечения конкурентоспособности на рынке ЦПОС. В свете развития индустрии независимых программных разработок, эта поддержка активно применяется поставщиками IP-ядер для ЦПОС (см. ниже о программе CEVA-Xcnet, объединяющей вокруг поставщика IP-ядер для ЦПОС компании Ceva независимых производителей программного обеспечения), чтобы заказчики могли использовать инструментарий COTS-уровня для создания программных решений. Если говорить о развивающихся узких рынках, то, например, большая часть нынешних baseband-процессоров<sup>1</sup> для оборудования связи 3G программируется самим поставщиком. Поэтому создание и развитие экосистемы поставщиков инструментария для программирования ЦПОС является хорошей заявкой на победу в борьбе за новые сегменты рынка.

Нелинейный рост рынка ЦПОС в последнее десятилетие (с поправками на общемировую кризис) – это следствие роста спроса в новых сегментах рынка. Тройка лидеров на рынке микросхем для базовых станций мобильной связи – это TI, Freescale и LSI, при этом их доли составляют 61, 16 и 9% соответственно, тогда как остальные компании (в их числе Fujitsu и NEC) в совокупности имеют 14% рынка (данные Forward Concept). Однако если рассматривать не рынок базовых станций в целом, а отдельные его сегменты, то платформа Freescale и специализированный ускоритель MAPLE позволяют этой компании претендовать на роль лидера в части поставок микросхем для оборудования 4G LTE.

Когда на форуме Mobile World Congress 2011 в Барселоне компании Free-

<sup>1</sup> Baseband-процессор – это специализированная подсистема сотового телефона, используемая для поддержки протоколов 2G/3G/4G-связи. Поддержка пользовательских функций (прикладной интерфейс) возлагается на отдельный процессор (иногда его называют прикладным), связанный с baseband-процессором специальным интерфейсом.

scale Semiconductor и Texas Instruments представили свои взгляды на возможность построения базовой станции на одной микросхеме, компания Freescale рассказала о процессорной платформе QorIQ Qonverge, на базе которой, по её мнению, можно строить как «компактные» соты (уровней femto и pico), так и большие (Metro и Macro). При использовании платформы QorIQ Qonverge производителям оборудования удаётся работать в рамках единой архитектуры, включающей многоядерный коммуникационный процессор, многоядерный цифровой сигнальный процессор и baseband-ускоритель. Кроме Freescale, на рынок операторского оборудования для мобильной связи 4G выходят с интересными предложениями такие компании, как Mindspeed Technologies (см. выше) и LSI Logic.

Весьма изменчива ситуация и на рынке процессоров для мобильных терминалов сотовой связи. По данным аналитической компании Strategy Analytics, компания Seva вышла в лидеры на рынке ЦПОС для baseband-процессоров, используемых в оборудовании для мобильной связи. В качестве аргумента приводится утверждение о том, что в III квартале 2010 г. продано 178 млн. процессоров такого класса на базе архитектуры Seva, что превосходит показатели Qualcomm и TI (107,8 и 99,7 млн. шт. соответственно). Всего за этот период было продано 498 млн. шт. baseband-процессоров. Доля процессоров с архитектурой Seva, по данным аналитической компании Strategy Analytics, составила, таким образом, 36% рынка, а 7 из 8 OEM-лидеров в производстве сотовых телефонов используют baseband-процессоры с архитектурой Seva, которые установлены в каждом третьем телефоне. На сегодняшний день компания Seva занимает около 90% рынка лицензируемых IP-ядер для baseband-процессоров мобильных телефонов (по данным Forward Concepts).

Представители компании Seva заявляют, что со стороны всё большего количества поставщиков специализированных процессоров растёт интерес к ядрам семейства CEVA-X, по мере того как компании, поддерживающие технологию WiMAX, начинают интересоваться LTE. Компания Sequans, игрок № 2 на рынке микросхем для WiMAX-терминалов, уже объявила о намерении выйти на рынок LTE с процессора-

ми на базе ядер CEVA-X. Аналогичное заявление сделала и компания Veesem, игрок № 1 на рынке микросхем для WiMAX (ныне Broadcom покупает Veesem Communications за 316 млн. долл. США). Сегодня ядра семейства CEVA-X лицензированы почти тремя десятками компаний, микросхемы на их основе произведены «тиражом» более сотни миллионов штук, а в числе новинок компании Seva – ядра CEVA-X1643 и CEVA-XC323.

Ядро CEVA-X1643 – это основа для процессора с рабочей тактовой частотой до 1 ГГц, что весьма неплохо для ЦПОС общего назначения и широкого круга приложений, включающего проводную и беспроводную связь, видеонаблюдение и портативные медиасистемы. ЦПОС на базе IP-ядра CEVA-X1643 сможет использовать технологии VLIW и SIMD, позволяющие обрабатывать до восьми инструкций и осуществлять до 16 SIMD-операций за один цикл. Работа с памятью поддерживается открытой шинной технологией AXI (Advanced eXtensible Interface, усовершенствованный расширяемый интерфейс), обеспечивающей конфигурирование ширины шины, параллельное проведение транзакций чтения и записи, транзакции типа «чтение после записи» и т.д. Специализированный блок управления питанием (Power Scaling Unit, PSU) процессорного ядра CEVA-X1643 позволяет использовать раздельное тактирование подсистем процессора и их включение в домены с разными политиками управления энергопотреблением. В числе режимов энергопотребления предусмотрены Full Operation, Debug Bypass, Memory Retention и Complete Power Shut-Off. Шинная структура интерфейса AXI может быть переведена в режим Shut Down при отсутствии трафика.

Ядро CEVA-XC323 было представлено в октябре 2010 г. Оно предлагается компанией в качестве основы для высокопроизводительных ЦПОС для оборудования сетей поколения 4G. Конструкция VLIW-ядра CEVA-XC323 предусматривает создание двух модулей, ориентированных на обработку больших массивов данных, которые характерны для работы базовых станций. Специализация ядра для инфраструктурных решений беспроводной связи выражается в наборе инструкций для алгоритмов фильтрации, прецизионного Фурье-

преобразования, оценки качества канала, обработки данных MIMO, технологии interleaver/de-interleaver и декодирования по Витерби (Viterbi). Кроме этого, IP-ядро CEVA-XC323 обеспечивает расширенную поддержку вычислительных задач, связанных с обработкой данных уровня Control Plane коммуникационного оборудования (обычно для этих целей используется отдельный процессор). Ядро CEVA-XC323 поддерживает 512-битовые SIMD-операции и комплексные числа, позволяет обрабатывать до восьми инструкций и осуществлять 32 операции MAC за один цикл. Новое IP-ядро компании Seva оптимизировано для создания многоядерных процессорных «ферм», часто используемых в современных инфраструктурных платформах для телекоммуникаций. Как и в случае ядра CEVA-X1643, специализированный блок управления питанием процессорного ядра CEVA-XC323 позволяет реализовать систему управления энергопотреблением с широкими возможностями экономии ресурсов.

Разработчики приложений для систем на базе ядер CEVA-X1643 и CEVA-XC323 могут использовать интегрированную среду разработки CEVA-Toolbox, включающую библиотеки и графический отладчик, а также оптимизированный компилятор языка C, поддерживающий расширение CEVA Vec-C для векторных процессоров, и Application Optimizer, которые позволяют минимизировать или совсем исключить программирование на ассемблере. Вместе с предложениями своих партнёров – независимых производителей программного обеспечения, участвующих в программе CEVA-Xcnet, – компания Seva предлагает IP-ядро CEVA-XC323 в качестве законченного решения для поддержки физического уровня 3G/4G-платформ, использование которого может существенно сократить временные затраты на разработку системы.

Помимо компании CEVA, за рынок baseband-процессоров борются и другие поставщики платформ в виде IP-ядер ЦПОС. Это NXP со своей платформой CoolFlux, а также компания Tensilica, которая в конце марта 2011 г. представила ядро Xtensa LX4. Процессоры на его основе поддерживают технологию VLIW/128 бит, их рабочая

тактовая частота может превзойти 1 ГГц при изготовлении микросхем по технологическому процессу с топологической нормой 45 нм. Уже состоялось внедрение новинки в ЦПОС ConnX ВВЕ64, предлагаемый для устройств стандарта LTE Advanced. Кроме оборудования LTE, новое ядро Tensilica может использоваться в микросхемах для обработки видео, графики, в сетевых процессорах. При этом ряд аналитиков рынка считают, что решения Tensilica лучше подходят для создания многоядерных конфигураций, энергопотребление микросхем на базе ядер Tensilica меньше, а сами ядра реализуются более компактно по сравнению с решениями от компании Ceva.

### КОНЦЕПЦИЯ SOFTWARE DEFINED RADIO НА РЫНКЕ ОБОРУДОВАНИЯ LTE/WiMAX

При определении перспектив технической политики своих компаний поставщики микросхем ЦПОС сегодня учитывают два процесса – внедрение (или подготовка к внедрению) операторами технологий беспроводной широкополосной связи поколения 4G (WiMAX и LTE) и возрастание интереса к концепции Software Defined Radio (SDR, в подстрочном переводе «программное» радио, чисто программная реализация алгоритмов и протоколов). Концепция SDR может приобрести широкое распространение в среде разработчиков оборудования для систем телекоммуникаций на базе стандартов LTE и WiMAX. Это обуславливается рядом обстоятельств: нестабильность стандарта LTE и продолжающееся совершенствование технологии MIMO делает SDR-реализацию платформы обоснованной с точки зрения оптимизации капитальных вложений в оборудование и возможности быстрой модернизации платформы по мере развития стандартов 4G.

С технической точки зрения, реализация алгоритмов OFDM (где используется параллельная передача данных) и MIMO (где используются операции с матрицами) хорошо «ложится» на технологию векторной обработки данных, поддерживаемую современными высокопроизводительными ЦПОС. Это позволяет реализовать концепцию SDR, хотя она требует больших вычислительных мощностей. По утверждению представителей компании Ceva, ядро CEVA-XC323 позволяет вчетверо увеличить производительность в при-

ложениях для беспроводной связи по сравнению с ЦПОС Texas Instruments, использующих технологию VLIW, что делает это ядро перспективной платформой для базовых станций 4G, строящихся на основе концепции Software Defined Radio.

Ну а что касается конкретной иллюстрации достоинств SDR-концепции, то единственной компанией, которая на начало 2010 г. поддержала технологии LTE и 3G, стала Icera Semiconductor. При этом ей пришлось лишь перепрограммировать уже выпускаемый адаптер для связи по стандарту HSPA+.

Использование аппаратного подхода для реализации коммуникационной технологии может привести к чрезмерным затратам, тогда как масштабирование в рамках апробированной процессорной архитектуры оказывается более простой задачей. Для перехода, например, от технологии LTE Category 3 к технологии LTE Category 5 необходимо добавить либо модуль векторной обработки данных (в терминах системной архитектуры процессора Ceva-XC), либо дополнительное процессорное ядро, или же использовать ЦПОС с большей тактовой частотой.

В связи с концепцией SDR следует упомянуть о новой (2009 г.) английской компании Cognovo, профилем которой является разработка модемов для технологий связи поколения 4G на базе Software Defined Radio. Истоки этой компании уходят в 1987 г., когда была создана компания TTPCom, занимавшаяся разработкой стеков протоколов для мобильных коммуникаций 2G и 3G. Позднее, в 2006 г., компания Motorola купила TTPCom, а когда в ноябре 2009 г. компания ARM закрыла свой центр разработок ЦПОС, почти половина штатного состава этого подразделения перешла в Cognovo. Компания ARM передала в Cognovo свои наработки в области IP-блоков для поддержки векторных технологий в цифровой обработке сигналов. Разработчики компании Cognovo полагают, что перспективные коммуникационные терминалы должны обеспечивать поддержку связи на основе мультистандартности (сейчас в этот набор включаются LTE, HSPA+, EDGE, GPRS, GSM, TD-SCDMA, CDMA2000, IS-95, Bluetooth, WiFi, WiMAX, GPS), а аппаратная платформа для таких устройств должна быть реконфигурируемой.

### ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ПРИЛОЖЕНИЙ ДЛЯ ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫХ ЦПОС

Жан Франц (Gene Frantz), технологический «гуру» корпорации Texas Instruments, выделяет два этапа в истории развития приложений для высокопроизводительных ЦПОС и предсказывает формирование третьего.

*Первый этап* привёл к преобразованиям в телекоммуникационной сфере и широкому внедрению цифровой телефонии и сотовой связи, развитию широкополосного доступа xDSL и других технологий кабельных модемов.

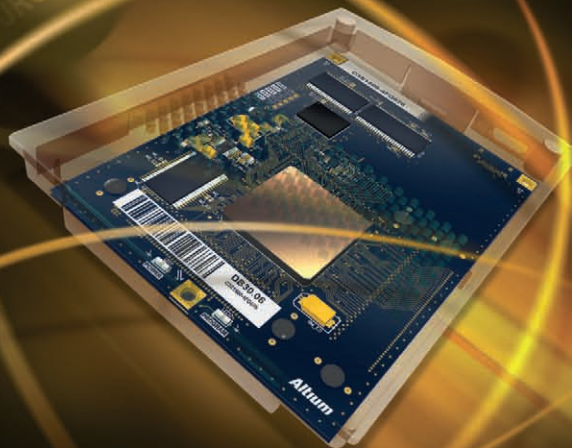
*Второй этап* резко расширил количество приложений в сфере развлекательных электронных технологий (телевидение высокой чёткости, потоковое видео, цифровые видео-/телекамеры, DVD- и MP3-проигрыватели и т.п.). Потребительский рынок насытился встроенными ядрами ЦПОС, входящими в конструкцию микросхем ASSP, ASIC, FPGA, микросхем на основе комбинации вычислительных ядер с архитектурами RISC и ЦПОС. Элементы архитектуры ЦПОС встраиваются в микроконтроллеры и RISC-процессоры, используемые в потребительской электронике. На рынке встроенных ЦПОС активно работают около сотни компаний, к наиболее известным относятся Qualcomm, Broadcom, Infineon и Marvell. Часть встроенных ЦПОС этих компаний используется в коммуникационном оборудовании (в составе микросхем для GbEthernet PHY, WiMAX и Bluetooth, для xDSL-оборудования и кабельных модемов).

*Третий этап* может быть связан с приложениями на транспорте, в технологиях безопасности и в медицине. ЦПОС могут сыграть ключевую роль при создании приложений для предотвращения столкновений на дорогах, биометрии антитеррористической направленности и для защиты неприкосновенности частной жизни. Видеокамеры наблюдения смогут распознавать личности законных обитателей дома, предупреждать их о появлении незнакомцев вблизи жилища или о проникновении таких людей в дом. В медицине революционную роль способны сыграть приложения в области искусственного зрения, напрямую обращённые к человеку и его проблемам.



# Altium Designer 10

## Технологии живого проектирования



### AltiumLive

*Уникальное онлайн-сообщество, в рамках которого пользователи могут получить техническую поддержку, задать вопросы и обменяться мнениями с разработчиками*

### Altium Vaults

*Серверное решение, являющееся частью продукта Altium Designer, для безопасного управления и хранения данных и документации*

### Lifecycle Management

*Управление жизненным циклом изделия уже на этапе проектирования*

# Современные светодиоды фирмы Nichia

Юрий Петропавловский (Ростовская обл.)

В статье рассмотрены особенности светодиодов одного из ведущих разработчиков и производителей изделий оптоэлектроники – японской фирмы Nichia Corporation. Приведены основные параметры приборов.

По данным аналитического агентства IMS Research, Япония занимает второе после Тайваня место по количеству выпускаемых светодиодных кристаллов [1]. Исследователю японской фирмы Nichia Corporation Шуджи Накамура принадлежит первенство в освоении технологии промышленного выпуска синих светодиодов. В 2006 г. профессор Накамура был удостоен крупнейшей технологической премии «Миллениум» за исследования в области оптоэлектроники.

Фирма Nichia занимает лидирующие позиции в производстве сверхъярких синих, зелёных и белых светодиодов на основе InGaN, AlGaN [2]. Nichia основана в 1956 г., штаб-квартира фирмы находится в префектуре Токусима, исследовательский центр фирмы базируется в Иокогаме. Фирма располагает шестью заводами в Японии; европейские подразделения находятся в Нидерландах и Германии. Компания выпускает светодиоды, лазерные диоды, оптоэлектронные приборы, высококачественные материалы для электронной, медицинской и пищевой промышленности и другие изделия. Nichia сертифицирована по стандартам ISO9001, ISO14001 [3].

Информационные материалы на сайте фирмы отличаются полнотой и наглядностью: представлены руководства по применению светодиодов, материалы для расчёта цветопередачи, баланса белого, тепловых параметров и др. В информационных материалах (data sheet) конкретных приборов приводятся данные об их надёжности

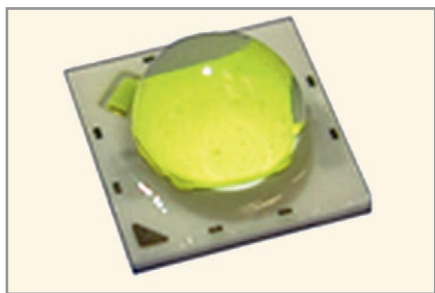


Рис. 1. Внешний вид светодиодов серии 219

при работе в различных условиях (устойчивость к перепадам температур и влажности, вибрационная стойкость и другие параметры).

Одной из последних разработок фирмы стала линейка мощных белых точечных светодиодов серии 219, представленная в ноябре 2010 г. (внешний вид приборов показан на рисунке 1). Новые светодиоды обеспечивают беспрецедентно высокий уровень световой отдачи 140 лм/Вт при цветовой температуре 5000°K, при этом размеры кристалла составляют всего  $3,5 \times 3,5 \times 0,45$  мм. Для эффективного отвода тепла в конструкцию приборов включены электрически изолированные радиаторы. Приведём некоторые параметры светодиодов NVSW219A/AT:

- максимальный прямой ток 1,5 А,  $P_{\text{расс}} = 5,25$  Вт (при  $T_s = 25^\circ\text{C}$ );
- $U_{\text{пр}} = 3,5$  В при  $I_{\text{пр}} = 350$  мА;
- световой поток  $\Phi_v$ , не менее 120...150 лм при прямом токе 350 мА (зависит от исполнения);
- максимальная температура внутри корпуса (Dice Temperature)  $T_j = 150^\circ\text{C}$ ;
- диапазон рабочих температур  $T_{\text{opr}}$  составляет  $-40...100^\circ\text{C}$ .

Параметр Dice Temperature непосредственно не измеряется, он может быть вычислен по значениям теплового сопротивления, мощности рассеяния и температуры платы.

В 2010 г. фирма предлагала светодиоды в следующих категориях:

- 1) светодиоды для освещения (General Lighting), сферы применения по рекомендациям фирмы:
  - светотехнические приборы нижнего света (Downlight),
  - световые панели (Panel Light),
  - светодиодные лампы в корпусах ламп накаливания (Bulb),
  - уличные светильники (Street Light),
  - информационные панели (Sign Board);
- 2) светодиоды для специального освещения (Special Lighting), сферы применения:
  - приборы световых эффектов (Special Effects Lighting),

- цветные табло и рекламные вывески (Signage),
- светофоры (Traffic Signal),
- портативные фонари;

3) светодиоды для информационных дисплеев, сферы применения:

- дисплеи в помещениях (Indoor Display),
- наружные дисплеи больших размеров (Outdoor Display);

4) светодиоды для автомобильных приложений, сферы применения:

- наружные сигнальные фонари (Exterior),
- внутренняя подсветка (Interior);

5) светодиоды для подсветки ЖК-дисплеев;

6) ультрафиолетовые светодиоды, сферы применения:

- ультрафиолетовые ванны (Ink Curing),
- ультрафиолетовые сканеры для проверки купюр и т.п. (Counterfeit Detection),
- активация люминофоров (Phosphor Excitation) [4].

Приборы выпускаются в корпусах для монтажа на поверхность (Surface Mount Type LED) и «лампового» типа с проволочными выводами (Lamp Type LED). По условиям эксплуатации они подразделяются на приборы общего назначения, с диапазоном рабочих температур  $-30...85^\circ\text{C}$ , и приборы промышленного назначения, с диапазоном рабочих температур  $-40...100^\circ\text{C}$ . Классификационные параметры ряда приборов Nichia из каталога 2010 г. приведены в таблице, в неё включены все перспективные приборы. Всего в каталоге 170 типов приборов, кроме того, для ряда приборов предусмотрены различные исполнения (Rank), отличающиеся световым потоком и цветовыми координатами X, Y, иногда прямым напряжением.

Источники белого света и светодиоды в частности характеризуются индексом цветопередачи – параметром, определяющим уровень соответствия естественного цвета тела видимому цвету этого тела при освещении конкретным источником света. Для определения индекса цветопередачи CRI (Color Rendering Index) какого-либо источника света фиксируется сдвиг (изменение) цвета с по-

## Светодиоды фирмы Nichia для освещения

| Тип прибора                             | Цвет                | $\Phi_{\text{лм}}$ ( $I_{\text{р}}$ , мкд) | $U_{\text{пр}}$ , В | Угол наблюдения, град | $I_{\text{пр}}$ , мА | Габариты, мм / примечания |              |
|---|---------------------|--|---------------------|-----------------------|----------------------|---------------------------|--------------|
| Светодиоды для освещения                |                     |  |                     |                       |                      |                           |              |
| NCSW119                                 | Белый               | 130  | 3,3                 | 120                   | 350                  | 3,5 × 3,5 × 2             |              |
| NCSW119-H3*                             | Белый/moderate      | 95   | 3,3                 |                       | 350                  |                           |              |
| NCSL119-H1*                             | Белый/high warm     | 80   | 3,3                 |                       | 350                  |                           |              |
| NS6W183                                 | Белый               | 225  | 3,5                 |                       | 700                  | 6,5 × 5 × 1,25            |              |
| NS6W183R*                               | Белый               | 225  | 21                  |                       | 115                  |                           |              |
| NS6W183R-H3*                            | Белый/moderate      | 195  | 21                  |                       | 115                  | 6,5 × 5 × 1,25            |              |
| NS6L183R-H3*                            | Белый/moderate warm | 175  | 21                  |                       | 115                  |                           |              |
| NS9W153M                                | Белый               | 350  | 10,5                |                       | 350                  | 4 × 4 × 0,85              |              |
| NSSW157*                                | Белый               | 30   | 3,2                 |                       | 80                   | 3 × 1,4 × 0,52            |              |
| NSSW157R*                               | Белый               | 55   | 6,4                 |                       | 75                   |                           |              |
| NSSL157-H3*                             | Белый/moderate warm | 23   | 3,2                 |                       | 80                   |                           |              |
| NS2L157-H3*                             | Белый/moderate warm | 42   | 6,4                 |                       | 75                   |                           |              |
| NSSW457*                                | Белый               | 30   | 3,2                 |                       | 80                   | 3 × 2 × 0,62              |              |
| NS2W457*                                | Белый               | 55   | 6,4                 |                       | 75                   | 2 × 2 × 0,62              |              |
| NSSL457-H3*                             | Белый/moderate warm | 23   | 3,2                 |                       | 80                   |                           |              |
| NS2L457R-H3*                            | Белый/moderate warm | 42   | 6,4                 |                       | 75                   |                           |              |
| NS2W150*                                | Белый               | 50   | 3,2                 |                       | 150                  | 3 × 2 × 0,85              |              |
| NSSW150*                                | Белый               | 28   |                     |                       | 80                   |                           |              |
| NS2L150-H3*                             | Белый/moderate warm | 39   |                     |                       | 150                  |                           |              |
| NSSL150-H3*                             | Белый/moderate warm | 20,5                                       |                     |                       | 80                   |                           |              |
| NS2W123B                                | Белый               | 44   |                     |                       | 150                  | 2 × 2 × 0,7               |              |
| NS2L123B                                | Белый/warm          | 32   | 150                 |                       |                      |                           |              |
| NS2W095B                                | Белый               | 34   | 150/140             |                       | 120                  | 3 × 1,5 × 1               |              |
| NSPWR60CS-K1*                           | Белый               | 20   |                     |                       | 3,1                  | 150                       | Nichiaraijin |
| NSPLR60CS-K1*                           | Белый/warm          | 18   |                     |                       | 3,1                  |                           |              |
| NSPWR60CS*                              | Белый               | 10,5                                       |                     |                       | 3,4                  |                           | 30           |
| NSPLR60CS*                              | Белый/warm          | 8,4  |                     |                       | 3,4                  | 30                        |              |
| NSPW510DS-D1*                           | Белый               | 12,2                                       |                     | 3,2                   | 30                   | Диаметр 5                 |              |
| Светодиоды для специального освещения   |                     |  |                     |                       |                      |                           |              |
| NS6B083                                 | Синий               | 16   | 3,5                 | 120                   | 300                  | 6,5 × 5 × 1,35            |              |
| NS6E083A*                               | Сине-зелёный        | 48   | 3,8                 |                       |                      |                           |              |
| NS6G083                                 | Зелёный             | 55   | 3,5                 |                       |                      |                           |              |
| NJSR083                                 | Красный             | 46   | 2,4                 |                       | 350                  |                           |              |
| NS6A183*                                | Янтарный            | 130  | 3,5                 | 700                   | 3 × 3,3 × 1,5        |                           |              |
| NSSM065                                 | Белый (RGB)         | (1800)                                     | 3/3,2/2             | 115                   |                      | 9/19/15                   |              |
| NSPE310S*                               | Сине-зелёный        | (5500)                                     | 3,1                 | 30                    |                      | Диаметр 3                 |              |
| NSPA310S*                               | Янтарный            | (6700)                                     | 3,1                 |                       |                      |                           |              |
| Nspr310S*                               | Красный             | (4500)                                     | 2,1                 |                       |                      |                           |              |
| NSPW500GS-K1                            | Белый               | (33 000)                                   | 3,1                 | 15                    |                      | Диаметр 5                 |              |
| NSPG500DS                               | Зелёный             | (37 700)                                   | 3,2                 | 15                    |                      |                           |              |
| Светодиоды для автомобильных приложений |                     |  |                     |                       |                      |                           |              |
| NJSW072A*                               | Белый               | 75   | 3,3                 | 120                   | 350                  | 3 × 3 × 0,8               |              |
| NFSW072A*                               | Белый               | 35   | 3,2                 |                       | 150                  |                           |              |
| NJSA072A*                               | Янтарный            | 37   | 3,3                 |                       | 350                  |                           |              |
| NFSA072A*                               | Янтарный            | 18   | 3,2                 |                       | 150                  |                           |              |
| NSSW064A                                | Белый               | (3300)                                     | 2,9                 | 115                   | 30                   | 3,5 × 2,8 × 2             |              |
| NHSB046-N3*                             | Синий/corporate     | (85)                                       |                     |                       | 5                    | 2,2 × 1,4 × 1,3           |              |
| NHSB046-N5*                             | Синий/corporate     | (75)                                       |                     |                       |                      |                           |              |
| NHSB046-NA*                             | Синий/corporate     | (85)                                       |                     |                       |                      |                           |              |
| NSSW129*                                | Белый               | (3300)                                     |                     |                       | 30                   | 4 × 4 × 3,6               |              |

\* Категория New

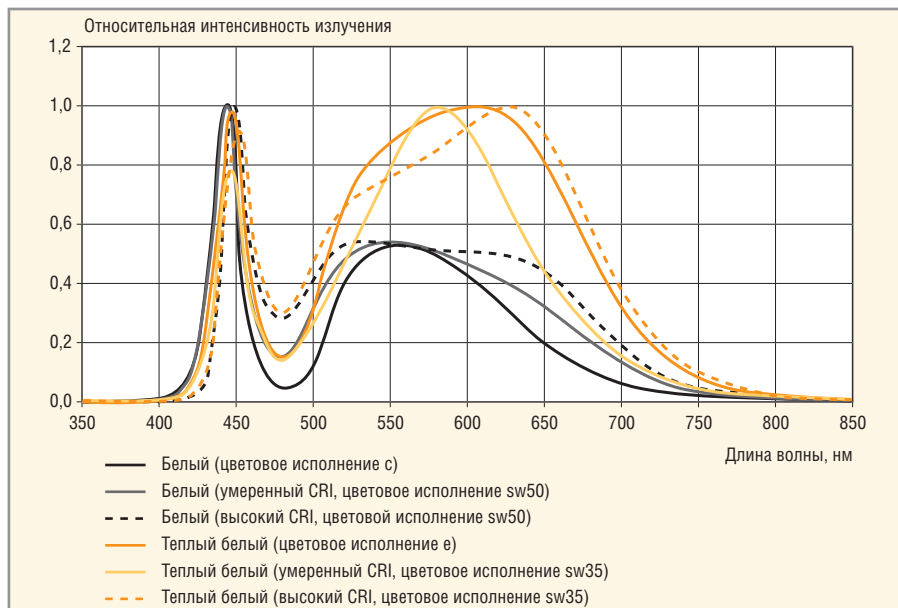


Рис. 2. Спектральные характеристики светодиодов Nichia

мощью 8 или 14 указанных в стандарте DIN6169 эталонных цветов, наблюдаемый при направлении тестируемого источника света на эталонные цвета.

Белые светодиоды Nichia характеризуются различными индексами цветопередачи CRI: стандартный (холодный) белый – White; белый с умеренным индексом – Moderate CRI White; белый с высоким индексом – High CRI White; тёплый белый – Warm White; тёплый белый с умеренным индексом –

Moderate CRI Warm White; тёплый белый с высоким индексом – High CRI Warm White. Соответствующие спектральные характеристики белых светодиодов фирмы приведены на рисунке 2. Следует отметить, что для определения CRI Nichia использует 15 эталонных цветов в соответствии с японским стандартом JIS Z8726. На рисунке 3 приведены значения индексов цветопередачи светодиодов фирмы на различных эталонных цветах данного стандарта.

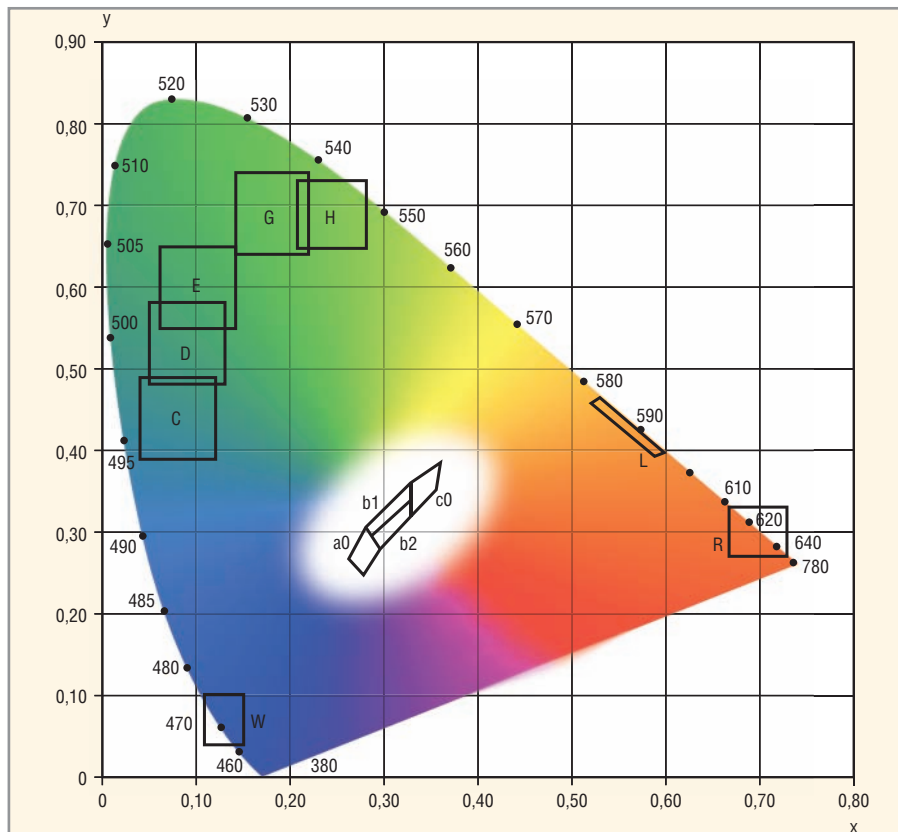


Рис. 4. Расположение цветов на диаграмме цветности

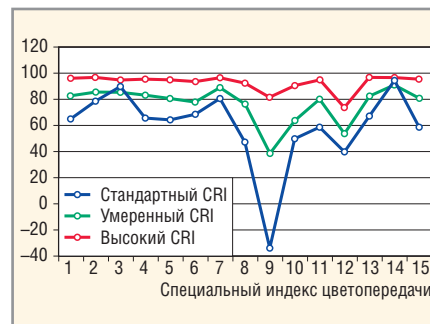


Рис. 3. Индексы цветопередачи

Параметры цветности светодиодов фирмы – цветовые координаты X, Y и длины волн излучения – нормированы следующим образом:

- синий – исполнение Rank W,  $\lambda = 464...475$  нм;
- зелёный – Rank G, 520...535 нм, Rank H, 535...545 нм;
- красный – Rank R, 615...635 нм;
- янтарный – Rank L, 583...595 нм;
- сине-зелёный – Rank C, 495...500 нм; Rank D, 500...505 нм; Rank E, 505...510 нм.

Белые светодиоды имеют четыре исполнения (для данного примера): Rank a0, b1, b2, c0; расположение цветов светодиодов Nichia на диаграмме цветности показано на рисунке 4, на рисунке 5 приведены соответствующие спектральные характеристики. Новая серия светодиодов 046 обеспечивает получение нескольких десятков оттенков синего цвета (corporate color), например, для приборов NHSB046-N3 предусмотрено 30 вариантов.

Перейдём к более подробному рассмотрению особенностей некоторых приборов фирмы.

Серия NS6W183T (внешний вид приборов показан на рисунке 6) – белые светодиоды со стандартным индексом цветопередачи CRI (см. рис. 3). Наименования приборов приведены по справочным материалам (data sheet), полные наименования дополняются вариантами исполнений (Rank). Основное наименование по каталогу NS6W183, предусмотрено шесть исполнений по цветовым координатам X, Y, шесть исполнений по световому потоку, три исполнения по прямому напряжению. Основное назначение приборов – элементы систем общего освещения, ламп, светильников различного типа. Основные параметры светодиодов:

- световой поток  $\Phi_V$  (лм): Rank C245 – 245...260; C230 – 230...245; C215 – 215...230; C200 – 200...215; C185 –

185...200; C170 – 170...185 (при  $I_{пр} = 700$  мА,  $T = 25^\circ\text{C}$ );

- прямое напряжение  $V_f$  (В): Rank M – 3,6...4; L – 3,2...3,6; K – 2,8...3,3;
- максимальный прямой ток  $I_f = 800$  мА (импульсный 900 мА,  $t_{имп} \leq 10$  мкс, скважность менее 1/10);
- мощность рассеяния  $P_d = 3,2$  Вт (при температуре  $25^\circ\text{C}$ );
- диапазон рабочих температур  $-40...100^\circ\text{C}$ ;
- максимальная температура внутри корпуса  $135^\circ\text{C}$ .

Результаты испытаний приборов на надёжность в соответствии с японским стандартом JISTA ED-4701:

- термоциклирование – 100 циклов (один цикл:  $-40^\circ/30$  мин,  $25^\circ/5$  мин,  $100^\circ/30$  мин,  $25^\circ/5$  мин);
- устойчивость к повышенной влажности – 10 циклов ( $25^\circ, 65^\circ, -10^\circ$  при влажности 90%, 1 цикл 24 ч);
- хранение при температуре  $100^\circ\text{C} - 1000$  ч;
- хранение при влажности 90% и температуре  $60^\circ\text{C} - 1000$  ч;
- длительность работы при  $I_{пр} = 800$  мА – 1000 ч ( $T = 25^\circ\text{C}$ );
- вибростойкость – 48 мин при ускорении  $200$  м/с<sup>2</sup>, частота  $100 - 2000$  –

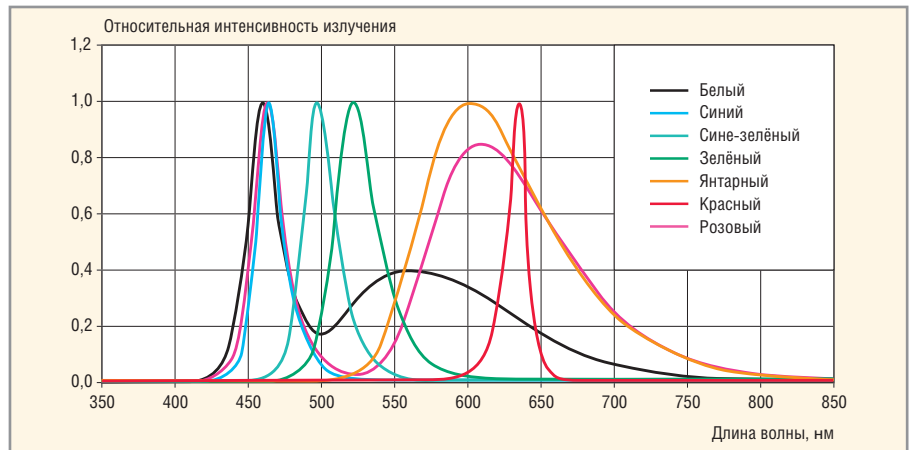


Рис. 5. Спектральные характеристики светодиодов Nichia

100 Гц – 4 мин, четыре цикла в трёх направлениях.

Приборы подвергаются и другим испытаниям, их результаты приведены в справочных листках.

Координаты цветности X, Y различных исполнений светодиодов показаны на диаграмме цветности, приведённой на рисунке 7 (исполнения Rank b3, b4, b5, b6, c1, c2). На рисунке 8 показаны спектральные характеристики приборов, на рисунке 9 – диаграмма углового распределения силы света. Следует отметить, что в каталогах фирмы и



Рис. 6. Внешний вид светодиодов серии 183

таблице приводятся некоторые средние (очевидно, основные) значения параметров без учёта исполнений,

**КУПИ** мультиметр Fluke до 30 Июня  
**и ВЫИГРАЙ** скутер, iPad или фотоаппарат,  
а также много других призов от Fluke!

**FLUKE®**



**КАК ПРИНЯТЬ УЧАСТИЕ В АКЦИИ:**

1. Сделайте покупку любого из цифровых мультиметров Fluke 15B, 17B, 18B, или 110-ой серии до 30 июня 2011 года у дистрибьютора Fluke
2. Скачайте купон с интернет сайта [www.fluke.ru/scooter](http://www.fluke.ru/scooter), заполните и вышлите на электронный адрес дистрибьютора, у которого приобрели прибор.
3. Следите за результатами розыгрыша в первую неделю Июля 2011 г.



Реклама

Узнайте подробности на [www.fluke.ru/scooter](http://www.fluke.ru/scooter)

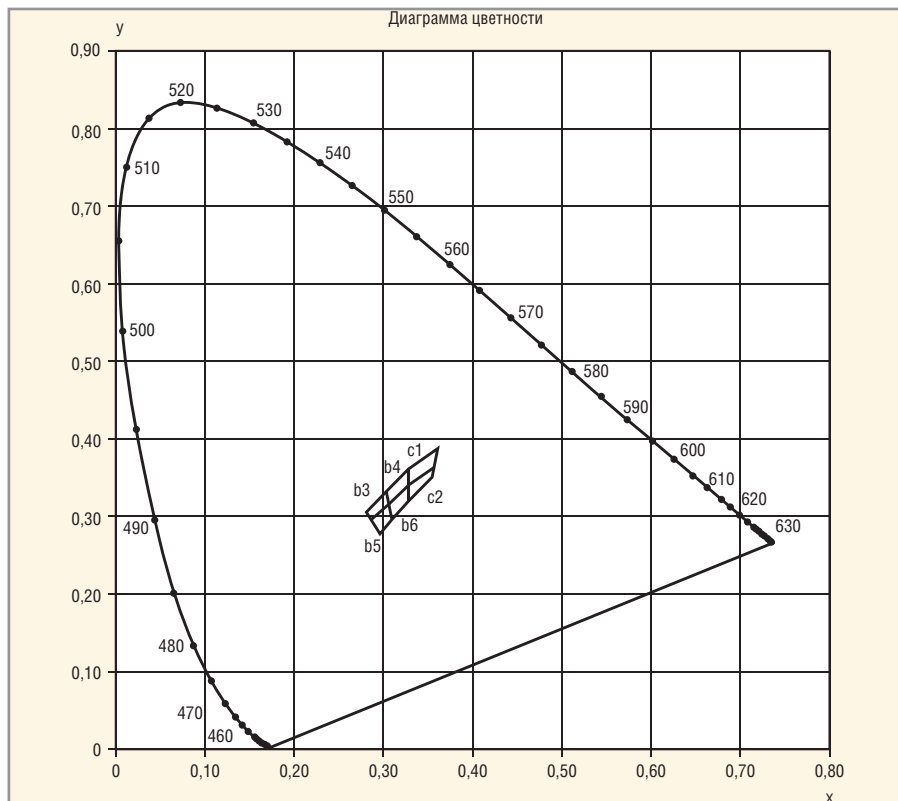


Рис. 7. Положение координат цветности X, Y светодиодов NS6W183 на диаграмме цветности

подробная информация приведена в справочных листах конкретных приборов.

Серия NS6W183T-H1 (наименование в каталоге NS6W183-H1) – белые светодиоды с высоким индексом цве-

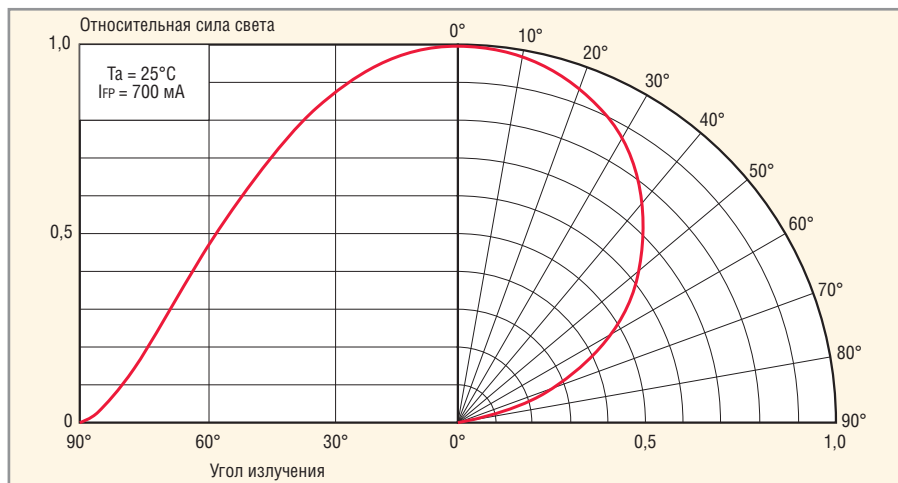


Рис. 9. Диаграмма углового распределения силы света светодиодов NS6W183

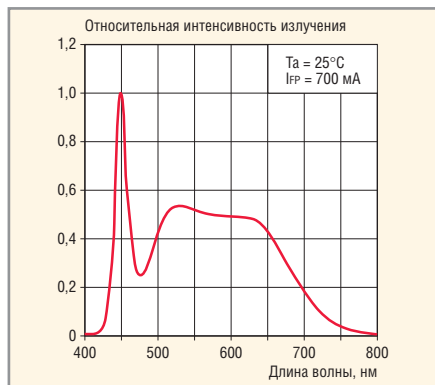


Рис. 10. Спектральная характеристика светодиодов NS6W183-H1

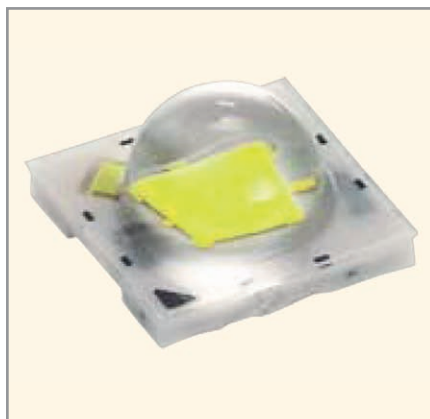


Рис. 11. Внешний вид светодиодов серии 119



Рис. 8. Спектральная характеристика светодиодов NS6W183

топередачи CRI. Предусмотрено три исполнения по цветовым координатам X, Y, пять исполнений по световому потоку, три исполнения по прямому напряжению, основные параметры светодиодов примерно такие же, как у вышерассмотренного прибора, за исключением  $\Phi_V$  (лм) (Rank C170 – 170...185; C155 – 155...170; C140 – 140...155; C125 – 125...140; C110 – 110...125) и цветовых координат X, Y. Индекс цветопередачи CRI приборов не менее 85, типовое значение 92. На рисунке 10 приведена спектральная характеристика прибора. Приборы могут быть использованы для освещения объектов при высококачественных фото- и видеосъёмках.

Серия NCSW119T-H3, наименование в каталоге NCSW119-H3 (внешний вид приборов серии 119 показан на рисунке 11), – белые светодиоды с умеренным индексом цветопередачи. Предусмотрено три исполнения по цветовым координатам X, Y и пять исполнений по световому потоку. Основное назначение приборов – плоскочастотные источники света. Основные параметры приборов:

- световой поток  $\Phi_V$  (лм): Rank B12 – 120...130; B11 – 110...120; B10 – 100...110; B09 – 90...100; B08 – 80...90 (при  $I_{FP} = 350$  мА,  $T = 25^\circ\text{C}$ );
- прямое напряжение  $U_{FP} = 3,3$  В (макс. 3,8 В);
- индекс цветопередачи  $R_a$  – 80 (минимальный 75);
- максимальный прямой ток  $I_F = 700$  мА (импульсный 1 А при  $t_n \leq 10$  мкс, скважности менее 1/10);
- мощность рассеяния  $P_d = 2,66$  Вт (при  $T = 25^\circ\text{C}$ );
- диапазон рабочих температур  $-40...100^\circ\text{C}$ ;

● максимальная температура внутри корпуса 150°C.

Результаты испытаний на надёжность такие же, как и для приборов 183-й серии, спектральная характеристика прибора приведена на рисунке 12. Спектральные характеристики рассмотренных приборов (рисунки 8, 10 и 12) имеют острый максимум на длине волны синего цвета, поэтому можно предположить, что технология получения белого цвета, используемая фирмой Nichia, основана на использовании синих светодиодов с покрытиями (люминофорами) на основе фосфора [5].

*Серия NSSL157T-H3*, наименование в каталоге NSSL157-H3 (внешний вид приборов показан на рисунке 13), – тёплые белые светодиоды с умеренным индексом цветопередачи. Предусмотрено три исполнения по световому потоку и пять исполнений по цветовым координатам X, Y. Назначение – элементы световых приборов в форме ламп накаливания и других светильников. Основные параметры светодиодов:

- световой поток  $\Phi_v$  (лм): Rank P10 – 25,5...30,3; P9 – 21,4...25,5; P8 – 18...21,4 (при  $I_{пр} = 80$  мА,  $T = 25^\circ\text{C}$ );
- прямое напряжение  $U_{пр} = 3,2$  В (макс. 3,6 В);
- индекс цветопередачи  $R_a - 85$  (мин. 75);
- максимальный прямой ток  $I_f = 150$  мА (импульсный 200 мА);
- мощность рассеяния  $P_d = 540$  мВт;
- максимальная температура внутри корпуса 120°C.

Результаты испытаний на надёжность такие же, как у рассмотренных выше приборов. Спектральная характеристика светодиодов приведена на рисунке 14; на ней заметно увеличение уровня зелёных и красных составляющих (в сравнении с рассмотренными приборами).



Рис. 12. Спектральная характеристика светодиодов NCSW119-H3



Рис. 14. Спектральная характеристика светодиодов NSSL157-H3

*Серия NSPWR70CSS-K1*, наименование в каталоге NSPWR70CS-K1 (внешний вид приборов показан на рисунке 15), – белый светодиод со стандартным индексом цветопередачи. Предусмотрено три исполнения по световому потоку и пять исполнений по координатам цветности. Назначение приборов – системы наружного (уличного) освещения.

- Основные параметры светодиодов:
- световой поток  $\Phi_v$ (лм): Rank P9 – 21,4...25,5; P8 – 18...21,4; P7 – 15,1...18 (при  $I_{пр} = 50$  мА,  $T = 25^\circ\text{C}$ );



Рис. 13. Внешний вид светодиодов серии 157

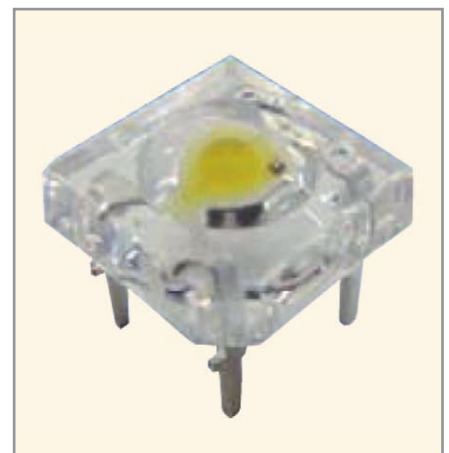


Рис. 15. Внешний вид светодиодов серии NSPWR70

- прямое напряжение  $U_{пр} = 3,1$  В (макс. 3,5 В);
- максимальный прямой ток  $I_f = 60$  мА (импульсный 180 мА);
- мощность рассеяния  $P_d = 210$  мВт;
- максимальная температура внутри корпуса 100°C.

Спектральная характеристика приборов приведена на рисунке 16, в сравнении с характеристиками ранее рассмотренных приборов уровень зелёных и красных составляющих понижен. Следует отметить, что для стандартных (холодных) белых све-



**Электронная Компания  
ЗИП**

**электронные компоненты**

**свыше 5000 наименований**

**на складе**



Тел: +7(495)740-49-80, факс: +7(495)720-51-02, e-mail: info@zip-2002.ru, www.zip-2002.ru

Реклама



Рис. 16. Спектральная характеристика светодиодов NSPWR70CS-K1

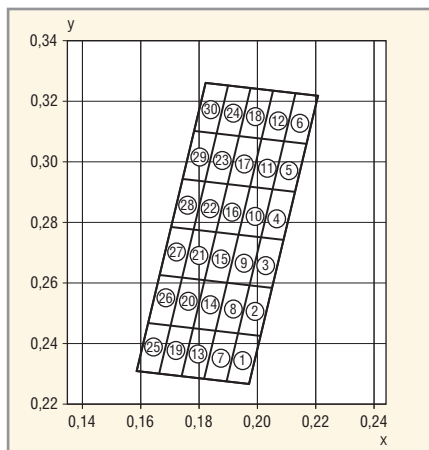


Рис. 17. Расположение координат цветности светодиодов NHSB046-H3 на

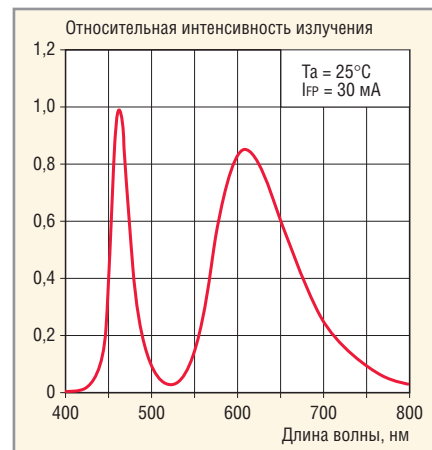


Рис. 18. Спектральная характеристика светодиодов NSPBR70AS-N9

диодов данные о величине индекса цветопередачи в справочных листках ряда приборов фирмы не приводятся.

Серия NHSB046-H3 – миниатюрные синие светодиоды с широкой диаграммой углового распределения силы света. Предусмотрено 30 исполнений по координатам цветности (Rank 3801-3830), как показано на рисунке 17, и три исполнения по силе света. Приборы могут быть использованы для автомобильных приборов и светотехнических устройств, требующих высокоточной цветопередачи. Основные параметры приборов:

- сила света  $I_v$  (мкд): Rank R – 90...125; Q – 63...90; P – 46...63 (при  $I_{пр} = 5$  мА,  $T = 25^\circ\text{C}$ );
- прямое напряжение  $U_{пр} = 2,9$  В (макс. 3,1 В);
- максимальный прямой ток  $I_f = 10$  мА (импульсный 30 мА);
- мощность рассеяния  $P_d = 30$  мВт;
- диапазон рабочих температур  $-40...100^\circ\text{C}$  (температура корпуса не нормируется).

Серия NSPBR70AS-N9 – розовые светодиоды с широкой диаграммой распре-

деления светового потока. Предусмотрено три исполнения по световому потоку и четыре исполнения по цветовым координатам X, Y. Назначение приборов – освещение интерьеров.

Основные параметры:

- световой поток  $\Phi_v$  (лм): Rank Rb – 3,4...4,8; Ra – 2,4...3,4; R1 – 1,7...2,4 (при токе 30 мА);
- прямое напряжение  $U_{пр} = 3,8$  В (макс. 4,2 В);
- максимальный прямой ток  $I_f = 35$  мА (импульсный 100 мА);
- мощность рассеяния  $P_d = 147$  мВт;
- диапазон рабочих температур  $-30...85^\circ\text{C}$ .

Спектральная характеристика приборов приведена на рисунке 18; очевидно, как и при получении белого света, розовый свет формируется из излучения синего светодиода с люминофорами на основе фосфора, ослабляющими зелёные и усиливающими красные составляющие излучения.

Серия NSPW500GS-K1 – белые светодиоды высокой яркости со стандартным индексом цветопередачи.

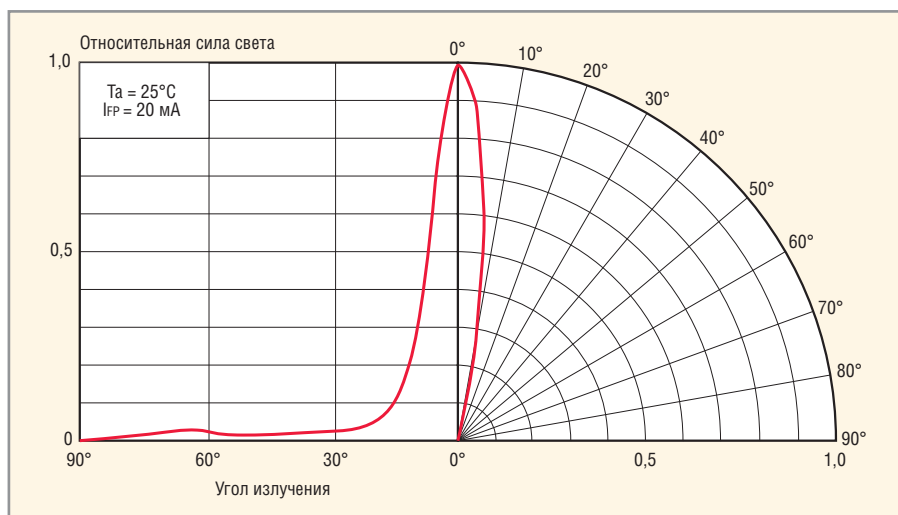


Рис. 19. Диаграмма углового распределения силы света светодиодов NSPW500GS-K1

Прибор выполнен в корпусе лампового типа диаметром 5 мм, встроенная линза обеспечивает узкую диаграмму распределения силы света, показанную на рисунке 19. Предусмотрено четыре исполнения по координатам цветности X, Y и три исполнения по световому потоку. Назначение светодиодов – портативные фонари, софиты и т.п. Основные параметры приборов:

- сила света  $I_v$  (мкд): Rank W – 31 000...44 000; V – 22 000...31 000; U – 15 500...22 000 (при токе 20 мА);
- прямое напряжение  $U_{пр} = 3,1$  В (макс. 3,5 В);
- максимальный прямой ток  $I_f = 30$  мА (импульсный 100 мА);
- мощность рассеяния  $P_d = 105$  мВт;
- диапазон рабочих температур  $-30...85^\circ\text{C}$ .

Полноцветный светодиодный прибор NSSM227T (внешний вид показан на рисунке 20) предназначен для цветных информационных дисплеев, размеры корпуса  $3,2 \times 3,2 \times 1,8$  мм. Прибор представляет собой сборку из трёх независимых светодиодов – синего, зелёного и красного цветов; его основные параметры:

- типовое значение силы света  $I_v$  (мкд): синий – 400; зелёный – 1700; красный – 700 (при  $I_{пр} = 20$  мА);



Рис. 20. Внешний вид приборов серии 227

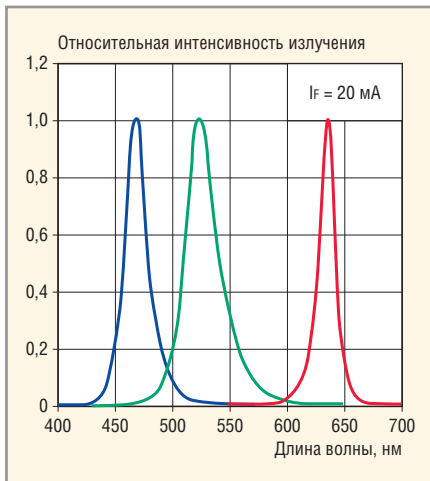


Рис. 21. Спектральные характеристики приборов NSSM227

- прямое напряжение  $U_{пр} = 3,2 \text{ В}$  (синий, зелёный),  $2,1 \text{ В}$  (красный);
- максимальный прямой ток  $I_f = 25/35/50 \text{ мА}$  (синий/зелёный/красный);
- мощность рассеяния  $P_d = 88,7/124/200 \text{ мВт}$ ;
- диапазон рабочих температур  $-30...85^\circ\text{C}$ .

Спектральные характеристики прибора показаны на рисунке 21.

Янтарный светодиод высокой яркости NJSA072AT имеет максимум спектральной характеристики на длине волны  $600 \text{ нм}$ ; предусмотрено четыре исполнения по световому потоку. Назначение – автомобильные устройства. Основные параметры прибора:

- световой поток  $\Phi_v$  (лм): Rank P13 –  $42,8...51$ ; P12 –  $36...42,8$ ; P11 –  $30,3...36$ ; P10 –  $25,5...30,3$  (при  $I_{пр} = 350 \text{ мА}$ );
- прямое напряжение  $U_{пр} = 3,3 \text{ В}$  (макс.  $3,85 \text{ В}$ );
- максимальный прямой ток  $I_f = 450 \text{ мА}$  (импульсный  $900 \text{ мА}$ );
- мощность рассеяния  $P_d = 1,7 \text{ Вт}$ ;
- диапазон рабочих температур  $-40...100^\circ\text{C}$ ;
- максимальная температура внутри корпуса  $150^\circ\text{C}$ .

Сборка белых светодиодов со стандартным индексом цветопередачи NS9W153MT состоит из трёх последовательно соединённых светодиодов. Предусмотрено четыре исполнения по прямому напряжению, пять исполнений по световому потоку и четыре исполнения по координатам

цветности X, Y. Основные параметры приборов:

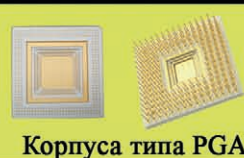
- световой поток  $\Phi_v$  (лм): Rank D360 –  $360...380$ ; D340 –  $340...360$ ; D320 –  $320...340$ ; D300 –  $300...320$ ; D280 –  $280...300$  (при  $I_{пр} = 350 \text{ мА}$ );
- прямое напряжение  $U_{пр}$  (В): Rank H –  $11...11,5$ ; M –  $10,5...11$ ; L –  $10...10,5$ ; K –  $9,5...10$ ;
- максимальный прямой ток  $I_f = 400 \text{ мА}$  (импульсный  $900 \text{ мА}$ );
- мощность рассеяния  $P_d = 4,6 \text{ Вт}$ ;
- диапазон рабочих температур  $-40...100^\circ\text{C}$ ;
- максимальная температура внутри корпуса  $150^\circ\text{C}$ .

#### ЛИТЕРАТУРА

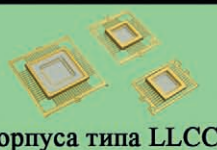
1. [http://ledcommunity.org.ru/links/papers/le\\_dleaders](http://ledcommunity.org.ru/links/papers/le_dleaders).
2. <http://soberminded.livejournal.com/39390.html>.
3. [http://www.nichia.co.jp/en/about\\_nichia/info.html](http://www.nichia.co.jp/en/about_nichia/info.html).
4. [http://www.nichia.co.jp/en/product/led\\_catalogue.html](http://www.nichia.co.jp/en/product/led_catalogue.html).
5. Романова И. Светодиодная промышленность России. Электроника: НТБ. 2010. № 6.



## Госкорпорация «Ростехнологии» ОАО «ЗАВОД ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ»



**Разработка и производство металлокерамических корпусов,  
керамических нагревательных элементов и  
др. изделий из керамики.**



424003, Россия, г. Йошкар-Ола, ул. Суворова, 26  
Факс: (8362) 42-13-39 Тел. (8362) 45-69-00, 45-67-68, 45-70-09  
E-mail: [info@zpp12.ru](mailto:info@zpp12.ru) [Http://www.zpp12.ru](http://www.zpp12.ru)

# Комплекующие для построения проводных линий связи

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

**Александр Самонин (Украина)**

**В статье дан обзор продукции для построения и защиты проводных линий связи производства фирмы Nenshi.**

С первого взгляда, спроектировать и построить проводную линию связи, например, двух объектов, не составляет труда: необходимо проложить нужное количество проводов от источника сигнала к приёмнику, подать достаточный уровень полезного сигнала и наслаждаться успешно установленным соединением. Но в реальной ситуации есть целый ряд вопросов (электрическое сопротивление линии, собственная ёмкость, количество абонентов в линии и т.д.), от решения которых зависит надёжность работы всей проводной сети и устройств, подключённых к ней.

Если такие параметры, как длина проводника, из которого сделана линия связи, его толщина и материал, не нуждаются в дополнительном обсуждении, так как напрямую зависят от применяемого оборудования для передачи и приёма информации по линии, то на собственную ёмкость линии нужно обратить особое внимание. И не просто потому, что она влияет на частотные характеристики проектируемой системы, а, в первую очередь, потому, что провод, из которого состоит линия, является своего рода накопителем наведённой в нем, например, от разрядов молнии, энергии. И нередки случаи, когда такая энергия превышает уровень, допустимый для нормальной работы передатчика или приёмника, что выводит их из строя.

Специализируясь на производстве компонентов для построения, защиты и контроля проводных линий связи, компания Nenshi выпускает продук-

цию высокого качества, применяемую на всех этапах их построения – от проектирования до эксплуатации.

## Кроссировка

Физическое соединение удалённых объектов в проводной сети, как правило, осуществляется кабелем, содержащим большое количество отдельных проводников – каналов. Зачастую эти проводники предназначаются для разных абонентов сети, находящихся в разных частях одного объекта. Так как общий кабель не может быть подведён непосредственно к каждому абоненту (это физически невозможно), то соединение абонентов внутри объекта производится уже другим, более удобным кабелем с меньшим количеством проводников. Следовательно, проводная линия может быть разделена на отдельные участки – локальный и глобальный. Глобальный участок – это общий кабель, соединяющий объекты и заканчивающийся после входа на объект. Локальный участок – это разводка абонентских линий непосредственно внутри объекта. На этом этапе основная задача – обеспечить соединение участков между собой. Для этой цели применяются специальные устройства, называемые кроссовыми плантами (рис. 1).

Кроссовые планты разделяются на три группы:

- с нормально замкнутыми контактами NSA602510D;
- с нормально разомкнутыми контактами NSA602510DO;
- с неразмыкаемыми контактами NSA602310C.

Вид применяемого кроссового планта зависит от назначения конкретной точки соединения проводной линии. Так, например, в случае, если точка соединения предназначена только для соединения двух кабелей между собой, предполагается к установке на проме-

жутке между объектами и не предполагает случаи подключения тестового или оценочного оборудования, применяется неразмыкаемый плант NSA602310C, что сохранит контакт линий при любых механических колебаниях. Если же точка соединения проектируется непосредственно внутри объекта и предполагает доступ контрольного оборудования или подключение защиты, то целесообразно использовать планты NSA602510D или NSA602510DO. Но нужно понимать, что изначально нормально замкнутый плант обеспечивает соединение всех подключённых линий. В случае же подключения к планту измерительного оборудования или магазина защиты, линии будут разъединены, а подключаемый модуль будет включен в образовавшийся разрыв. То есть в плант NSA602510D может быть подключено дополнительное оборудование, но это не является обязательным.

Нормально разомкнутый плант, наоборот, не имеет контакта между линиями до подключения защиты или измерительного прибора, а значит, используется в том месте линии, где не предполагается эксплуатация планта без защиты.

Внешнее исполнение и технические характеристики плантов не отличаются и приведены ниже:

- материал PBT;
- материал контактов – бронза с серебряным покрытием;
- сопротивление изоляции (при нормальных условиях)  $\geq 1000$  МОм;
- сопротивление контактов  $\leq 7$  МОм (при нормальных условиях);
- диэлектрическое напряжение DC 1000 В (AC 700 В);
- усилие вставки контактов 40...75 Н;
- диаметр монтируемого провода 0,4...0,8 мм;
- температура хранения  $-40...+70^\circ\text{C}$ ;
- температура эксплуатации  $-10...+60^\circ\text{C}$ ;
- относительная влажность 95%.

Плант NSA602510D способен соединить десять пар проводных линий и в любой момент получить доступ к нужной линии, разъединить все или несколь-

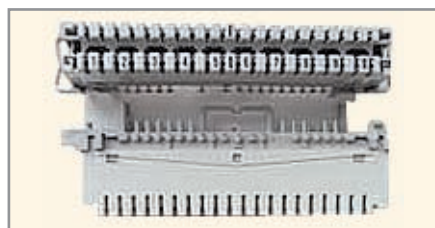


Рис. 1. Кроссовые планты Nenshi

ко линий при помощи специальных размыкающих штекеров: NSA603510 и NSA6034.

В процессе монтажа установка плинтов NSA602510D производится на специальные направляющие скобы NSTD5003 (рис. 2), которые, в свою очередь, монтируются в монтажную коробку. При этом кроссируемый кабель заводится в отверстие монтажной коробки, проходит в отверстие направляющей скобы и заделывается непосредственно в плинт при помощи универсального инструмента с фиксатором режущего устройства – NSNT12002 (рис. 3).

### ЗАЩИТА ЛИНИИ ОТ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЯ

Избыток напряжения в линии может возникнуть как вследствие накопленного статического заряда, так и в результате ошибочно поданного в линию напряжения высокого уровня, – и то, и другое может привести к выводу из строя подключенного к линии оборудования. Для защиты каждой отдельной линии служит магазин первичной защиты NSA6019103E (рис. 4). Магазин

защиты представляет собой комплект из десяти газовых разрядников, по одному разряднику на одну пару линий, установленных в специальную обойму, для непосредственного монтажа в кроссовый плинт NSA602510D. Работа NSA6019103E основана на способности инертного газа, находящегося внутри разрядника, при превышении определённого уровня приложенного напряжения обеспечивать электрической пробой. Таким образом, если уровень напряжения в любой линии превысит номинальный, произойдёт электрический пробой внутри разрядника, что обеспечит просадку напряжения.

Стоит заметить, что газовые разрядники, входящие в комплект магазина первичной защиты, имеют встроенную защиту по температуре, необходимую при работе прибора на напряжениях, близких к номинальному значению продолжительное время.

Технические характеристики NSA6019103E:

- материал PBT;
- размеры 113 × 22 × 42 мм;
- напряжение пробоя газовых разрядников 230 В;

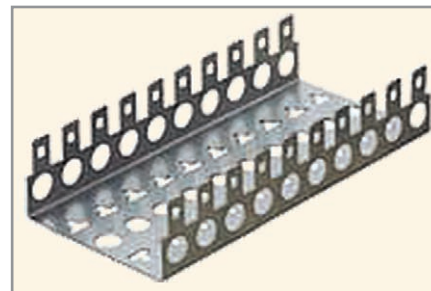


Рис. 2. Направляющие скобы NSTD5003



Рис. 3. Фиксатор режущего устройства NSNT12002

- сопротивление изоляции  $\geq 1000$  МОм (при нормальных условиях);
- сопротивление контактов  $\leq 7$  мОм (при нормальных условиях);
- диэлектрическое напряжение DC 1000 В (AC 700 В);
- покрытие контактов – серебро;
- температура хранения  $-40...+70^{\circ}\text{C}$ ;
- температура эксплуатации  $-10...+60^{\circ}\text{C}$ ;
- относительная влажность 95%.

# Elitan.ru

ИНТЕРНЕТ МАГАЗИН

**МОСКВА**  
телефон (495)  
**649-84-45**  
Факс 495 646-80-01

**САНКТ-ПЕТЕРБУРГ**  
телефон (812)  
**313-28-33**  
Факс 812 313-28-44

**ИЖЕВСК**  
телефон (3412)  
**50-33-30**  
Факс 3412 51-84-29

**ПРИБОРЫ  
И ИНСТРУМЕНТ**

**ЭЛЕКТРОННЫЕ  
КОМПОНЕНТЫ**

**КОМПЬЮТЕРНЫЕ  
КОМПЛЕКТУЮЩИЕ**

**1 000 000 товаров от 999 изготовителей**

- Минимальный заказ не ограничен
- 12 способов доставки по России и за рубеж
- Удобная система оплаты:  
Банк, VISA, MasterCard, Webmoney, ЯндексДеньги, RBK Money.
- Ежедневное обновление склада
- Отслеживание состояния заказа через сайт



info@elitan.ru    www.elitan.ru





Рис. 4. Магазин первичной защиты NSA6019103E

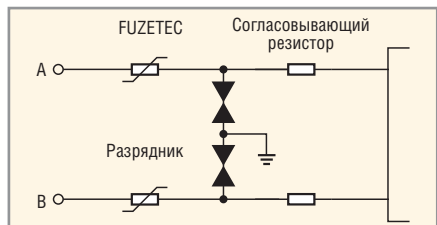


Рис. 5. Схема построения комплексной защиты входных цепей и цепей питания

### ЗАЩИТА ВХОДНЫХ ЦЕПЕЙ УСТРОЙСТВ

Следующим этапом построения надёжной проводной сети является защита устройств, подключенных к этой сети. Ввиду того что входные и выходные цепи устройства гальванически связаны с проводной линией, они наиболее подвержены повреждению. И может случиться так, что перед срабатыванием первичной защиты линии (порог срабатывания которой составляет 230 В) защищать будет уже нечего. Схемных решений для построения комплексной защиты входных цепей и цепей питания устройств в разных источниках приводится огромное количество. Наиболее простое из них показано на рис. 5.

В данной схеме применён трёхэлектродный газовый разрядник серии NS3R производства Nenshi. Напряжение пробоя разрядника выбирается конструктором в зависимости от конкретной цепи и задачи. Защиту по току каждой линии цепи обеспечивает самовосстанавливающийся предохранитель производства Fuzetec, работа которого основана на повышении его внутреннего сопротивления при повышении протекающего тока.

В заключение стоит заметить, что Nenshi – мировой лидер в производстве компонентов и оборудования для проектирования, монтажа, защиты и контроля работоспособности проводных линий и сетей и занимает передовые позиции по качеству и надёжности выпускаемой продукции. Спектр выпускаемой продукции у фирмы Nenshi гораздо шире, чем можно изложить в статье.



## Новости мира News of the World

### Учёные создали два 100-терабитных оптических канала

Думаете, ваш домашний 100-мегабитный доступ в Сеть – это быстро? Две независимые исследовательские группы, недавно покорившие 100-терабитный рубеж, явно убеждены в обратном. Просто для понимания картины: 100 Терабит – это три месяца HD-видео или 250 двухсторонних Blu-ray-дисков. И всё это посредством одного оптоволоконного кабеля.



Методы исследовательских групп несколько разнятся. Команда из принстонских лабораторий NEC рапортовала о передаче 101,7 Терабит/с при помощи 165-км кабеля. Этого удалось достичь, «втиснув» световые импульсы 370 отдельных лазеров, фиксируемых одним приёмником. Каждый лазер излучал свою небольшую часть инфракрасного спектра, при этом каждый импульс состоял из света различной полярности, фазы и частоты.

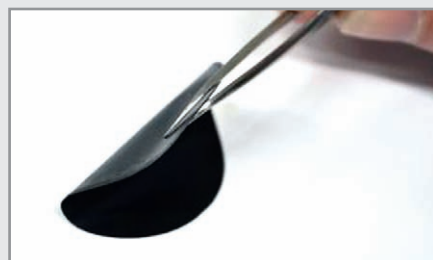
Команда Национального института информационных и коммуникационных технологий Японии использовала несколько другой подход. Они разработали волокно с семью сердцевинами, по каждому из семи каналов которого данные проходят со скоростью 15,6 Терабит/с, что в сумме даёт 109,2 Терабит/с.

Стоит сказать, что оба представленных метода высокоскоростной передачи данных крайне сложны в реализации, поэтому вполне вероятно, что первое время такие решения будут применяться исключительно внутри крупных дата-центров.

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

### Учёные из UTC разработали новый суперпрочный материал из графена

Учёные из Технологического университета Сиднея (UTC) недавно заявили о разработке композиционного материала на



основе графита. Он в 10 раз прочнее стали и при этом тонкий, как бумага.

В работе, недавно опубликованной в журнале «Прикладная физика», исследовательская группа из UTC заявила о разработке графеновой бумаги. Этот материал – революция в автомобильной, авиационной, электротехнической и оптической промышленности.

Бумага выработана на основе графита. Исследователи успешно отделили необработанный графит и с помощью очистки и химической фильтрации получили наноструктурированную конфигурацию, которую затем обработали в тонкие слои.

Множество графеновых нанопластов состоит из монослоя гексагональной углеродной решётки и имеет ламинарную структуру, что даёт исключительные тепловые, электрические и механические свойства.

Использование метода синтеза и термической обработки позволило группе из UTC получить материал с необыкновенной гибкостью и прочностью. По сравнению со сталью, графеновая бумага в шесть раз легче, её плотность в 5–6 раз меньше, она в два раза твёрже и в десять раз прочнее при растяжении, а коэффициент жёсткости при изгибе оказался выше в 13 раз.

Бумага из графена применима в автомобильной и авиационной промышленности. В будущем мы увидим более прочные и лёгкие автомобили и самолёты, использующие меньше топлива, безвредные для окружающей среды и дешёвые для запуска.

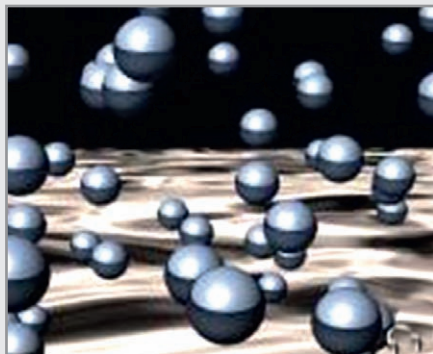
Крупные аэрокосмические компании, такие как Boeing, уже начали заменять углеродные композитные материалы, и графеновая бумага с её несравненными механическими свойствами будет следующим материалом для рассмотрения.

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

### Учёные синтезировали металл, обладающий свойствами ферромагнетика и сверхпроводника

Учёные из Дрезден-Россендорфского центра Гельмгольца (HZDR) и Технологического университета Дрездена (TUD) про-

# Новости мира News of the World Новости мира



вели испытания интерметаллида висмута и никеля. Оказалось, что некоторые материалы могут проявлять два совершенно противоположных качества – сверхпроводимость и ферромагнетизм – одновременно. Подобное явление может обеспечить интересные технологические открытия в будущем.

Под руководством доктора Томаса Хермансдорфера (Thomas Herrmannsdörfer) команда из Лаборатории высокомагнитных полей, HZDR, провела исследования материала, состоящего из висмута и никеля, диаметром всего несколько нанометров. Нигде ранее такой материал ещё не синтезировали. Это стало возможным благодаря новой процедуре химического синтеза при низких температурах, которая была разработана в TUD под руководством профессора Михаэля Рака (Michael Ruck).

«Удивительно, как могут меняться свойства вещества, если удастся получить их в размере наночастиц», – говорит Хермансдорфер.

Существует большое количество материалов, которые становятся сверхпроводниками при сверхнизких температурах. Однако ферромагнетизм обычно подавляет сверхпроводимость. Исследователи из Дрездена проводили эксперименты в сильных магнитных полях при сверхнизких температурах и обнаружили, что наноструктурированные материалы обладают совершенно другими свойствами, нежели образцы больших размеров. Что самое удивительное: соединение обладает свойствами ферромагнетика и сверхпроводника одновременно.

С точки зрения физики, это явление ещё не изучено полностью. «Может быть, висмут-3-никель имеет особый тип сверхпроводимости», – говорит Хермансдорфер. Докторант Ричард Скротски (Richard Skrotzki), сделавший существенный вклад в результаты научных исследований, описывает явление как «комбинация противоположных свойств в единую цепь».

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

## В лаборатории MIT разработана прозрачная солнечная батарея

Новая разработка лаборатории MIT в дальнейшем позволит использовать окна жилых помещений для производства электроэнергии, при этом никак не влияя на их оптические свойства.

Весь секрет в использовании фотоэлементов на основе органических молекул, которые используют энергию инфракрасного излучения и позволяют видимому свету проходить сквозь стекло. Это покрытие на обычные окна сможет обеспечить питанием любые электроприборы, а также снизить затраты на установку.



«На сегодняшний день примерно половина стоимости системы тонкоплёночных солнечных генераторов состоит из затрат на установку, а остальные 50% – это сама панель и конструктивные части», – говорит Владимир Булович (Vladimir Bulovic), профессор электротехники в Департаменте электротехники и компьютерных наук. Но прозрачные фотоэлектрические системы, разработкой которых он занимался совместно с Ричардом Лантом, исследователем из Научно-исследовательской лаборатории электроники, могли бы устранить эти проблемы.

Предыдущие попытки создать прозрачные солнечные батареи либо имели низкий КПД (менее 1% от поступающего солнечного света преобразовывалось в электричество), либо блокировали слишком много света. Но исследователи из MIT сумели найти подходящий химический состав, который в сочетании с отражающими инфракрасное излучение поверхностями даёт высокую проходимость видимого света и КПД, сопоставимый с КПД непрозрачных фотогальванических элементов.

Ещё рано оценивать фактические затраты на нанесение данного покрытия, но цена будет невысокой, поскольку не надо доплачивать за стёкла и рамы, которые и так есть в каждом доме. Фотогальванический материал может быть нанесён на внут-

реннюю часть стекла, таким образом он будет полностью защищён от погоды и других внешних воздействий. Чтобы полностью обеспечить дом энергией, необходимо будет лишь подвести несколько проводов к окну и убедиться в наличии регулятора напряжения.

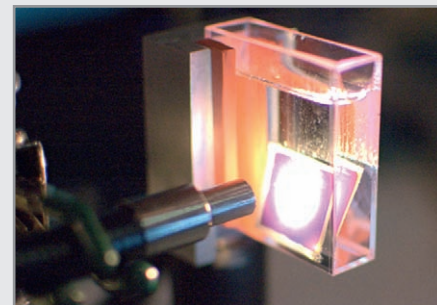
«Это не будет окончательным решением всех государственных проблем с электроэнергией, – говорит Булович, – но эта система – шаг в производстве энергии без выбросов парниковых газов».

<http://web.mit.edu/>

## «Искусственный лист» получает водород с помощью солнечной энергии

Профессор Массачусетского технологического института Дениел Носера и его помощники разработали технологию получения дешёвой и экологически чистой энергии из воды. Рабочий прототип устройства, названного Sun Catalytix, использует солнечную энергию для получения из воды водорода, который может использоваться в качестве высокоэффективного и не загрязняющего окружающую среду топлива.

Экологичность разработки заключается в полной обратимости реакции, происходящей в нём. При разложении воды выделяется водород, используемый в качестве топлива, а также кислород, который потом расходуется при горении водорода. Продуктом горения является вода, безвредная для окружающей среды. Таким образом, солнечная энергия может быть преобразована в более удобную для использования форму.



По словам исследователя, разработка позволит обеспечить источниками бесплатной энергии дома и другие объекты в развивающихся странах. Впрочем, сфера применения Sun Catalytix значительно шире, включая транспортные средства, промышленные предприятия и др. Исследователи получили грант в размере 4 млн. долл. от Агентства по исследованиям в области энергетики, а также финансирование от индийского машиностроительного гиганта Tata.

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

# Создание эффективных каналов управления устройствами GSM/GPRS через Интернет

**Александр Елисеев (г. Вильнюс, Литва)**

**В статье приведён обзор технологий управления через Интернет встраиваемыми устройствами, оборудованными модемами GSM/GPRS. На примерах описаны методы преодоления ограничений, обусловленных межсетевыми экранами и серверами трансляции адресов (NAT).**

Многие разработчики хотели бы эффективно управлять удалёнными устройствами через Интернет. Однако надёжная связь по глобальной сети через десятки маршрутизаторов и сред распространения сигналов является сложной задачей, особенно на больших расстояниях и через границы государств. Технология GSM/GPRS успешно решает проблему покрытия и глобализации управления, но устанавливает ограничения на пропускную способность, способы доступа по протоколу TCP/IP и вынуждает оптимизировать стоимость передачи данных.

Проблемы с протоколом связи TCP/IP или наложение ограничений на его работу вызывают некачественное функционирование или отказы прикладных программ, таких как web-браузеры, FTP-клиенты, почтовые клиенты, Telnet и т.д. И если на настольном компьютере или ноутбуке пользователь может предпринять ряд действий по устранению неполадок, включая смену коммуникационного

канала, переустановку ПО и обращение в сервисный центр, то встраиваемое устройство должно автоматически настроиться для установления связи, не «надеясь» на помощь извне.

Разработчики встраиваемых устройств, естественно, не могут создать более «интеллектуальные» программы, чем работающие на персональных компьютерах, поэтому они вынуждены идти на компромиссы, ограничивающие возможности и выбор используемых технологий связи. Ниже мы опишем некоторые методы реализации интернет-каналов связи поверх GPRS.

## Модемы GPRS

Технология GPRS, как известно, обеспечивает пакетную передачу данных на базе GSM-связи. Сегодня редкий GSM-модем не является одновременно и GPRS-модемом. Эти модемы получили широкое распространение и значительно дешевле модемов, поддерживающих технологии 3G и EDGE. Сети GSM повсеместно предлагают услугу

GPRS, чего нельзя сказать про EDGE и, тем более, 3G. Максимальная пропускная способность канала GPRS составляет 48 Кбит/с.

Модемы GPRS могут иметь встроенный стек протоколов TCP/IP либо прозрачно пропускать трафик TCP/IP. В последнем случае GPRS-модемы используют протокол PPP в качестве контейнера для пакетов TCP/IP. С помощью сервисов встроенного в модем протокола PPP внешние устройства могут получить информацию об IP-адресе, который получил модем от оператора, и IP-адресе шлюза оператора в Интернете.

Адрес, полученный модемом от оператора, может быть либо публичным, либо частным – это зависит от плана подключения для конкретной SIM-карты и особенностей сети оператора. Как правило, адрес назначается из пула частных адресов, если SIM-карта приобретена без дополнительных условий. Частные адреса находятся в трёх диапазонах (в шестнадцатеричном представлении): 0A.xx.xx.xx; AC.1x.xx.xx; C0.A8.xx.xx.

Устройство, имея частный адрес, не может указывать его как адрес отправителя при посылке пакетов в Интернет. Обратный адрес должен быть публичным, иначе до устройства не дойдёт ответ адресата и станет невозможной двухсторонняя связь. Для решения этой проблемы в сети оператора связи существуют специальные серверы трансляции адресов (NAT).

## Трансляторы сетевых адресов

В этом году во всемирной сети закончились свободные публичные IP-адреса, основанные на протоколе IPv4; переход на протокол IPv6 затягивается, но при этом количество клиентов, желающих использовать Интернет как инструмент удалённого управления, непрерывно растёт. Дефицит публичных адресов является серьёзным препятствием на пути развития сервисов управления встраиваемыми устройствами.

На рисунке 1 показана типичная структурная схема сети оператора мо-

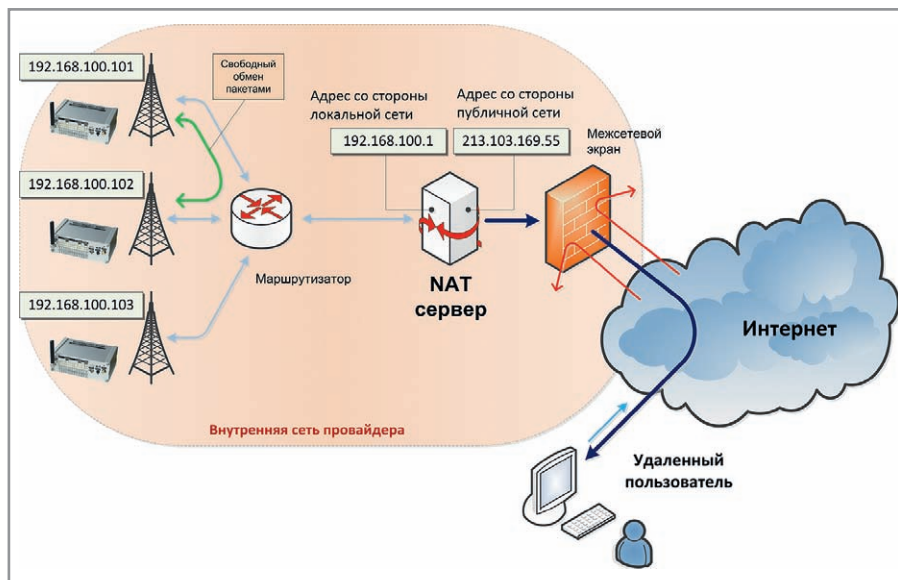


Рис. 1. Структурная схема сети оператора связи

бильной связи с точки зрения внешнего пользователя. Когда оператор выделяет GPRS-модему частный IP-адрес, это означает, что в сети работает сервер NAT, задачей которого является преобразование частных адресов в публичные и обратно при обмене данными между Интернетом и сетью оператора. Целью применения NAT является экономия публичных адресов, поскольку у оператора есть ограниченный пул публичных адресов, а приобрести дополнительные адреса скоро станет практически невозможно. Экономия достигается за счёт того, что публичные адреса назначаются не устройствам в сети оператора, а только серверам NAT. Внутри сети оператора применяются только частные адреса.

Маршрутизатор в сети оператора по адресу назначения определяет, когда IP-пакеты надо направлять серверу NAT, а когда – другим узлом во внутренней сети.

Обычно GPRS-модемы, присоединённые к одной сети оператора и с одинаковым параметром APN (задаётся при установлении соединения), могут общаться между собой беспрепятственно, используя частные адреса. Однако внутренняя сеть оператора может быть поделена на несколько подсетей, и тогда, попав в разные подсети, GPRS-модемы не смогут установить между собой связь по внутренним адресам. Поскольку динамические IP-адреса модемам выделяются случайным образом, то случайным образом может по-

являться возможность соединения модемов между собой по внутренней сети. Поэтому соединение по частным адресам внутри сети оператора не может рассматриваться как универсальный и надёжный канал управления устройствами.

Принцип работы сервера NAT достаточно прост, если рассматривать его на уровне отдельных TCP/IP-соединений. На рисунке 2 проиллюстрирована передача пакета TCP из внутренней сети оператора в Интернет. Пакет содержит IP-заголовок и TCP-заголовок. Сервер NAT заменяет в IP-заголовке обратный частный адрес устройства на свой публичный адрес из пула публичных адресов, находящихся в собственности провайдера. Затем в TCP-заголовке сер-



**Ваши потребности —  
в соцветии наших возможностей**

**Фаворит-ЭК. Нам 5 лет!**

**Комплексные поставки электронных компонентов  
СПЕЦИАЛЬНОГО, ДВОЙНОГО И ОБЩЕГО НАЗНАЧЕНИЯ**

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

**ЭЛЕКТРОННАЯ КОМПАНИЯ  
Фаворит-ЭК  
a FEK company**

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

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

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

Реклама

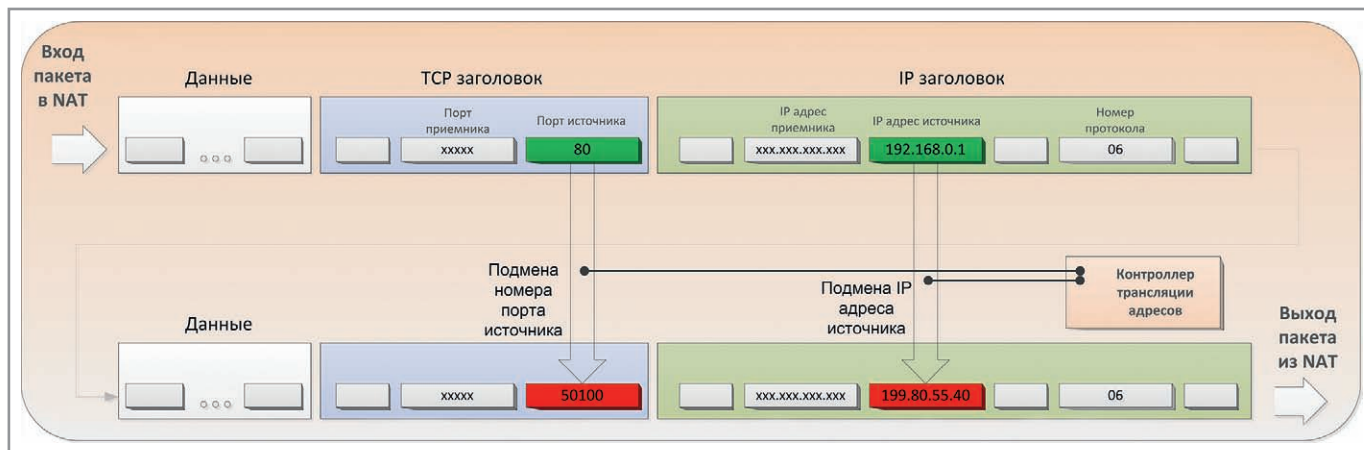


Рис. 2. Принцип работы сервера NAT при передаче пакета TCP в Интернет

вер NAT заменяет номер порта источника на другой, из пула свободных внешних портов для выбранного публичного IP-адреса.

Трансляция внутренних, частных IP-адресов через один публичный во многом становится возможной именно из-за наличия такого атрибута адресации, как номер порта в пакетах TCP. Когда по Интернету приходит ответ от удалённой стороны, серверу NAT достаточно провести обратный поиск в таблице подмен по номеру порта назначения из полученного пакета, чтобы узнать TCP-порт и IP-адрес узла во внутренней сети, которому предназначается пакет. Каждая новая запись в таблице подмен появляется, когда устройство во внутренней сети инициирует связь с удалённым узлом в Интернете. Запись удаляется, если в течение определённого времени не было обмена данными либо после явного разрыва связи узлами. Сервер NAT способен анализировать состояние каждого логического TCP-соединения, проходящего через него, и определять фазы установления и прекращения соединений.

Всё сказанное в равной мере относится и к пакетам UDP, которые также имеют атрибут адресации в виде номера порта. Однако это не означает, что сервер NAT способен пропускать только пакеты TCP и UDP; в других протоколах поверх IP могут быть переданы различные атрибуты, уникально доопределяющие источник во внутренней сети. Например, команда PING протокола ICMP имеет уникальный атрибут Sequence number, который может быть выбран сервером NAT в качестве индекса для построения таблиц трансляции IP-адресов.

Модем GPRS с присвоенным ему частным адресом обязан первым на-

чинать установление связи с другими узлами в Интернете. Инициировать связь в обратном направлении невозможно, поскольку сервер NAT пропускает только пакеты, соответствующие записи трансляции, а на момент попытки установить связь снаружи такой записи не будет. Впрочем, она может присутствовать, если предыдущий сеанс связи не был явно разорван, а первый пакет нового соединения имеет тот же номер порта и адрес IP. Но тогда в игру вступит межсетевой экран оператора, который отслеживает TCP-подключения и может осуществлять жёсткую политику безопасности, не допускающую подобных коллизий.

Итак, сервер NAT – неплохой компромисс для операторов связи, являющийся, однако, серьёзным препятствием на пути использования всего богатства протоколов и сервисов Интернета.

### УПРАВЛЕНИЕ ЧЕРЕЗ КАНАЛ TCP, ИНИЦИИРОВАННЫЙ GPRS-МОДЕМОМ

С учётом наличия NAT, GPRS-модемы всё же имеют возможность устанавливать полнофункциональные TCP-соединения и работать, используя UDP-протокол, хотя и должны всегда первыми начинать сеанс связи. Во-первых, модемы могут свободно посылать и принимать электронную почту, осуществлять просмотр интернет-страниц, могут в пассивном режиме пересылать файлы на FTP-серверы, запрашивать информацию у серверов DNS, серверов точного времени и т.д. Значительно труднее придумать способ, чтобы «добраться» до web- или FTP-сервера на стороне самих модемов, но об этом ниже.

Для управления устройствами через GPRS, наиболее удобно использовать

TCP-соединения, т.к. они гарантируют доставку данных. Использование протокола UDP менее надёжно, поскольку на уровне UDP нет контроля доставки данных, а в сетях GSM потеря пакетов или их недопустимая задержка – явление весьма регулярное. Поскольку модем инициирует соединение, то на удалённой стороне связь с модемом должен поддерживать TCP-сервер с публичным IP-адресом.

Сам по себе протокол TCP ещё не определяет, какие данные, как и когда должны посылаться или приниматься устройством. Этим должно заниматься приложение пользователя на сервере, работающее поверх протокола TCP. Такие приложения обычно создаются под конкретные задачи, и общей схемы не существует. Дело осложняется тем, что клиентом серверов приложений являются простые встраиваемые устройства, не обладающие ресурсами ПК и поэтому не поддерживающие возможности MS .NET Framework, например.

### СИСТЕМА РАСПРЕДЕЛЁННОГО УПРАВЛЕНИЯ ПО GPRS «ПОЛИГОН»

На рисунке 3 представлена реализация системы управления тактическим мобильным полигоном, разработанная в рамках исследования возможностей применения GPRS-связи. Концепция «Полигона» заключалась в том, чтобы его можно было развернуть на любом участке подготовленной местности, покрытой GPRS-связью, в кратчайшее время и гибко управлять из нескольких центров наблюдения, включая офис технической поддержки разработчика, и с мобильных пультов координаторов учений. Высокотехнологичные подъёмники, рассчитанные на автономную работу в дневное и

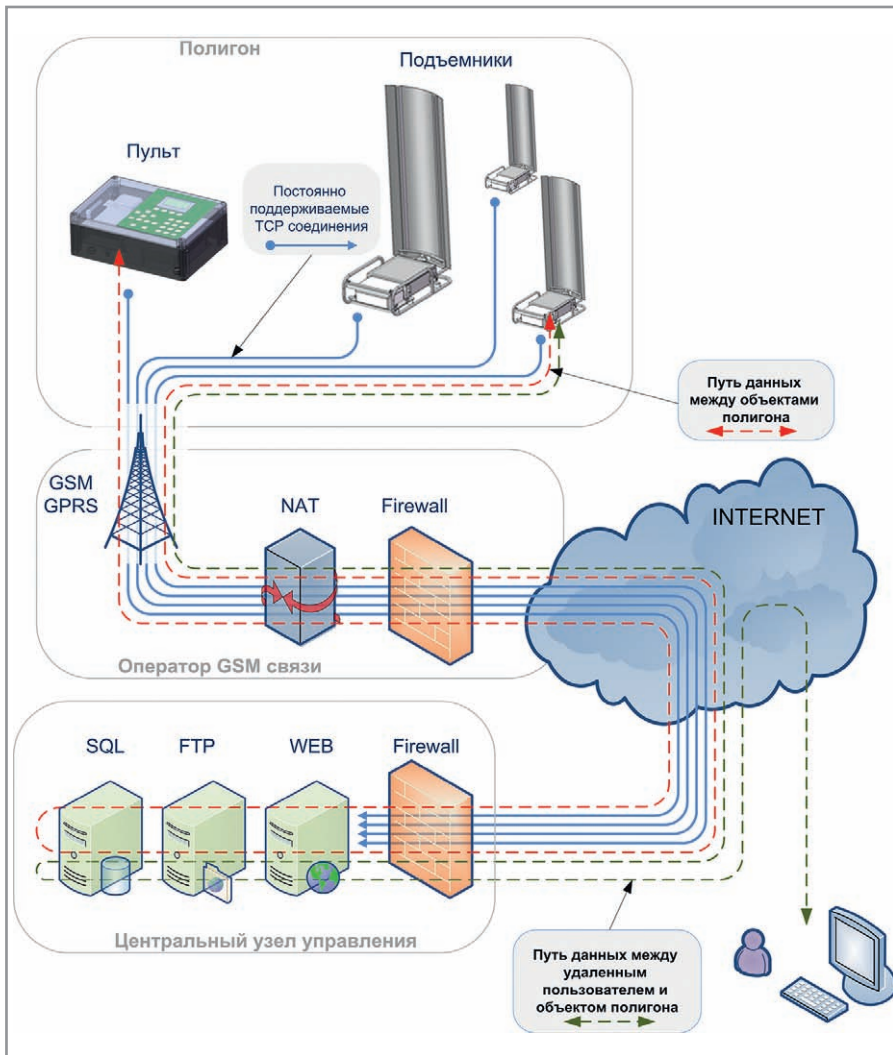


Рис. 3. Система управления «Полигон»

ночное время, со звуковыми и световыми системами имитации огня, с адаптерами автоматической системы определения координат попаданий и направлений обстрела, с возможностью подключения видеокамер и с модулями определения собственных координат требовали универсальных каналов связи для полного использования своих возможностей.

Практика управления подъемниками допускала некоторые задержки реакции подъемников на ручные команды, выдаваемые с пультов операторов. Эти команды в основном инициировали автоматические алгоритмы управления, реализованные в подъемниках. При этом пульта и подъемники соединялись через канал связи GPRS с центральным сервером приложения в офисе, который работал в режиме прослушивания запросов на TCP-подключения от объектов полигона. По требованию сервер открывал соединение и обрабатывал команды, посылаемые объектами. Обработка команд была подчинена биз-

нес-логике приложения. Определённые команды несли данные, предназначенные для сохранения в базе данных на сервере, другие команды транслировались подключенным к серверу объектам по определённым алгоритмам.

Таким образом, через трансляцию команд на сервере пульта могли передавать команды подъемникам, а подъемники – передавать информацию пультам. Маршрутизация в этом случае осуществлялась специально написанным разработчиками «Полигона» приложением. База данных сервера была реализована на основе SQL-сервера и работала в тесном взаимодействии с web-сервером, через который осуществлялся доступ из Интернета к информации о работе системы. Доступ к данным и функциям их анализа был сравнительно прост и универсален для авторизованных пользователей, в частности, для администрации полигона. Доступ мог быть осуществлён как посредством web-браузеров, так и с помощью офисных программ,

## Радиационно-стойкие линейные стабилизаторы с низким падением напряжения



Серия IRUH3301 предназначена для применения в распределённых системах электропитания в качестве стабилизаторов напряжения POL

### Основные характеристики

- небольшое падение напряжения до 0,4 В на проходном транзисторе
- максимальный ток нагрузки 3 А
- входные напряжения 3,3 и 5 В
- выходные напряжения: фиксированные 1,8; 2,5; 3,3 В для моделей с регулировкой до 0,8 В
- защита от перегрузки с отключением и от перегрева, дистанционное включение/выключение
- гарантированное отсутствие одиночных эффектов от воздействия протонов и ионов, значение суммарной дозы превышает 100 крад (Si)

### Применение

аппаратура ракетно-космической техники

International  
**IOR** Rectifier

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ПАРТНЁР  
INTERNATIONAL RECTIFIER HIREL В РОССИИ

реклама

**PROSOFT**<sup>®</sup>  
COMPONENTS

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

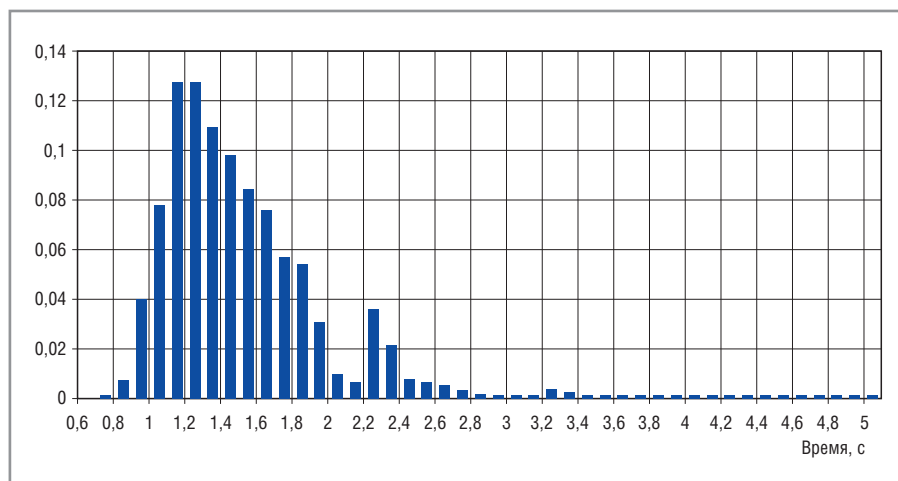


Рис. 4. Нормированная гистограмма распределения времени прохождения пакетов между объектами в системе «Полигон»

поддерживающих связывание с удалёнными SQL-серверами.

После того как мобильные объекты полигона (пульты и подъёмники) устанавливали TCP-соединение с сервером, они не разрывали его в течение всего времени работы, и таким образом создавался симметричный канал обмена асинхронными сообщениями по схеме запрос-ответ.

Чтобы определить задержку передачи команд, обусловленную использованием Интернета, по месту установки системы в течение двух суток проводились замеры с интервалом 1 мин на шести объектах с GPRS-модемами. Результаты распределения задержек показаны на рисунке 4. В сумме было передано 14 073 пакета, из которых 27 пакетов было доставлено с задержкой более 5 с.

Мобильные объекты полигона имели возможность обновлять собственное программное обеспечение путём его скачивания с внешних FTP-серверов. Также объекты сохраняли возможность управления по SMS, однако все действия запускались по команде, пересылаемой через основное TCP-соединение с сервером.

### ВИРТУАЛЬНЫЕ ЧАСТНЫЕ СЕТИ

Приведённая выше схема с использованием сервера удобна при разработке специализированных приложений с достаточно большим бюджетом. Однако при необходимости организации доступа к одному или нескольким устройствам стоимость такого решения становится сдерживающим фактором. Она складывается из необходимости приобретения стандартного пакета серверного ПО (web-сервер, SQL-сервер, FTP-сервер, почтовый сер-

вер и т.д.) и специального сервера приложений. Даже если применять свободное ПО, то остаются расходы на его установку, конфигурирование, поддержание работоспособности и услуги провайдера. Такое решение невозможно предложить частным клиентам ввиду необходимости квалифицированной и, следовательно, дорогой технической поддержки.

В этом случае становится привлекательным использование технологии виртуальных частных сетей (VPN). Эти сети нашли широкое применение на персональных компьютерах для преодоления проблем, связанных с NAT и межсетевыми экранами. По сути VPN – это постоянно поддерживаемое соединение между компьютерами, через которое передаются пакеты всех других соединений, включая IP, TCP и UDP. Такая схема подобна туннелю, созданному на основе протокола IP. Не имеет значения, какая сторона инициировала соединение, – важно, что пакеты этого соединения свободно пропускают серверы NAT и межсетевые экраны, не пытаясь их анализировать и модифицировать.

Технология VPN появилась одновременно с серверами NAT и межсетевыми экранами и была стандартизована, поэтому туннели VPN приобрели специальные номера портов назначения в заголовках TCP/UDP и идентификаторы в заголовке IP, что позволяет легко отличать их пакеты. Сетевое оборудование должно распознавать протоколы VPN, если оно соответствует общепризнанным рекомендациям IETF. Провайдеры мобильной связи в подавляющем числе не блокируют протоколы VPN, следуя правилам остальных сетей, поскольку в противном случае они

могут потерять значительную часть трафика.

Хотя преимущества виртуальных частных сетей известны, перечислим их ещё раз:

- узлы виртуальной частной сети не нуждаются в публичных IP-адресах;
- внутри виртуальной частной сети открыты все порты TCP и UDP и доступны любые конфигурации подключений между узлами;
- первичное IP-подключение, через которое осуществляется туннелирование, применяет шифрование своих данных, защищая передаваемые по туннелю пакеты от несанкционированного просмотра и модификации.

### Протокол PPTP

В настоящее время применяются несколько протоколов VPN, самые известные из которых обозначаются аббревиатурами PPTP (point-to-point tunneling protocol) и L2TP (Layer 2 Tunneling Protocol). Это – два конкурирующих протокола, имеющие сильно различающиеся механизмы работы. Протокол PPTP появился несколько раньше и потому чаще встречается в устаревшем оборудовании. Далее мы будем рассматривать только протокол PPTP ввиду нескольких характеристик, делающих его привлекательным во встраиваемых устройствах.

Во-первых, протокол PPTP реализует повторное использование протокола PPP, который является первичным протоколом при «общении» с GPRS-модемами. Во-вторых, протокол PPTP поддерживают все ПК с операционной системой Windows, начиная с Windows 95. Единственно доступное входящее VPN-подключение в операционных системах Windows XP класса Home edition выполняется именно по протоколу PPTP. В-третьих, протокол PPTP использует алгоритм шифрования RC4, который работает в 3 – 7 раз быстрее алгоритмов, применяющихся в протоколе L2TP (DES3, AES), и быстрее обеспечивает аутентификацию. Скорость и простота – важные факторы во встраиваемых системах.

На рисунке 5 представлены форматы пакетов протокола PPTP. Этот протокол использует пакеты IP для организации двух каналов транспортного уровня: один для управления туннелем и один (GRE) – для передачи данных туннелируемых протоколов. Протокол GRE (общая инкапсуляция марш-

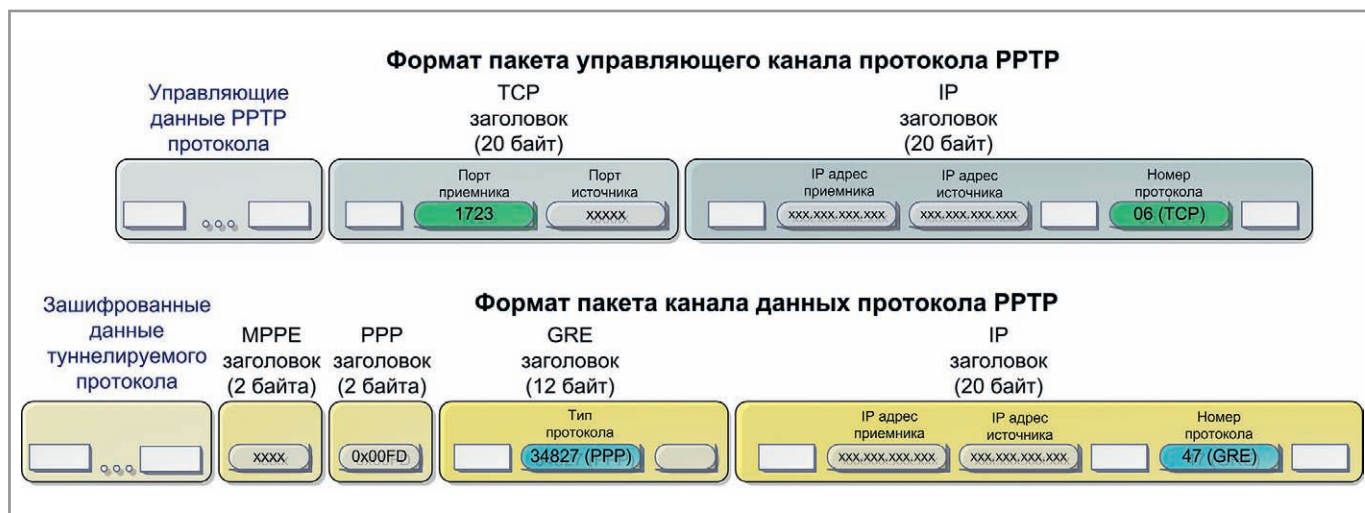


Рис. 5. Форматы пакетов протокола PPTP

рутов) – это протокол, разработанный специально для инкапсуляции пакетов сетевого уровня, т.е. PPP. Сначала протокол PPTP устанавливает с удалённой стороной TCP-соединение, через которое «договаривается» о параметрах туннеля; после достижения договорённости с удалённой стороной начинают передаваться пакеты GRE. Эти пакеты, в свою очередь, переносят пакеты PPP, с помощью которых внутри туннеля

организуется сетевое соединение по какому-либо сетевому протоколу поверх PPP. Схема получается достаточно сложной для восприятия, учитывая, что между PPP и переносимыми им пакетами может присутствовать «прослойка» в виде протокола MPPE, отвечающего за шифрование данных.

Тем не менее, дополнительный объём заголовков, добавляемый протоколом PPTP к первичному IP-потoku дан-

ных, не превышает 36 байт. При максимальной длине IP-пакетов в 1500 байт, дополнительные заголовки занимают не более 2,5%. Если проанализировать типичный пакет данных, отправляемый на web-сервер через туннель PPTP, то мы увидим следующую цепочку вложенных заголовков: PPP → IP → GRE → PPP → MPPE → IP → TCP → HTTP → данные. Обычно всё, что идёт после заголовка MPPE, будет зашифровано.

# НИ БАЙТА ВРАГУ!

**ТВЕРДОТЕЛЬНЫЕ НАКОПИТЕЛИ для ответственных применений**

**Безопасность**

- Быстрое стирание данных QEraser
- Уничтожение данных SErase
- Защита от записи

**Производительность**

- Скорость чтения до 175 Мбайт/с
- Скорость записи до 90 Мбайт/с

**Надёжность**

- Расширенный температурный диапазон -40...+85°C
- Конформное покрытие

**ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР ПРОДУКЦИИ INNO DISK**

**PROSOFT® 20 ЛЕТ** Тел.: (495) 234-0636 • Факс: (495) 234-0640 • E-mail: info@prosoft.ru • Web: www.prosoft.ru

Реклама

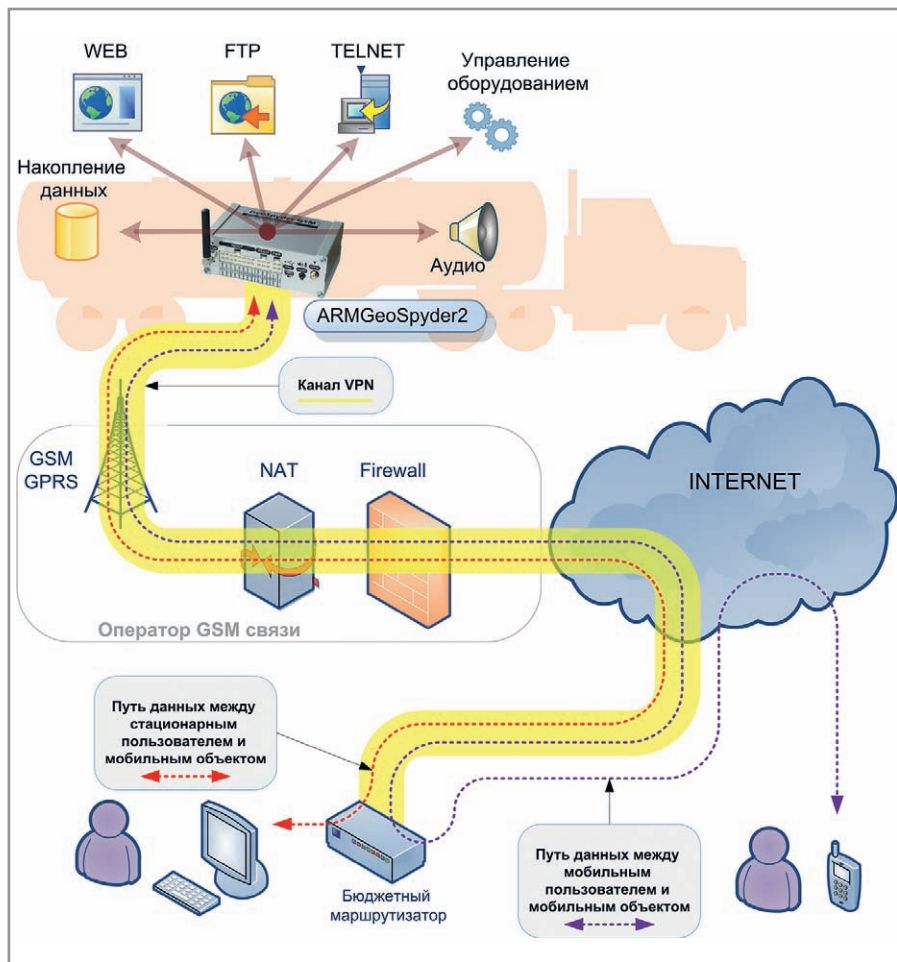


Рис. 6. Схема управления мобильным объектом с использованием VPN

Следует упомянуть о некоторых других особенностях протокола PPTP. По умолчанию, на протяжении существования PPTP-соединения, по управляющему каналу с периодичностью один раз в минуту (в конфигурации Windows) передаются эхо-запросы (размером 56 байт), в ответ на которые противоположная сторона должна отвечать эхо-ответами (размером 60 байт). В результате создаётся дополнительный трафик объёмом около 5 Мб в месяц. Во встраиваемых устройствах с целью экономии интервал эхо-запросов можно увеличить. Протокол PPTP не обязывает использовать шифрование передаваемых данных; его можно отключить в целях отладки, чтобы наблюдать за пакетами, передаваемыми в туннеле.

### СОЗДАНИЕ ВИРТУАЛЬНОЙ ЧАСТНОЙ СЕТИ НА ПРИМЕРЕ ПЛАТЫ ARMGeoSPYDER2

Для использования преимущества VPN необходимо иметь GPRS-модем или модуль, поддерживающий протоколы VPN. GPRS-модули с поддержкой VPN – большая редкость. GPRS-модемы

в составе универсальных маршрутизаторов с функцией VPN можно найти в достаточно большом ассортименте. Но как правило, они плохо адаптированы для мобильных и встраиваемых применений. Их отличает большая потребляемая мощность, отсутствие интеграции с источниками резервного питания, гибких политик экономии трафика, адаптации под сети операторов и роуминг, а также слабый контроль за собственной работоспособностью.

На интернет-странице [www.indemsys.ru](http://www.indemsys.ru) можно ознакомиться с встраиваемыми платами, оборудованными GPRS-модулями, и готовыми устройствами, в значительной степени свободными от перечисленных выше недостатков. На рисунке 6 изображена схема управления платой ARMGeoSpyder2 через Интернет. Плата устанавливается на мобильном объекте и выполняет ряд функций по управлению оборудованием, слежению за перемещениями транспортного средства и записи сигналов с бортового оборудования. Ключевое отличие такой схемы связи от схемы, приведённой на рисунке 3, состоит в том, что не требуется соз-

давать центральный узел управления с работающим на нём прикладным приложением и несколькими специализированными серверами. Вместо этого используется только компьютер или недорогой маршрутизатор, подключенный к Интернету и имеющий открытый порт 1723 для протокола PPTP. В данной схеме можно применить обычный домашний компьютер или домашний маршрутизатор с выходом в Интернет через оптоволоконный, xDSL-, телефонный или другой канал.

При подаче питания на плату ARMGeoSpyder2 встроенное ПО платы организует GPRS-подключение по заданному публичному IP-адресу в Интернете (адресу компьютера или маршрутизатора пользователя). Задать или поменять адрес можно заблаговременно, передав на плату конфигурационную команду при помощи SMS. Если соединение установлено, то со стороны платы посылается запрос на установление туннеля PPTP.

На стороне пользователя туннель может устанавливать программа либо на компьютере, либо на маршрутизаторе. Стационарные маршрутизаторы, поддерживающие туннелирование по протоколу PPTP, стоят недорого и повсеместно распространены. В процессе установления PPTP-туннеля плата ARMGeoSpyder2 авторизуется на стороне пользователя с использованием протокола MSCHAP-v2. Далее происходит согласование алгоритмов шифрования. Плата ARMGeoSpyder2 поддерживает шифрование по протоколу MPPE с длиной ключа до 128 бит и сменной ключа при передаче каждого пакета.

Подключение к Интернету с домашнего компьютера, как правило, обеспечивается динамическим публичным IP-адресом, который выделяется при каждом сеансе. В нашем случае это не представляет проблемы, поскольку существуют бесплатные службы в Интернете для связывания динамических IP-адресов с постоянными доменными именами, получаемыми бесплатно на этих сервисах. Такие сервисы называются динамическими серверами DNS. Домашние маршрутизаторы, поддерживающие VPN, обычно поддерживают и функцию взаимодействия с динамическими DNS. Плата ARMGeoSpyder2 может устанавливать туннель как по IP-адресу, так и по доменному имени.

После установления PPTP-тоннеля с платой ARMGeoSpyder2, в локальной сети пользователя появляется виртуальный локальный компьютер с частным IP-адресом. Этот адрес назначается плате ARMGeoSpyder2 из списка, который ранее пользователь ввёл для VPN-подключения на своём компьютере или на маршрутизаторе. Теперь пользователь с домашнего компьютера может свободно обращаться к web- и FTP-серверам на плате ARMGeoSpyder2, организовывать Telnet-подключения, мосты к портам RS-232 платы через Интернет, чтобы управлять другим оборудованием на мобильном объекте. Плата ARMGeoSpyder2 позволяет одновременно управлять двумя портами RS-232 через Интернет, причём в режиме Telnet-сессий, что очень удобно для таких бесплатных программ, как HyperTerminal и TeraTerm.

Для доступа к web-серверу платы ARMGeoSpyder2 из Интернета с других мобильных устройств, таких как смартфоны, планшеты и т.д., пользователю на домашнем компьютере достаточно выполнить несложную конфигурацию по перенаправлению пакетов с определённого внешнего TCP-порта компьютера или маршрутизатора на IP-адрес и номер порта web-сервера платы. Например, для работы с web-сервером платы указать, что с внешнего порта маршрутизатора с номером 8080 данные должны передаваться на IP-адрес 192.168.1.100 и порт 80 во внутренней сети. Здесь предполагается, что адрес 192.168.1.100 выделен плате ARMGeoSpyder2, а порт 80 по умолчанию обслуживается web-сервером платы.

Даже если пользователь не имеет собственного постоянного выхода в Интернет либо свободный доступ в Интернет затруднён межсетевыми экранами, остаётся возможность аренды внешнего сервиса VPN в Интернете. Тогда и пользователь, и плата ARMGeoSpyder2 получают от сторонних организаций доступ по статическому публичному IP-адресу к арендованной виртуальной сети для организации беспрепятственной связи между собой, – за определённую плату.

Таким образом, организация виртуальной частной сети с удалённым устройством по GPRS-каналу позволяет перенести многие сервисы, в частности, web, FTP и Telnet, на само устрой-

ство, избавившись от выделенного сервера приложений в Интернете и связанных с этим расходов.

Устройство на мобильном объекте может напрямую управляться через встроенный web-сервер, как это делается у стационарных встраиваемых устройств. Виртуальный канал расширяет возможности выбора провайдеров GSM-связи, не привязываясь к определённым планам и не приобретая специальных услуг по предоставлению публичных IP-адресов. Кроме то-

го, применяя местные sim-карты, можно отказаться от роуминга. Расширяются возможности резервирования каналов связи, поскольку удалённое устройство может выбирать среди многих VPN-подключений, уведомляя пользователей о смене подключения посредством SMS или e-mail. Обмен данными между пользователями и удалёнными устройствами надёжно защищается от перехвата и модификации, что имеет важное значение в бизнес-процессах.



Чтобы управлять,  
необходимо видеть главное



[www.prosoft.ru/ocd](http://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

**PROSOFT® 20 ЛЕТ**

Тел.: (495) 234-0636 • Факс: (495) 234-0640  
E-mail: [info@prosoft.ru](mailto:info@prosoft.ru) • Web: [www.prosoft.ru](http://www.prosoft.ru)

Реклама

# Новая эра в системе калибровки

Наталья Денисова (Москва)

**Калибраторы серии 3000 английской компании Transmille реализуют новую концепцию калибровки измерительного оборудования. В статье приводятся основные характеристики калибраторов и встраиваемых модулей.**

В современном мире возрастают требования к обеспечению единства измерений и соответствию стандартам качества ISO9000/ISO17025. Всё больше внимания уделяется функциональным возможностям оборудования для калибровки измерительной аппаратуры как в метрологических лабораториях, так и в условиях крупных промышленных предприятий. Кроме приемлемой стоимости, калибраторы должны удовлетворять различным требованиям, включающим высокое качество калибровки и регулярной поверки приборов и изделий в кратчайшие сроки.

На российском рынке с недавних пор появились калибраторы нового поколения производства английской компании Transmille. Эта компания имеет высокую репутацию в области калибраторов благодаря постоянным инновациям, надёжности и законченным решениям, охватывающим средства измерения, программное обеспечение, техническую поддержку, обучение и гарантийное обслуживание.

Компания Transmille предлагает на российском рынке уникальное концептуальное решение – компактные калиб-

раторы серии 3000 (см. рис. 1), которые положили начало новой эре в калибровке. Эти калибраторы (см. таблицу) были разработаны для поддержки быстрого, точного и экономичного выполнения большого объёма работ по калибровке.

## КАЛИБРОВОЧНЫЙ КОМПЛЕКС TRANSMILLE 3000

Предлагаемый комплекс превосходит по функциональным возможностям любой многофункциональный калибратор и имеет возможность калибровки устаревших аналоговых приборов. Современная технология обеспечивает быстрый выход на рабочий режим и портативную конструкцию. Автоматическая калибровка по многим дисциплинам с помощью программного обеспечения ProCal значительно увеличивает производительность калибровки.

В калибраторах серии 3000 применяются самые современные технологии – от температурной стабилизации опорного генератора до высокоточного линейного ЦАП. Малое время вхождения в рабочий режим позволяет приборам серии 3000 быть готовыми к работе, где бы вы ни находились. Комплекс вырабатывает все выходные сигналы, требуемые для калибровки мультиметров, а также дополнительные сигналы для калибровки осциллографов, включая амплитуду, временную развертку, время нарастания и полосу частот 600 МГц.

Серия 3000 позволяет калибровать:

- 7,5-разрядные мультиметры (модель 3010);
- 5,5-разрядные мультиметры (модель 3041);
- 4,5-разрядные мультиметры (модель 3050);
- токовые клещи;
- цифровые осциллографы с рабочей полосой до 600 МГц;
- измерители мощности (ваттметры);
- источники питания;
- тестеры для проверки сопротивления изоляции;
- портативные калибраторы датчиков;
- регистраторы данных;

- высоковольтные пробники;
- частотомеры и таймеры;
- ленточные самописцы и др.

Ниже приведено краткое описание некоторых модулей, подключаемых к калибраторам серии 3000. Широкий выбор внешних дополнительных модулей позволяет настроить калибратор в соответствии с любыми потребностями.

## Модули калибровки осциллографов

Для калибраторов Transmille серии 3000 разработаны три встраиваемых модуля калибровки аналоговых и цифровых запоминающих осциллографов с рабочими полосами частот от 250 до 600 МГц.

Все модули генерируют опорные сигналы, необходимые для калибровки амплитуды, генератора временной развертки и полосы частот, включая коэффициент усиления и линейность характеристик трактов вертикального и горизонтального отклонений. Четырёхканальный коммутируемый тестовый модуль служит для автоматизации процесса калибровки осциллографов (см. рис. 2).

Для калибровки амплитуды калибратор генерирует прецизионный меандр с частотой 1 кГц или выходной сигнал постоянного тока с амплитудой в диапазоне от 2 мВ/дел. до 50 В/дел. с шагом, кратным 1, 2 и 5. С помощью цифрового потенциометра можно задавать отклонение до 10% с шагом 0,01%. Широкий выходной диапазон калибраторов позволяет подавать сигнал с размахом до 300 В.

Генератор временной развертки модуля калибровки осциллографов обеспечивает временные (опорные) сигналы в диапазоне от 2 нс/дел. до 5 с/дел. Цифровое управление позволяет задавать отклонение до 10% с шагом 0,01%. Для калибровки более быстрых разверток используется синусоидальный сигнал, что облегчает визуализацию на осциллографах с ограниченной полосой частот.

Выходной сигнал с временем нарастания фронта порядка 1 нс используется для оценки переходной характеристики цепей ослабления и усилительного тракта осциллографа.

Выровненный (усечённый) сигнал развертки представляет собой непре-



Рис. 1. Калибратор серии 3000

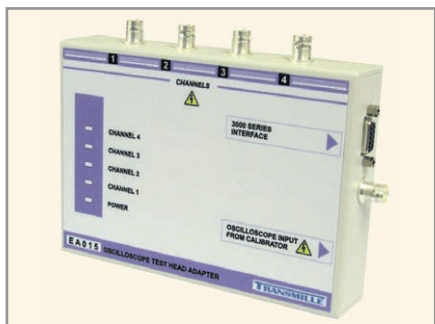


Рис. 2. Четырёхканальный коммутируемый тестовый модуль

Технические характеристики различных моделей калибраторов серии 3000

| Параметр                                   | Диапазон       | Разрешение | Погрешность, ppm | Диапазон        | Разрешение | Погрешность, ppm | Диапазон        | Разрешение | Погрешность, ppm |
|--|----------------|------------|------------------|-----------------|------------|------------------|-----------------|------------|------------------|
|  | 3050           |            |                  | 3041            |            |                  | 3010            |            |                  |
| Постоянное напряжение                      | ±(0...1025) В  | 0,1 мкВ    | 50               | ±(0...1025) В   | 0,1 мкВ    | 25               | ±(0...1025) В   | 10 нВ      | 8                |
| Усилитель «кВ» (EA3024)                    | –              | –          | –                | 1...10 кВ       | 10 мВ      | 0,5%             | 1...10 кВ       | 10 мВ      | 0,5%             |
| Постоянный ток                             | ±(0...20) А    | 100 пА     | 0,01%            | 0...30 А        | 100 пА     | 50               | 0...30 А        | 10 пА      | 50               |
| Адаптер 1 А (EA013)                        | –              | –          | –                | 0...100 мкА     | 0,1 пА     | 200              | 0...100 мкА     | 0,1 пА     | 200              |
| Усилитель тока (EA3012)                    | –              | –          | –                | 10...100 А      | 100 мкА    | 0,08%            | 10...100 А      | 100 мкА    | 0,08%            |
| Переменное напряжение                      | 0...1020 В     | 1 мкВ      | 0,035%           | 0...1020 В      | 1 мкВ      | 0,035%           | 0...1020 В      | 100 нВ     | 150              |
| Частота                                    | 10...100 кГц   | –          | –                | 10...500 кГц    | –          | –                | 10...500 кГц    | –          | –                |
| Усилитель «кВ» (EA3024)                    | –              | –          | –                | 1...кВ          | 10 мВ      | 0,8%             | 1...5 кВ        | 10 мВ      | 0,8%             |
| Переменный ток                             | 0...20 А       | 1 нА       | 0,07%            | 0...30 А        | 1 нА       | 0,06%            | 0...30 А        | 100 пА     | 0,04%            |
| Частота                                    | 10 Гц...10 кГц | –          | –                | 10 Гц...10 кГц  | –          | –                | 10 Гц...10 кГц  | –          | –                |
| Усилитель тока (EA3012)                    | –              | –          | –                | 10...70 А       | 100 мкА    | 0,08%            | 10...70 А       | 100 мкА    | 0,08%            |
| Сопротивление (пассивное)                  | 0...100 МОм    | –          | 0,005%           | 0...1 ГОм       | –          | 40               | 0...1 ГОм       | –          | 40               |
| Сопротивление (активное)                   | –              | –          | –                | 30 Ом...30 МОм  | 100 ppm    | 0,03%            | 30 Ом...30 МОм  | 100 ppm    | 0,03%            |
| Ёмкость (пассивная)                        | 10 нФ...1 мкФ  | –          | 0,4%             | 1 нФ...10 мкФ   | –          | 0,25%            | 1нФ...10 мкФ    | –          | 0,25%            |
| Ёмкость (активная)                         | –              | –          | –                | 100 мкФ...10 мФ | –          | 0,7%             | 100 мкФ...10 мФ | –          | 0,7%             |
| Индуктивность (опция IND)                  | –              | –          | –                | 1 мГн...10 Гн   | –          | 0,50%            | 1 мГн...10 Гн   | –          | 0,50%            |
| Частота (стандарт/заказ)                   | 10...100 МГц   | –          | 20               | 1...100 МГц     | –          | 20/1             | 1...100 МГц     | –          | 20/1             |
| Ширина импульса/<br>Коэффициент заполнения | –              | –          | –                | 10...90%        | –          | 1                | 10...90%        | –          | 1                |

рывно изменяющийся выходной сигнал с частотой от 5 до 620 МГц. Дополнительный опорный сигнал с частотой 50 кГц позволяет задавать (растянуть) с помощью органов управления осциллографа вертикальное отклонение (амплитуду) сигнала в пределах 6 делений координатной сетки дисплея.

**Модули калибровки измерителей мощности**

Три встраиваемых модуля позволяют калибровать измерители электрической мощности (Вт и ВА), входящие в состав измерителей мощности, анализаторов мощности/гармоник мощности и токовых клещей. Модули поз-

воляют формировать одновременные выходы напряжения и тока с регулируемым фазовым сдвигом между ними.

Калибратор формирует заданные выходные напряжение до 1025 В и ток до 30 А без использования дополнительных усилителей. Калибраторы серии 3000 осуществляют динамический





## КАЛИБРАТОРЫ СЕРИИ 3000

3 МОДИФИКАЦИИ С РАЗЛИЧНЫМИ КЛАССАМИ ТОЧНОСТИ ОТ 8 ДО 50 PPM

**ИЗМЕРЯЕТ:**

- НАПРЯЖЕНИЕ АС/ДС ОТ 0 ДО 1025 В (ОПЦИЯ ДО 10 КВ)
- СОПРОТИВЛЕНИЕ ОТ 0 ДО 1 ГОМ
- ИНДУКТИВНОСТЬ ОТ 1 МГН ДО 10 ГН
- ЕМКОСТЬ ОТ 1 НФ ДО 1 МФ
- ТОК АС/ДС ОТ 0 ДО 30 А
- ЧАСТОТА ОТ 10 ГЦ ДО 10 МГЦ
- И ДРУГИЕ

**КАЛИБРУЕТ:**

- ОСЦИЛЛОГРАФЫ
- ЧАСТОТОМЕРЫ
- МУЛЬТИМЕТРЫ
- ИЗМЕРИТЕЛИ ЕМКОСТИ
- ИЗМЕРИТЕЛИ МОЩНОСТИ
- ФАЗОМЕТРЫ
- ТАХОМЕТРЫ
- И ПРОЧЕЕ

**ПРЕВОСХОДНЫЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ:**

- ШИРОКИЙ ВЫБОР ВСТРАИВАЕМЫХ И ВНЕШНИХ МОДУЛЕЙ И ОПЦИЙ, ПОЗВОЛЯЮЩИХ РАСШИРИТЬ ДИАПАЗОН ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПРИБОРА
- ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В ЛАБОРАТОРНЫХ И В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ УСЛОВИЯХ
- 3-Х ЛЕТНИЙ ГАРАНТИЙНЫЙ СРОК



125480, Г. МОСКВА, УЛ. ГЕРОЕВ ПАНФИЛОВЦЕВ, Д. 24, ОФ. 718  
 Тел.: (495) 225-67-37, E-MAIL: TESTPRIBOR@TEST-EXPERT.RU  
 HTTP://TESTPRIBOR.PF



Рис. 3. Многоцелевая рабочая станция

контроль фазового сдвига между током и напряжением, устраняя возможные погрешности из-за ёмкостных или индуктивных нагрузок при использовании токовых катушек. Расширение диапазона калибруемых нагрузок при помощи внешней 2-/10-/50-витковой токовой катушки позволяет получить выходной ток до 1500 А или мощность 1,5 МВт (1500 А × 1000 В).

**Калибровка анализаторов гармоник электрической мощности с программируемой формой волны выходного сигнала**

Калибровка позволяет формировать сигналы с заданными гармониками для работы с измерителями и анализаторами гармоник электрической мощности. Модуль уже содержит пять фиксированных типов сигналов, а также позволяет загружать с ПК задаваемые пользователем формы сигнала с требуемым гармоническим содержанием для последующего формирования выходных сигналов.

**Калибровка электросчётчиков мощности**

С помощью программных средств оператор может задать требуемые напряжение, ток, частоту, фазовый угол, время, количество витков токовой катушки, реализуя тем самым простую калибровку счётчиков и измерителей потребляемой электроэнергии (кВт/час).

**Модуль для калибровки индуктивных нагрузок**

Этот встраиваемый и простой в эксплуатации модуль расширяет диапазон возможных нагрузок калибраторов серии 3000. С его помощью можно калибровать измерители и мосты, а также мультиметры, имеющие функцию измерения индуктивности. Модуль имеет восемь фиксированных опорных значений индуктивности, включая 19 и 29 мГн, для трёхдиапазонных измерителей, для проверки линейности характеристик в точках, близких к полной шкале.

**Модуль активного сопротивления/ёмкости**

Для получения надёжных результатов независимо от способов измерения, в серии 3000 используются пассивные прецизионные резисторы и ёмкости с калиброванными значениями для подключения по двух- и четырёхпроводным схемам. Использование этих пассивных эталонов обеспечивает высокоточную калибровку мостов переменного тока.

**Внешний адаптер для имитации термопар**

Температурные градиенты и термо-ЭДС, сопровождающие встроенные модули имитации термопар, являются одним из основных источников погрешностей при их калибровке. Для достижения наивысшей точности фирмой Transmille был разработан специальный внешний адаптер. Он позволяет вынести слаботочную электронику, моделирующую реальную термопару, прямо к измерительному входу термометра. Это минимизирует шум и устраняет погрешности от нагретых внутренних схем калибратора.

**Многоцелевая рабочая станция EA015 (для 3041/3010)**

Многоцелевая рабочая станция (см. рис. 3) для калибровки различных типов измерительных устройств снабжена всеми необходимыми для подключения гнездами на передней панели. Адаптеры расширяют функциональные возможности калибратора, которые включают в себя:

- 2-/10-/50-витковую катушку;
- измерение испытательного напряжения и сопротивления изоляции;
- измерение тока (проверки целостности цепей);
- калибровку оптических тахометров;
- имитацию термопар;
- три диапазона измерения напряжения;
- измерение тока до 30 мА;
- кабельную «разводку» выхода к специализированным гнездам для вывода напряжения, слабого и сильного тока.

Платформа EA015 содержит комбинационную токовую катушку, адаптеры имитации термопар и калибровки оптических тахометров, а также источник и измеритель унифицированных сигналов (промышленных калибраторов), обеспечивая высокоэффективную калибровку различных измерительных устройств.

**Токовые клещи**

Встроенная 2-, 10- и 50-витковая комбинационная катушка позволяет калибровать токовые клещи. Сбалансированная конструкция катушки обеспечивает калибровку клещей, использующих обмотку (для измерения переменного тока) и магнитное поле (эффект Холла) для измерения постоянного и переменного тока. Три катушки в одном корпусе дают возможность работать с клещами различных типоразмеров – от рассчитанных на провода диаметром от 10 мм до больших клещей на 2000 А.

**Тестеры сопротивления изоляции**

Платформа позволяет формировать значения сопротивления изоляции до 2 ГОм при напряжении 1000 В и проверять «целостность» электрических цепей до 1 кОм на предусмотренных для этого специальных выходных разъёмах. Измерительные возможности платформы и её интерфейса обеспечивают измерение испытательного напряжения до 1000 В и измерительный ток для проверки электрически замкнутых цепей.

**Промышленные калибраторы датчиков-преобразователей**

Калибраторы датчиков-преобразователей обладают функциями источника/измерителя сигналов, для калибровки которых ранее требовалось несколько опорных источников. В платформе реализованы все необходимые функции для формирования и измерения требуемых сигналов.

**Цифровые термометры**

Цифровые термометры калибруются с помощью встроенного выхода имитации термопар и схемы автоматической компенсации холодного спая термопар.

**Оптические тахометры**

Встроенный светодиодный источник света высокой интенсивности служит для калибровки оптических тахометров.

**Трёхамперный адаптер для калибровки источников питания**

Важные функции для калибровки источников питания:

- измерение выходного напряжения источника питания до 63 В;
- активная токовая нагрузка до 3 А;
- измерение выходного сопротивления;
- подключение к интерфейсу внешних адаптеров калибратора.

Адаптер может измерять выходное напряжение и одновременно созда-

вать прецизионную токовую электронную нагрузку, позволяя калибровать напряжение, ток и даже выходное сопротивление одним компактным устройством. Четырёхпроводная схема подключения (полный мост) обеспечивает высокую точность и воспроизводимость результатов. Адаптер измеряет выходное напряжение источника питания с помощью прецизионного АЦП, встроенного в калибраторы серии 3000.

**60-амперный адаптер для калибровки источников питания**

Адаптер EA3025 позволяет калибровать источники сильных токов, устраняя некоторые проблемы, связанные с измерением сильных выходных токов. Он обеспечивает:

- измерение выходного напряжения до 100 В;
- активную токовую нагрузку до 60 А;
- измерение выходного сопротивления.

Возможно использование адаптера для проверки батарей и ИБП.

**Усилитель переменного/постоянного тока EA3012**

Управляемый напряжением мощный усилитель переменного и постоянного тока с линейными характеристиками, предназначенный для калибраторов серии 3000, обеспечивает:

- эффективную калибровку измерителей сильных токов с погрешностью 0,08%;
- токовых клещей до 2000 А при мощности 50-витковой катушки;
- мощных токовых шунтов и измерителей сильных токов.

При подключении к калибратору серии 3000 с помощью специального разъёма адаптер EA3012 расширяет диапазон выхода до 100 А постоянного и 75 А переменного тока. Более сильные токи можно получить, включив параллельно несколько усилителей EA3012.

Повсеместное использование линейной технологии позволяет обеспечить минимальный уровень выходного шума при абсолютном отсутствии коммутационных выбросов. Выполненная на мощных МОП-транзисторах схема усилителя гарантирует надёжную и стабильную работу даже с индуктивными нагрузками. Долговременная стабильность обеспечивается прецизионными плёночными резисторами и заказным встроенным шунтом.

**Усилитель высокого напряжения постоянного/переменного тока**

Усилитель напряжения EA3024 (см. рис. 4) обеспечивает калибровку высоковольтных щупов и делителей напряжения. Его характеристики:

- выходное постоянное напряжение 1...10 кВ;
- выходное переменное напряжение 1...5 кВ.

**Модули измерения давления**

Модули 3041 и 3010 позволяют калибровать измерители давления, используя для этого один из 17 модулей давления, подключаемых непосредственно к калибратору. Модули давления перекрывают диапазон от 25 мбар до 10 000 бар. Предлагаются также модуль перепада (дифференциального давления) до 5 фунтов/кв. дюйм (352 г/см<sup>2</sup>) и модуль разряжения (вакуума) ±1 бар со следующими функциональными возможностями:

- погрешность до 0,04% (зависит от конкретного модуля);
- поставляемый по заказу нагнетательный/отсасывающий насос;
- прямое подключение к калибратору через интерфейс внешних адаптеров;
- поддержка всех единиц измерения давления.

**Адаптер калибровки динамометрических ключей**

С помощью адаптера EA014 (см. рис. 5) можно калибровать динамометрические ключи. Характеристики адаптера:

- погрешность 0,2%;
- поддержка различных единиц измерения, например, мНм, фут×фунт и др.

Использование внешнего адаптера позволяет калибровать ключи с усилием до 20 Нм.

**Адаптер пикоамперного источника тока**

Этот адаптер – идеальное решение задачи калибровки электрометров со следующими характеристиками:

- прецизионный источник слабых токов вплоть до уровня пикоампер;
- диапазон малых напряжений стабилизированного источника тока при разорванной цепи;
- безопасный при работе на чувствительных входах;
- поставляется в комплекте с ПО «Виртуальная панель управления».

Адаптер источника слабых токов (см. рис. 6) позволяет калибровать электрометры и измерители слабых токов



Рис. 4. Усилитель высокого напряжения



Рис. 5. Адаптер калибровки динамометрических ключей

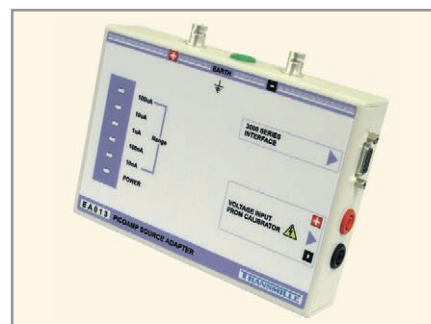


Рис. 6. Пикоамперный источник тока

уровня пикоампер. Оригинальная схема конвертирует прецизионный выходной сигнал напряжения калибратора в ток с малым содержанием шума без применения высоких уровней напряжения и нестабильных резисторов высоких номиналов, – пример революционных разработок Transmille для решения проблем, часто встречающихся в лабораториях калибровки.

**Программные средства калибровки и управления**

Разработанные фирмой Transmille специализированные программные средства ProCal позволяют реализовать комплексное решение задачи калибровки на базе приборов серии 3000. Благодаря уникальным программным средствам, такая система поддерживает работу с большим числом разновидностей эталонов (физических величин), что увеличивает производительность системы в целом.

Программные средства ProCal-Track обеспечивают управление всей метрологической службой, динамически отслеживая процесс поверки на всех этапах с помощью ПК. «Виртуальная панель управления» ProCal повышает производительность калибровки.

# Драйверы МОП-транзисторов и приёмка «5»: всё ли так просто?

Павел Новиков (г. Орёл)

**Что может быть проще, чем разработка драйвера IGBT- и MOSFET-транзисторов? Простенькая логика, развязка, преобразователь, компаратор защиты. Но задача становится непростой, если в разработке должна использоваться элементная база с приёмкой «5».**

На сегодняшний день силовые биполярные и полевые транзисторы с изолированным затвором приобретают всё большую популярность. И если не так давно хорошие силовые транзисторы производились только за рубежом, то сейчас ситуация изменилась – БТИЗ- и МОП-транзисторы производства ВЗПП-С (г. Воронеж), «Ангстрем» (г. Зеленоград) или ФЗМТ (г. Фрязино) мало чем уступают зарубежным аналогам. При этом они имеют неоспоримое преимущество: соответствие требованиям приёмки «5». Учитывая существующую тенденцию к перевооружению ВС, задача использования современных транзисторов с изолированными затворами в аппаратуре специального назначения является актуальной.

В свою очередь, такая задача требует решения сопутствующих проблем. В частности, любым транзистором надо управлять, а значит, необходим драйвер. И если схемы управления, конструктивные особенности и т.п. могут почти не меняться (относительно старой аппаратуры), то от разработки такой новой для многих микросхемы, как драйвер БТИЗ- и МОП-транзисторов, отказаться невозможно. Но так ли просто разработать драйвер отечественной комплектации, да ещё и с приёмкой «5»?

В предлагаемой статье приведён опыт такой разработки. Материал может оказаться полезным разработчикам оборудования специального назначения, в котором задействованы силовые транзисторы с изолированными затворами. Подразумевается, что человек, читающий эту статью, уже знает, что такое драйвер БТИЗ- и МОП-транзисторов и каковы его функции; осведомлён о проблемах, ожидающих его при разработке такого устройства;

знает, как и на какой элементной базе можно создать драйвер с приёмкой «1». Даже если разработчик ранее имел дело с конструированием драйверов специального назначения, быть может, и он узнает что-то новое.

Допустим, требуется разработать стандартный драйвер полумоста, функционально близкий к популярным приборам фирм Semikron или ST Consert. Это означает, что драйвер должен включать в себя следующие узлы:

- входную логику с функциями формирования «мёртвого времени», блокировки управления в режиме аварии и автоматического отключения через определённое время;
- развязку вход/выход с электрической прочностью не менее 4000 В;
- DC/DC-преобразователь;
- оконечный каскад, обеспечивающий необходимый импульсный и средний ток;
- схемы защиты (от превышения и понижения напряжения на затворе, от перенапряжения на переходе коллектор–эмиттер управляемого транзистора, от насыщения).

Кроме того, необходимо определиться с конструктивом драйвера. Само собой, что всё вышперечисленное должно отвечать требованиям приёмки «5». Элементная база для входной логики драйверов с приёмкой ОТК и приёмкой «5» в сущности отличается мало. Выбор логических микросхем специального назначения достаточно широк, и, как правило, проблем с их поставкой не возникает. Если для гражданских драйверов используются триггеры Шмита CD4093 или 74AC132, то для военных это будут 564ТЛ1 и 1564ТЛ3 соответственно. Хотя здесь и есть небольшое отличие: микросхемы CD4093 обладают большим быстродействием, чем 561ТЛ1, поэтому если

отладка опытного варианта драйвера проводилась на CD4093, то на функциональном аналоге динамические характеристики схемы могут не сохраниться. Кроме того, динамические параметры 564ТЛ1 зависят от напряжения питания. Если при напряжении 15 В задержка вход/выход составляет 60...80 нс, то при 5 В она увеличивается до нескольких сотен наносекунд, при этом изменяясь от температуры. С микросхемой 1564ТЛ3 при питании 5 В таких проблем не наблюдается. Отсюда следует, что серию 561 следует использовать, если только питание входной логики составляет 15 В, и уменьшить его никак нельзя. Во всех остальных случаях (и если требуется высокое быстродействие схемы) 1564ТЛ3 предпочтительнее. Справедливости ради следует сказать, что серия 561 надёжнее и эти микросхемы легче приобрести, поэтому если быстродействие не критично, то предпочтение следует отдать 564ТЛ1.

Входная логика обязательно должна включать в себя триггеры Шмита в качестве входных буферов, но все прочие её функции можно реализовать и на других микросхемах. Если для одноканального драйвера, как правило, достаточно одной микросхемы (один корпус 564ТЛ1 или 1564ТЛ3) для выполнения всех логических функций, то для двухканального требуется от трёх до шести таких микросхем, не считая ИС, формирующих «мёртвое время». Объясняется это более сложным алгоритмом работы двухканального драйвера, особенно в аварийном режиме работы, и дополнительными функциями.

Конечно, можно упростить задачу: убрать режим внешнего управления сбросом аварии, не обращать внимания на проскакивающие «некрасивые» импульсы на выходе того канала, который не находится в аварийном режиме, допустить переключение не по передним фронтам, а на любой части управляющего импульса, и т.д. Всё это значительно упрощает входную логику, а значит, снижает трудоёмкость разработки и уменьшает габариты. На час-

татах до 10...20 кГц такие «ослабления» допустимы, но если частота составляет сотни килогерц, то упростить схему уже не получится, в противном случае это обернётся «хроническими» выходами из строя управляемых транзисторов. И если поставлена задача создать драйвер с рабочей частотой до 100 кГц и выше, то габариты схемы существенно увеличиваются.

Выходом из данной ситуации является использование контроллеров, например, 1880BE71 или 1893BE1 производства «Интеграл», г. Минск. Если для одноканальных драйверов использование контроллеров является избыточным, то для двухканальных – практически необходимым. Для разработки устройства на контроллере гораздо сложнее, особенно в топологии. Однако если требуются небольшие габариты драйвера, то отказаться от контроллера не получится.

Допустим, входная логика спроектирована; далее требуется передать логический сигнал с входа на гальванически развязанный выход драйвера. Здесь существуют два варианта: оптическая или трансформаторная развязка. Оп-

тическая развязка по реализации несравнимо проще. Выбор оптоэлектронных пар импортного производства с хорошим быстродействием и прочностью изоляции 4000 В достаточно велик, например, TLP250 или HCPL2201. Однако оптопар с приёмкой «5» просто не существует. Есть приборы либо с хорошей изоляцией, но малым быстродействием, либо с хорошим быстродействием, но с изоляцией, подходящей только для драйверов, используемых в преобразователях на напряжение не более 100 В. К последним относятся, например, микросхема 249ЛП8 или специализированная микросхема управления транзисторами с изолированными затворами 5П158 (обе – производства «Протон», г. Орёл). Микросхемы хорошие, но изоляция у них 500 В; 600 В они уже не выдерживают.

Требуемые габариты драйвера (например, 2005XX1 производства «Электрум АВ», г. Орёл) часто не позволяют использовать трансформаторную развязку из-за её сложности и значительных размеров. В этом случае можно попытаться приобрести отечественные

военные оптопары с изоляцией 4000 В, но это – совсем другая история.

Трансформаторная развязка в смысле элементной базы гораздо проще, но эта простота «компенсируется» сложностью реализации. В простейшем случае трансформаторную развязку можно реализовать следующим образом: подаётся разрешающий сигнал, по которому трансформатор начинает управляться как в обычном DC/DC-преобразователе; на выходе импульсы выпрямляются и сглаживаются, тем самым, непосредственно или косвенно, формируя отпирающий импульс в выходной цепи драйвера. Схема несложная, но с существенным недостатком: её быстродействие составляет в лучшем случае несколько микросекунд, и работать она может на частотах не выше нескольких десятков килогерц, а потому используется очень редко.

Другой вариант – использование трансформатора как части дифференцирующей цепочки, на которой выделяются передний и задний фронты, служащие метками для восстановления сигнала на выходе драйвера. Со-

**ОАО «ВОРОНЕЖСКИЙ ЗАВОД ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ - СБОРКА»**

**ОСНОВНАЯ ВЫПУСКАЕМАЯ ПРОДУКЦИЯ СИЛОВОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ:**

- МОЩНЫЕ ПОЛЕВЫЕ ТРАНЗИСТОРЫ**  
(60...800 В, ДО 45 А);
- МОЩНЫЕ ДИОДЫ ШОТКИ**  
(15...300 В, ДО 30 А);
- МОЩНЫЕ БЫСТРОВОССТАНАВЛИВАЮЩИЕСЯ ДИОДЫ**  
(200...1200 В, ДО 30 А);
- МОДУЛИ ОДНОФАЗНЫХ МОСТОВ**  
(400...600 В, ДО 1...10 А);
- СИЛОВЫЕ МОДУЛИ НА ОСНОВЕ ПОЛЕВЫХ ТРАНЗИСТОРОВ И ДИОДОВ**

**ТЕМПЕРАТУРНЫЙ ДИАПАЗОН -60...+125°C**

**БОЛЕЕ 200 ТИПОМИНАЛОВ,  
РАЗНООБРАЗИЕ КОРПУСНОГО ИСПОЛНЕНИЯ.  
САМАЯ ШИРОКАЯ В РФ НОМЕНКЛАТУРА ИЗДЕЛИЙ  
СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ.**

**Адрес: 394033, г. Воронеж, Ленинский пр-т, д. 119а, ОАО «ВЗПП-С»  
Тел./факс: (4732) 23-69-51, 23-69-16, e-mail: market@vzpp-s.ru, http://www.vzpp-s.ru**

ставными частями такой схемы являются входной формирователь коротких импульсов по переднему и заднему фронту сигнала управления, трансформатор и выходной каскад, восстанавливающий входной сигнал.

Далее появляется выбор: либо использовать логику (триггер), восстанавливающий привычный сигнал (как делает Semikron), либо заряжать/разряжать импульсами с трансформатора ёмкость или даже ёмкости затворов транзисторов оконечного каскада драйвера, если в последнем используются полевые транзисторы (как делает ST Concept). Первый вариант проще в разработке и отладке, но, как и второй, требует больших габаритов. Последнее объясняется тем, что вышеупомянутая схема критична к утечкам и динамическим параметрам используемых в ней компонентов, особенно к коэффициентам усиления биполярных транзисторов и их частотным свойствам, а также ко времени восстановления антипараллельного диода и заряду затвора для полевых транзисторов. Все эти параметры у элементов с приёмкой «5» традиционно хуже, чем у импортных приборов.

Для иллюстрации вышесказанного приведём пример. Требовалось собрать малогабаритную схему управления верхним ключом с трансформаторной развязкой для изделия с приёмкой «5». Схема – что-то вроде тиристора на полевых транзисторах. Для отладки использовались транзисторы IRLML2402, на которых схема заработала быстро и хорошо, после чего они были заменены на близкие по параметрам КП505. В результате мощность импульса заряда затвора значительно снизилась (за счёт потерь на перезаряд затворов транзисторов схем управления), и пришлось увеличивать габариты трансформатора. Из-за слишком большого времени восстановления антипараллельного диода затвор после заряда успевал наполовину разрядиться, – пришлось этот диод исключить и установить быстрый обратный диод. Как следствие, возросло падение напряжения и увеличилась проходная ёмкость цепи заряда затвора. Пришлось домотать вторичную обмотку трансформатора, в результате выброс на включении стал приближаться к 20 В. Пришлось установить стабилитрон, утечки которого разряжали затвор с неприемлемой ско-

ростью. В результате схема более или менее работала, но габариты стали недопустимо большими, и в конечном итоге от неё пришлось отказаться. Это – дополнительное подтверждение того, что даже макетирование изделия с приёмкой «5» надо проводить на отечественной комплектации, иначе придётся переделывать уже собранный прибор.

Следующий этап – изготовление DC/DC-преобразователя. Для управления преобразователем существует огромное количество микросхем импортного и отечественного производства с приёмкой ОТК, например, 1211EY1 – простая и надёжная микросхема в корпусе SO-8. Для приёмки «5» также существуют такие микросхемы, например, 1156EY2 (аналог UC3825), но уже в корпусе внушительных размеров, что не очень удобно. Кроме того, микросхема 1156EY2 требовательна к топологии. Если обратная связь не используется, то печатные дорожки можно заводить как угодно, ничего страшного не будет. Если же обратная связь используется, то необходимо провести широкую землю без петель, чтобы на эту землю не наводились помехи от переключения силовых транзисторов преобразователя; питание также должно быть чистым; вся обвязка должна находиться как можно ближе и т.д.

Самый удобный, точный и надёжный способ – завести обратную связь через оптопару с выходного питания преобразователя. Но, как уже было сказано, такой способ приемлем для драйверов с изоляцией до 500 В, на 4000 В оптопар с приёмкой «5» нет. Выполнить обратную связь на отдельном трансформаторе – очень сложно и ненадёжно. Делать драйвер без какой-либо стабилизации по питанию – неправильно. Конечно, если нагрузка для трансформатора небольшая, т.е. на максимально допустимом выходном токе драйвера напряжение на вторичных обмотках трансформатора не «проседает», и если при этом входное напряжение изменяется незначительно (на проценты от номинального), то можно обойтись и без обратной связи. В такой ситуации колебания выходного напряжения будут вызывать только изменение магнитной проницаемости феррита от температуры, и это будет особенно заметно при температуре  $-60^{\circ}\text{C}$  под нагрузкой, но в любом случае можно уложиться в диапазон

$+12...18\text{ В}$ . Если нагрузка изменяется в широком диапазоне (от десятков мА на холостом ходу до сотен мА на максимальной нагрузке) или драйвер должен обеспечивать свои параметры при разбросе напряжения питания 10% и более в температурном диапазоне  $-60...85^{\circ}\text{C}$ , то без стабилизации напряжения не обойтись. Можно установить линейный стабилизатор на выходе, но этот способ приемлем только для маломощных драйверов, иначе появятся тепловые потери и сопутствующие им проблемы.

Наиболее подходящим способом организации обратной связи в такой ситуации является использование измерительной обмотки на трансформаторе. Минус такого способа – снижение КПД преобразователя (дополнительная нагрузка), но за это мы получаем адекватное, пусть и косвенное, представление о напряжении в выходных цепях драйвера. Использование дополнительной обмотки позволяет избежать гальванически развязанных цепей обратной связи, а значит, избавляет от проблем с отсутствием высоковольтных оптопар и сложностями в организации схемы на трансформаторе. Безусловно, такая обратная связь малоэффективна для отслеживания тока нагрузки, но с этим можно справиться простым увеличением размеров трансформатора, если позволяют габариты.

Отдельно следует обсудить исполнительные элементы, а именно, силовые транзисторы, выпрямительные диоды и собственно трансформатор. Зачастую в гражданских приборах в качестве сердечников трансформаторов используются кольца от фирмы Ercos, и разработчик, взяв «аналогичное» отечественное кольцо, ожидает тех же выходных характеристик. Однако такая замена не проходит бесследно. Кольца Ercos при тех же габаритах и марке феррита выдают в несколько раз большую мощность и нормально работают на гораздо большей частоте, нежели отечественные ферриты. По сути нормальная рабочая частота для отечественных ферритов марок 1500НМ или 2000НМ составляет не более 100...150 кГц без существенных потерь КПД, но лучше, если эта частота лежит в диапазоне 50...80 кГц. Кроме того, отечественные кольца чувствительны к перегреву; при заявленной точке Кюри в  $200^{\circ}\text{C}$ , фактически кольцо (на поверхности)

не должно нагреваться более чем до 90...100°C (в отличие от колец Erco, которые нормально переносят и 150°C), иначе трансформатор начинает насыщаться со всеми вытекающими последствиями. Вообще трансформатор преобразователя не должен нагреваться свыше 40...50°C при нормальных условиях, иначе могут возникнуть проблемы при температуре +85°C. В итоге, если используется сердечник импортного производства, то при переходе на отечественное кольцо его размер должен быть увеличен как минимум до следующего типоразмера с соответствующим уменьшением рабочей частоты.

Существуют сложности и в выборе силовых транзисторов и выпрямительных диодов. Несмотря на довольно большой выбор полевых транзисторов с приёмкой «5», почти все они выпускаются в корпусах ТО-92, даже если их максимальный ток стока составляет всего несколько ампер. Поэтому если требуется ток несколько сотен миллиампер, то использовать такие большие корпуса нецелесообразно. Выход – применять в маломощных драйверах в качестве силовых транзисторов не полевые, а биполярные  $n-p-n$ -транзисторы, включённые по схеме с открытым коллектором. Тем самым и габариты уменьшаются, и проблем с поставками, как правило, не возникает. Если же выходной ток драйвера составляет 0,5 А и выше, то лучше использовать полевые транзисторы с изолированным затвором.

Похожая ситуация наблюдается и с выпрямительными диодами. Конечно, лучше всего использовать диоды Шоттки, выбор которых с приёмкой ОТК весьма широк (например, серии VQ или STQ), да и с приёмкой «5» есть из чего выбрать. Пример – 2ДШ2123Д94 (производство ВЗПП-С, г. Воронеж), аналог 10VQ100; но корпус у наших аналогов значительно больше, что, безусловно, создаёт проблемы при проектировании драйвера малых габаритов. Если выходной ток драйвера невелик (в пределах 100 мА), то вполне подойдут и обычные выпрямительные диоды в металлокерамических корпусах или биполярные транзисторы в диодном включении.

После успешной разработки узлов управления, гальванической развязки и питания, подходит очередь окончательного каскада драйвера. Прежде всего необходимо определиться с типами

транзисторов. Существуют три варианта: комплементарная пара биполярных транзисторов, комплементарная пара ключевых полевых транзисторов, пара  $n$ -канальных полевых транзисторов.

Самый простой вариант – комплементарная пара биполярных транзисторов. Это, во-первых, несложная схема управления, во-вторых, гарантированное отсутствие сквозных токов при переключении, в-третьих, простота реализации плавного выключения в аварийном режиме. Чуть более сложный вариант – комплементарная пара полевых транзисторов. И совсем сложно реализовать схему полноценного полумоста на  $n$ -канальных транзисторах, т.к. здесь требуется гальванически развязанный драйвер верхнего ключа и точное выравнивание задержек на включение и выключение (до нескольких наносекунд) во избежание «ступенек» на фронтах или сквозных токов.

Впрочем, выбор типа окончательного каскада для драйвера с приёмкой «5» обусловлен, скорее, не схемными предпочтениями, а наличием соответствующей комплектации.

Оконечный каскад на биполярных транзисторах подразумевает использование комплементарной пары ( $n-p-n/p-n-p$ ) транзисторов. Несмотря на большой выбор  $n-p-n$ -транзисторов и неплохой выбор транзисторов  $p-n-p$ , комплементарных пар практически нет. Те транзисторы, что указаны в перечне МОП, давно не выпускаются (потеря технологий особенно затронула  $p-n-p$ -транзисторы). Можно, конечно, использовать похожие транзисторы, но это приведёт к искажению формы импульсов, неравномерности токов включения и выключения, температурным разбалансам и т.п. Для драйвера очень хорошо подошли бы составные транзисторы КТ972 и КТ973, но с приёмкой «5» их нет. Тем более отсутствуют комплементарные пары более мощных и быстрых биполярных транзисторов.

И всё же подходящие транзисторы существуют – это 2Т664 и 2Т665 (производство «Кремний-маркетинг», г. Брянск). Это – довольно быстрые транзисторы, хотя и с относительно небольшим максимальным током коллектора и совсем небольшим коэффициентом усиления. Однако эти транзисторы хорошо работают в параллельном включении, и если применить

несколько каскадов предварительных усилителей, то можно получить приемлемые выходные характеристики. В лучшем случае на 2Т664 и 2Т665 можно получить длительность фронтов на холостом ходу около 50 нс и импульсный ток включения/выключения 30...40 А (три каскада на 2Т3130/2Т3129 и 15...20 (!) пар 2Т664/2Т665 в конечном каскаде). Дальнейшее экстенсивное наращивание мощности результатов почти не даёт, и вряд ли на данной комплектации можно получить импульсный ток свыше 40 А. Недостаток такого решения очевиден – большие габариты, хотя простота и, как следствие, надёжность того стоят. Использовать пару 2Т664 и 2Т665 целесообразно, если требуется выходной ток драйвера до 15 А (тогда достаточно одного каскада предусилителя и три параллельные пары). Но если требуется большая мощность, то на биполярные транзисторы ориентироваться не следует.

Оконечный каскад на комплементарной паре полевых транзисторов для драйвера с приёмкой «5» – решение весьма спорное по той простой причине, что выбрать  $p$ -канальный транзистор практически не из чего. С приёмкой «5» представлены транзисторы 2П7209 производства «Транзистор», г. Минск, и несколько приборов от «Ангстрем», г. Зеленоград (воронежские  $p$ -канальные транзисторы находятся на стадии освоения). Особым быстродействием они не отличаются, хотя имеют комплементарные пары. В результате получается драйвер на ток до 40 А, но возникают проблемы организации управления этими транзисторами и плавного выключения. Если же драйвер делается с «чистого листа» и требуется выходной импульсный ток 30 А и выше, то выбор схемы очевиден – полумост на  $n$ -канальных полевых транзисторах с изолированными затворами.

Несмотря на сложность схемы, полумост на  $n$ -канальных полевых транзисторах обладает потенциально лучшими характеристиками по сравнению с вышеописанными вариантами. Конечно, транзисторы с приёмкой «5», обеспечивающие время включения/выключения 10...20 нс, недоступны, но удовлетворительные динамические (фронты в пределе 40 нс) и мощностные (импульсный ток 40...50 А) характеристики получить можно. Транзисторы какого производителя исполь-

зовать лучше – сказать трудно, но, главное, есть выбор.

Силовой транзистор необходимо защитить от различного рода «неприятностей», а именно, от выхода из состояния насыщения, от перенапряжения или недостаточного напряжения на затворе и, по возможности, от превышения напряжения сток–исток (коллектор–эмиттер).

Самая простая задача – защита от недостаточного напряжения на затворе – решается обычным компаратором, контролирующим выходное положительное напряжение питания, и эти схемы, – что с приёмкой ОТК, что с приёмкой «5», – в сущности, не отличаются.

Следующая задача – защита от перенапряжения на затворе. В простейшем случае требуется ограничитель напряжения между затвором и эмиттером (исток). Для драйверов с приёмкой «1» чаще всего используются ограничители типа 1,5KE18 либо стабилитроны (например, VZX55C18), если выбросы на затворе невелики. С приёмкой «5» также можно подобрать похожую комплектацию: 2C518 (НЗПП, г. Новосибирск) или ограничители того же производителя. Единственная сложность – ограничители на мощность 1,5 кВт (в драйверах, используемых в мощных преобразователях, лучше устанавливать мощные ограничители, а не стабилитроны) и на номинальное пробивное напряжение 18 В не существует, как и на напряжение 17...19 В (напряжение ограничения 15 В слишком мало, а 20 В – слишком велико). Впрочем, подобрать необходимое напряжение ограничения можно установкой двух ограничителей последовательно, здесь выбор имеется.

Также не представляет особой сложности защита от перенапряжения сток–исток (коллектор–эмиттер) управляемого транзистора. Конечно, выбор ограничителей для этой цели невелик, но один подходящий прибор всё же доступен, это – 2P236A (НЗПП, г. Новосибирск), небольшой по габаритам, достаточно высоковольтный и довольно быстрый ограничитель, не уступающий 1,5KE300.

Самая сложная задача – организация защиты от перехода транзисторов в линейный режим. Для драйверов с приёмкой ОТК существуют специализированные микросхемы управления транзистором с функцией защиты от

ненасыщения, например, MC33153, целая серия драйверов от International Rectifier или HCPL316, с которой задача построения не очень мощного и быстрого драйвера значительно упрощается. С приёмкой «5» таких микросхем нет, поэтому надо строить схему на дискретных элементах.

В теории всё выглядит очень просто: источник тока и компаратор, выходной сигнал которого блокирует управление, плавно выключает транзистор и подаёт сигнал через соответствующую развязку на входную логику драйвера. На практике всё оказывается сложнее. Проблемы начинаются уже с защитных диодов по цепи коллектора; для гражданских применений выбор очень большой, например, HER108, 1N4007 или диоды серии MUR – малогабаритные диоды средней мощности с быстрым восстановлением на напряжение более 1000 В. С приёмкой «5» подобных диодов нет. Подходящие приборы выпускает ВЗПП-С, г. Воронеж, – 2Д675А94 (400 В, 1 А); другие диоды либо низковольтные, либо слишком мощные, а избыточная мощность в данной схеме только мешает, т.к. на заряд проходной ёмкости диода тратится больше мощности источника тока, а значит, либо требуется упрочнить источник (рост габаритов), либо защита будет обладать низким быстродействием. Для получения обратного напряжения цепи коллектора 2000 В требуется пять диодов 2Д675А94 с размерами корпуса 7,6 × 10,2 мм. Итого площадь платы только под диоды составит около 450 мм<sup>2</sup>, что, конечно, несравнимо с площадью под два диода HER108. Если разработчик не сильно ограничен габаритами, это допустимо.

Другие проблемы в схемотехнике защиты от ненасыщения проявляются, как правило, в процессе отладки. Если драйвер низкочастотный (в пределах десятков килогерц) и быстродействие защиты составляет несколько микросекунд, то сделать правильно работающую схему защиты не так сложно. Если же требуется быстродействие на уровне сотен наносекунд (драйвер на сотни килогерц), то задача усложняется.

Необходимо: убрать «дребезг» при включении и выключении; вычистить помехи до компаратора (избежать ложных срабатываний) и после него, т.к. даже незначительная наводка при срабатывании компаратора, усилен-

ная предусилителем и окончательным каскадом, приводит к очень некрасивой картине на выходе драйвера; избежать «недосрабатывания» защиты, т.е. когда защита срабатывает, но не успевает заблокировать импульсы управления («двоение» импульсов перезапуска); и сделать однозначную задержку срабатывания защиты на пороге включения. Последнее, пожалуй, самое трудное. Если прочие проблемы можно устранить повышением быстродействия схемы или правильной топологией, то с задержкой сложнее: компаратор (и ему подобные схемы) не может срабатывать точно на каком-то напряжении непосредственно после прихода импульса плюс/минус несколько милливольт. Входная ёмкость схемы компаратора, переходные процессы при срабатывании, паразитные составляющие по входу компаратора и т.п. «растягивают» порог срабатывания, поэтому на границе ненасыщения длительность задержки срабатывания защиты всегда будет «плавать». Простое включение в схему обратной связи с выхода компаратора на один из входов этой проблемы не решает, т.к. чтобы эта обратная связь отработала, необходимо, чтобы компаратор уже сработал, а в этом срабатывании и есть проблема. Например, при использовании компаратора 1467СА1 без дополнительных стабилизирующих схем и выходном токе источника 2 мА задержка изменяется от 15 до 3 мкс при напряжении 10...12 В (норма срабатывания 10 В, номинальная задержка 3 мкс). Если эту ситуацию не исправить, то проблемы с представителем заказчика и с требованиями ТЗ наверняка обеспечены. В общем, собрать красиво работающую схему защиты по ненасыщению не так просто, как кажется на первый взгляд, и ещё сложнее, если габариты драйвера сильно ограничены.

Таким образом, у нас есть все составляющие схемы полноценного драйвера. Осталось поместить данную схему в корпус. Инженер-электронщик часто недооценивает конструктивные и технологические проблемы, возникающие при корпусировании разработанной схемы. Драйверов, как импортных, так и отечественных, в металлических или металлокерамических корпусах на отечественном рынке силовой электроники не представлено (за исключением приборов от «Электрум АВ», г. Орёл), и непонятно, зачем такие

корпуса вообще нужны? Действительно, в подавляющем большинстве случаев большого отвода тепла с драйвера не требуется, и следовательно, не требуется радиатора с корпусом. Стойкость платы драйвера к пыли, инею, росе, плесневым грибам и т.п. можно обеспечить покрытием платы соответствующим лаком, поэтому для герметизации корпус не нужен. Однако открытый стеклотекстолит не выдерживает испытаний на спецвоздействия, которые обязательно проводятся для военной аппаратуры.

Кроме того, в драйвере может быть использована комплектация с приёмкой «5», которая сама по себе, без защиты, не выдерживает спецвоздействий (например, вышеупомянутые 2Т664 и 2Т665 в пластмассовых корпусах). Следовательно, плата драйвера должна быть помещена в металлический (металлокерамический) корпус. Конечно, драйвер может использоваться в защищённой аппаратуре, когда всю ответственность за стойкость к спецвоздействиям берёт на себя заказчик. Тогда можно обойтись и открытой платой, но, как правило, заказчик на это не идёт.

Итак, необходимо поместить драйвер в корпус.

**Проблема первая:** корпус. Несмотря на обилие корпусов импортного производства, готовых корпусов с приёмкой «5» нет. Следует рассчитывать на собственную конструкцию, т.е. делать корпус собственными силами либо заказывать у сторонних организаций. Корпус должен быть технологичным, герметичным (разработка и изготовление уплотнителей под крышку, если таковая имеется, – задача не проще и не дешевле, чем разработка самого корпуса) и эргономичным, т.к. подключить кабель к корпусу с различными выступами, креплениями и т.п. – задача сложная.

**Проблема вторая:** ограниченное пространство корпуса. Если выходной средний ток драйвера составляет 100...200 мА, то особый теплоотвод не нужен. Но если требуется большая мощность? На открытой плате даже естественный теплоотвод значительно уменьшает нагрев силовых транзисторов и диодов; в крайнем случае под тепловыделяющий элемент можно поместить металлизированную площадку на плате или установить на корпус транзистора небольшой игольчатый радиатор. В закрытом корпусе естест-

венная вентиляция отсутствует, и вышеупомянутые решения будут практически бесполезны. Элементы, склонные к нагреву, не только не будут охлаждаться, но и будут подогреваться всей схемой. Например, транзистор в корпусе ТО-92, нагревающийся при длительной работе и естественном охлаждении до 50...60°C в закрытом металлическом корпусе объёмом 7...10 см<sup>3</sup>, выходит из строя через 1 ч. Выход – помещать силовые транзисторы DC/DC-преобразователя и транзисторы оконечного каскада непосредственно на корпус с как можно меньшим тепловым сопротивлением (который станет теплоотводом). Это неизбежное решение приводит к другим проблемам, а именно, с изоляцией и ёмкостью.

**Проблема третья:** изоляция схемы от корпуса. Отодвинуть плату драйвера от корпуса, как правило, проблемы не составляет. Другое дело – разместить тепловыделяющие транзисторы на корпусе так, чтобы изоляция радиатор-корпус транзистора была не менее 4000 В. Можно установить транзистор на корпус через слюду с помощью прижима, но тогда тепловое сопротивление транзистор-корпус драйвера может оказаться недопустимо большим, да и конструкция получается не технологичной. Самый надёжный способ как в смысле теплового сопротивления, так и в смысле изоляции, – установка транзисторов на керамику, а керамики, в свою очередь, на корпус. Разумеется, все соединения паяные. Тем самым получается надёжная и функциональная конструкция, аналогичная конструкции силовых модулей. Однако керамику необходимо разработать и сделать (или заказать); необходимо соединение платы драйвера с керамикой, а это существенное усложнение конструкции; необходима корректировка топологии, чтобы элементы, чувствительные к перегреву, не были установлены на нижней стороне платы, т.е. непосредственно над тепловыделяющими транзисторами. Но другого выхода нет.

**Проблема четвёртая:** ёмкость схемы на корпус. Установлен ли транзистор на корпусе через керамику или через слюду, – в любом случае мы получаем две обкладки конденсатора: с одной стороны – корпус драйвера, с другой – корпус транзистора. Ёмкость схемы на корпус не имеет принципиального значения для низкочастот-

ных или низковольтных драйверов, поскольку в таких режимах работы потери на ней будут несущественными. Однако, если драйвер работает в преобразователе на напряжение более 500 В и на частоте от 50 кГц и выше, то потери из-за перезаряда вышеуказанной ёмкости будут значительными. Выход из этой ситуации только один – увеличение расстояния между корпусом драйвера и элементами схемы. Например, керамика с транзисторами толщиной 1,5 мм и площадью 50 см<sup>2</sup>, припаянная непосредственно на корпус, даёт ёмкость около 400 пФ (на частоте 1 кГц); если керамика находится на расстоянии 2,5 мм от корпуса, то ёмкость уменьшается примерно до 50 пФ. Но тогда возникает проблема с теплоотводом, т.к. из-за увеличения расстояния увеличивается и тепловое сопротивление. Наиболее эффективное решение данной проблемы – использование специальной заливки, обладающей малой диэлектрической проницаемостью и хорошими теплопроводными свойствами. Состав этой смеси пусть останется секретом.

**Проблема пятая:** герметизация, которая проявляет все недостатки в установке элементов. Если какой-то элемент установлен слишком высоко или плохо пропаян, он обязательно будет вырван; если провод на трансформаторе зачищен с изломом, провод будет оторван; если под оплёткой провода МГТФ осталась канифоль, он будет поломан и оторван. «Коварство» герметизации проявляется на термоциклировании. Необходимо знать, какой материал использовать. В зависимости от того, что именно защищается и с какими требованиями, должны быть выбраны различные типы герметиков и разная технология их заливки (количество отвердителя, температура застывания и т.д.). Иначе могут получиться пузыри, незалитые участки и, как следствие, проблемы с герметичностью, теплоотводом, изоляцией и надёжностью в целом. Теплопроводные, изоляционные свойства и поведение всех материалов при высокой температуре отличаются, и, залив компоненты схемы теоретически подходящим герметиком, разработчик и технолог рискуют получить ненадёжный и зачастую неремонтопригодный прибор.

**Проблема шестая:** разъёмы. Для подключения входных и выходных

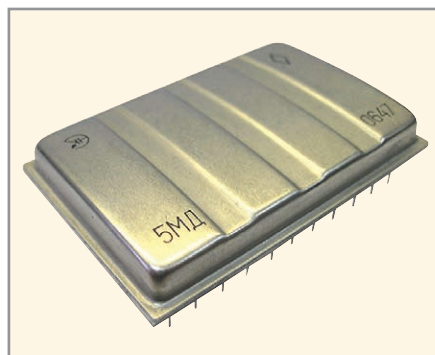


Рис. 1. Внешний вид драйвера 2005XX1

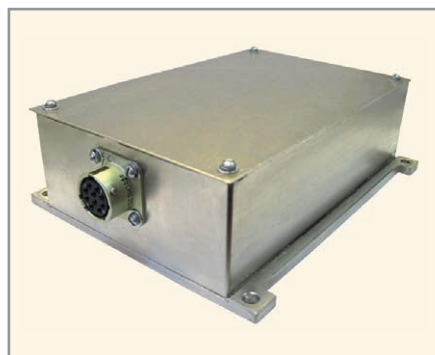


Рис. 2. Внешний вид драйвера 5ДРБ2300П-Б1

цепей драйвера требуются разъёмы, и неприятность заключается в том, что малогабаритных разъёмов с приёмкой «5» с хорошей изоляцией попросту нет. Сложности с изоляцией заключаются либо в винтах крепления разъёма на корпус, которые находятся слишком близко к контактам, либо в близком расположении контактов к металлическому корпусу разъёма.

На изоляцию до 1000 В подходят разъёмы РШ(Г)-2Н или РПММ1; более того, разъём РГ-2Н фактически держит изоляцию и свыше 4000 В, но в его ответной части (РШ-2Н) контакты расположены очень близко к металлическому кожуху, и такой хорошей изоляции не получается. Более или менее держат изоляцию разъёмы СНЦ (фактически пробой происходит при 4200...4300 В) – удобные и надёжные разъёмы, но малогабаритными их назвать нельзя. Также хорошо держат изоляцию разъёмы группы РП, но их габариты мало кого могут устроить. Ещё сложнее с выходными разъёмами. Если импульсный ток драйвера составляет 10...20 А, то можно обойтись разъёмами СНЦ, но если выходной ток драйвера более 30...40 А – необходимы отдельные контакты под пайку. Ни малогабаритные разъёмы, ни резьбовое соединение (впрочем, проходных изоляторов с приёмкой «5» тоже нет) для таких мощностей не подходят. Например, резьбовое соединение М5 на импульсном токе 35 А (длительность импульса 200 нс, частота повторения 200 кГц) даёт сопротивление около 0,2...0,3 Ом. Если выходное сопротивление драйвера составляет 0,85 Ом (30 В/35 А), то на соединении теряется минимум 20% импульсного тока. В итоге получаем 28 А выходного тока вместо 35 А. Но как вывести площадки под пайку с изоляцией на корпус 4000 В и выше? Тут всё решает фантазия конструктора, – готовых решений нет.

*Подведём итоги.* Существуют проблемы с разработкой и изготовлением корпуса, с изоляцией и теплоотводом, взаимной оптимизацией ёмкости и теплового сопротивления, с разъёмами (отсутствуют малогабаритные разъёмы с хорошей изоляцией), с герметизацией, с конструкцией и технологичностью. Образцов для подражания нет, – всё надо придумывать, основываясь на собственном опыте. Недоработки конструкции проявляют себя не сразу, а на второй-третий месяц испытаний на безотказность (последующая деградация одного из кристаллов); проблемы с герметизацией – после десятого термоциклирования, проблемы с изоляцией – после появления трещин в изоляционных материалах через месяцы хранения и т.д. Избежать этого почти невозможно. Именно поэтому решение проблем, связанных с конструкцией и технологией, является самым затратным по времени.

Тем не менее, несмотря на все перечисленные выше проблемы, создать драйверы с приёмкой «5», близкие по параметрам к одним из лучших образцов импортных драйверов, можно. Например, такие, как военные драйверы 2005XX1 (маломощный драйвер, см. рис. 1) или 5ДРБ2300П-Б1 (высокочастотный мощный драйвер, см. рис. 2) от «Электрум АВ», г. Орёл. Сравнить первый драйвер, который разрабатывался уже довольно давно, можно с популярным импортным драйвером 2SD315 от ST Concept. Конечно, сравнение не совсем корректное, т.к. 2SD315 – двухканальный драйвер со встроенным DC/DC-преобразователем, в то время как 2005XX1 – драйвер одноканальный и собственного DC/DC-преобразователя не имеет. Тем не менее, идеологически – это очень близкие приборы. Второй драйвер будем сравнивать с самым мощным и быстрым на сегодняшний день серийным драйвером 1SC2060 той же фирмы ST Concept.

Как видно из таблицы, отечественные драйверы с приёмкой «5» уступают зарубежным драйверам, но их характеристики вполне сопоставимы даже в сравнении с лучшими образцами лучшего в мире производителя. На фоне аналогичных приборов Semikron отечественные драйверы смотрелись бы ещё лучше.

В заключение следует отметить, что прогресс не стоит на месте. За рубежом появляется второе поколение драйверов, в России – более или менее быстрые полевые транзисторы и неплохие контроллеры с приёмкой «5». Военный драйвер БТИЗ- или МОП-транзисторов – прибор не такой простой, как кажется на первый взгляд. Несмотря на все расчёты, затраты времени на разработку оказываются гораздо больше, чем предполагалось. По мере приобретения опыта проясняется реальное положение вещей. Главное – не взяться за разработку драйвера под заказчика, пока не выяснены все проблемы.

© СТА-ПРЕСС

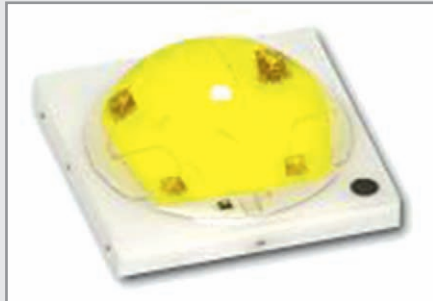
**Сравнение выходных параметров отечественных драйверов с приёмкой «5» и драйверов ST Concept**

| Параметр  | 2SD315                 | 2005XX1               | 1SC2060               | 5ДРБ2300              |
|---|------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Максимальное напряжение коллектор–эмиттер управляемого транзистора, В     | 1700                   | 1700                  | 1700                  | 1700                  |
| Выходные напряжения высокого и низкого уровня, В                          | +15/-15                | +18/-7                | +15/-10               | +15/-15               |
| Быстродействие защиты по насыщению (задержка срабатывания), не менее, мкс | 4,9                    | 1                     | 1,2                   | 0,5                   |
| Максимальная частота коммутации, кГц                                      | 100                    | 100                   | 500                   | 500                   |
| Длительность фронтов по включению и выключению, нс                        | 100/80<br>39 нФ/5,6 Ом | 130/140<br>20 нФ/1 Ом | 10/15<br>без нагрузки | 60/40<br>без нагрузки |
| Выходной импульсный ток, А  | +15/-15                | +15/-14               | +60/-60               | +35/-38               |
| Максимальный ток потребления, А (максимальная средняя мощность)           | 0,23<br>(один канал)   | 0,25                  | 2,1                   | 3,3                   |

Новости мира News of the World Новости мира

**Светодиод мощностью 1 Вт**

Фирма Seoul Semiconductor представляет новый светодиод серии Z-Power. Z4 является светодиодом мощностью 1 Вт и может использоваться как средство освещения высокой яркости и как замена лю-

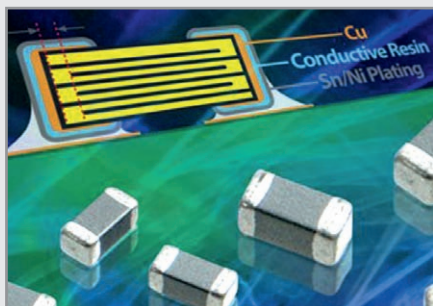


минесцентной лампы MR-16. Светодиод предлагается в вариантах с тёплым и холодным белым свечением. Эффективность светодиода составляет 100 лм/Вт, светотдача 100 лм, индекс цветопередачи более 85. Светодиод Z4 с силиконовой линзой обладает высокой надёжностью и теплозащитой, предотвращающей потери энергии при высоких температурах.

[www.acriche.com](http://www.acriche.com)

**Конденсаторы выдерживают механические напряжения**

Фирма Murata анонсировала монолитные керамические конденсаторы серии GCJ. Элементы сконструированы так, что выдерживают изгиб и вибрационные воздействия, а также температурные условия, характерные для моторного отсека автомобилей. В соответствии с требованиями автомобильного рынка о недопустимости возникновения короткого замыкания из-за выхода конденсатора из строя, Murata обеспечила свои керамические конденсаторы так называемым мягким подключением.



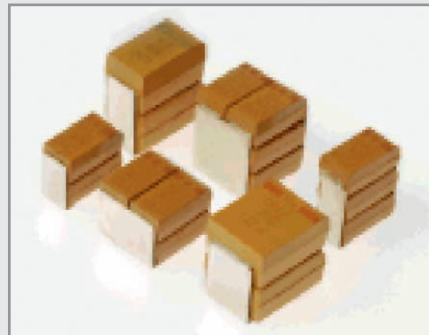
В этой концепции используется токопроводящая смола к внешним электродам, за счёт чего гасятся чрезмерные механические напряжения, которые могут возникать из-за изгиба печатной платы или вследствие температурных колебаний. Конденсаторы X7R серии GCJ могут поставляться в корпусах форматов 0603, 0805, 1206 и 1210. Имеют-

ся все распространённые номиналы ёмкости от 1 нФ до 10 мкФ на номинальные напряжения 10, 15, 25, 50 и 100 В.

[www.murata.eu](http://www.murata.eu)

**Танталовые конденсаторы по этажерочной технологии**

Фирма Kemet предлагает серию танталовых конденсаторов, выполненных по этажерочной технологии. Серия TSM пригодна для использования в приложениях, в которых требуется большая ёмкость при дефиците места на печатных платах – в компьютерной, потребительской, медицинской, оборонной технике, авиации и космосе, телекоммуникациях и на транспорте.



Конденсаторы поверхностного монтажа предлагаются в COTS-варианте и с повышенной надёжностью. Они предлагаются с различными номиналами ёмкости и характеристиками, причём два, три, четыре или шесть дискретных компонентов могут устанавливаться друг на друга в формате EIA-стандарта. Kemet предлагает это решение с конденсаторами серии T493-COTS.

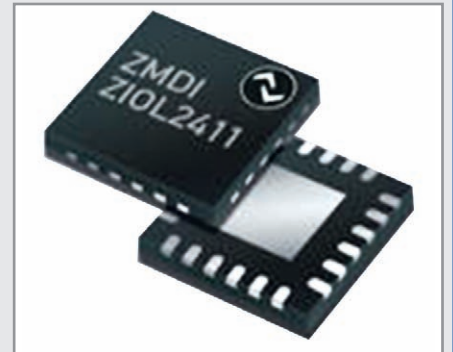
Возможен заказ и специальных наборов – с другими танталовыми конденсаторами поверхностного монтажа производителя. Номиналы ёмкости от 9,4 до 1980 мкФ, номинальное напряжение от 6 до 50 В, рабочий диапазон температур –55...+125°C.

[www.kemet.com](http://www.kemet.com)

**IO-Link: магистральные усилители для сложных окружающих условий**

Фирма ZMD представляет ZIOL2411, четвёртый представитель семейства микросхем магистральных усилителей стандарта IO-Link. Элемент имеет два независимых I/O-канала, которые выполняют физические требования IO-Link Master-систем, систем датчиков и исполнительных элементов управления для автоматизации производства.

ZIOL2411 совместим по выводам и функциям с ZIOL2401, здесь только отказались от DC/DC-преобразователя, чтобы предложить недорогой элемент специально для Master-



систем. Магистральный усилитель полностью программируется, начиная с установки крутизны фронтов и уровня тока и вплоть до функций диагностики и защиты.

Он поддерживается IO-Link-инструментами фирмы ZMDI. Старт-комплекты и лабораторные комплекты ZIOL2401 годятся для всех IO-Link-изделий ZMDI, включая ZIOL2411. Лабораторный комплект содержит отладочную плату и средство конфигурации на базе Windows с USB-интерфейсом между PC и платой. Разработчики могут проверить конфигурацию и занести результаты в память.

Поддерживается также внутрисистемное программирование через SPI. Это обеспечивает полную настройку под требования заказчика после изготовления. ZIOL2411 рассчитан на эксплуатацию в диапазоне рабочих температур –40...+85°C. Микросхема предлагается в корпусе QFN24 размером 4 × 4 мм. Открытая базовая пластина микросхемы обеспечивает оптимальный отвод тепла.

[www.zmdi.com](http://www.zmdi.com)

**Датчики тока серии ZXCT11xx**

Датчики тока серии ZXCT11xx фирмы Diodes работают с рабочим током 3 мкА. Элементы обеспечивают возможность измерения тока нагрузки в таких приложениях, как системы управления двигателями, системы защиты от перегрузки и системы безопасности.

Датчики имеют диапазон синфазного напряжения 2,5...36 В и температурный диапазон –40...+125°C. Им требуется только низкоомный резистор в измеряемой цепи, а также резистор для установки коэффициента усиления. Так как имеются элементы с несколькими вариантами разводки выводов, разработчики могут оптимизировать их разводку на плате.

Так, варианты ZXCT1107 и ZXCT1109 размещены в корпусах SOT23 с тремя выводами, а вариант ZXCT1110 имеет пять выводов.

[www.diodes.com](http://www.diodes.com)

# Повышение качества передачи высокоскоростных сигналов с использованием устройства на ПЛИС

Владимир Вычужанин (г. Одесса, Украина)

Рассмотрены особенности совместного применения методов предискажения и линейной посткоррекции сигналов для повышения помехоустойчивости в системах передачи высокоскоростной информации. Для повышения качества передачи сигналов предложено устройство на ПЛИС, использующее предискажение и линейную посткоррекцию.

Современные информационные линии всё больше используют высокоскоростные устройства передачи информации. В результате возника-

ет необходимость в оптимизации и оценке высокоскоростных сигналов и интерфейсов. Для технического персонала, инженеров, установщиков

сетей и производителей сетевого оборудования представляется удобным и выгодным полагаться на измерительное оборудование для компонентов и сетей, обладающее встроенными инструментами нормирования и компенсации сигнала. Такое оборудование позволяет применять простые и гибкие способы идентификации проблем в каналах связи и оптимизировать производительность сети.

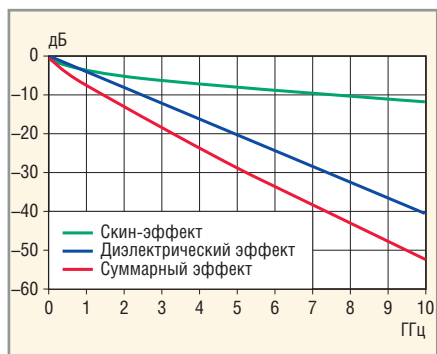


Рис. 1. Зависимость отношения сигнал/шум от частоты передаваемого сигнала

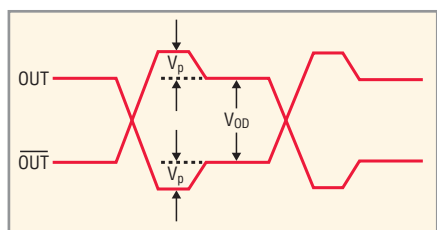


Рис. 2. Форма сигнала, определяемая предискажением



Рис. 3. Компенсация МСИ при использовании предискажения

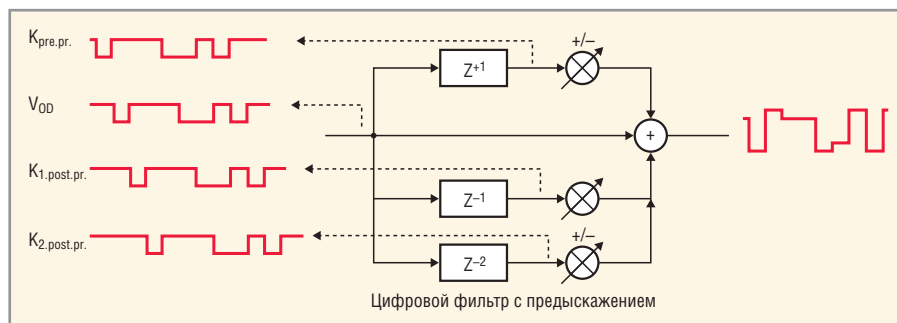


Рис. 4. Реализация устройства предискажения сигналов по схеме цифрового фильтра

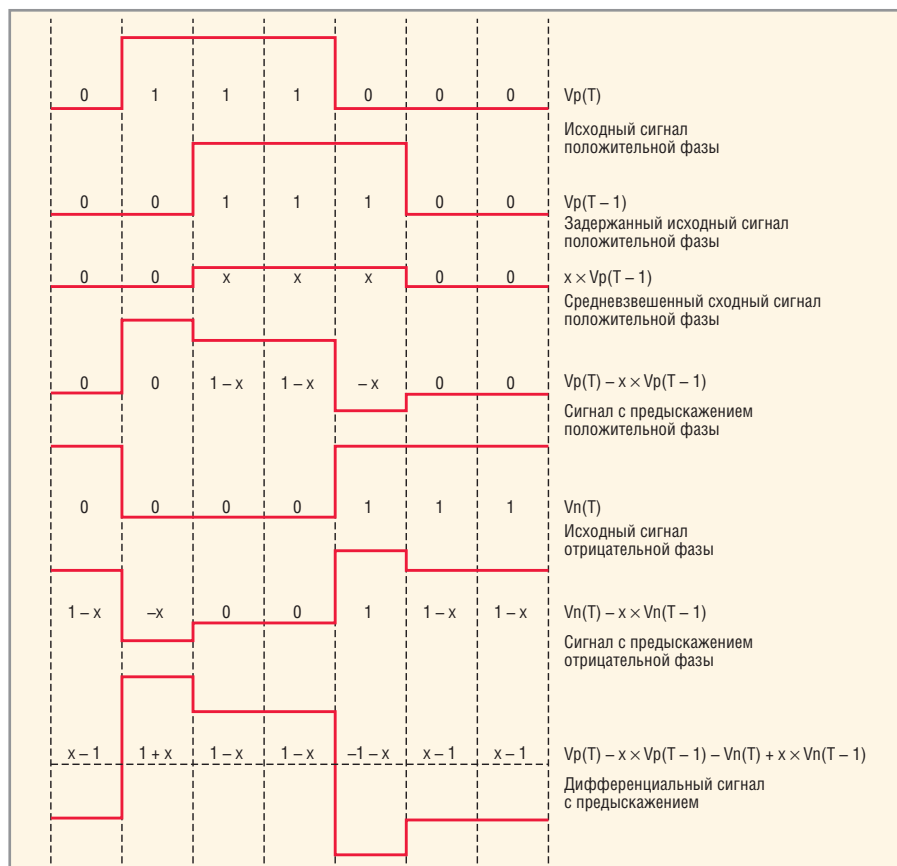


Рис. 5. Формирование сигналов с предискажением

## LCD-ПАНЕЛИ SHARP ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРИМЕНЕНИЙ



| Размер диагонали, дюйм             | 10,4       | 12,1            | 15...23         | 2,5...8,5          |     |
|------------------------------------|------------|-----------------|-----------------|--------------------|-----|
| Разрешение                         | VGA, SVGA  | SVGA, XGA       | XGA, SXGA, USGA | Q-VGA, H-VGA, SVGA |     |
| Яркость, кд/м <sup>2</sup>         | 200...450  | 200...1200      | 250...1000      | 165...500          |     |
| Контрастность : 1                  | 300...600  | 300...1000      | 550...900       | 250...900          |     |
| Входной видеосигнал                | 18 bit RGB | 18 bit RGB LVDS | LVDS            | 18 bit RGB LVDS    |     |
| Задняя подсветка                   | CCFT, LED  | CCFT, LED       | CCFT, LED       | CCFT, LED          |     |
| Предельная рабочая температура, °С | Мин.       | -30             | -20             | 0                  | -30 |
|                                    | Макс.      | 80              | 75              | 70                 | 85  |

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР ПРОДУКЦИИ SHARP

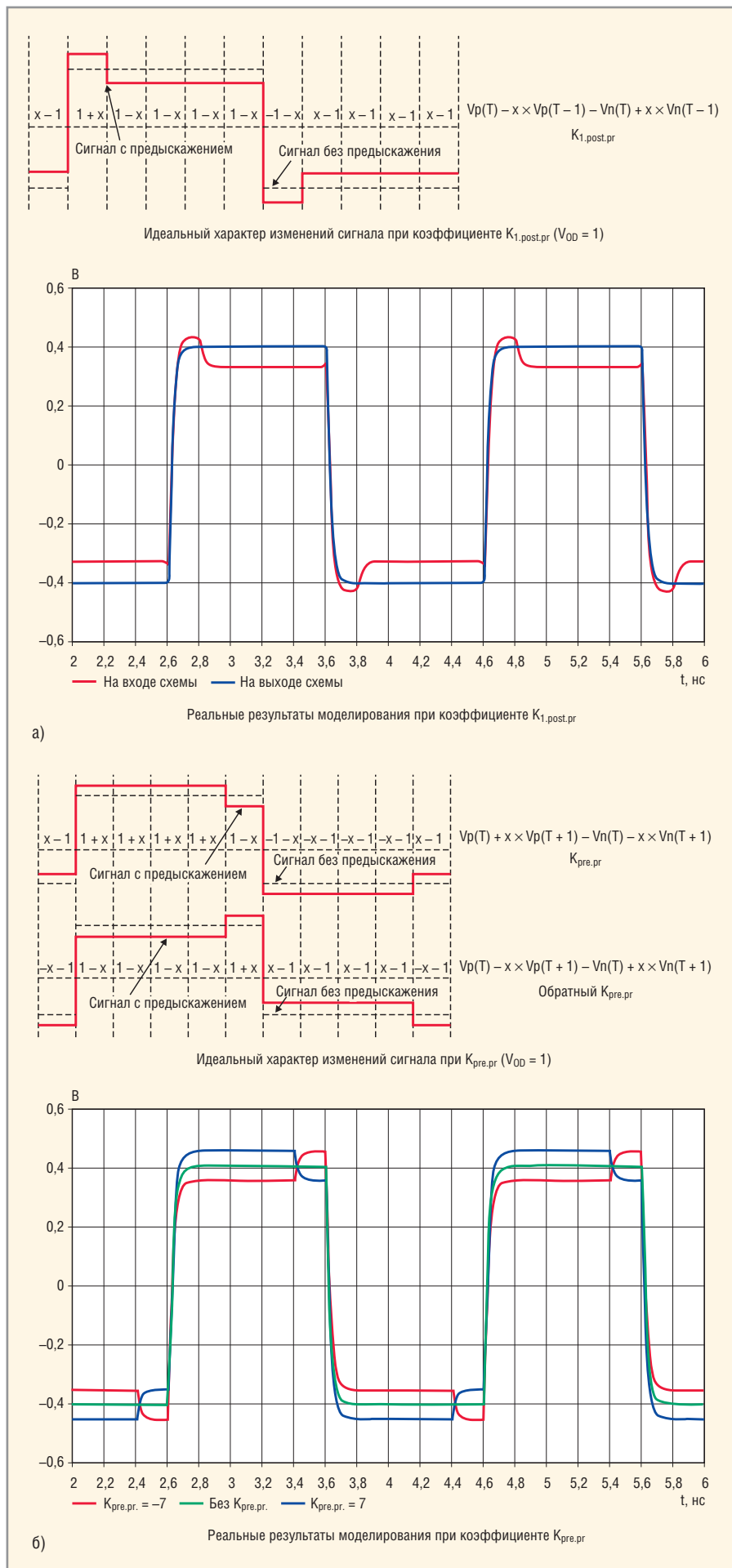


Рис. 6. Характер изменения передаваемого сигнала с предскажемием при коэффициентах: а)  $K_{1,post,pr}$ ; б)  $K_{pre,pr}$

Межсимвольная интерференция (Inter Symbol Interference, МСИ) является основным фактором, ограничивающим максимальное расстояние и скорость при передаче высокоскоростных сигналов. МСИ может быть вызвана нарушениями в работе электронных элементов, расположенных на печатной плате, к которым относятся потери от скин-эффекта, диэлектрические потери, отражения, перекрёстные помехи и т.д. Такие потери существенно ухудшают и уменьшают высокочастотные составляющие передаваемых сигналов (см. рис. 1), что приводит к усложнению их восстановления в приёмных устройствах.

Как известно, скин-эффект проявляется в уменьшении амплитуды электромагнитных волн по мере их проникновения вглубь проводящей среды. В результате переменный ток высокой частоты при протекании по проводнику распределяется преимущественно в поверхностном слое. Применение такого материала, как FR-4 (эпоксидный, усиленный стекловолокном ламинат), способно в определённой степени повысить качество передаваемых высокоскоростных сигналов. Обычно материал FR-4 выбирается из-за низкой стоимости, доступности и хороших эксплуатационных свойств. Однако при скоростях передачи данных 10 Гбит/с и выше диэлектрическая проницаемость, коэффициент потерь и другие свойства данного материала ухудшают качество сигнала, увеличивая его затухание и искажение, что негативно влияет на целостность интерфейса.

Экспериментально установлено, что передача сигналов с высокой скоростью при использовании ламината FR-4 приводит к искажению глазковой диаграммы, которая широко используется для эмпирической оценки качества сигнала передатчика и содержит информацию об амплитуде сигнала, его нарастании и спаде. Чем шире открытие «глаза», тем лучше качество сигнала.

Для уменьшения деградации передаваемых сигналов могут быть использованы материалы, имеющие лучшие параметры, чем параметры FR-4. Однако они значительно дороже и применяются только в тех случаях, когда это абсолютно необходимо.

Для повышения качества передаваемых высокоскоростных сигналов и

компенсации частотно-зависимых потерь в передающем и приёмном трактах (без увеличения потребляемой мощности) можно использовать электронную компенсацию потерь на основе методов предварительного искажения (предыскажения) и последующей коррекции (посткоррекции) сигналов соответственно на стороне передачи и приёма.

Однако, наряду с достоинствами, многие известные системы с предыскажением и посткоррекцией обладают одним существенным недостатком: повышение помехоустойчивости обеспечивается только для сигналов, на спектральную плотность мощности которых рассчитаны предыскажающее и посткорректирующее устройства. Эффективность устройств, имеющих другие спектральные плотности, не может быть максимальной. Поэтому перенастройка или изменение структуры подобных устройств должны быть программируемыми, т.е. обладать свойствами адаптивного предыскажения передаваемых сигналов в условиях быстрой смены передаваемых сигналов с отличающимися спектральными плотностями. Реализовать подобную систему возможно в устройстве на базе ПЛИС.

Предыскажение сигналов в канале осуществляется на передающей стороне устройства. Если передавать высокоскоростной сигнал без предыскажения, то выходной ток ограничивается только уровнем  $V_{OD}$  (см. рис. 2) и выходным импедансом передатчика. В результате на высокой частоте скорость нарастания выходного напряжения может быть недостаточной, чтобы достичь  $V_{OD}$  до прихода следующего фронта сигнала. Это приводит к возникновению случайных фазовых и/или частотных отклонений передаваемого сигнала.

Для предыскажения применяется задержка сигнала с изменением формы и добавлением к нему инверсной части сигнала ( $V_p$  на рис. 2). Тем самым компенсируется «расширение» сигнала, как показано на рисунке 3. Это уменьшает отражения и перекрёстные помехи в канале связи, а значит, улучшает детектирование передаваемых сигналов в приёмнике.

В зависимости от используемых характеристик канала, фиксированных задержек и инверсий при передаче сигналов может быть недостаточно

для компенсации потерь. Поэтому для достижения оптимальных параметров сигналов в системе с предыскажением необходимо комбинировать различные задержки, их величины и полярность. Следовательно, устройство предыскажения должно функционировать как фильтр с конечной импульсной характеристикой, но с переменными коэффициентами, определяемыми сигналами с выходов блоков переменных задержек. Для определения величины добавляемой амплитуды передаваемого сигнала к его корректируемому биту может быть использовано от одного до трёх переменных коэффициентов.

Успешная реализация функции предыскажения обеспечивается в передатчике, выполненном на ПЛИС Stratix IV GX фирмы Altera (altera.com). Передатчик сигналов такого устройства реализуется на четырёх программируемых формирователях. Один из них является ведущим, управляющим основной амплитудой сигнала ( $V_{OD}$ ) без предыскажения. Остальные три формирователя обеспечивают различные временные задержки сигналов с коэффициентами: предкоэффициентом ( $K_{pre.pr.}$ ); первым и вторым посткоэффициентами ( $K_{1 post.pr.}$ ,  $K_{2 post.pr.}$ ). Несколько таких программируемых коэффициентов могут быть использованы при реализации предыскажения в устройствах, обладающих различны-

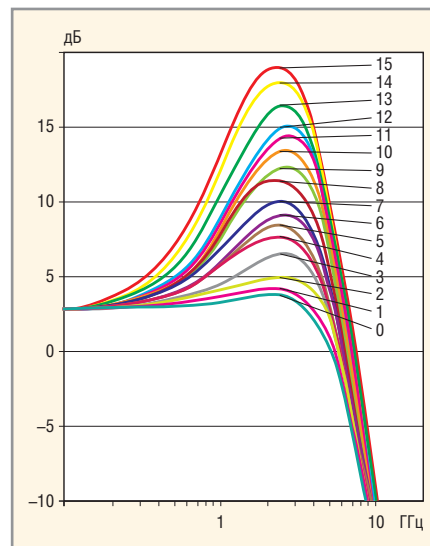


Рис. 7. Графики АЧХ при линейной посткоррекции в приёмнике

ми канальными характеристиками. На рисунке 4 показана блок-схема цифрового фильтра с конечной импульсной характеристикой и переменными коэффициентами, реализованного на ПЛИС Stratix IV GX.

Рисунок 5 иллюстрирует принцип формирования сигнала в устройстве с предыскажением, имеющим первый посткоэффициент ( $K_{1 post.pr.}$ ). Исходный сигнал положительной фазы  $V_p(T)$  сравнивается с элементарным задержанным положительным сигналом  $V_p(T - 1)$ . При значениях  $0 < x < 1$  находится разность между сигналом  $V_p(T)$  и средневзвешенным выделенным сигналом (положительной фазы)  $xV_p(T -$



**KERAFOL®**  
Качество из Германии



Реклама

- Керамические мягкие пленки для отвода тепла
- Теплопроводные пасты для заполнения зазоров
- Клеи, компаунды
- Графитовые, ферритовые пленки



Официальный дистрибьютор в России: ЗАО «РЕОМ СПб»

**KERATHERM®**  
Материалы для отвода тепла

Россия, 196105, Санкт-Петербург, пр-т. Ю. Гагарина, д. 1

Тел./Факс: (812) 327-96-60, (812) 387-55-06

E-mail: reom@reom.ru  
Web: www.reomspb.ru

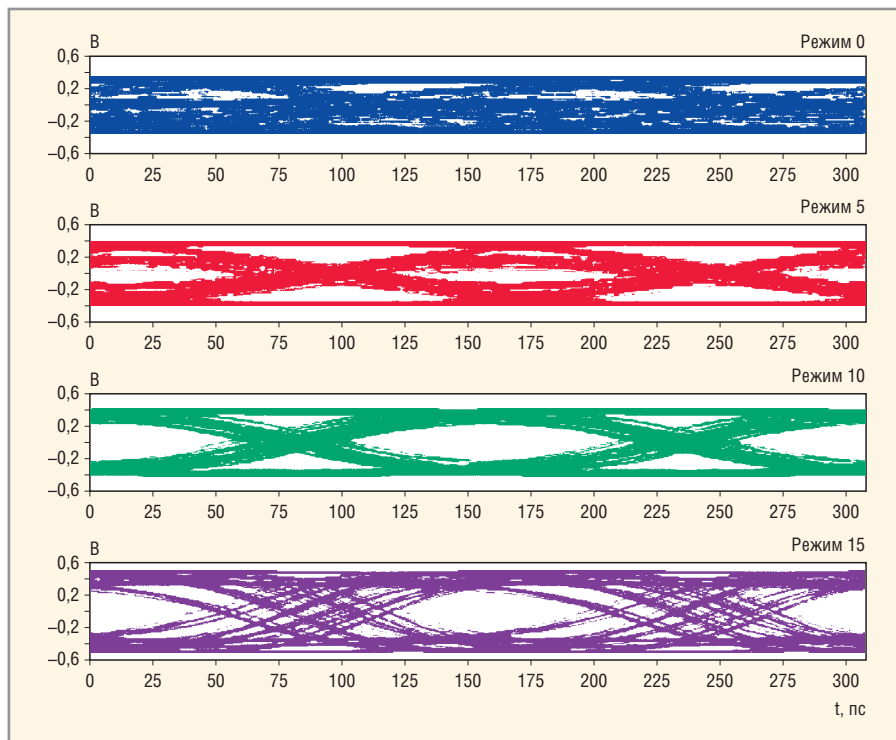


Рис. 8. Глазковые диаграммы сигналов на выходе посткорректора

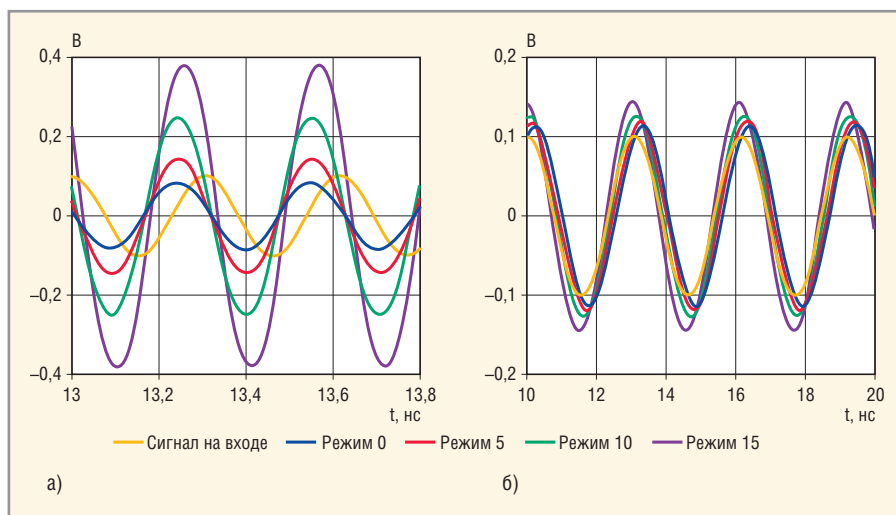


Рис. 9. Отклик посткорректора при синусоидальном сигнале на его входе: а) скорость 6,5 Гбит/с; б) скорость 650 Мбит/с

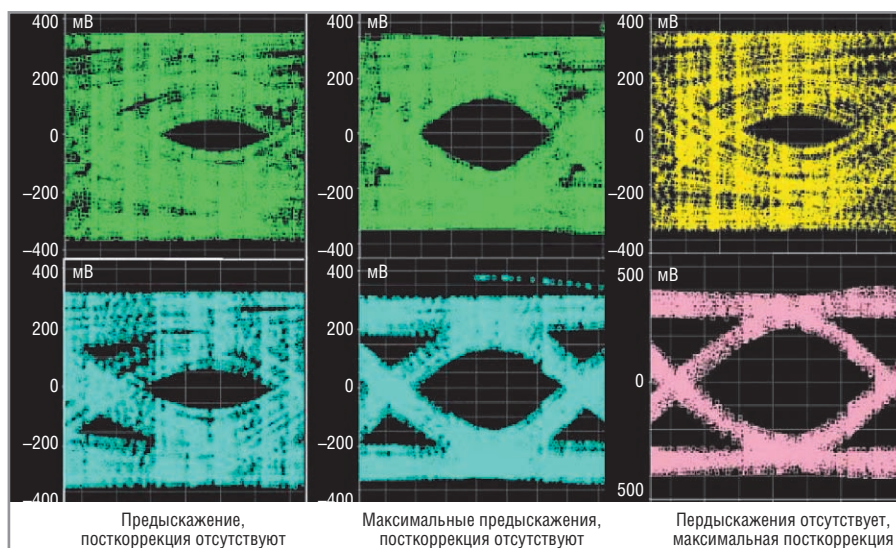


Рис. 10. Глазковые диаграммы при предсказании и линейной посткоррекции сигналов

– 1). Исходный сигнал отрицательной фазы  $V_p(T)$  сравнивается с элементарным задержанным отрицательным сигналом  $V_p(T - 1)$ .

На рисунке 6 в качестве примера приведены результаты исследований устройства предсказания, полученные моделированием сигнала, передаваемого со скоростью 5 Гбит/с. При коэффициенте  $K_{1,post,pr}$  происходит добавление амплитуды к  $V_{OD}$  только во время передачи первого бита сигнала, остальные биты в полупериоде сигнала передаются с меньшей, чем  $V_{OD}$ , амплитудой сигнала. Из-за нелинейного эффекта насыщения при  $K_{1,post,pr}$  превышение амплитуды сигнала значения  $V_{OD}$  не столь существенно (см. рис. 6а). При коэффициенте  $K_{pre,pr}$  происходит добавление амплитуды к  $V_{OD}$  во время передачи всех битов сигнала, кроме последнего, передаваемого с амплитудой, меньшей чем  $V_{OD}$  (см. рис. 6б).

Следует отметить, что в устройствах передачи сигналов только с предсказанием возникают перекрёстные помехи в соседних линиях связи. Кроме того, использование чрезмерного искажения сигналов приводит к их деградации и не позволяет в дальнейшем улучшить качество сигналов в приёмнике.

Помимо предсказания в передатчике, добиться дальнейшего увеличения высокочастотных и уменьшения низкочастотных составляющих передаваемых сигналов при меньшей величине рассеиваемой энергии возможно при помощи элементов линейной посткоррекции сигналов в приёмнике. Обе функции являются взаимодополняющими и могут помочь в преодолении негативных явлений при передаче высокоскоростных сигналов.

Линейная посткоррекция сигналов реализуется в приёмнике, выполненном на ПЛИС Stratix IV GX и функционирующем как полосовой фильтр. Для программируемой линейной посткоррекции принимаемых сигналов 6,5 Гбит/с можно использовать шестнадцать корректирующих режимов, в которых высокочастотная составляющая сигнала усиливается от 2,6 дБ (режим 0) до 17,8 дБ (режим 15). На рисунке 7 показаны графики, иллюстрирующие применение различных режимов линейной посткоррекции в приёмнике на ПЛИС Stratix IV.

## Новости мира News of the World

Качество сигнала с линейной посткоррекцией в приёмнике оценивается по глазковым диаграммам (см. рис. 8) для четырёх режимов коррекции сигналов (режимы 0, 5, 10 и 15):

- режим 0 обеспечивает слабую коррекцию высокочастотных сигналов (из-за потерь в канале «глаз» полностью закрыт);
- режим 5 обеспечивает ограниченное открытие «глаза»;
- режим 10 обеспечивает сильную коррекцию ВЧ («глаза» широко открыты);
- режим 15 обеспечивает максимальное усиление ВЧ, но «глаз» не настолько чист, как в предыдущем режиме. Такая коррекция избыточна.

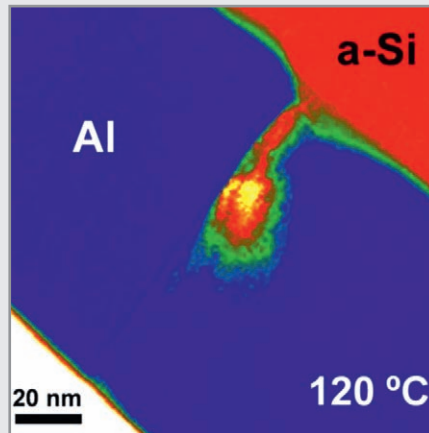
Качество работы устройств с линейной посткоррекцией зависит от частоты принимаемых сигналов. На рисунке 9а показан подаваемый на вход посткорректора синусоидальный сигнал при скорости передачи данных 6,5 Гбит/с, а также усиленные сигналы на выходе посткорректора для четырёх режимов коррекции, достигающие максимального уровня 380 мВ в режиме 15. При подаче на вход посткорректора синусоидального сигнала, эквивалентного скорости 650 Мбит/с (рис. 9б), сигналы усиливаются только до 87 мВ (в режиме коррекции 15). Следует также отметить, что линейная посткоррекция усиливает ВЧ-составляющие входных сигналов независимо от уровня сигнала или шума. Однако, аналогично предсказанию, избыточная посткоррекция ухудшает качество сигнала.

Результаты исследований влияния предсказания и линейной посткоррекции на передаваемые и принимаемые сигналы подтверждают положительный эффект от их использования, что отражено на представленных глазковых диаграммах (см. рис. 10).

Таким образом, использование методов предсказания и линейной посткоррекции передаваемых высокоскоростных сигналов в программируемых устройствах, выполненных на базе одной ПЛИС (Stratix IV GX), позволяет компенсировать высокочастотные потери сигналов и ослабить влияния скин-эффекта и диэлектрических потерь на степень затухания высокочастотных сигналов в линиях связи.

### Германские учёные разработали дешёвую технологию производства нанопроводов

Германские учёные из Института сложных систем Макса Планка разработали технологию, позволяющую производить нанопровода в промышленных масштабах. Главным достоинством разработки является стоимость конечного продукта, которая оказывается значительно ниже, чем при любых современных методах.



Столь впечатляющих успехов учёным удалось достичь благодаря снижению температур, при которых происходят производственные процессы. Если до этого полупроводниковые нанопровода производились при температуре от 600 до 900°, то исследователям удалось снизить этот показатель до 150°. Кроме того, вместо дорогого золотого катализатора учёные применяли значительно менее ценные металлы, в частности алюминий.

Разработанный метод позволяет помещать наноструктурированные полупроводники прямо в теплочувствительный пластик. Полученные подобным образом нанопровода могут применяться в производстве солнечных элементов питания и батарей со значительно более высокой ёмкостью.

Кроме того, учёные могут варьировать размер алюминиевых гранул для получения нанопроводов различных размеров и характеристик. После производства катализатор может быть легко удалён травлением.

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

### Светодиодная матрица на 4000 лм

Светодиодная матрица XLamp CXA2011 компании Cree даёт мягкий свет и отличается консистентной цветопередачей. Типичными областями применения являются потолочные светильники с небольшим углом излучения, а также светодиодные всенаправленные светильники. Светоди-

одная матрица комплектуется крепёжными винтами, что упрощает процесс монтажа. Так, например, отпадает необходимость в пайке, обычно используемой для соединения светодиодных компонентов. Матрица выдаёт яркость до 4000 лм при рабочей температуре до 85 С (ток 1 А, цветовая температура 5000 К).

[www.cree.com](http://www.cree.com)

### Портативный инструмент для Wi-Fi-теста

Фирма Fluke Networks представила новейшую версию своего Wi-Fi-тестера AirCheck. Портативный инструмент обеспечивает решение проблем в комплексных беспроводных локальных сетях (WLAN). Благодаря улучшениям в версии 1.2 Wi-Fi тестера AirCheck специалисты-сетевики могут сразу же распознавать на месте в сети WLAN всех клиентов, устройства и точки доступа.

С использованием тестера могут как проводиться тесты производительности WLAN, так и реализовываться функции распознавания ошибок WLAN. Новая версия в состоянии определять расположение всех WLAN и запрашивать соответствующую информацию. Пользователь может распознавать всех работающих с нарушениями или неавторизованных клиентов и заново их конфигурировать или удалять из сети.



Благодаря интуитивному интерфейсу пользователь может на месте проверять наличие, соединение, использование канала и установки безопасности сетей типов 802.11a/b/g/n и устранять дефекты. С помощью тестера AirCheck пользователи могут идентифицировать проблемы покрытия и связи, локализовать неавторизованные точки доступа и неавторизованных клиентов, распознавать перегруженные сети и каналы, отыскивать нарушения в работе и проверять установки безопасности.

[www.flukenetworks.com](http://www.flukenetworks.com)



# Реализация интерфейса RS-485 в микроконтроллерах

Олег Вальпа (Челябинская обл.)

В статье приведено краткое описание интерфейса RS-485, библиотечных функций среды разработки mikroC для поддержки данного интерфейса микроконтроллером и схемы его подключения к персональному компьютеру. Даны примеры программ на языке Си для организации связи между устройствами.

## ВВЕДЕНИЕ

Интерфейс RS-485 предназначен для организации последовательного канала связи между несколькими устройствами. Он обеспечивает обмен дан-

ными по одной двухпроводной линии связи в полудуплексном режиме.

Благодаря своей простоте, низкой стоимости и надёжности, данный интерфейс давно и активно использу-

ется в АСУ ТП, системах контроля доступа и другом ответственном оборудовании. Даже в настоящее время интерфейс RS-485 является наиболее популярным промышленным стандартом связи.

## КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ИНТЕРФЕЙСА

Интерфейс RS-485 обеспечивает передачу данных со скоростью до нескольких десятков мегабит в секунду. Дальность связи зависит от скорости передачи информации в обратно пропорциональной зависимости. Для обмена данными по интерфейсу RS-485 используется одна витая пара проводников с волновым сопротивлением 120 Ом, обеспечивающая передачу информации на расстояние до 1200 м. Протокол интерфейса позволяет поддерживать многоточечные соединения, обеспечивая создание сетей из 256 устройств.

Количество устройств, подключаемых к одной линии интерфейса, зависит от типа применённых в устройстве приёмопередатчиков. Один передатчик рассчитан на управление 32 стандартными приёмниками. Выпускаются приёмники с входным сопротивлением 1/2, 1/4, 1/8 от сопротивления стандартного приёмника. При использовании таких приёмников общее число устройств может быть увеличено соответственно до 64, 128 или 256. Использование повторителей RS-485 позволяет увеличить расстояние передачи информации и количество устройств в сети.

## ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Среда разработки mikroC [1] предоставляет набор готовых функций для создания программ, обеспечивающих совместную работу устройств в сети связи RS-485 на базе микроконтроллеров (МК) различных семейств. Совместная работа устройств такой сети обеспечивается одним ведущим (master) и множеством ведомых (slave) устройств. Ведущее и ведомое устройства обмениваются пакетами информации, каждый из которых может содержать отдельные байты синхрониза-

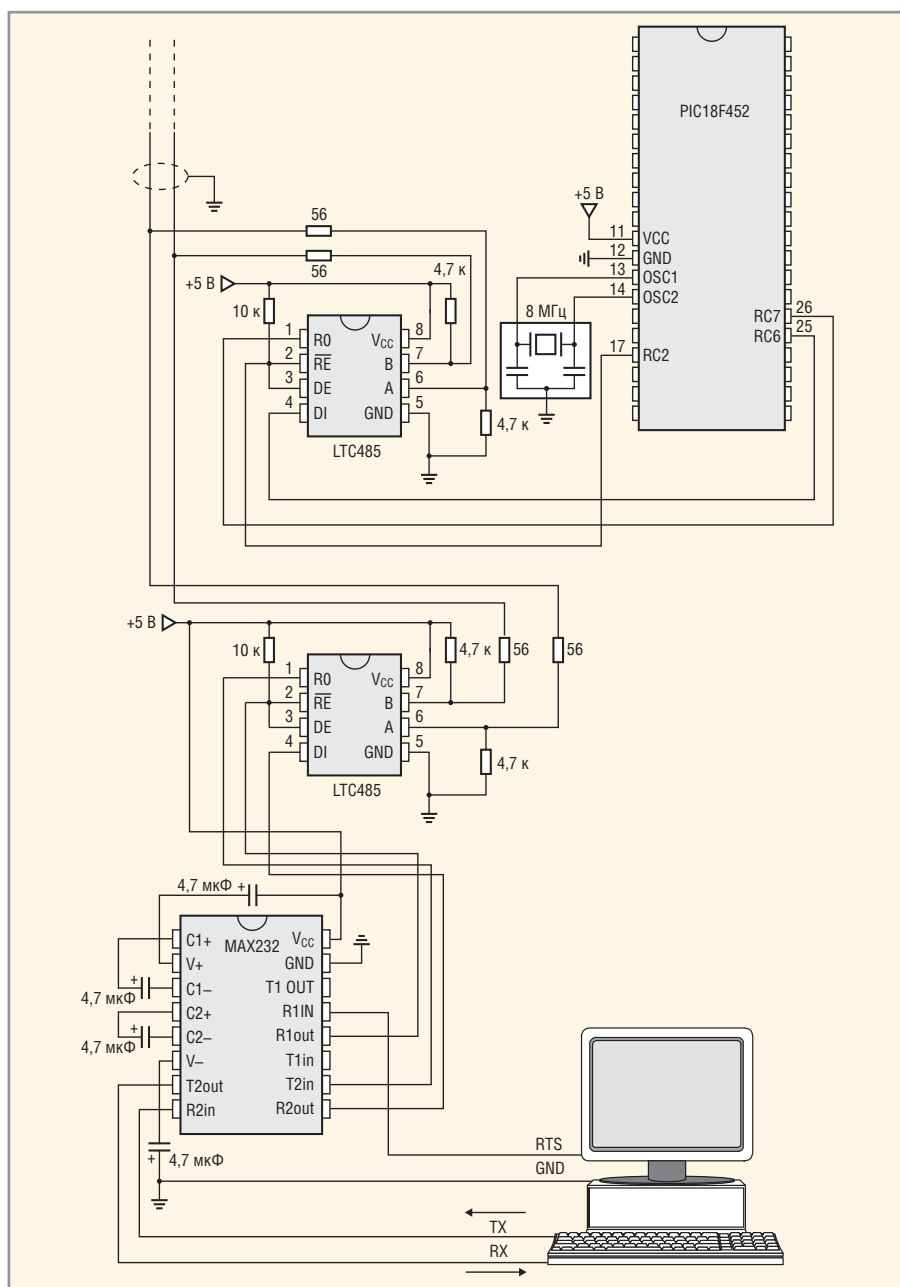


Схема подключения микроконтроллера PIC к персональному компьютеру по интерфейсу RS-485

Таблица 1. Описание функции *RS485Master\_Init*

|            |   |
|------------|---|
| Прототип   | void Rs485Master_Init(unsigned short * port, unsigned short pin);                         |
| Результат  | Нет   |
| Описание   | Инициализирует PIC МК как ведущее устройство для обмена по интерфейсу RS-485              |
| Требования | Аппаратура модуля USART должна быть заранее инициализирована с помощью функции Usart_Init |
| Пример     | RS485Master_Init(&PORTC, 2);  |

ции, контрольной суммы, адреса и данных. Каждое ведомое устройство имеет свой уникальный адрес и принимает пакеты, направляемые по этому адресу. Кроме того, каждое ведомое устройство принимает пакеты с широкопередаточным (общим для всех ведомых устройств) адресом. Ведомое устройство никогда не является инициатором обмена. Ответственность за то, чтобы только одно устройство вело передачу в конкретный момент времени по шине RS-485, ложится на программиста.

Рассмотрим пример реализации интерфейса RS-485 на базе МК семейства PIC компании microchip [2]. Функции обмена по интерфейсу RS-485 требуют наличия аппаратного модуля USART на порту PORTC микроконтроллера PIC.

Выводы USART должны быть подключены к микросхеме – драйверу приёмопередатчика RS-485, например, LTC485 или аналогичному. Для управления приёмопередатчиком с помощью сигналов *RE* (Receiver Output Enable) и *DE* (Driver Outputs Enable) используется второй бит порта PORTC (см. рисунок).

Адрес 50 является широкопередаточным адресом, т.е. общим адресом для всех ведомых устройств. Пакеты с таким адресом будут приняты всеми ведомыми устройствами. Исключениями являются ведомые устройства с адресами 150 и 169.

Перед инициализацией интерфейса RS-485 должна быть вызвана функция *Usart\_Init* для инициализации USART.

### БИБЛИОТЕКА ДЛЯ РАБОТЫ С RS-485

Библиотечные функции RS-485 включают в себя следующие функции для программной поддержки интерфейса RS-485:

- *Master\_Init*;
- *RS485Master\_Receive*;
- *RS485Master\_Send*;
- *RS485Slave\_Init*;
- *RS485Slave\_Receive*;
- *RS485Slave\_Send*.

Подробное описание этих функций с требованиями и примером вызова приведено в таблицах 1 – 6 соответственно.

### ПРИМЕР ПРОГРАММЫ

Рассмотрим две короткие программы на языке высокого уровня Си, де-

## Активный компонент вашего бизнеса



**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

# PROSOFT<sup>®</sup>

## COMPONENTS

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















**Таблица 2. Описание функции RS485Master\_Receive**

|            |  |
|------------|--|
| Прототип   | void RS485Master_Receive(unsigned short *data);  |
| Результат  | Нет  |
| Описание   | Принимает любое сообщение, отправленное ведомым устройством. Сообщение состоит из нескольких байтов, поэтому данная функция должна вызываться для приёма каждого байта (см. примеры программ). По окончании приёма сообщения буфер заполнен следующими значениями:<br>data[0..2] собственно сообщение<br>data[3] количество байтов в принятом сообщении, от 1 до 3<br>data[4] установлено значение 255, когда всё сообщение принято<br>data[5] установлено значение 255, если при приёме обнаружена ошибка<br>data[6] адрес ведомого устройства, которое отправило данное сообщение<br>Функция автоматически устанавливает data[4] и data[5] после приёма каждого сообщения. Эти флаги должны очищаться программно |
| Требования | МК должен быть проинициализирован как ведущее устройство для обмена по интерфейсу RS-485, чтобы назначать адрес. См. функцию RS485Master_Init  |
| Пример     | unsigned short msg[8];<br>...<br>RS485Master_Receive(msg);   |

**Таблица 3. Описание функции RS485Master\_Send**

|            |  |
|------------|--|
| Прототип   | void RS485Master_Send(unsigned short *data, unsigned short datalen, unsigned short address);   |
| Результат  | Нет  |
| Описание   | Посылка сообщения data из буфера ведомому устройству (устройствам) с заданным адресом по интерфейсу RS-485; datalen – количество байтов в сообщении (от 1 до 3)  |
| Требования | МК должен быть проинициализирован как Master для обмена по интерфейсу RS-485, чтобы назначать адрес. См. функцию RS485Master_Init. Ответственность за то, чтобы только одно устройство вело передачу в конкретный момент времени по шине RS-485, ложится на программиста |
| Пример     | unsigned short msg[8];<br>...<br>RS485Master_Send(msg, 3, 0x12);   |

**Таблица 4. Описание функции RS485Slave\_Init**

|            |  |
|------------|--|
| Прототип   | void Rs485slave_Init(unsigned short * port, unsigned short pin, char address);   |
| Результат  | Нет  |
| Описание   | Инициализирует микроконтроллер PIC как ведомое устройство с заданным адресом (address) для обмена по интерфейсу RS-485. Адрес ведомого устройства может принимать любые значения от 0 до 255, исключая 50, который является общим для всех ведомых устройств |
| Требования | Аппаратура модуля USART должна быть заранее инициализирована. См. функцию Usart_Init [3]   |
| Пример     | Инициализация МК как ведомого устройства с адресом 160:<br>RS485Slave_Init(PORTC, 2, 160);   |

**Таблица 5. Описание функции RS485Slave\_Receive**

|            |   |
|------------|---|
| Прототип   | void RS485Slave_Receive(unsigned short *data);  |
| Результат  | Нет   |
| Описание   | Принимает сообщение, адресованное ведомому устройству. Сообщение состоит из нескольких байтов, поэтому данная функция должна вызываться для приёма каждого байта (см. примеры программ). По окончании приёма сообщения буфер заполнен следующими значениями:<br>data[0..2] собственно сообщение<br>data[3] количество байтов в принятом сообщении, от 1 до 3<br>data[4] установлено значение 255, когда всё сообщение принято<br>data[5] установлено значение 255, если при приёме обнаружена ошибка<br>data[6] адрес ведомого устройства, которое отправило данное сообщение<br>Функция автоматически устанавливает data[4] и data[5] после приёма каждого сообщения.<br>Эти флаги должны очищаться программно |
| Требования | МК должен быть проинициализирован как ведомое устройство для обмена по интерфейсу RS-485. См. функцию RS485Slave_Init   |
| Пример     | unsigned short msg[8];<br>...<br>RS485Slave_Read(msg);  |

**Таблица 6. Описание функции RS485Slave\_Send**

|            |  |
|------------|--|
| Прототип   | void RS485Slave_Send(unsigned short *data, unsigned short datalen);  |
| Результат  | Нет  |
| Описание   | Посылка сообщения (data) из буфера ведомому устройству по интерфейсу RS-485; datalen – количество байтов в сообщении (от 1 до 3)   |
| Требования | МК должен быть проинициализирован как ведомое устройство для обмена по интерфейсу RS-485, чтобы ему был назначен адрес. См. функцию RS485Slave_Init. Ответственность за то, чтобы только одно устройство вело передачу в конкретный момент времени по шине RS-485, ложится на программиста |
| Пример     | unsigned short msg[8];<br>...<br>RS485Slave_Send(msg, 2);  |

монстрирующие применение описанных функций на практике.

Первая программа, приведённая в листинге 1 (см. дополнительные материалы к статье на сайте журнала), демонстрирует работу микроконтроллера PIC, подключенного к персональному компьютеру (ПК) в качестве ведомого устройства при обмене данными по интерфейсу RS-485. Схема подключения микроконтроллера PIC к ПК по интерфейсу RS-485 приведена на рисунке.

Микроконтроллер PIC с помощью данной программы принимает данные, направляемые только ему, по адресу 160, или адресованные всем устройствам – по адресу 50. Принятые данные отображаются в порт PORTB и транслируются обратно ведущему устройству.

В приведённой программе организован байтовый буфер сообщений *dat*, с помощью которого производится обмен информацией между устройствами и осуществляется анализ принятой информации. Внимательно прочитайте комментарии к строкам программы, чтобы понять все действия, производимые в ней.

Следует обратить внимание на то, что скорости обмена данными ведущего и всех ведомых устройств по интерфейсу RS-485 должны совпадать. В противном случае устройства не смогут связаться друг с другом. В программе скорость обмена 9600 бод задаётся с помощью функции инициализации модуля USART (строка: *Usart\_Init(9600)*).

Вторая программа, приведённая в листинге 2 (см. дополнительные материалы к статье на сайте журнала), демонстрирует работу микроконтроллера PIC в качестве ведущего устройства при обмене данными по интерфейсу RS-485. Такой МК может быть включен в схему, изображённую на рисунке, вместо ПК, чтобы выполнять функции организатора сети.

В этой программе МК организует связь с ведомым устройством, посылая ему данные по адресу 160. Ведомое устройство должно принять данные и вернуть обратно ведущему устройству. Полученные от ведомого устройства данные отображаются в порт PORTB, а ошибка приёма (0xAA) и количество последовательных неудачных повторных попыток записы-

ваются в порт PORTD. После десятой неудачной попытки получить данные от ведомого устройства, программа посылает данные по широковещательному адресу и обнуляет счётчик ошибок.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Модифицируя описанные выше программы, можно изменять адрес устройства и алгоритм работы программы для решения конкретной задачи. Аналогично рассмотренным здесь вариантам использования МК семейства PIC, можно применять для работы с интерфейсом RS-485 и микроконтроллеры других семейств. В частности, существует среда разработки *mikroC for 8051* для поддержки МК семейства 8051 и *mikroC for AVR* для МК семейства AVR [3].

### ЛИТЕРАТУРА

1. [www.mikroe.com](http://www.mikroe.com).
2. [www.microchip.com](http://www.microchip.com).
3. Вальна О. Современная среда разработки mikroC для программирования микроконтроллеров на языке высокого уровня Си. Современная электроника. 2010. № 6. С. 64.



# LCD-ПАНЕЛИ AUO

# НОВОЕ СЛОВО НА РОССИЙСКОМ РЫНКЕ

**АКТИВНЫЙ КОМПОНЕНТ ВАШЕГО БИЗНЕСА**

**PROSOFT<sup>®</sup>**  
COMPONENTS

Тел.: (495) 232-2522 • Факс: (495) 234-0640 • E-mail: [info@prochip.ru](mailto:info@prochip.ru) • Web: [www.prochip.ru](http://www.prochip.ru)

Реклама

# Управление температурным режимом в системах с высокой живучестью путём регулировки скорости вентилятора

Сахин Гупта (Индия)

Обеспечение температурного режима электронной аппаратуры является одним из основных условий её надёжной работы. Эта задача не является столь простой, как может показаться на первый взгляд. О проблеме оптимального охлаждения аппаратуры и методе её решения читайте в этой статье.

Сегодня технологический процесс продвинулся к 32 нм, что привело к увеличению количества транзисторов на единицу площади и уменьшению размеров корпуса. В то же самое время разработчики систем делают всё возможное, чтобы уменьшить габариты системы путём увеличения плотности компонентов на платах и добавления как можно большего числа функций в проект с целью произвести наилучший продукт с точки зрения стоимости и размеров.

Взросшая плотность транзисторов внутри кристалла, более высокие скорости работы и увеличенная плотность размещения компонентов на плате в современных электронных системах привели к относительно большому выделению тепла в этих системах. Всё это сделало контроль температурного режима неотъемлемой и важной частью систем управления во всех областях применения, включая автомобилестроение, промышленность, бытовую электронику, аппаратуру с батарейным питанием и т.д. Многие системы оборудованы вентиляторами, чтобы справиться с тепловыделением. Разработчики испытывают потребность в экономически выгодных, надёжных, бесшумных и энергоэффективных системах управления вентиляторами с обратной связью по температуре.

Перед тем как подойти к реализации системы управления вентилятором, кратко ознакомимся с основами тепловыделения и переноса тепла. Рассеяние электрической мощности (напря-

жение  $\times$  ток) является обязательным в любой электронной схеме. Это рассеяние электрической мощности приводит к выделению тепла и заставляет температуру перехода увеличиваться по сравнению с окружающей температурой. Для надёжной работы температура перехода прибора должна быть сохранена в определённых пределах. Иногда требуется не только сохранение температуры перехода в рабочем диапазоне, но, для некоторых применений, её поддержание на заданном уровне, поскольку эти приборы демонстрируют различные характеристики в различных температурных диапазонах. Например, частота генератора, напряжение смещения аналого-цифрового преобразователя (АЦП) и тепловой шум являются функциями температуры, и изменение этих параметров может быть нежелательным для некоторых приложений.

Поскольку мощность рассеивается в приборе, температура перехода будет превышать окружающую температуру. Способность прибора передавать тепло зависит от теплового сопротивления. Тепловая схема может быть рассмотрена аналогично электрической схеме. Рисунок 1 показывает эквивалентную схему тепловой системы.

В этой схеме  $T_1$  и  $T_2$  являются температурами, а  $\theta$  – тепловым сопротивлением. Температуру можно рассматривать как аналог напряжения в электрической схеме. Тепловое сопротивление является аналогом электрического сопротивления, а тепловой поток – аналогом тока. Рассматривая эту термоэлектрическую аналогию, можно увидеть, что более высокая разность температур увеличивает поток тепла. Аналогично, чем ниже тепловое сопротивление, тем больше поток тепла.

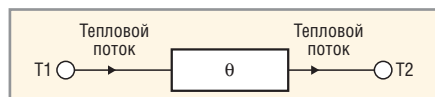


Рис. 1. Тепловая эквивалентная схема

## Методы охлаждения

В интегральной микросхеме поток тепла от кристалла в окружающий воздух зависит от разности температур между ними. Вентиляторы работают, унося горячий воздух и позволяя отводить от кристалла большее количество тепла. Существуют несколько типов систем управления, используемых для вентиляторов.

## Неуправляемая система

Простейшим способом использования вентилятора для управления температурным режимом является тот, который не требует управления с обратной связью. Вентилятор постоянно работает на максимальных оборотах, гарантируя безопасное охлаждение при наименьших расходах. Это снижает стоимость установки или производства, но, однако, увеличивает эксплуатационные расходы системы. Срок эксплуатации вентилятора также уменьшается, поскольку вентилятор работает постоянно (ресурс вентилятора в общем случае определяется числом оборотов). Другим основным недостатком такой системы является её высокая потребляемая мощность, т.к. вентилятор постоянно работает на своей предельной скорости, даже если это не требуется в большинстве случаев. В таких системах вентилятор выбирают для наиболее тяжелого теплового режима, а система редко работает в таком состоянии. Поскольку отсутствует обратная связь и система управления, невозможно проверить реальное состояние вентилятора. Если вентилятор ломается, отказ системы может быть единственной обратной связью, которую получает пользователь.

## Линейное управление

Другим способом регулирования вентилятора является применение линейной системы управления. В такой системе скорость вентилятора управляется изменением напряжения, подаваемого на вентилятор, – чем ниже входное напряжение, тем меньше скорость вентилятора. Преимуществом

линейного управления является его бесшумная работа из-за отсутствия переключения обмоток. Если мы возьмем на ограничения такой системы управления, то увидим, что диапазон рабочего напряжения вентилятора ограничивает диапазон его скорости вращения. Например, минимальное напряжение, необходимое, чтобы заставить вентилятор вращаться, может превышать половину максимального рабочего напряжения вентилятора. Кроме того, важно учитывать, что КПД линейных регуляторов меньше при низких выходных напряжениях, т.е. эти системы не оптимизированы по потребляемой мощности при низких скоростях вентилятора. Другим существенным недостатком является стоимость линейного регулятора напряжения.

### УПРАВЛЕНИЕ НА ОСНОВЕ ШИМ

Наиболее широко используемым способом управления скоростью вентилятора является широтно-импульсная модуляция (ШИМ). Основные преимущества этого метода управления над линейным управлением включают простоту схемы, экономическую эффективность и КПД. Другим достоинством является расширенный диапазон скорости, поскольку наименьшая скорость не ограничена минимумом рабочего напряжения вентилятора, как в случае линейной системы управления. Основным недостатком этого метода является шум, обусловленный переключением обмоток. Однако он может быть преодолен управлением вентилятором на частоте, лежащей вне слышимого диапазона. Рисунок 2 показывает основную блок-схему системы управления температурным режимом при помощи ШИМ.

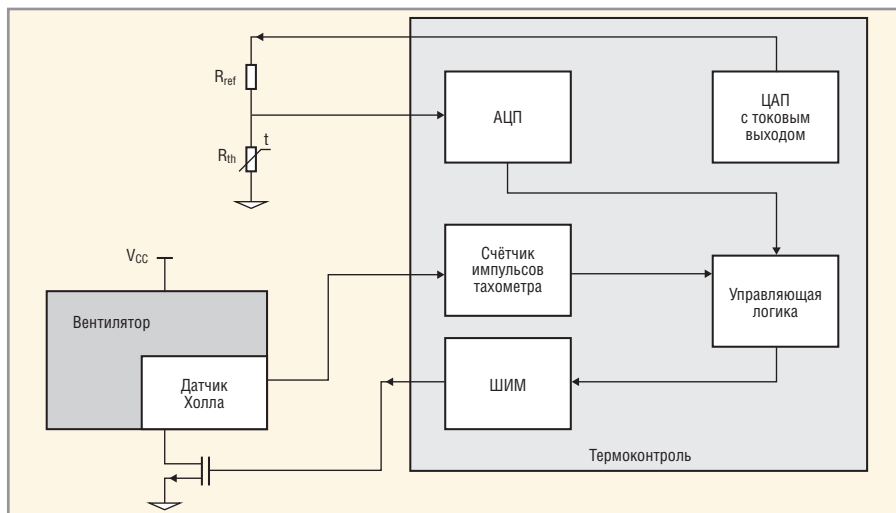


Рис. 2. Система управления температурным режимом

### ТИПЫ ВЕНТИЛЯТОРОВ

Существуют различные варианты вентиляторов, и каждый тип может быть самым лучшим для конкретного применения, основанного на потребностях охлаждения, стоимости системы, требованиях надёжности и т.п. Эти варианты обычно классифицируются, исходя из числа используемых проводов: двухпроводные вентиляторы, трёхпроводные вентиляторы и четырёхпроводные вентиляторы.

Двухпроводной вентилятор имеет две клеммы – для питания и земли. Изменение либо напряжения питания, либо коэффициента заполнения питания, который является эквивалентом изменения среднего напряжения питания, управляет его скоростью. Эта разновидность вентилятора используется главным образом в системах управления температурой без обратной связи, когда сигнал тахометра не доступен для обеспечения обратной связи по скорости вентилятора. Этот тип вентиляторов применяется в самых дешёвых системах управления

температурным режимом. Отсутствие тахометра не является серьёзным ограничением, и его можно обойти. Коммутация обмоток в электродвигателе приводит к колебаниям потребления тока вентилятором. Если частота колебаний и число полюсов постоянных магнитов ротора известны, механическая скорость вращения вентилятора может быть легко вычислена.

Ключевым моментом, который необходимо здесь отметить, является то, что никто бы не захотел платить за дополнительную схему измерения тока при отсутствии средств на трёх- или четырёхпроводной вентилятор. Как следствие, простой кристалл, который мог бы сделать всю работу по измерению частоты коммутации, температуры и управлению скоростью вентилятора с помощью ШИМ, будет идеальным выбором для такого применения. Измерение частоты коммутации может быть выполнено дифференцированием выходного сигнала токочувствительного резистора, последующим усилением сигнала и его подачей на компаратор,

**Электролитические конденсаторы NG**

Собственные производственные мощности;  
Унифицированные габаритные параметры;  
Высококачественные материалы.

Мы производим конденсаторы следующих номиналов:

ёмкость: < 15000 мкФ  
напряжение: < 450 В

**Quality = Качество**

**Приоритеты NGquality:**

- Приборы с повышенными характеристиками надёжности;
- Акцент на конкретные параметры, необходимые заказчику;
- Гарантия качества.

**Energogroup**

+7 (4732) 333-356, 333-357  
г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, д. 24  
www.energogroup.ru (каталог продукции, заказ)  
info@energogroup.ru

Реклама

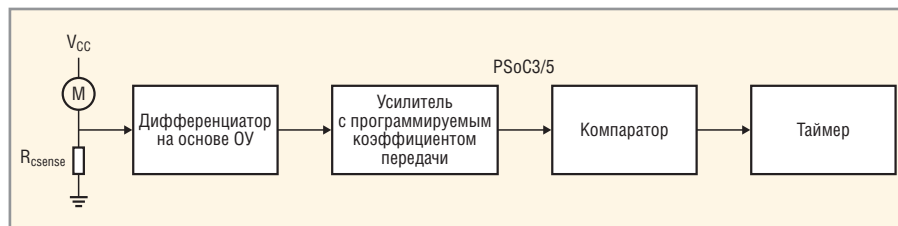


Рис. 3. Измерение частоты коммутации

который будет управлять входом заката таймера. Когда частота известна, скорость вентилятора может быть вычислена. Считывание колебаний тока также помогает определить, работает вентилятор или нет. Рисунок 3 показывает блок-схему измерения частоты коммутации при помощи микросхемы PSoC3/5 компании Cypress.

Трёхпроводной вентилятор имеет дополнительный провод для выхода тахометра. Поскольку рассматривается управление скоростью вентилятора, метод является таким же, как для двухпроводного вентилятора. При использовании трёхпроводного вентилятора и электродвигатель вентилятора, и датчик Холла имеют один и тот же источник питания. Следовательно, сигнал тахометра действует только во время периода ШИМ, который управляет вентилятором. Считывание сигнала тахометра должно быть синхронизировано с временем включения ШИМ и также должно быть достаточно протяжённым, чтобы захватить один полный цикл тахометра.

### ДОСТИЖЕНИЕ УПРАВЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРНЫМ РЕЖИМОМ

В общем случае выходной сигнал тахометра имеет коэффициент заполнения 50%, с двумя импульсами на один оборот. Этот сигнал является крайне необходимым, так как он предоставляет обратную связь по скорости, достаточную для управления системой. Поскольку скорость вентилятора уменьшается со временем эксплуатации, эта обратная связь может быть использована для определения, подлежит ли вентилятор замене. Это поведение является важным активом надёжной системы. Оно может быть использовано для запуска сигнала тревоги в случае, если вентилятор не работает. Кроме того, выходной сигнал тахометра может быть использован для работы вентилятора с фиксированными скоростями. Система управления может изменять коэффициент заполнения импульсов ШИМ, исходя из частоты выходного сигнала тахометра.

Четырёхпроводные вентиляторы являются самыми удобными для подключения. Эти вентиляторы имеют один провод для питания, один для земли и один для выхода тахометра, как в трёхпроводном вентиляторе, с дополнительным проводом для входа ШИМ. В этих вентиляторах вход ШИМ используется для управления скоростью вместо переключения питания для всего вентилятора. Поскольку питание для вентилятора доступно всё время, выход тахометра также доступен всегда. Эти вентиляторы могут работать на частоте вне слышимого диапазона, устраняя любой раздражающий шум от системы. Это делает четырёхпроводные вентиляторы наиболее привлекательными для управления температурным режимом во всём многообразии систем вроде портативных компьютеров, видеопроекторов, телеприставок и т.п.

### НАДЁЖНОСТЬ

Некоторые критически важные системы могут нуждаться в вентиляторе, работающем в ждущем режиме, для случая, если основной вентилятор выйдет из строя. Для таких применений опознавание отказа вентилятора является самой ответственной функцией, которую должна выполнять система управления. Отказы должны быть обнаружены либо путём контроля напряжения на токочувствительном резисторе, если отсутствует выход тахометра, либо отслеживанием выходного сигнала тахометра. Сигнал тревоги должен быть сформирован, если зарегистрирован отказ. В таком случае вентилятор ждущего режима должен быть включен. Некоторые системы оборудованы несколькими вентиляторами из-за более высоких потребностей в охлаждении. Чтобы справиться с отказом вентилятора в такой системе, используемые в системе вентиляторы должны быть выбраны таким образом, чтобы все работающие вентиляторы не вращались с максимальной скоростью даже при наивысшей температуре. Только в случае поломки вентиля-

тора можно заставить оставшиеся вентиляторы работать с максимальной скоростью для компенсации работы неисправного вентилятора при наивысшей температуре.

На определённом этапе может стать очевидным, что имеющаяся охлаждающая способность не удовлетворяет изменившимся требованиям системы. Система управления должна быть достаточно гибкой, чтобы можно было применить вентилятор с более высокими характеристиками без изменения аппаратуры. Доступные на рынке системы на кристалле (SnK), оснащённые встроенной программируемой периферией, дают возможность разработчикам модифицировать конфигурацию системы почти без изменения в аппаратуре, таким образом экономя деньги, время и опытно-конструкторские работы. Изделия PSoC3 и PSoC5 компании Cypress, например, поставляются с интегрированными АЦП с разрядностью до 20 бит, которых более чем достаточно для приложений управления температурным режимом. Прямой доступ в память (ПДП, DMA) обеспечивает считывание данных АЦП и значения счётчика тахометра без вмешательства центрального процессора для поддержки высокочастотных алгоритмов управления. Эти приборы также оснащены встроенной программируемой логикой (PLD), которая может быть использована для внедрения логики управления в аппаратуру с целью дополнительной разгрузки центрального процессора. Рисунок 4 показывает один из возможных способов реализации системы управления температурным режимом при помощи приборов PSoC3 и PSoC5.

В вышеупомянутой схеме, данные АЦП и значение таймера тахометра считываются при помощи ПДП и записываются в регистры, используемые в логике управления. Весь блок управляющей логики реализован с использованием программируемых логических приборов и других цифровых программируемых ресурсов аппаратуры. После этого ПДП записывает значение требуемого периода в ШИМ. Таким образом, почти законченная система управления температурным режимом может быть реализована при помощи ресурсов аппаратуры, оставляя центральный процессор доступным для других задач. Следовательно, реализации на основе SnK предоставляют возможность исполь-

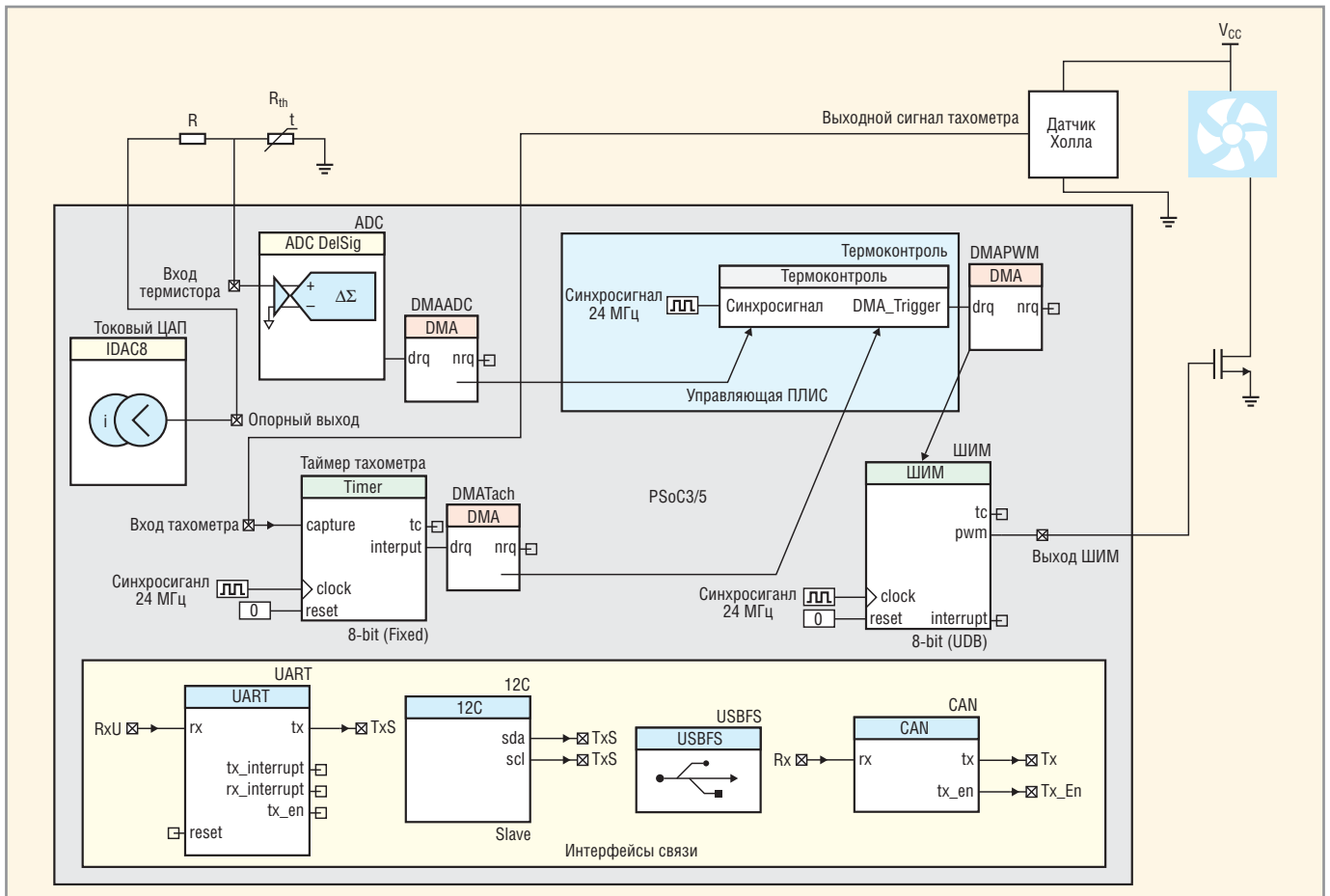


Рис. 4. Базовая схема включения СнК типа PSoc3/5

зования управления температурным режимом как небольшую функцию сложной системы на одном кристалле, тем самым снижая стоимость системы и требования к площади платы. Системы управления температурным режимом должны иметь некоторые средства связи с главным процессором, чтобы обновлять состояние вентилятора. Прибор PSoc поддерживает почти все протоколы связи (I<sup>2</sup>C, USB, UART, CAN, SPI и т.п.), используемые в конструкции современной встраиваемой системы. Это позволяет разработ-

чикам внедрять систему управления температурным режимом эффективно и действенно, используя один кристалл, не перегружая центральный процессор и оставляя большой запас для других функций.

Эффективная система управления скоростью вентилятора необходима для повышения надёжности, снижения потребления мощности и подавления шума. Существуют различные варианты доступных вентиляторов с различными способами управления, и метод на основе ШИМ позволяет сохранять

достаточно низкое потребление мощности и невысокий уровень шума, обеспечивает надёжность и невысокую стоимость. Кроме того, повышенная интеграция системы позволяет встраивать законченную систему управления температурным режимом в один недорогой кристалл, что также оптимизирует потребление мощности. Наконец, гибкость внедрения СнК предоставляет разработчикам возможность вносить изменения, вызванные пересмотром требований в течение длительного времени эксплуатации.



**СПЕКТР**

## НА ПУТИ К ВЕРШИНЕ УСПЕХА

Компания СПЕКТР предлагает услуги по изготовлению и монтажу печатных плат. Срочное изготовление опытных образцов. Выполнение заказов любого объема.

Телефон: +7 (495) 220-64-93, (981) 709-04-82, (960) 276-28-41  
 Факс: +7 (812) 333-27-55 (авт.) • info@spectr-pcb.ru • www.spectr-pcb.ru

# Реализация архитектуры MIPS32 на языке HDL

Алексей Гребенников (г. Актау, Казахстан)

Статья содержит описание архитектуры MIPS32 на языке Verilog. Рассмотрены принципы действия основных блоков процессора – конвейера обработки данных, модуля умножения/деления, системы управления памятью и системного сопроцессора. Приведены примеры моделирования работы блоков процессора.

## ВВЕДЕНИЕ

Архитектура MIPS (Microprocessor without Interlocked Pipeline Stages – микропроцессор без блокировок в конвейере) определяет набор инструкций и основные правила работы микропроцессора. Основной сферой применения процессоров MIPS являются встраиваемые системы. В процессе эволюции эта архитектура претерпела изменения, и в настоящее время существует два основных подкласса семейства – MIPS32/64 и microMIPS32/64. На уровне ассемблерного исходного кода оба подкласса идентичны, но для процессоров microMIPS генерируется более компактный машинный код.

Все процессоры семейства MIPS относятся к классу RISC (Reduced Instruction Set Computer – компьютер с сокращённым набором инструкций). Достоинством этого класса является фиксированная длина инструкции и минимальный их набор, более сложные задачи обработки данных возлагаются на программное обеспечение. Кроме того, процессоры MIPS характеризуются минимальными простоями конвейера обработки данных, связанными с взаимными блокировками.

Следует различать понятия архитектуры и её реализации. Архитектура определяет набор инструкций, регистров, модель управления памятью, способы обработки исключений и некоторые другие параметры. Реализация

описывает физическое устройство, соответствующее заданной архитектуре. Например, архитектура MIPS32 регламентирует наличие блока умножения/деления. Однако алгоритм этих операций задаётся реализацией процессора. Более подробно с архитектурой MIPS можно ознакомиться в [1] или на интернет-странице [www.mips.com](http://www.mips.com).

В данной статье рассмотрено построение модели процессора MIPS32-4Кр (далее 4Кр) на языке Verilog и её реализация для отладочной платы SP605 на базе ПЛИС Xilinx семейства Spartan 6. Более подробно особенности процессора 4Кр описаны в [2], а также в [3], где приведено общее описание процессоров семейства 4К. На русском языке описание архитектуры MIPS32 приведено в [4].

## КОНВЕЙЕРНАЯ ОБРАБОТКА ДАННЫХ

Все инструкции процессора выполняются за несколько циклов. Для ядра 4Кр определено пять циклов или стадий:

- I-stage – выборка инструкции из памяти;
- E-stage – декодирование и выполнение инструкции;
- M-stage – запись/чтение данных в память/из памяти;
- A-stage – выравнивание данных в пределах 32-битного слова;
- W-stage – запись результатов выполнения инструкций в память.

Каждый цикл выполняется за один период тактового сигнала, т.е. для выполнения одной инструкции требуется пять периодов. Соответственно, частота выполнения инструкций минимум в пять раз меньше тактовой частоты. При конвейерной обработке выборка инструкций происходит каждый период тактового сигнала без ожидания завершения выполнения предыдущей инструкции.

Допустим, в начальный момент времени процессор выбирает первую инструкцию из памяти, т.е. она находится на стадии I. В следующий момент времени первая инструкция переходит на стадию E, и одновременно происходит выборка следующей инструкции. Далее первая инструкция переходит на стадию M, вторая – на стадию E, и выбирается инструкция на стадию I. Как видно на рисунке 1, на пятом цикле конвейер будет заполнен целиком, т.е. все ступени конвейера будут одновременно обрабатывать данные для разных инструкций. В идеальном случае конвейер будет выдавать обработанную инструкцию каждый период тактового сигнала. Однако существует ряд условий, при которых непрерывная схема выполнения инструкций неприемлема. Рассмотрим фрагмент ассемблерного кода:

```
LW      $t1, 0x400($a0)
ADD     $t3, $t1, $t2
```

Первая инструкция загружает в регистр \$t1 слово из внешней памяти, а следующая за ней инструкция выполняет операцию сложения регистров \$t1 и \$t2. Поэтому для выполнения второй инструкции необходимо, чтобы первая уже была выполнена, иначе значение регистра \$t1 будет неверным. В этом случае конвейер блокируется и ожидает завершения инструкции, вызвавшей блокировку. Для примера выше инструкция ADD будет ждать на стадии E до тех пор, пока инструкция LW не закончит чтение слова из памяти на стадии M.

Архитектура MIPS предусматривает два типа блокировок:

- Stall – конвейер останавливается полностью и ожидает снятия блокировки;

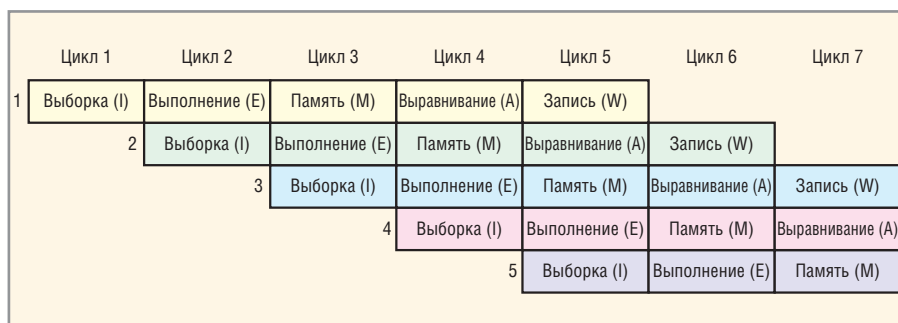


Рис. 1. Работа конвейера

- Slip – останавливается только часть конвейера – ступень, которая вызвала блокировку, и все более ранние ступени. Более поздние ступени завершаются. Например, при блокировке стадии M более поздние стадии A и W могут быть завершены. При этом до снятия блокировки на стадии M конвейер вставляет пустые команды NOP на стадии A и W, которые также называются bubble.

Помимо блокировок, при работе конвейера наблюдается другой вид зависимости инструкций друг от друга, называемый в литературе data bypassing (обходной путь передачи данных). Рассмотрим фрагмент ассемблерного кода:

```
OR    $t3, $t1, $t2
ADD   $t5, $t4, $t3
XOR   $t7, $t5, $t3
```

Первая инструкция выполняет операцию OR для регистров \$t1 и \$t2 и помещает результат в регистр \$t3. Следующая инструкция суммирует регистры \$t4 и \$t3 и помещает результат в регистр \$t5. Но регистр \$t3 был модифицирован предыдущей инструкцией. Все математические операции выполняются на второй стадии конвейера (E), тогда как значения регистров обновляются на пятой стадии (W). Несмотря на то что на момент выполнения второй инструкции (ADD) результат выполнения первой (OR) уже известен, новая величина регистра \$t3 всё ещё находится на стадии M и будет записана непосредственно в регистр \$t3 только через два цикла (A и W). С третьей инструкцией ситуация аналогичная: значения регистров \$t5 и \$t3, необходимые для выполнения операции «исключающее ИЛИ» (XOR), всё ещё находятся на промежуточных стадиях конвейера (\$t3 – на стадии A, \$t5 – на стадии M).

Метод обходной передачи данных (data bypassing), изображённый на рисунке 2, используется во избежание простоев конвейера при взаимной зависимости регистров. Суть его заключается в том, что если инструкции требуются данные, которые уже есть в наличии, но всё ещё находятся на промежуточных стадиях конвейера, эти данные передаются непосредственно из промежуточной стадии, а не из файла регистров. Для рассмотренного выше примера инструкция ADD на стадии E берёт значение \$t4 из

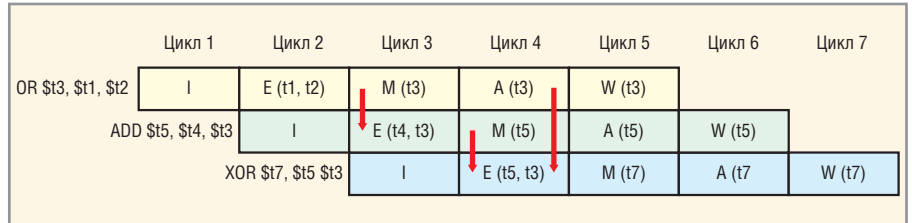


Рис. 2. Обходной путь передачи данных (data bypassing)

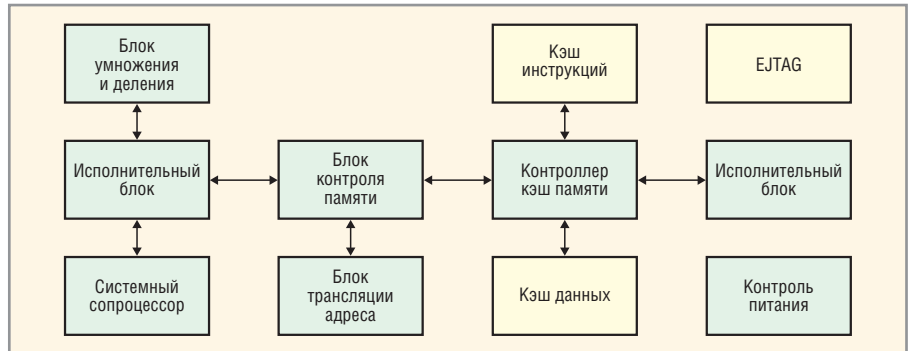


Рис. 3. Блок-схема процессора 4Кр

файла регистров, поскольку величина этого регистра не была модифицирована предыдущими командами. Значение \$t3 берётся со стадии M, на которой находится последняя обновлённая величина регистра \$t3. Для инструкции XOR значение \$t5 берётся со стадии M и значение \$3 – со стадии A.

Ещё одной особенностью работы конвейера является задержка при выполнении инструкций перехода JUMP или BRANCH. Рассмотрим ассемблерный код:

```
AND   $s1, $v1, $t2
J     0xFE00
ORI   $t2, $t3, 0x10
```

После инструкции AND выполняется безусловный переход по адресу, заданному командой J. Задержка заключается в том, что инструкция, следующая непосредственно за командой перехода (в данном случае ORI), всегда выполняется. Это связано с тем, что решение о переходе и вычисление нового адреса программного счётчика принимается на стадии E, т.е. в момент времени, когда следующая инструкция уже поступила на стадию I. Во избежание пустого цикла эта инструкция также выполняется. При генерации машинного кода задержка учитывается автоматически. Инструкция J будет размещена в бинарном файле до инструкции AND. Если такую замену произвести невозможно, ассемблер вставляет дополнительную инструкцию NOP после команды перехода.

### Блок-схема процессора 4Кр

Рассмотрим блок-схему процессора 4Кр, изображённую на рисунке 3. Зелёным цветом обозначены обязательные модули, жёлтым – возможные. Исполнительный блок включает в себя все стадии конвейера и выполняет основную работу по обработке данных. Умножение и деление являются наиболее сложными математическими операциями, выполняемыми процессором. Поэтому блок, выполняющий эти функции, изображён отдельно. Системный сопроцессор отслеживает возникновение исключений, внешних прерываний, контролирует трансляцию адреса и режим работы кэш-памяти (при её наличии), задаёт режим выполнения инструкций – пользовательский или привилегированный. Блок контроля памяти, наряду с блоком трансляции адреса, выполняет преобразование виртуального адреса в физический и управляет формированием шинных циклов. Блоки кэш-памяти инструкций и данных являются необязательными. Блок интерфейса с внешней шиной непосредственно формирует шинные циклы при запросе от блока контроллера памяти.

Модель процессора, рассмотренная в данной статье, не содержит кэш-памяти и интерфейса EJTAG. Блок умножения/деления включён в состав исполнительного блока в форме отдельного модуля. Все файлы модели Verilog находятся в архиве MIPS\_verilog.zip. Файл верхнего уровня src.v содержит следующие компоненты:

- блок PLL (diff\_clk), который преобразует входную частоту 200 МГц в частоту работы процессора 20 МГц и реализован в виде мегафункции;
- модуль верхнего уровня MIPS32 (mips\_top\_soc) – содержит всю логику процессора;
- контроллер памяти (mem\_ctrl\_soc). Этот тестовый блок используется вместо внешней памяти для контроля работы процессора. Включает в себя внутрикристалльную память объёмом 32 Кб и логику взаимодействия с шиной процессора. При использовании внешней памяти, например DDR3 SDRAM, данный блок необходимо заменить соответствующим контроллером памяти;
- асинхронный приёмопередатчик (uart\_soc). Этот модуль подробно описан в [5].

Сначала приёмопередатчик инициализирует память процессора и затем используется для обмена данными с компьютером. Связь с платой со стороны компьютера обеспечивается программой, находящейся в архиве PC\_interface\_Delphi.zip. Эта программа написана в среде Delphi (Code Gear). Скорость обмена данными – 38 400 Кбит/с. Программа может работать как с бинарными, так и с текстовыми hex-данными.

Для написания тестовых программ для MIPS-процессора использовался свободно доступный в Интернете пакет cross-mipsel-binutils для операционной системы Linux. Заметим, что процессор, описанный в данной статье, имеет порядок следования байт Little Endian, поэтому и был выбран пакет mipsel. Этот пакет содержит ряд программ, таких как ассемблер, дисассемблер, редактор кода и т.д. После генерации ассемблером файла в формате elf его необходимо преобразовать в бинарный формат. Для этого использовалась программа, исходный код которой находится в файле elf2bin.c. Эта программа отображает подробно содержимое elf-файла и одновременно копирует данные сегмента .text. в отдельный файл mips.bin, который и является бинарным образом для процессора MIPS.

Рассмотрим более подробно принципы действия отдельных модулей процессора.

### Исполнительный блок

В файле верхнего уровня процессора mips\_top.v исполнительный блок

представлен модулем exec\_core\_top, исходный код которого, в свою очередь, находится в файле exec\_core.v. Это – самый объёмный модуль, который включает в себя все пять ступеней конвейера, модуль обхода данных (bypass\_e), модуль блокировки конвейера (hazard\_e) и модуль умножения/деления (mdu\_e).

### I-стадия конвейера

Первая стадия конвейера I расположена в модуле istage\_e (исходный файл istage.v). Задачей этой стадии является выборка инструкции из внешней памяти и управление регистром РС (Program Counter). После системного сброса регистр РС устанавливается в значение 32'hBFC00000 – виртуальный адрес первой инструкции. Разница между виртуальным и физическим адресом будет рассмотрена ниже при описании работы системного сопроцессора и модуля контроля памяти.

На выходе стадии I instr\_o в начальный момент времени выставлена инструкция NOP. Стадия сразу же делает запрос на чтение инструкции по адресу 32'hBFC00000 и при отсутствии исключений или условий перехода ожидает момента времени, когда инструкция будет прочитана из внешней памяти, т.е. сигнал cmd\_ready\_i перейдёт в единичное состояние. На время ожидания на выходе instr\_o выставляется команда NOP (код команды 32'h0):

```

casex
  ((stall_i | ex_branch_i), cmd_ready_i, branch_i)
3'b00x:
    begin
        instr_o <= 32'h0;
    end

```

После получения сигнала готовности инструкция появляется на выходе instr\_o на время одного периода тактового сигнала, и регистр РС инкрементируется на величину 4, т.е. размер 32-битного слова в байтах. Этот цикл последовательного выполнения инструкций повторяется до тех пор, пока не перейдёт в активное состояние один из сигналов в вышеописанном фрагменте кода:

- stall\_i – блокировка конвейера. В этом случае конвейер останавливается. Регистр инструкций не обновляется, и указатель адреса команды РС не инкрементируется;

- ex\_branch\_i (exception branch input) – сигнал о том, что произошло исключение. В этом случае значение регистра РС задаётся системным сопроцессором, и до завершения чтения инструкции по этому новому адресу на выходе instr\_o выставляется инструкция NOP;
- branch\_i – на стадии E конвейера находится инструкция типа BRANCH или JUMP, требующая перехода регистра счётчика команд РС. В этом случае новое значение РС получается в результате вычислений на стадии E.

Основным отличием перехода по исключению и по инструкции условного или безусловного перехода является то, что в первом случае отсутствует задержка выполнения, тогда как во втором случае до фактического перехода по новому адресу выполняется ещё одна инструкция по старому адресу, т.е. обеспечивается условие задержки (branch delay slot).

### E-стадия конвейера

Вторая стадия конвейера E расположена в модуле estage\_e (исходный файл estage.v). Эта стадия в свою очередь состоит из двух частей – файла регистров e\_regfile (исходный файл regfile.v) и модуля арифметико-логического устройства e\_alu (исходный файл alu.v).

Файл регистров состоит из 32 регистров общего назначения. Нулевой регистр r0 всегда равен нулю, тридцать первый регистр r31 неявно используется в качестве регистра назначения в инструкциях JAL, BLTZAL, BLTZALL, BGEZAL, BGEZALL. Во всех других инструкциях r31 может быть использован как регистр общего назначения. Кроме того, модуль e\_regfile содержит мультиплексор обхода данных, аналогичный стадиям M и A. Это необходимо, когда записываемый регистр на стадии W требуется для вычислений на стадии E. В этом случае новое значение регистра одновременно подаётся на выходы rs\_o и rt\_o и записывается в соответствующую ячейку reg\_bank[rda\_i], где rda\_i – адрес обновляемого регистра. Заметим, что при написании программ на ассемблере используются специальные обозначения регистров. Например, регистры \$t0 – \$t7 соответствуют номерам \$8 – \$15, \$s0 – \$s7 – номерам \$16 – \$23. Более подробно основы ассемблера для MIPS рассмотрены в [6].

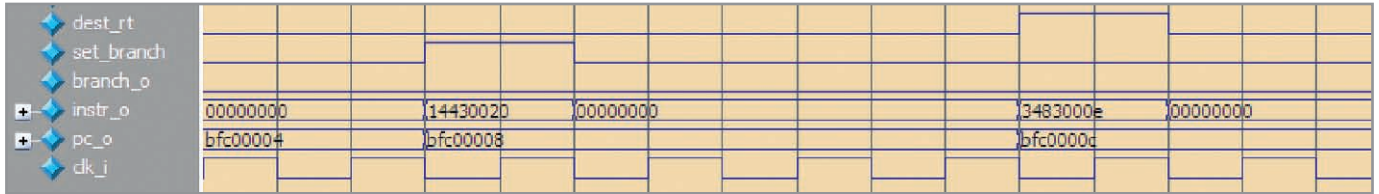


Рис. 4. Симуляция выполнения инструкции BNE

Модуль арифметико-логического устройства e\_alu декодирует большинство инструкций и производит арифметические вычисления. Декодирование осуществлялось на основе информации в [7]. Рассмотрим более подробно формат инструкций процессора.

Все инструкции имеют фиксированную длину 32 бита и делятся на три основных класса:

- I-type (Immediate). В этом случае шесть старших бит слова задают код операции, затем 10 бит определяют регистры rs и rt – по пять бит на каждый регистр. Младшие 16 бит – это величина константы;
- J-type (Jump) – команды безусловного перехода. Старшие шесть бит задают код операции, а оставшиеся 26 – адрес перехода;
- R-type (Register) – регистровые инструкции без констант. Старшие шесть бит – это код операции, затем 15 бит – величины регистров rs, rt и rd (по пять бит на каждый регистр); следующие пять бит – величина сдвига sa для операций сдвига; и младшие шесть бит – это дополнительный код операции (funct). Более подробно форматы инструкций описаны в [3].

В модуле e\_alu для декодирования каждой инструкции выделен отдельный провод. Например:

```
wire a_add = (op_i == `OP_SPECIAL) && (funct_i == `SP_ADD);
wire a_lb = (op_i == `OP_LB);
```

В этих двух примерах для декодирования операции сложения (add) необходимо знать величины шести старших бит (op\_i) и шести младших (funct\_i). Тогда как для операции загрузки байта (lb) достаточно декодировать поле op\_i.

Для некоторых инструкций требуется 16-битная константа, расширенная до 32 бит с учётом знака. Эта константа задаётся выражением:

```
wire [31:0] sign_exts_offset =
  {{16{offset_i[15]}}, offset_i[15:0]};
```

Затем в модуле e\_alu задаются некоторые атрибуты команд:

- set\_branch – этот атрибут принимает единичное значение для всех команд, которые потенциально вызывают скачок программного счётчика (группы jump и branch);
- set\_load – равен единице для всех команд чтения данных из памяти;
- set\_store – равен единице для всех команд записи данных в память;
- set\_rtype – равен единице для всех команд, которые записывают результат операции в регистр rd или rt, т.е. для инструкций R-type и I-type;
- oflow\_instr – атрибут для обозначения инструкций, которые могут вызвать переполнение;
- dest\_rt – атрибут для инструкций, которые записывают результат в регистр rt.

Некоторые инструкции устанавливают сразу несколько атрибутов. Например, команда bgezal устанавливает одновременно линии set\_branch и set\_rtype.

Для операций, которые могут вызвать переполнение, необходимо производить соответствующую проверку:

```
assign ioverflow_o =
  oflow_instr_buf &
  (carry_out ^ carry_in);
```

В процессоре MIPS32 используется арифметика дополнения до двух. Переполнение возникает в том случае, когда «исключающее ИЛИ» бита переноса в бит 32 (carry\_in) и бита переноса из бита 32 (carry\_out) равны единице, как это видно из вышеприведённого выражения. Но флаг переполнения устанавливается только для тех инструкций, которые могут вызвать переполнение, – только если oflow\_instr\_buf равен единице (oflow\_instr\_buf – это сигнал oflow\_inst, сдвинутый на половину периода тактового сигнала, чтобы все сигналы в выражении изменялись на положительном фронте синхросигнала).

Все арифметические операции выполняются на положительном фронте синхросигнала, т.е. в блоке always @

(posedge clk\_i). Рассмотрим работу модулей estage\_e и istage\_e на примере фрагмента программы:

```
BNE $2, $3, 0x80
ORI $3, $4, 0xE
BEQ $17, $18, 0x40
ADDI $3, $2, 0xF
```

Первая инструкция сравнивает значения регистров 2 и 3 и в случае их неравенства увеличивает величину программного счётчика на 0x80. Фрагмент симуляции выполнения этой инструкции приведён на рисунке 4, где pc\_o – это программный счётчик, который является выходным сигналом стадии I конвейера, instr\_o – прочитанная из памяти инструкция – также является выходным сигналом стадии I.

В примере на рисунке 4 инструкция BNE \$2,\$3,0x80 расположена в памяти по адресу 0 BFC00004 и в машинном коде представлена числом 0x14430020. Так как процессор читает инструкции из внешней памяти без кэширования, цикл чтения занимает четыре периода тактового сигнала. В периоды ожидания внешней инструкции процессор вставляет команды NOP (0x00000000) на выход стадии I – регистр instr\_o. После появления команды BNE на выходе instr\_o программный счётчик принимает своё следующее значение, в данном случае инкрементируется на 4 (0xBFC00008), и стадия I инициирует процесс чтения новой инструкции из внешней памяти.

В то же самое время стадия E начинает выполнение уже прочитанной инструкции. Как видно из рисунка 4, команда BNE устанавливает линию set\_branch в единичное значение на один период. Но условие сравнения не выполняется (не показанные на рисунке регистры \$2 и \$3 равны), поэтому в следующем цикле чтения инструкции программный счётчик вновь инкрементируется на четыре, а не принимает значение, заданное в команде BNE.

Команда ORI \$3,\$4,0xE расположена в памяти по адресу 0 BFC00008 и кодируется числом 0x3483000E. Эта команда

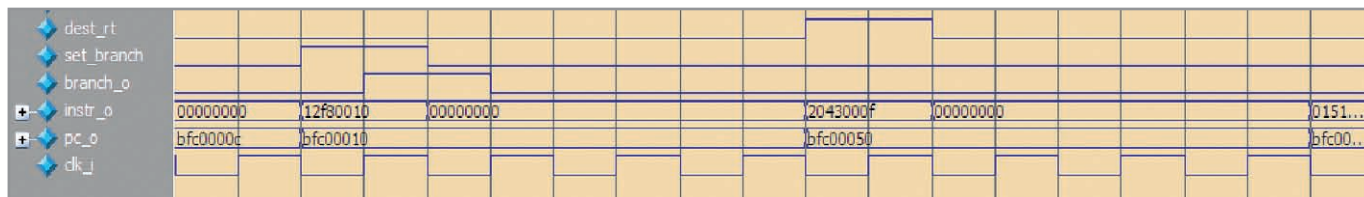


Рис. 5. Симуляция выполнения инструкции BEQ

выполняет операцию логического «И» для регистра \$4 и константы 0xE и помещает результат в регистр \$3. Поскольку адрес результирующего регистра задан в поле rt, во время выполнения этой инструкции линия dest\_rt устанавливается в единичное значение.

Продолжение процесса симуляции показано на рисунке 5. Инструкция BEQ \$17,\$18,0x10 расположена в памяти по адресу 0xBFC0000C и кодируется числом 0x12F80010. На отрицательном фронте синхросигнала на стадии E в модуле e\_alu линия set\_branch устанавливается в единичное значение. Затем проверяется условие равенства регистров \$17 и \$18. В данном примере эти регистры равны, поэтому на следующем положительном фронте выходная линия стадии E branch\_o устанавливается в единичное значение. Это – сигнал для стадии I, что непрерывное изменение программного счётчика должно быть прервано и следующее значение pc\_o будет установлено командой BEQ.

Для вычисления новой величины программного счётчика необходимо сложить смещение, заданное в команде, с адресом инструкции в слоте задержки (следующей за командой перехода). В данном случае получится 0xBFC00010 + 0x40 = 0xBFC00050. Заметим, что команда в слоте задержки выполняется независимо от истинности условия. В рассматриваемом примере после инструкции BEQ выполняется команда ADDI \$3,\$2,0xF (которая кодируется числом 0x2043000F), и затем происходит скачок с адреса 0xBFC00010 на адрес 0xBFC00050.

**M-, A- и W-стадии конвейера**

Третья стадия конвейера M расположена в модуле mstage\_e (исходный файл mstage.v). На этой стадии происходит обмен данными с памятью: чтение для операций типа LOAD и запись для операций типа STORE. Процессор может работать с байтами (8 бит), полусловами (16 бит) и словами (32 бита). В зависимости от размерности обмена данных устанавливается регистр

byte\_mask\_o[3:0], где каждому разряду соответствует байт слова. Например, при чтении первого байта слова этот регистр принимает значение 4'b0001, при чтении слова – 4'b1111. Для операций записи SWL (Store Word Left) и SWR (Store Word Right, запись по невыровненному адресу) производится подготовка данных в соответствии с описанием этих инструкции [7]. Эта стадия может блокировать конвейер при взаимозависимости данных, как это описано выше на примере команды LW. Команды, не обменивающиеся данными с памятью, проходят данную стадию транзитом.

Четвёртая стадия конвейера A расположена в модуле astage\_e (исходный файл astage.v). Основная задача этой стадии – выравнивание данных, прочитанных из памяти. Данные из памяти всегда читаются 32-битными словами, поэтому необходима дополнительная обработка прочитанного слова. Например, для команды LBU (Load Byte Unsigned) обнуляются 24 старших бита 32-битного слова. Для команды LB (Load Byte) младший байт рассматривается как знаковое число, поэтому знак (седьмой бит) распространяется на старшие 24 бита. Эта стадия также определяет, требуется ли запись данных для текущей инструкции в файл регистров. Для инструкций, не требующих обновления файла регистров (переход и запись данных), эта стадия не выполняет никаких действий.

Модуль стадии W, расположенный в файле wstage.v, фактически не выполняет никаких действий и включён в модель, чтобы дополнить число стадий до пяти. Единственной задачей этой стадии является запись данных в файл регистров; её выполняет сам модуль файла регистров (модуль e\_regfile на стадии E).

**Блок умножения и деления**

Блок умножения и деления расположен в модуле exes\_core, его исходный код представлен в файле mdu.v. Эти две операции требуют значительно больше времени на выполнение и

в версии процессора 4Кр блокируют конвейер до своего полного завершения. Умножение и деление замещаются сложением и вычитанием соответственно. Различные команды требуют от 32 до 34 периодов тактового сигнала и декодируются непосредственно модулем mdu. Все операнды представлены 32-битными словами. Для чисел со знаком используется арифметика дополнения до двух. Результат записывается в один или два 32-битных регистра в зависимости от команды. Отрицательные числа предварительно преобразуются в положительные, и затем, после завершения операции, корректируется знак. Чтобы преобразовать число в кодировке дополнения до двух из положительного в отрицательное или наоборот, необходимо из нулевого регистра вычесть заданное число, при этом перенос игнорируется:

```
if (rt_i[31] && signed_mul)
begin
multiplier <= 32'h0 - rt_i;
rt_sign <= 1'b1;
end
```

В этом фрагменте кода проверяется самый старший бит слова для знаковых операций умножения. Если бит равен единице, т.е. число отрицательное, оно преобразуется в положительную форму и устанавливается регистр знака rt\_sign, который после завершения умножения используется для корректировки знака произведения:

```
if ((rt_sign^rs_sign) && signed_mul)
{reg_hi_o,reg_lo_o} <= 64'h0 -
(product + multiplicand);
```

Если знаки перемножаемых чисел различны, то результат будет отрицательным и должен быть преобразован в отрицательное число. Рассмотрим более подробно процесс умножения.

Входные данные представлены 32-битными умножаемым и множителем на входах rs\_i и rt\_i. Умножаемое расширяется до 64 бит:

```

multiplicand <= {32'h0,rs_i};
multiplier <= rt_i;
    
```

Результат умножения записывается в 64-битный регистр, называемый product. Непосредственно процесс умножения выполняется за 32 шага, по количеству бит в слове. На каждом шаге выполняется ряд операций:

```

if (multiplier[0])
product <= product + multipli-
cand;
multiplicand <= multiplicand <<
1;
multiplier <= multiplier >> 1;
    
```

Если нулевой бит множителя (multiplier) равен единице, то к результату (product) прибавляется умножаемое (multiplicand). Затем умножаемое сдвигается на один бит влево, а множитель – на один бит вправо. Процесс повторяется 32 раза. Окончательное произведение после корректировки знака записывается в соответствующие регистры. Для команд MULT и MULTU – это пара 32-битных регистров reg\_hi\_o и reg\_lo\_o. Для команды MUL 32 младших бита результата, т.е. регистр reg\_lo\_o,

записываются в регистр общего назначения, адрес которого задаётся в команде, и затем передаются на стадию А конвейера через регистр rda\_o. При этом модуль mdu также сигнализирует стадии А о необходимости записи в регистр общего назначения линией mul\_o.

Команды MADD и MADDU задают умножение с накоплением. Результат умножения из регистров reg\_hi\_o и reg\_lo\_o складывается с предыдущим значением этих регистров, которое хранится на стадии А конвейера. MSUB и MSUBU – аналогичные команды, но результат умножения вычитается из предыдущего значения регистров.

Рассмотрим более подробно операции деления DIV и DIVU для знаковых и беззнаковых чисел соответственно. Как и для операций умножения, деление производится для положительных чисел. Отрицательные числа преобразуются в положительные перед началом деления, и затем корректируется знак результата деления. Перед началом деления необходимо инициализировать соответствующие данные. Регистр rs\_i после корректировки по зна-

ку загружается в регистр остатка remainder. Размерность регистра remainder равна 64 бита, поэтому старшие 32 бита заполняются нулями:

```

remainder <= {32'h0,rs_signed};
    
```

Регистр rt\_i также после корректировки знака загружается в верхнюю часть 64-битного регистра делителя divisor. В момент инициализации производится сдвиг вправо на один бит:

```

divisor <=
{1'b0,rt_signed,31'h0};
    
```

Регистр частного quotient имеет размерность 32 бита и в начале цикла деления инициализируется нулевым значением. Заметим, что все эти операции выполняются на положительном фронте синхросигнала. Затем на отрицательном фронте синхросигнала производится вычитание остатка и делителя; результат записывается в промежуточный 64-битный регистр:

```

remainder_temp <= remainder - di-
visor;
    
```

# ЗАО «НПФ «ДОЛОМАНТ»

ВЫСОКИЕ ТЕХНОЛОГИИ НА СЛУЖБЕ ОТЕЧЕСТВУ



ЗАО «НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ФИРМА «ДОЛОМАНТ»



### ★ **Поставляет**

электронные компоненты в качестве второго поставщика (номенклатура порядка 400 тыс. наименований более 60 зарубежных производителей) при сотрудничестве с группой компаний ПРОСОФТ

### ★ **Производит**

промышленные и встраиваемые компьютеры (в форматах CompactPCI, VME, EPIC, 3,5", PC/104, MicroPC, AT96, PICMG, Mini-ITX, ATX), платы для монтажа на DIN-рейку, а также каркасы, шлейфы, кабели и аксессуары, предназначенные для работы в жестких условиях эксплуатации с военной приемкой

### ★ **Разрабатывает**

программные и аппаратные средства по техническому заданию заказчика под контролем военного представительства

### ★ **Осуществляет контрактное производство**

изделий по конструкторской документации заказчика, включая поставку печатных плат, поверхностный монтаж и тестирование электронных модулей, изготовление механических деталей корпусов и передних панелей под контролем военного представительства

### ★ **Обеспечивает проведение специальных проверок и исследований** поставляемого электронного оборудования

### ★ **Располагает производственным высокоавтоматизированным оборудованием для поверхностного монтажа электронных модулей,**

которое соответствует уровню требований мировых производителей, адаптировано к использованию бессвинцовой технологии, позволяет производить автоматическую разработку и рентгеновский контроль качества пайки

### ★ **Имеет лицензии**

на разработку и производство электронных средств для вооружения, военной техники и атомных электростанций, свидетельство об аттестации второго поставщика, а также систему менеджмента качества, сертифицированную в системе «Военный регистр» на соответствие ГОСТ Р ИСО 9001 и ГОСТ РВ 15.002

117437, Москва, ул. Профсоюзная, д. 108  
 Тел./факс: (495) 232-2033; E-mail: info@dolomant.ru  
 Web: www.dolomant.ru

Реклама

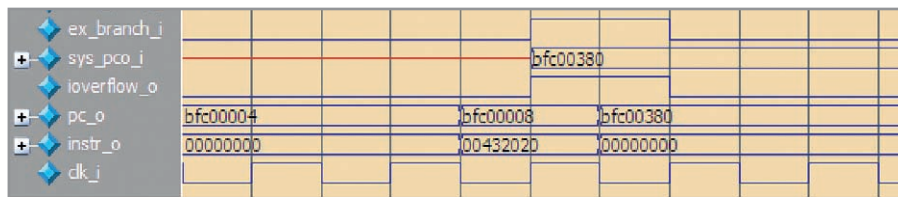


Рис. 6. Симуляция выполнения инструкции ADD

После этого на положительном фронте синхросигнала выполняется основной цикл деления, который повторяется 32 раза:

```
begin
if (!remainder_temp[63])
begin
quotient[31:0] <= {quotient[30:0],1'b1};
remainder <= remainder_temp;
divisor <= divisor >> 1;
end
else
begin
quotient[31:0] <= {quotient[30:0],1'b0};
divisor <= divisor >> 1;
end
```

Проверяется значение старшего бита результата вычитания, которое производилось на отрицательном фронте. Если этот бит равен нулю, то в младший бит частного записывается единица, и регистр частного сдвигается на один бит влево. Регистр остатка remainder обновляется временным значением remainder\_temp, чтобы провести операцию вычитания на следующем отрицательном фронте синхросигнала. Делитель сдвигается на один бит вправо.

Если старший бит регистра remainder\_temp после вычитания равен единице, то в младший бит частного записывается ноль и частное также сдвигается на один бит влево. Но регистр остатка в этом случае не обновляется, и в следующей операции вычитания используется его старое значение. Регистр делителя в этом случае также сдвигается на один бит вправо. После завершения деления 32 младших бита остатка записываются в регистр reg\_hi\_o, а частное – в регистр reg\_lo\_o.

### СИСТЕМНЫЙ СОПРОЦЕССОР

Системный сопроцессор расположен в модуле mips\_top, его исходный код представлен в файле sys\_sr.v. В функции сопроцессора входит отслеживание исключений, внешних пре-

рываний, контроль трансляции адреса, а также определение режима работы (привилегированный или пользовательский). Сопроцессор контролируется набором регистров, доступ к которым осуществляется командами MFC0 (чтение регистров) и MTC0 (запись). Помимо этого, сопроцессор декодирует команды ERET – возврат из прерывания – и SYSCALL – системный вызов – и отслеживает все нереализованные инструкции. Более подробно значения всех битов регистров описаны в [3].

Сопроцессор определяет два уровня исключений. При возникновении исключительной ситуации в нормальном режиме работы адрес возврата записывается в регистр r14\_erc, а при возникновении исключения уже в процессе обработки другого исключения адрес возврата записывается в регистр r30\_errorerс; при этом устанавливается бит ERL регистра статуса r12\_status. Адрес вектора прерывания выбирается в зависимости от значения бита BEV регистра статуса и бита IV регистра причины r13\_cause.

Рассмотрим фрагмент симуляции инструкции ADD \$4,\$2,\$3, изображённый на рисунке 6. Эта инструкция расположена в памяти по адресу 0xBFC00004 – значение регистра pc\_o на стадии I конвейера – и закодирована числом 0x00432020 – значение instr\_o также на стадии I. Регистры \$2 и \$3 до выполнения операции ADD (сложение с учётом знака) были инициализированы значениями 0x7FFFFFFF и 0x10. В момент времени, когда на стадии E в модуле alu начинается выполнение операции сложения, фиксируется исключение по переполнению – сигнал ioverflow\_o модуля alu. Этот сигнал затем передаётся системным сопроцессором на стадию I по линии ex\_branch\_i. Одновременно с этим сопроцессор формирует адрес вектора прерывания, который виден на стадии I конвейера как сигнал sys\_pco\_i и в данном примере равен 0xBFC00380. Соответственно, на стадии I непрерывное изменение указателя инструкций pc\_o заменяется скачком по вектору прерывания: вместо подготовленного

адреса 0xBFC00008, следующего за инструкцией ADD, переход происходит по адресу 0xBFC00380.

Адрес возврата при этом запоминается в регистре r14\_erc. После завершения работы обработчика исключения инструкция ERET передаёт стадии I конвейера сохранённую величину программного счётчика из регистра r14\_erc, восстанавливая процесс выполнения прерванной программы.

### БЛОК КОНТРОЛЯ ПАМЯТИ

Блок контроля памяти представлен модулем mmu\_core\_top в модуле верхнего уровня процессора mips\_top, исходный код находится в файле mmu\_core.v. Основной задачей модуля является трансляция виртуального адреса в физический и обеспечение интерфейса с блоком управления внешней памятью.

Различают несколько сегментов памяти. Для программ в пользовательском режиме существует только один сегмент useg с диапазоном виртуальных адресов 0 – 0x7FFFFFFF, т.е. нижние 2 Гб памяти. Для привилегированных программ доступно всё адресное пространство, разделённое на следующие сегменты:

- kuseg 0 – 0x7FFFFFFF
- kseg0 0 80000000 – 0x9FFFFFFF
- kseg1 0 A0000000 – 0xBFFFFFFF
- kseg2 0 C0000000 – 0xDFFFFFFF
- kseg3 0 E0000000 – 0xFFFFFFFF

Для сегментов kseg2 и kseg3 виртуальный адрес всегда равен физическому, сегменты kseg0 и kseg1 совмещены в физическом пространстве и начинаются с адреса 0. Трансляция пользовательского сегмента зависит от значения бита ERL регистра статуса. При нулевом значении этого бита сегмент useg/kuseg начинается с адреса 0x4000000, а при ERL = 1 сегмент useg/kuseg совмещается с сегментами kseg0/kseg1, т.е. начинается с нулевого адреса. Более подробно механизм трансляции адреса описан в [2].

Модуль mmu\_core транслирует адрес и для данных, и для команд. Например, для данных этот процесс выглядит следующим образом:

```
casex
({va_i[31:30],r12_status_i[2]})
3'b0x1: pha_d <= va_i;
3'b0x0: pha_d <= {(va_i[31:28] +
4'h4),va_i[27:0]};
3'b10x: pha_d <=
{3'b000,va_i[28:0]};
```

```
3'b11x: pha_d <= va_i;
Endcase
```

Два старших бита виртуального адреса задают сегмент, а r12\_status\_i[2] – это бит ERL. Две первые линии оператора условия casex задают трансляцию адреса сегмента useg/kuseg, которая зависит от значения бита ERL. Третья линия – для сегментов kseg0 и kseg1, четвёртая линия – преобразование адресов для сегментов kseg2 и kseg3. Для команд схема трансляции аналогична.

В данной модели процессора реализована модель памяти фон Неймана, в которой сегменты кода и данных совмещены. Поэтому физические адреса инструкций и данных мультиплексируются:

```
assign pha_o = (data_access) ?
pha_d : pha_ins;
```

В зависимости от типа доступа, модуль mmu\_core выдаёт соответствующий физический адрес. Доступ данных имеет более высокий приоритет по сравнению с доступом команд, поэтому при обмене данными с внешней па-

мятью сначала читаются или записываются данные, а затем читается следующая инструкция.

Преобразованный физический адрес поступает на вход блока интерфейса с внешней памятью, представленного модулем biu\_top в файле верхнего уровня процессора mips\_top. Исходный код блока интерфейса находится в файле biu.v. Этот блок реализован в соответствии с временными диаграммами, приведёнными в [2] в разделе описания шинного интерфейса.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Программируемая логика активно вытесняет жёсткую логику в различных областях электроники. Не являются исключением и такие сложные устройства, как процессоры, которые на ПЛИС, как правило, реализуются в форме IP-ядер в составе более сложных систем на кристалле.

В данной статье была рассмотрена модель процессора MIPS32, написанная на языке Verilog и реализованная для ПЛИС семейства Xilinx Spartan 6. Эта модель является учебным примером, позволяющим рассмот-

реть принципы функционирования процессоров семейства MIPS32. Пример в дополнительных материалах к статье представляет собой простейшую систему на кристалле, включающую в себя MIPS-процессор, UART и контроллер памяти. Файлы архивов, упомянутые в статье, находятся в соответствующем разделе сайта журнала (soel.ru).

**ЛИТЕРАТУРА**

1. MIPS Architecture for programmers. Volume I-A: Introduction to the MIPS32 Architecture. MIPS Technologies, Inc.
2. MIPS32-4Kp Processor Core Datasheet. MIPS Technologies, Inc.
3. MIPS32-4K Processor Core Family Software User's Manual. MIPS Technologies, Inc.
4. Микросхема интегральная 1892ВМ2Я. Руководство пользователя. ГУП НИИЦ «Элвис».
5. Гребенников А. HDL-реализация асинхронного приёмопередатчика. Современная электроника. 2011. № 4.
6. MIPS Assembly Language Programmer's Guide. ASM-01-DOC.
7. MIPS Architecture for Programmers Volume II-A: The MIPS32 Instruction Set. MIPS Technologies, Inc.



**Фастеко 2002–2011:**  
новейшая история российской электроники

**ВЕРНЫЙ КОНТАКТ В КАЖДОЙ ТОЧКЕ ПРОЕКТА**

**9 лет • 1010 клиентов • 1500 проектов/3450 заказов**

|  |  |  |   |
|--|--|--|---|
| <br><b>Монтаж печатных плат</b><br>Уникальные автоматизированные технологические линии для SMT и THT (DIP) монтажа. Все виды работ стандарта ГОСТ и IPC. | <br><b>Сборка приборов, стоек, шкафов</b><br>Производство электроники полного цикла. | <br><b>Поставка печатных плат</b><br>Fasteko является генеральным дистрибьютором компании SEP (Корея), одного из мировых лидеров среди производителей печатных плат. | <br><b>Электронные компоненты</b><br>Поставка отечественных и импортных радиоэлектронных компонентов и материалов, полное комплектование производственных программ. |
|--|--|--|---|

**Контрактное производство электроники любой категории сложности**

Тел.: (495) 739-07-75, факс: (495) 739-07-76, e-mail: [product@fasteko.ru](mailto:product@fasteko.ru), web: [www.fasteko.ru](http://www.fasteko.ru)

Реклама

# Использование инструментария LPCXpresso для разработки приложений на базе 32-разрядных микроконтроллеров NXP с ядрами ARM Cortex-M0 и Cortex-M3

Часть 1

Павел Редькин (г. Ульяновск)

Статья посвящена программно-аппаратному обеспечению LPCXpresso, предназначенному для разработки и отладки приложений для 32-разрядных микроконтроллеров семейств LPC11xx/13xx/17xx производства NXP с ядрами ARM Cortex-M0, Cortex-M3.

## ВВЕДЕНИЕ

Архитектуры ARM Cortex-M0 и Cortex-M3 сегодня лидируют среди универсальных 32-разрядных процессорных ядер микроконтроллеров (МК). Свои изделия, имеющие указанные архитектуры, продвигают на рынок многие известные производители МК. По оценкам ряда экспертов, в авангарде этого процесса находится корпорация NXP Semiconductors, предлагающая потребителям семейство своих МК LPC11xx с архитектурой ARM Cortex-M0, а также семейства LPC13xx и LPC17xx [3] с архитектурой ARM Cortex-M3.

Разработка и отладка приложений на базе 32-разрядных МК LPC11xx/13xx/17xx от NXP поддерживается различными инструментальными средствами [1], наиболее известные образцы которых традиционно предлагаются на рынке компаниями – лидерами в этой области – Keil Software и IAR Systems. Это – программные пакеты IDE  $\mu$ Vision4 и IDE IAR EWARM, включающие среды разработки и отладки, компиляторы, компоновщики, ассемблеры и т. д. Эти же фирмы выпускают и аппаратные средства разработки и отладки (отладочные платы, аппаратные отладчики – программаторы и т.п.) с поддержкой МК серий LPC11xx/13xx/17xx.

Вместе с тем, компания NXP в партнёрстве с фирмами Code Red Technologies и Embedded Artists предлагает на рынке оригинальный инструментарий разработки и отладки приложений на базе МК семейств LPC11xx/13xx/17xx – аппаратно-про-

граммную платформу LPCXpresso™. Платформа состоит из программной части – интегрированной среды LPCXpresso IDE, построенной на базе графической среды Eclipse, и аппаратной части – недорогих отладочных наборов, состоящих из демонстрационной платы с МК целевой системы и интегрированного аппаратного отладчика USB-JTAG/SWD.

По мнению автора, инструментарий LPCXpresso является полноценной альтернативой продуктам от IAR и Keil. Для такого мнения имеются следующие основания. Стоимость демонстрационных плат LPCXpresso примерно на порядок ниже стоимости отладочных плат с аналогичными МК от фирм IAR и Keil, а предлагаемая NXP идеология разработки приложений с использованием этих плат (см. ниже) обеспечивает значительно большую гибкость и универсальность. То же самое можно сказать о сравнительной стоимости других аппаратных инструментальных средств, прежде всего, отладчиков-программаторов (USB-JTAG-адаптеров). В инструментарии LPCXpresso такой отладчик (LPC-Link) уже интегрирован в состав платы. Для использования инструментария от IAR и Keil отладчики (например, J-Link или ULINK2) необходимо приобретать отдельно. Справедливости ради заметим, что LPC-Link существенно уступает упомянутым отладчикам по скорости, набору поддерживаемых функций программирования, отладки и трассировки, а также номенклатуре поддерживаемых МК [3].

Даже в своем базовом (бесплатном) варианте после инсталляции и первичной активации интегрированная среда разработки-отладки LPCXpresso IDE поддерживает максимальный размер загружаемого в память МК кода, равный 128 Кб, чем выгодно отличается от бесплатных версий (без ограничения времени использования) IDE  $\mu$ Vision4 и IDE IAR EWARM (32 Кб). Стоимость обновлений LPCXpresso IDE, позволяющих увеличить максимальный размер загружаемого кода до 256/512 Кб, примерно на порядок ниже стоимости профессиональных (платных) версий IDE  $\mu$ Vision4 и IDE IAR EWARM. При этом возможности, предоставляемые LPCXpresso IDE разработчику в плане создания, редактирования, компиляции исходного текста на C (с оптимизацией или без), компоновки проектов встраиваемых программ и загрузки их кода в МК, немалого уступают возможностям, обеспечиваемым средами IDE  $\mu$ Vision4 и IDE IAR EWARM.

## ИДЕОЛОГИЯ ПРИМЕНЕНИЯ ИНСТРУМЕНТАРИЯ LPCXPRESSO

Идеология применения инструментария LPCXpresso, по замыслу производителей, предполагает три стадии разработки приложения.

На стадии оценки (evaluation) возможности ЦП и периферии предварительно выбранного для целевой системы МК могут быть оценены и протестированы разработчиком с помощью простой демонстрационной платы, на которой установлен этот МК с минимальной аппаратной обвязкой (кварцевый резонатор/генератор и несколько дискретных элементов). Отличительная особенность этой платы заключается в том, что на её контактные площадки (под две линейки штыревых разъёмов) выведены все

выводы МК, что обеспечивает поддержку любых возможных подключений. В состав платы интегрирован USB-JTAG/SWD-отладчик LPC-Link, получающий питание от порта USB управляющего компьютера и, в свою очередь, обеспечивающий питание целевого МК. Внешний вид оценочной платы LPCXpresso для МК LPX1768 с интегрированным USB-JTAG/SWD-отладчиком LPC-Link показан на рисунке 1.

На стадии исследования (explore) выбранной концепции приложения разработчик может использовать т.н. базовую отладочную плату (Base Board), например, от фирмы Embedded Artists, обеспечивающую поддержку максимального числа устройств ввода-вывода и периферийных интерфейсов МК. Демонстрационная плата может быть установлена на отладочную плату в две линейки разъемов по типу мезонина, как показано на рисунке 2.

Вместе с тем, использование базовой отладочной платы для построения конечной целевой системы может оказаться экономически неоправданным из-за наличия элементов, не используемых в конкретной системе. В этом случае вместо отладочной платы может быть использована т.н. плата прототипа (Prototype Board), представляющая собой по сути отладочную плату без установленных элементов, но с большими макетными полями и разъемами под мезонинную установку демонстрационной платы (см. рис. 3). Теперь пользователь сможет обойтись минимально необходимым числом дополнительных элементов, разместив их на плате прототипа.

После завершения исследования выбранной концепции пользователь LPCXpresso может перейти к стадии разработки (develop) своего приложения путём отладки кода с помощью JTAG-отладчика LPC-Link, подключаемого к плате через десятиштырьковый разъем JTAG (J5 на рис. 1, в красном круге). Ответная часть этого разъема может быть предусмотрена на любой заказной плате конечной системы. Кроме того, отладка может производиться в МК демонстрационной платы, установленной на прототип.

Таким образом, один и тот же по сути, бесплатный пользовательский интерфейс и недорогой инструментарий могут применяться на всех этапах разработки и отладки конечного изделия.

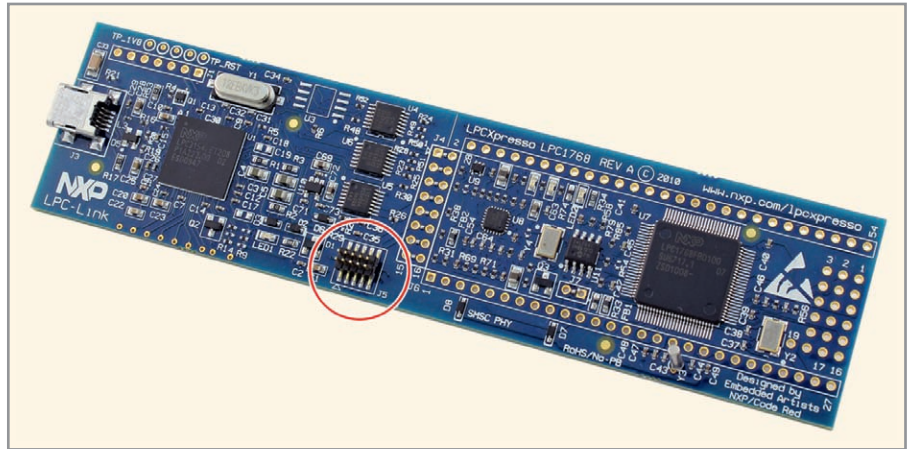


Рис. 1. Демонстрационная плата LPCXpresso с интегрированным USB-JTAG/SWD-отладчиком LPC-Link

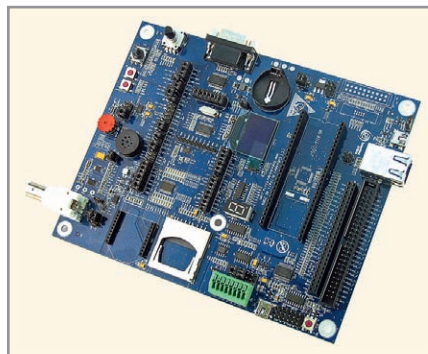


Рис. 2. Базовая отладочная плата (Base Board)

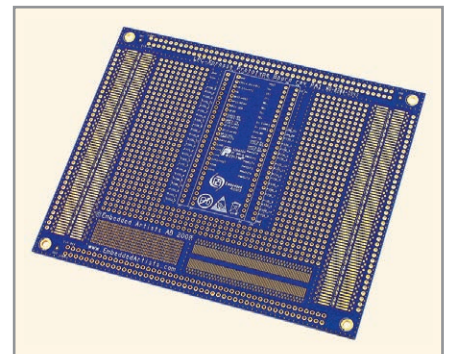


Рис. 3. Плата прототипа (Prototype Board)

### АППАРАТНЫЕ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ СРЕДСТВА LPCXPRESSO

Аппаратные средства разработки и отладки LPCXpresso (демонстрационные платы) производятся NXP в партнерстве с фирмами Embedded Artists и Code Red Technologies и выпускаются на базе МК семейств LPC3xxx, LPC2xxx, LPC17xx, LPC13xx и LPC11xx. Интегрированный USB-JTAG/SWD-отладчик LPC-Link может использоваться как в МК из состава «своей» платы, так и в МК из состава внешней системы. В первом случае подключение к МК реализовано через проводники печатной платы LPCXpresso, выполненные между парами близкорасположенных отверстий на шине JTAG/SWD и размещенные на плате между областью отладчика LPC-Link и областью целевого МК (разъем J4 на рис. 1).

Во втором случае подключение может быть реализовано гибкими проводниками через миниатюрный десятиштырьковый разъем JTAG/SWD (J5 на рис. 1), расположенный на демонстрационной плате в области отладчика. При использовании отладчика LPC-Link с внешним МК, подключение к МК из состава «своей» платы должно быть разорвано путём перерезания дорожек между парами близкорасположенных

отверстий. Чтобы сохранить возможность восстановления подключения в дальнейшем, производитель рекомендует установить на весь ряд пар отверстий разъем 2 × 8, выводы которого при необходимости могут быть замкнуты стандартными перемычками.

Отладчик LPC-Link поддерживает целевые МК от NXP с процессорными ядрами Cortex-M0, Cortex-M3, а также ARM7/9 (МК семейств LPC17xx, LPC13xx, ряд МК семейства LPC11xx и некоторые представители МК семейств LPC2000 и LPC3000). Сам отладчик LPC-Link аппаратно выполнен на базе МК LPC3154 от NXP с ядром ARM9.

Таким образом, демонстрационные платы LPCXpresso могут использоваться следующим образом:

- автономно (в качестве отладчика и с собственным МК) для разработки программного обеспечения и его тестирования в «железе»;
- в качестве отладчика и с собственным МК вместе с базовой платой, например, для быстрого исследования выбранной концепции приложения;
- в качестве отладчика и с собственным МК вместе с платой прототипа как целевой системы;
- только в качестве отладчика для МК внешней системы.

## ПРОГРАММНЫЕ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ СРЕДСТВА LPCXPRESSO

В качестве средства программной поддержки демонстрационных плат LPCXpresso фирма NXP предлагает интегрированную среду разработки и отладки LPCXpresso IDE, разработанную и поддерживаемую фирмой Code Red Technologies. Этот продукт включает в себя все инструментальные средства, необходимые для разработки встроенного программного обеспечения на базе МК семейства LPC1xxx.

В приведённом ниже описании LPCXpresso IDE использовалась информация, полученная автором в ходе практической работы с IDE, сведения из контекстной справки этого продукта (*LPCXpresso IDE Help > Help Contents*), а также материалы [2]. В силу ограниченного объёма статьи здесь изложены только основные сведения о LPCXpresso IDE. Для получения более подробной информации рекомендуется обратиться к [3].

В состав LPCXpresso IDE входят: собственно среда разработки и отладки на основе Eclipse, компилятор GNU C, набор библиотек, компоновщик, а также усовершенствованный отладчик GDB, обеспечивающие профессиональное качество кода с несколькими уровнями его оптимизации.

Среда LPCXpresso IDE поддерживает возможности, связанные с обработкой исходного кода на языке C, такие как выделение синтаксиса, форматирование исходного текста, сворачивание функций, прямые ссылки на определения и объявления функций.

На момент написания статьи версия платформы LPCXpresso поддерживала следующие МК семейства LPC:

- все МК семейства LPC11xx;
- все МК семейства LPC13xx;
- МК семейства LPC17xx: LPC1751, LPC1752, LPC1754, LPC1756, LPC1758, LPC1764, LPC1765, LPC1766, LPC1767, LPC1768;
- МК семейства LPC2xxx: LPC2109, LPC2134, LPC2142, LPC2362, LPC2929;
- МК семейства LPC3xxx: LPC3130, LPC3250.

Среда LPCXpresso IDE поддерживает работу с JTAG-отладчиком LPC-Link от NXP, а также с JTAG-адаптером Red Probe от Code Red Technologies. Для облегчения работы с демонстрационными платами в комплект LPCXpresso IDE включены примеры готовых проектов и справочная документация по ним.

После инсталляции LPCXpresso IDE эти примеры находятся в папке `npx\lpcxpresso\Examples`.

Файл дистрибутива LPCXpresso может быть бесплатно загружен по адресу <http://lpcxpresso.code-red-tech.com/LPCXpresso> после ввода логина и пароля, полученных по электронной почте при регистрации на той же интернет-странице.

После инсталляции на ПК программный продукт LPCXpresso необходимо активировать. При первом запуске программы в окне рабочей области LPCXpresso IDE открывается окно встроенного браузера с предупреждением *Please note: Your product is not activated*. В этом же окне находится инструкция по активации.

Для активации необходимо обеспечить соединение ПК с Интернет, затем выбрать в главном меню *LPCXpresso IDE Help > Product activation > Create Serial number and Activate* для генерации уникального серийного номера продукта, после чего ввести в открывающуюся по заданной в инструкции ссылке сетевую форму указанный серийный номер, который основан на конфигурации аппаратных средств и ОС ПК и не содержит никакой личной информации.

После завершения заполнения формы и щелчка на кнопке *Send me my activation code* пользователь получает код активации на указанный им при регистрации адрес электронной почты. Этот код необходимо вставить в диалоговое окно активации продукта, отрываемого путём выбора в главном меню *LPCXpresso IDE Help > Product activation > Enter activation code*. В случае корректно проведённой процедуры появляется сообщение, подтверждающее принятие кода активации.

После завершения процедуры активации окно приглашения при запуске программы будет содержать надпись *LPCXpresso is fully activated* вместе со ссылками на доступные локальные и сетевые информационные ресурсы LPCXpresso.

## СТРУКТУРА И КОМПОНЕНТЫ LPCXPRESSO IDE

При работе в LPCXpresso IDE используется понятие рабочей области (Workbench). Каждая рабочая область содержит одну или более перспектив (Perspective). Перспективы представляют собой определённую конфигурацию окон обозрений (View) и редак-

торов (Editor), доступ к которым возможен через соответствующие меню и инструментальные панели, и отображают специфические представления данных в LPCXpresso. Это может быть исходный текст, hex-дамп, дизассемблированный текст, содержимое памяти и т.п. Окна обозрений и редакторов в пределах перспективы могут быть открыты, перемещены, состыкованы и закрыты пользователем. Пользователь может изменять размещение перспективы, открывая и закрывая обзорения и закрепляя их в пределах рабочей области. Размещение отображаемых в текущий момент окон обозрений и редакторов может быть сохранено и затем восстановлено пользователем.

Обозрения поддерживают редакторы и обеспечивают способы управления информацией в рабочих областях. Например, проводник проектов (Project Explorer) и другие навигационные обозрения управляют отображением проектов и других ресурсов, с которыми работает пользователь. Обзорения также имеют свои собственные меню. Чтобы сделать меню видимым, следует кликнуть на пиктограмме в левой части области заголовка обзорения. Некоторые обзорения имеют свои собственные инструментальные панели.

Для проектов, папок и файлов, которые находятся в рабочей области, введён собирательный термин «ресурсы». Навигационные обзорения обеспечивают иерархическое представление ресурсов и позволяют открывать их для редактирования. Другие инструментальные средства могут иначе отображать и обрабатывать эти ресурсы. Каждому типу ресурсов, существующему в рабочей области, сопоставляется определённый тип объектов из файловой системы ПК:

- файлам сопоставляются файлы;
- папкам сопоставляются каталоги в файловой системе. В рабочей области папки содержатся в проектах или в других папках. Папки могут содержать файлы и другие папки;
- проекты содержат папки и файлы. Проекты используются для компоновки, управления, совместного использования и организации ресурсов. Подобно папкам, проекты сопоставляются каталогам в файловой системе. Когда пользователь создаёт проект, он определяет местоположе-



# Магнитодиэлектрики MICROMETALS

## Применение сердечников Micrometals гарантирует:

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



АКТИВНЫЙ КОМПОНЕНТ ВАШЕГО БИЗНЕСА

**PROSOFT**<sup>®</sup>  
COMPONENTS

Телефон: (495) 234-0636 | Факс: (495) 234-0640  
E-mail: [info@prosoft.ru](mailto:info@prosoft.ru) | Web: [www.prosoft.ru](http://www.prosoft.ru)

ние этого проекта в виде каталога в файловой системе.

Папки и файлы могут быть размещены в файловой системе вне местоположения проекта. Тогда они называются связанными ресурсами.

Перспектива, как уже было сказано, представляет собой определённую конфигурацию обозрений и редакторов; она определяет начальный набор и размещение обозрений в окне рабочей области. В пределах окна каждая перспектива совместно использует один и тот же набор редакторов. Каждая перспектива предоставляет разработчику набор функциональных возможностей, нацеленных на выполнение определённого типа задач, или работает с определёнными типами ресурсов. Например, перспектива разработки *Develop* объединяет обозрения, которые обычно используются при создании (импортировании) проектов, а также создании и редактировании исходных файлов. Перспектива *Debug* содержит обозрения, которые обычно используются при отладке кода. При работе с одним и тем же проектом в рабочей области пользователь может переключать перспективы.

Все обозрения в перспективе могут быть перемещены пользователем путём их перетаскивания. Если обозрение было случайно закрыто, то оно может быть восстановлено путём его выбора в главном меню (меню перспективы) *Window > Show View > (Other...) >*. При этом открывается диалоговое окно *Show View*, содержащее все имеющиеся обозрения.

Перспективы могут содержать собственные меню и инструментальные панели. Они определяют видимые наборы действий, которые разработчик может использовать, чтобы настроить перспективу. Для открытия требуемой перспективы в окне рабочей области следует выбрать в меню *Window > Open Perspective*. Чтобы увидеть список всех поддерживаемых перспектив, следует выбрать *Window > Open Perspective > (Other...) >*, после чего откроется окно *Open Perspective*.

Большинство перспектив в рабочей области состоит из области редактора и одного или более обозрений. Пользователь может связать определённый редактор с определёнными типами файлов. Например, когда пользователь открывает файл для редактирования, дважды кликнув на его названии в

одном из навигационных обозрений, окно связанного с этим файлом редактора автоматически открывается в рабочей области.

В каждый момент времени может быть открыто любое количество редакторов, но только один из них может быть активен. (На самом деле в LPCXpresso IDE имеется только один многооконный редактор.) При этом область главного меню и инструментальная панель окна рабочей области содержат команды и пиктограммы операций, соответствующих активному редактору. Позиции табуляции в области редактора указывают названия ресурсов, которые в настоящее время открыты для редактирования. Звездочка (\*) у названия ресурса указывает, что редактор ещё не сохранил произведённые изменения.

Поле слева от границы области редактирования в окне файла может содержать значки, которые помечают ошибки, предупреждения или проблемы, обнаруженные инструментальными средствами LPCXpresso IDE при обработке редактируемых ресурсов. Значки также появляются при создании закладок, добавления точек останова в коде или зарегистрированных примечаний.

Для обеспечения возможности создавать, редактировать, компилировать, компоновать и отлаживать приложения в составе среды LPCXpresso IDE должен быть установлен набор инструментов разработки C/C++ – C/C++ Development Toolkit (CDT). По умолчанию в состав CDT LPCXpresso IDE уже входит инструментальный Code Red MCU Tools. Заметим, что входящий в CDT альтернативный инструментальный может быть как коммерческим (платным), так и открытым (бесплатным), например, от GNU. К последней категории относится инструментальный GNU toolchain, содержащий утилиты компоновщика, GCC-компилятора и GDB-отладчика. Как указано в контекстной справке LPCXpresso IDE, в случае использования разработчиком ПК под ОС Windows для загрузки GNU toolchain можно использовать один из двух интернет-ресурсов: MinGW ([www.mingw.org](http://www.mingw.org)) и Cygwin ([www.cygwin.com](http://www.cygwin.com)).

Загрузку ПО GNU toolchain с ресурса MinGW рекомендуется осуществлять в следующем порядке:

- загрузить и выполнить программу установки MinGW-5.1.3.exe (<http://downloads.sourceforge.net/mingw/MinGW-5.1.3.exe>). По умолчанию при запуске предлагается установка программы в корневой каталог MinGW на диске ПК. При этом следует выбрать загрузку и установку базового инструментального MinGW и g++-компилятора. Можно также выбрать загрузку и других компиляторов. Выбор установки утилиты MinGW Make не рекомендуется;
- программа установки MinGW в настоящее время автоматически не устанавливает gdb-отладчик. Чтобы установить отладчик вручную, необходимо загрузить файл *gdb-6.6.tar.bz2* (<http://downloads.sourceforge.net/mingw/gdb-6.6.tar.bz2>), затем с помощью стандартной программы архиватора распаковать этот файл и поместить его в папку, где находится MinGW;
- если разработчик хочет использовать makefile-проекты (см. ниже), то ему необходимо загрузить и выполнить соответствующую программу установки MSYS-1.0.10.exe (<http://downloads.sourceforge.net/mingw/MSYS-1.0.10.exe>). По умолчанию при запуске этого файла предлагается установить программу в корневой каталог *msys* на диске ПК. Программа MSYS обеспечивает для формирования проектов соответствующие инструментальные средства командной строки. Заметим, что её использование не требуется для других типов проектов, подготовленных с помощью MinGW toolchain.

Страница интернет-ресурса MinGW, переход на которую осуществляется по гиперссылке из раздела контекстной справки Help LPCXpresso IDE, открывается в окне обозрения встроенного навигатора LPCXpresso IDE.

*Продолжение следует*

## ЛИТЕРАТУРА

1. Development Tools for ARM-based microcontrollers – Select from the best in support. August 2010. <http://ics.nxp.com/literature/other/microcontrollers/pdf/arm.mcu.tools.pdf>.
2. LPCXpresso. Getting started with NXP LPCXpresso. User guide. Rev. 7. 15 September 2010.
3. Редькин П.П. 32-битные микроконтроллеры NXP с ядром Cortex-M3 семейства LPC17xx. Полное руководство. Додэка-XXI, 2011.
4. <http://www.keil.com/mcb1700/mcb1760.asp>.



## СЕРИЯ СВЕТОДИОДНЫХ СВЕТИЛЬНИКОВ AGRO

для агроосвещения



Светодиодные агросветильники XLight® предназначены для установки в теплицах и оранжереях, для применения в автоматических и неавтоматических гидро- и аэропонных установках.

Модельный ряд светильников XLight® для агроосвещения состоит из светильников серий XLD-FL-AGRO и XLD-LINE-AGRO.

Широкая номенклатура светильников позволяет подобрать необходимую мощность и габаритные размеры для решения любых задач агроосвещения.

### Преимущества светодиодных светильников для аграрного освещения:

- **Низкое тепловыделение**  
Светодиоды являются высокоэффективным источником света с низким выделением тепла. Выделяемая тепловая энергия отводится с помощью алюминиевого радиатора и рассеивается в направлении, противоположном направлению свечения. Таким образом растительные культуры защищены от негативного теплового воздействия и требуют меньшего количества влаги.
- **Оптимальный спектральный состав излучения**  
Состав излучения светильника подобран для обеспечения высокой эффективности развития растений на всех этапах жизненного цикла: от стадии проращивания семян до созревания.
- **Экономия электроэнергии**  
Использование светодиодов и специально подобранного спектрального состава излучения позволяет значительно сократить мощность облучения растений и при этом добиться повышения скорости роста и урожайности. Сокращается нагрузка на климатические установки за счет снижения тепловой мощности светильников.
- **Широкая номенклатура вариантов исполнения**  
Различная мощность и геометрические размеры светильников позволяют использовать продукцию XLight® для освещения с разной высоты и на различных стадиях развития растений.
- **Экологичность**  
В конструкции светильника отсутствуют ядовитые материалы и вещества, требующие утилизации или специальной техники безопасности при эксплуатации.
- **Высокий класс защиты**  
Все светильники XLight®, применяемые для агроосвещения, имеют высокую степень защиты (до IP66). Следовательно, отсутствует необходимость дополнительно защищать светильники от поливочных установок и упрощается процедура обслуживания.
- **Гарантия 3 года**  
На светильники предоставляется гарантия 3 года, срок службы светильников 10 лет.

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ПОСТАВЩИК ПРОДУКЦИИ XLIGHT В РОССИИ И СТРАНАХ СНГ

**PROSOFT® 20 ЛЕТ**

Телефон: (495) 232-1652 • E-mail: info@xlight.ru • Web: www.xlight.ru

реклама

# Новая электроника 2011

«Новая электроника» – главная российская выставка электронных компонентов и модулей. Она ориентирована на широкий круг специалистов, которые принимают решение об применении современных электронных компонентов, обеспечивают снабжение производства, используют их в новых разработках.

Мероприятие было организовано компанией «ЧипЭКСПО» и «Центром современной электроники» при поддержке крупнейших российских дистрибьюторов электронных компонентов.

Выставка прошла на большом эмоциональном подъеме и при большом количестве посетителей.

За три дня работы выставку посетили более 6000 специалистов предприятий ВПК, энергетики, приборостроения, связи и телекоммуникаций, авиационно-космической и судостроительной промышленности, транспорта, городского хозяйства.

В выставке и деловой программе приняли участие 115 компаний, обеспечивающих более 90% поставок электронных компонентов и модулей на российский рынок.

Деловая программа включала в себя большое количество конференций и семинаров.

Площадь экспозиции выставки составила 2100 кв. м. Около 30 средств

массовой информации и интернет-порталов стали информационными партнерами выставки.

По мнению участников и гостей выставки, мероприятие прошло успешно, на высоком профессиональном уровне.

Основное пожелание участников и гостей – дальнейшее развитие проекта.

При подготовке выставки «Новая электроника-2012» будут учтены все мнения и пожелания участников.

В 2012 г. выставка-форум «Новая электроника» состоится 17–19 апреля в одном из самых удобных павильонов ЦВК «Экспоцентр» – павильоне № 1, площадью более 12 000 кв. м.



**1-3 НОЯБРЯ 2011**  
**МОСКВА, ЭКСПОЦЕНТР**

**РОССИЙСКАЯ**  
**НЕДЕЛЯ**  
**ЭЛЕКТРОНИКИ**



**ChipEXPO-2011**

**ПРОМЫШЛЕННАЯ  
И ВСТРАИВАЕМАЯ  
ЭЛЕКТРОНИКА 2011**

**ПРОИЗВОДСТВО  
ЭЛЕКТРОНИКИ**

**MOBILE &  
WIRELESS**

**Силовая  
ЭЛЕКТРОНИКА**

**ПОТЕНЦИАЛ-2011**

**ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА**

**КОМПОНЕНТЫ  
И ТЕХНОЛОГИИ**

**СОВРЕМЕННАЯ  
ЭЛЕКТРОНИКА**

**ЭЛЕКТРОНИКА**  
КАК  
ТОРГОВЛЯ  
СНОВА

**электроника**  
инфо медиа группа

**РАДИО**  
www.radio.ru  
АУДИО • ВИДЕО • СВЯЗЬ • ЭЛЕКТРОНИКА • КОМПЬЮТЕРЫ

**ПРИГЛАСИТЕЛЬНЫЕ БИЛЕТЫ:**

**[www.russianelectronicweek.ru](http://www.russianelectronicweek.ru)**

# Экспоэлектроника: цели достигнуты!

**С 19 по 21 апреля в МВЦ «Крокус Экспо» в Москве прошел крупнейший в России и Восточной Европе Международный форум электронной промышленности «ЭкспоЭлектроника».**

Форум «ЭкспоЭлектроника» по праву считается главным событием российской электронной промышленности, поскольку он объединяет сразу три выставки, охватывающие основные направления отрасли:

- Международную выставку электронных компонентов и комплектующих – ЭкспоЭлектроника 2011;
- единственную в России выставку технологического оборудования и материалов для производства изделий электронной и электротехнической промышленности – ЭлектронТехЭкспо 2011;
- Международную выставку светодиодных решений, чипов и оборудования для их производства – LEDTechExpo 2011.

Такое событие не могло остаться незамеченным в деловых кругах. Участники и посетители форума приветствовали ключевые фигуры в области электронной промышленности.

Приветствуя участников и гостей форума, выступающие подчеркнули, что профессиональное общение специалистов имеет очень большое значение для развития российской электронной промышленности, и Международный форум «ЭкспоЭлектроника» был, есть и будет главной дискуссионной площадкой, наиболее достоверно и полно отражающей тенденции развития рынка.

В своём приветствии Ю.И. Борисов, заместитель министра промышленности и торговли РФ, отметил: «Важно, что Форум позволяет не только наглядно продемонстрировать потенциал российской электроники, но и обсудить весь спектр вопросов относительно перспектив её развития, подготовки инженерных кадров, продвижения продукции на внутренний и внешний рынки».

Неизменно форум «ЭкспоЭлектроника» проходит при официальной поддержке правительственных структур и профессиональных ассоциаций, среди которых: Министерство промышленности и торговли РФ, Министерство образования и науки РФ, Федеральный фонд развития электронной техники,

Комитет Государственной Думы РФ по науке и наукоёмким технологиям, Правительство Москвы, ОАО «Российская электроника». Более того, форум «ЭкспоЭлектроника» вновь признан высокоэффективным специализированным проектом, оказывающим значительный инфраструктурный эффект на экономику города Москвы, и включен в первую группу приоритетных мероприятий Правительства Москвы.

В этом году форум электронной промышленности посетили 15 168 специалистов из 62 субъектов РФ и 39 стран. 99% посетителей являются представителями профессиональной аудитории, а более 63% ежегодно посещают только «ЭкспоЭлектронику» и считают её, бесспорно, главным событием российской электронной промышленности. Свою продукцию, технологические решения и предложения по поставке оборудования и комплектующих представили посетителям 394 компании из 18 стран. Одной из основополагающих успехов форума является присутствие на выставке ведущих зарубежных и российских брендов электронной промышленности. В этом году на форуме ЭкспоЭлектроника было представлено отечественным специалистам более 1000 всемирно известных брендов.

В рамках экспозиции были представлены национальные стенды стран – лидеров электронной отрасли, таких как Германия, Китай, Тайвань, Гонконг, а также коллективная экспозиция Департамента радиоэлектронной промышленности Министерства промышленности и торговли РФ – «Радиоэлектронный комплекс России» и объединённый стенд российских производителей, организованный под эгидой ОАО «Российская электроника».

Впервые в рамках форума электронной промышленности в качестве самостоятельного мероприятия состоялась Международная выставка светодиодных решений, чипов и оборудования для их производства – LEDTechExpo 2011. На выставке были представлены передовые российские

и зарубежные разработки в области производства и использования светодиодной продукции, одного из наиболее перспективных и быстро развивающихся направлений светотехники.

Огромный интерес у профессиональной аудитории вызвал круглый стол «Производство светодиодов в России – дорожная карта». Мероприятие было организовано ООО «Примэкспо» и «Некоммерческим партнёрством производителей светодиодов и систем на их основе» при поддержке и непосредственном участии ГК «РОСНАНО», которые сегодня уделяют самое пристальное внимание вопросам развития инновационных технологий в России. Дорожная карта «Использование нанотехнологий в производстве светодиодов» формирует базовые направления развития светодиодных технологий, на основе которых будут строиться научные исследования и определяться будущие проекты. Этот документ подлежит регулярному обновлению, частью которого и стало обсуждение на круглом столе предложений по совершенствованию дорожной карты. Участие в обсуждении представленной дорожной карты и перспектив развития светодиодной индустрии приняли более 150 руководителей и ведущих специалистов крупнейших российских предприятий. Круглый стол стал первым мероприятием в рамках соглашения о совместной реализации, мониторинге и актуализации дорожной карты, подписанного РОСНАНО и НП ПСС.

Всего в рамках главного форума электронной промышленности прошло более 30 бизнес-мероприятий, среди которых обучающие семинары, круглые столы и презентации ключевых российских производителей, крупнейших отечественных дистрибьюторов, отраслевых ассоциаций и союзов.

Актуальной стала и организация непосредственно на выставке «Отраслевого рекрутингового центра», на котором специалисты получили возможность ознакомиться с имеющимися на рынке вакансиями, а компании, ищущие новых сотрудников, смогли рассмотреть резюме перспективных кандидатов, провести небольшие собеседования и получить советы профессионалов об особенностях найма специалистов на работу.

[www.expoelectronica.ru](http://www.expoelectronica.ru)

## КОНФЕРЕНЦИЯ «ВСТРАИВАЕМЫЕ ТЕХНОЛОГИИ 2011». ПРЕЗЕНТАЦИЯ НОВЕЙШИХ ТЕХНОЛОГИЙ MICROSOFT WINDOWS EMBEDDED

21 апреля 2011 г. компания «Квартал Технологии» при поддержке компании Microsoft провела четвертую ежегодную конференцию «Встраиваемые технологии. Современные программные и аппаратные решения 2011». Целью конференции было всестороннее ознакомление с передовыми технологиями разработки встраиваемых систем на платформе Microsoft Windows Embedded. Конференцию посетили более 260 специалистов, 15 компаний выступили в качестве партнеров и представили в выставочной экспозиции мероприятия готовые решения на базе встраиваемых технологий Microsoft.

Эксперты компании Microsoft выступили с циклом докладов, посвященных технологиям Windows Embedded в контексте современного рынка встраиваемых систем. Остап Марченко, менеджер подразделения Microsoft OEM Embedded Devices по работе с партнерами в странах Восточной Европы, рассказал о текущем состоянии и перспективах развития специализированных интеллектуальных устройств. Понтер Фишер,

ведущий системный инженер департамента Microsoft OEM Embedded Devices, представил стратегию развития семейства операционных систем Microsoft Windows Embedded. Дэнис Штуттерхайм, менеджер по развитию бизнеса в Восточной Европе департамента Microsoft OEM Embedded Devices, познакомил участников конференции с возможностями и преимуществами платформы Windows Embedded Server для создания серверных продуктов. Станислав Павлов, эксперт по технологиям разработки ПО в Microsoft Россия, рассказал о клиентских технологиях создания программ для встраиваемых систем.

Эксперты компании «Квартал Технологии» представили доклады и технические демонстрации по новейшим встраиваемым ОС – Windows Embedded Compact 7 и Windows Embedded Standard 7, а также обзор возможностей ОС POS-Ready 7, которая будет выпущена в 3-м квартале 2011 г. Ведущий специалист отдела исследований и разработок Павел Белевский и руководитель направления образовательных проектов Алек-

сандр Кузнецов рассказали о решении широкого круга задач при создании устройств на платформе Windows Embedded – от эффективного применения инструментов разработки ПО и создания пользовательских интерфейсов до построения многофункциональных систем реального времени.

Современные аппаратные возможности для встраиваемых систем были представлены в докладах партнеров конференции.

Посетители конференции имели возможность не только познакомиться с новейшими технологиями для интеллектуальных устройств, но и опробовать результаты их применения на экспозиции готовых решений, в числе которых были интерактивные мобильные роботы, платёжные терминалы, информационные киоски, POS-системы, ГЛОНАСС-навигаторы, тонкие клиенты, телевизионные приставки, промышленные контроллеры, информационные панели и другие многочисленные устройства, созданные с применением технологий Windows Embedded.

В РАМКАХ МЕЖДУНАРОДНОГО ПРОМЫШЛЕННОГО ФОРУМА «РАДИОЭЛЕКТРОНИКА. ПРИБОРОСТРОЕНИЕ. АВТОМАТИЗАЦИЯ»



## РАДИОЭЛЕКТРОНИКА И ПРИБОРОСТРОЕНИЕ

XI МЕЖДУНАРОДНАЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА

- Электронные компоненты
- Комплектующие
- Печатные платы
- Материалы
- Конструктивы
- Технологии
- Промышленное оборудование и инструменты
- Контрольно-измерительные приборы и лабораторное оборудование
- Светотехника

**23 - 25 ноября 2011**  
Санкт-Петербург, СКК

Организатор выставки:



+7 (812) 777-04-07, [radel2@orticon.com](mailto:radel2@orticon.com), [www.farexpo.ru/radel](http://www.farexpo.ru/radel)  
Санкт-Петербург, СКК, пр. Ю. Гагарина, 8, м. «Парк Победы»

Соорганизатор выставки:

**Техно&Ком**

# SEMICON/SOLARCON Russia 2011!

## SEMICON® Russia 2011

С 31 мая по 2 июня 2011 г. в ЦВК «Экспоцентр» на Красной Пресне состоится выставка полупроводниковой промышленности и фотовольтаики SEMICON/SOLARCON Russia 2011, организуемая под эгидой Международной промышленной ассоциации SEMI.

SEMICON/SOLARCON Russia – единственная в России и СНГ специализированная выставка материалов, оборудования и технологий полупроводниковой промышленности и фотовольтаики и уникальная платформа для участников этого рынка. Благодаря эффективности в решении бизнес-задач для экспонентов и посетителей, даже в период глобального экономического кризиса и последующей за ним рецессии, выставка сумела не только остаться на плаву, но и вырасти. С первой выставки её экспозиция увеличилась на 60% в 2009 г. и продолжала демонстрировать позитивную динамику в 2010.

В 2011 г. экспозиция займет 3-й и 4-й залы Павильона 7 выставочного комплекса «Экспоцентр». Впервые на выставке будут представлены направления LEDs, MEMS/MST, гибкая электроника.

В этом году увеличилась не только общая площадь выставки, но и время

её проведения – впервые за историю SEMICON/SOLARCON в России, форум продлится не 2, а 3 дня.

В рамках выставки пройдут форумы, посвящённые темам полупроводников и фотовольтаики:

- 31 мая состоится «Полупроводниковый форум», программа которого включает обсуждение стратегии государства по стимулированию развития российского рынка для отечественных производителей; значительную, как по времени, так и по содержанию, сессию по LED; вопросы, связанные с развитием центров проектирования полупроводниковых приборов в России, а также с созданием наукоёмких кластеров в России;
- 1 июня состоится Форум по фотовольтаике, где будут обсуждаться вопросы состояния и развития рынка, включая поддержку государства и частного бизнеса, а также проекты производства поликремния, сол-

нечных элементов и модулей в России и СНГ.

Участникам выставки будет предоставлена возможность провести техническую или коммерческую презентацию своей компании на Арене SEMI, расположенной в выставочном зале. Доступ на Арена для всех посетителей выставки свободный.

Оператором выставки 2011 г. и Агентом SEMI является компания ООО «БизнесМедиаРаша».

SEMI является глобальной промышленной ассоциацией, объединяющей производителей оборудования, материалов и услуг, работающих в области микроэлектроники, фотовольтаики, дисплеев, а также в других смежных областях. SEMI была основана в 1970 г. и с этого времени работает на благо многочисленных членов ассоциации, помогая им достичь желаемых результатов в бизнесе, развивая новые для них рынки, помогая разрешать общие для промышленности проблемы, координируя разработку и корректировку международных стандартов SEMI, и многое другое.

[www.semi.org](http://www.semi.org)  
[www.semiconrussia.org](http://www.semiconrussia.org)

## Современные светотехнические решения появятся в Санкт-Петербурге

С 28 сентября по 1 октября 2011 г. впервые в городе на Неве пройдёт специализированная выставка «Современная светотехника для промышленности, транспорта, городской инфраструктуры». Мероприятие включено в программу XV международного форума «Российский промышленник» – главного научно-технического события Северо-Запада России.

В экспозиции будут представлены передовые отечественные и зарубеж-

ные светотехнические решения, отвечающие современным стандартам энергопотребления, имеющие значительные перспективы использования в промышленности и городской среде, а также компоненты и модули для производства полупроводниковой светотехники.

В рамках деловой программы при поддержке Международной ассоциации «Метро» состоится семинар «Светотехническая продукция для транс-

портных применений». В мероприятии примут участие представители метрополитенов, структур ОАО РЖД, городского пассажирского транспорта, организаций – разработчиков и поставщиков продукции. Планируется также организация семинара по комплектации производства светотехнической продукции.

**Тел: +7 (495) 287-4412**  
**[info@display-expo.ru](mailto:info@display-expo.ru)**  
**<http://www.display-expo.ru>**

# VI российская специализированная выставка средств и технологии визуализации

# DISPLAY

28.09 - 01.10

2011

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ



В рамках форума "Российский Промышленник"  
и совместно с IV Международным инновационным форумом

29

29 сентября - День Дисплейных  
Технологий в Петербурге

Уникальный цикл публичных лекций для  
специалистов и студентов технических ВУЗов

## ТЕМАТИКА ЭКСПОЗИЦИИ

- Дисплеи, экраны, индикаторы
- Табло, бегущие строки
- Интерактивные дисплейные технологии
- Проекционное оборудование и системы
- 3D-технологии визуализации
- Промышленные и бортовые дисплеи
- Инновационные разработки
- Компоненты и материалы
- Услуги по созданию комплексных информационных систем
- Технологии производства и обслуживания средств отображения

Новая экспозиция: **Современная светотехника**  
для промышленности, транспорта, городской инфраструктуры



<http://www.display-expo.ru>

# Полная линейка приборных корпусов

## Технология EuroPacPRO — ГАЛАКТИКА ВОЗМОЖНОСТЕЙ



### CompacPRO

#### Простой и удобный переносной корпус

- Разнообразные конфигурации
- Идентичные передняя и задняя рамки
- Простота сборки – компоненты фиксируются с внешней стороны
- Высокая прочность и надежность
- Привлекательная цена

### PropacPRO

#### Прочный переносной корпус с системой электромагнитного экранирования

- Разнообразные конфигурации
- Привлекательный дизайн
- Прочная литая передняя рамка
- Возможность электромагнитного экранирования
- Может использоваться для медицинского оборудования

### RatiopacPRO

#### Универсальный корпус для любых применений

- Настольное, переносное или стоечное исполнение
- Произвольные размеры и разнообразные конфигурации
- Возможность электромагнитного экранирования
- Эффективные системы охлаждения

#### ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР ПРОДУКЦИИ SCHROFF

**МОСКВА** Тел.: (495) 234-0636 • Факс: (495) 234-0640 • E-mail: info@prosoft.ru • Web: www.prosoft.ru  
**С.-ПЕТЕРБУРГ** Тел.: (812) 448-0444 • Факс: (812) 448-0339 • E-mail: info@spb.prosoft.ru • Web: www.prosoft.ru  
**ЕКАТЕРИНБУРГ** Тел.: (343) 376-2820 • Факс: (343) 376-2830 • E-mail: info@prosoftsystems.ru • Web: www.prosoftsystems.ru  
**САМАРА** Тел.: (846) 277-9166 • Факс: (846) 277-9165 • E-mail: info@samara.prosoft.ru • Web: www.prosoft.ru  
**НОВОСИБИРСК** Тел.: (383) 202-0960; 335-7001/7002 • E-mail: info@nsk.prosoft.ru • Web: www.prosoft.ru  
**КИЕВ** Тел.: (+380-44) 206-2343/2478/2496 • Факс: (+380-44) 206-2343 • E-mail: info@prosoft-ua.com • Web: www.prosoft.ru  
**УФА** Тел.: (347) 292-5216/5217 • Факс: (347) 292-5218 • E-mail: info@ufa.prosoft.ru • Web: www.prosoft.ru  
**КАЗАНЬ** Тел.: (843) 291-7555 • Факс: (843) 570-4315 • E-mail: info@kzn.prosoft.ru • Web: www.prosoft.ru  
**ОМСК** Тел.: (3812) 286-521 • E-mail: omsk@prosoft.ru • Web: www.prosoft.ru  
**ЧЕЛЯБИНСК** Тел.: (351) 239-9360 • E-mail: chelyabinsk@prosoft.ru • Web: www.prosoft.ru  
**КРАСНОДАР** Тел.: (861) 224-9513 • Факс: (861) 224-9513 • E-mail: krasnodar@prosoft.ru • Web: www.prosoft.ru  
**Н. НОВГОРОД** Тел.: (831) 215-4084 • Факс: (831) 215-4084 • E-mail: n.novgorod@prosoft.ru • Web: www.prosoft.ru

## **Скоростной** топологический трассировщик

### **Топологический трассировщик печатных плат ТороR**

- Высокая скорость и великолепное качество трассировки
- Превосходный набор инструментов, который многократно сокращает сроки разработки электронных устройств
- Гладкие, без изломов, проводники
- Уникальные алгоритмы и нетрадиционные подходы к решению сложных задач
- Автоматическое выравнивание задержек в сигналах

**SEMICON®**  
*Russia2011*

**SOLARCON®**  
*Russia2011*  
Conference and Pavilion



31 мая - 2 июня Москва, ЦВК "Экспоцентр"

[www.semiconrussia.org](http://www.semiconrussia.org)



## Российская промышленность - динамичное развитие!

Ведущая выставка в России в области  
полупроводников и фотовольтаики.

**Участвуйте в развитии Российской экономики -  
запланируйте сейчас Ваше участие в SEMICON и  
SOLARCON Russia 2011!**

### **SEMICON и SOLARCON Russia 2011**

Ваша связь с людьми и возможностями, определяющими рост  
промышленности в России и выход на глобальный рынок  
полупроводников и фотовольтаики!

the elements of innovation



- Учись -Развивайся- Расти
- Полупроводниковый форум
- Форум по фотовольтаике
- TechARENA