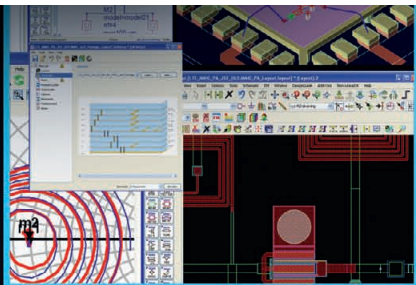


# СОВРЕМЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

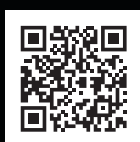
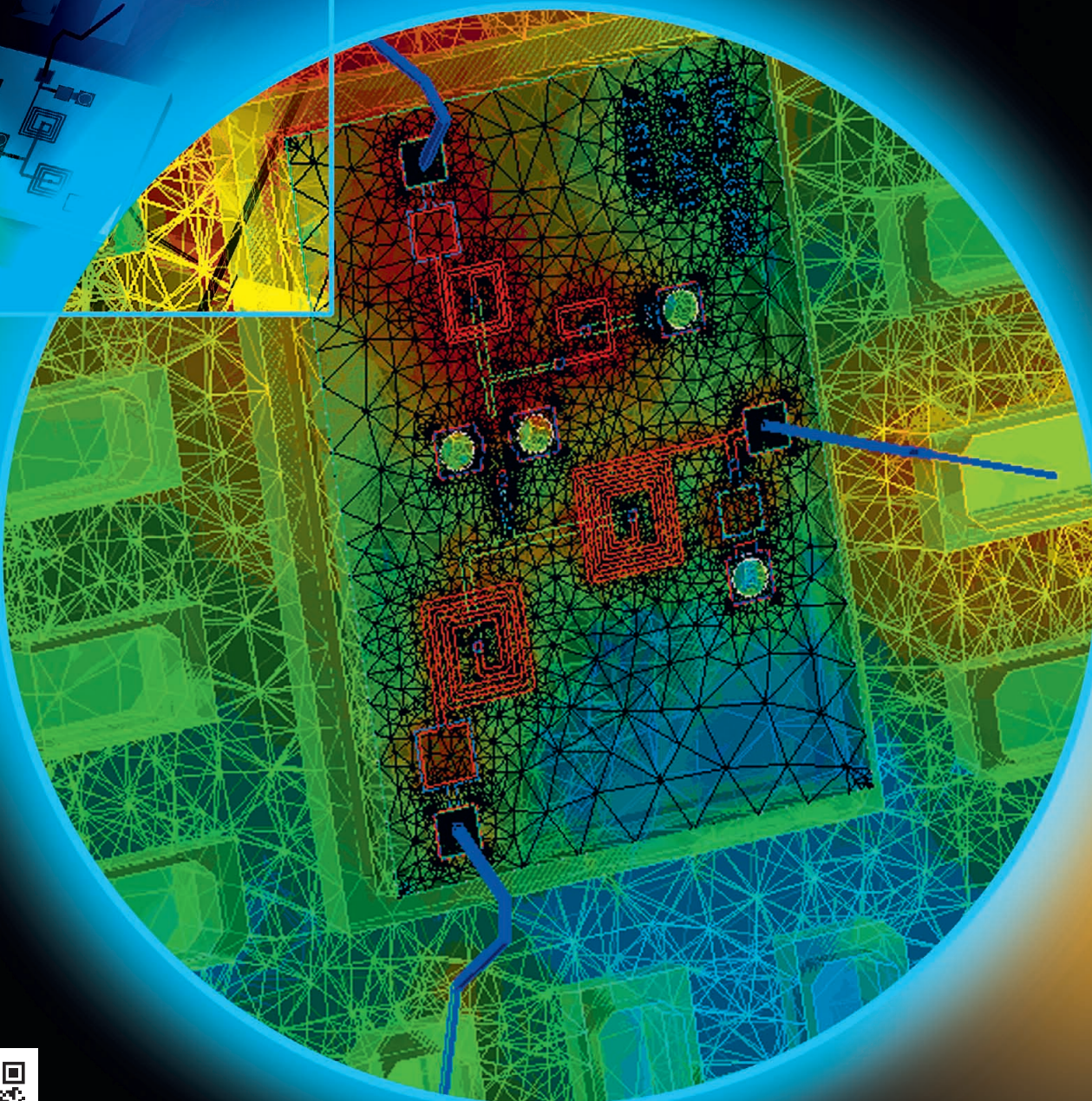
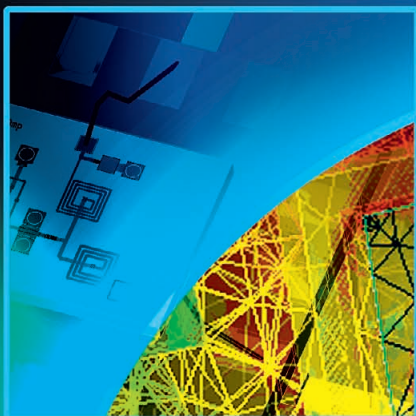
# 5

2012



**В номере**

Яркие светодиоды OSRAM  
Управление бесщёточным электродвигателем  
Усилитель Доэрти на компонентах Cree  
САПР ADS 2011.10 для проектирования ВЧ- и СВЧ-устройств  
Защита систем PoE от электрических разрядов  
и многое другое



Honeywell



FLUKE®



SICK



Panasonic ideas for life

CRYDOM



Kingbright



velleman

# МЕТАЛЛОПЛЕНОЧНЫЕ РЕЗИСТОРЫ



## PR01 / PR02 / PR03

Силовые резисторы  
350, 500, 750 В, 0.22 Ом...1 МОм

## VR37 / VR68

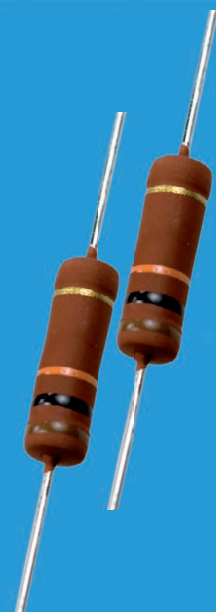
Высокоомные резисторы  
1.6, 3.5, 10 кВ, 100 кОм...68 МОм

## PTF51 / PTF56 / PTF65

Высокоточные резисторы  
200, 300, 500 В, 15 Ом...100 К, 0.01-1%, ТК 5ppm/°C

## SMM0207

Мощные резисторы в MELF корпусе  
350 В, 1 Вт, 0,1 Ом...10 МОм, 0,5%



PR01 / PR02 / PR03

VR37 / VR68

PTF51 / PTF56 / PTF65

SMM0207

Реклама



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



ЗАО «НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ФИРМА «ДОЛОМАНТ»

**ВЫСОКИЕ ТЕХНОЛОГИИ НА СЛУЖБЕ ОТЕЧЕСТВУ**

## Контрактное производство



электронных изделий любой сложности по конструкторской документации заказчика

### ★ **Электронные компоненты**

Поставка отечественных и импортных радиоэлектронных компонентов и материалов, полное комплектование производственных программ.



### ★ **Поставка печатных плат**

ДОЛОМАНТ является партнером мировых лидеров по производству печатных плат.



### ★ **Монтаж печатных плат**

Уникальные автоматизированные технологические линии для SMT- и THT-монтажа. Все виды работ по стандартам ГОСТ и IPC.



### ★ **Сборка приборов, стоек, шкафов**

Полный цикл производства электроники.



## Заказные разработки



в соответствии с ТЗ заказчика, в том числе изделий специального назначения

## Разработка и производство электронного оборудования и программного обеспечения



Более 500 изделий для специальных применений и жестких условий эксплуатации

## Поставка в качестве второго поставщика



Более 400 000 наименований изделий иностранного производства под контролем военного представительства

## Специальные проверки и исследования

### Контакты

Россия, 117437, г. Москва, ул. Профсоюзная, д. 108  
Тел.: (495) 234-0639, факс: (495) 232-1654  
E-mail: info@dolomant.ru  
E-mail: cd@dolomant.ru

### Контрактное производство электроники

Россия, 117342, г. Москва, ул. Введенского, д. 3  
Тел.: (495) 739-0775, факс: (495) 739-0776  
E-mail: product@dolomant.ru

### Заказные разработки

**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**  
Ирина Лобанова (info@soel.ru)

**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, 2012

# 5/2012 Contents

## MARKET

<b>News from the Russian Market</b> . . . . .	<b>4</b>
---	----------

## ELEMENTS AND COMPONENTS

<b>High-Radiance LEDs from OSRAM</b> . . . . .	<b>8</b>
<i>Yurii Petropavlovskii</i>	
<b>MDR32F9Q2I Microcontroller. Part 3: SysTick System Timer</b> . . . . .	<b>16</b>
<i>Mikhail Golubtsov</i>	

## DEVICES AND SYSTEMS

<b>FPGA-Logic-Based Control System for a Brushless Motor</b> . . . . .	<b>18</b>
<i>Vladimir Vychuzhanin</i>	
<b>6U Form Factor: Old Advantages and New Opportunities for Embedded Systems</b> . . . . .	<b>24</b>
<i>Petr Pavlov</i>	
<b>Force-Measuring Instruments of IMADA Co.</b> . . . . .	<b>32</b>
<i>Aleksei Karepanov</i>	
<b>Programmers for Microchip Microcontrollers</b> . . . . .	<b>36</b>
<i>Evgenii Rakhno</i>	

## PRACTICAL ELECTRONICS

<b>Transducer of Signals from a Rotor Position Inductive Sensor</b> . . . . .	<b>40</b>
<i>Mikhail Sizov</i>	
<b>Sound Effect Generator Based on a 32-Bit Microcontroller</b> . . . . .	<b>48</b>
<i>Pavel Red'kin</i>	
<b>Antenna's Radiation Pattern Meter</b> . . . . .	<b>54</b>
<i>Andrei Ivanov</i>	

## DESIGN AND SIMULATION

<b>Target System Designing Based on Cinterion BGS2 and HABMA GL8088s Modules</b> . . . . .	<b>58</b>
<i>Boris Nesterov</i>	
<b>Doherty Amplifier and Its Implementation on Cree Components</b> . . . . .	<b>62</b>
<i>Levon Avetisyan</i>	
<b>ADS 2011 Ushers in a New Era in RF Microwave Design</b> . . . . .	<b>66</b>
<i>Jack Sifry</i>	
<b>Advances in Schottky Diodes for Power Management</b> . . . . .	<b>70</b>
<i>Ernst Bron</i>	
<b>Protecting PoE Systems from Lightning Surges and Other Electrical Hazards</b> . . . . .	<b>72</b>
<i>Phillip Havens and Chad Marak</i>	

## EVENTS

<b>ExpoElectronics 2012</b> . . . . .	<b>78</b>
<b>New Electronics 2012</b> . . . . .	<b>79</b>

# Содержание 5/2012

## РЫНОК

- 4 **Новости российского рынка**

## ЭЛЕМЕНТЫ И КОМПОНЕНТЫ

- 8 **Светодиоды высокой яркости компании OSRAM**  
*Юрий Петропавловский*
- 16 **Микроконтроллер MDR32F9Q21.**  
**Часть 3. Системный таймер SysTick**  
*Михаил Голубцов*

## ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

- 18 **Система управления бесщёточным электродвигателем на основе логики FPGA**  
*Владимир Вычужанин*
- 24 **Форм-фактор 6U: старые достоинства и новые возможности для встроенных систем**  
*Пётр Павлов*
- 32 **Силоизмерительные приборы компании IMADA**  
*Алексей Карепанов*
- 36 **Программаторы для микроконтроллеров Microchip**  
*Евгений Рахно*

## ПРАКТИЧЕСКАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

- 40 **Преобразователь сигналов индуктивного датчика положения ротора**  
*Михаил Сизов*
- 48 **Устройство для создания звуковых эффектов на базе 32-разрядного микроконтроллера**  
*Павел Редькин*
- 54 **Измеритель диаграммы направленности антенны**  
*Андрей Иванов*

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ И МОДЕЛИРОВАНИЕ

- 58 **Проектирование целевых систем на базе модулей Cinterion BGS2 и НАВИА GL8088s**  
*Борис Нестеров*
- 62 **Усилитель Доэрти и его реализации на компонентах компании Cree**  
*Левон Аветисян*
- 66 **САПР ADS 2011.10: новая эпоха проектирования ВЧ- и СВЧ-устройств**  
*Джек Сифри*
- 70 **Диоды Шоттки для управления питанием**  
*Эрнст Брон*
- 72 **Защита систем PoE от грозовых перенапряжений и других опасных электрических разрядов**  
*Филлип Хэйвенс, Чад Марак*

## СОБЫТИЯ

- 78 **ЭкспоЭлектроника 2012**
- 79 **Новая электроника 2012**

## ПОДПИСКА НА ЖУРНАЛ

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.

## ПЛАТНАЯ ПОДПИСКА

### Преимущества:

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

### «Роспечать»

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

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

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

### «Агентство “ГАЛ”»

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

### «Интер-Почта-2003»

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

### «Урал-Пресс»

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

**Читатели из дальнего зарубежья** могут оформить подписку через агентство

### «МК-Периодика»

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

## Новости российского рынка

### РЫНОК

#### Fluke Corporation открывает дочернюю компанию в России и странах СНГ

12 апреля 2012 г. компания Fluke Corporation, мировой лидер в производстве, продаже и обслуживании электронных измерительных приборов, объявила об открытии дочерней компании в Москве. Новая коммерческая единица, отвечающая за развитие бизнеса в России и странах СНГ, стала 14-м по счёту европейским отделением Fluke. Генеральным директором назначен Дмитрий Яковский.

Являясь предприятием, входящим в Danaher Corporation (NYSE: DHR), компания Fluke является транснациональной корпорацией со штаб-квартирой в г. Эверетт, штат Вашингтон, США, с более чем 3000 сотрудников в офисах по всему миру. Производственные площадки расположены в США, Великобритании, Нидерландах и в странах Азии. Продажи осуществляются авторизованными дилерами и торговыми представительствами в более чем 100 странах мира.

Продуктовая линейка Fluke включает цифровые мультиметры, осциллографы, калибраторы процессов, тепловизоры, токовые клещи и другие типы портативных приборов. На сегодняшний день более 1 млрд. приборов Fluke находятся в работе

по всему миру, их применяют более 40 млн. пользователей. Fluke имеет репутацию премиального бренда, потребители ассоциируют его с портативностью, прочностью, точностью, безопасностью, простотой в использовании и соответствием жёстким мировым стандартам качества.

«Fluke на глобальном рынке занимает лидирующие позиции в сегменте контрольно-измерительной техники. Открытие дочерней компании на развивающихся рынках России и стран СНГ является важной вехой в развитии бренда и открывает новые возможности для локализации нашей коммерческой и маркетинговой деятельности, – говорит президент по развивающимся рынкам Fluke Corporation Питер Ван Ден Брук. – Мы благодарим наших партнёров за активную помощь в успешном продвижении бренда Fluke на российском рынке и в странах СНГ и надеемся на дальнейшее долгосрочное сотрудничество».

«Рынки России и стран СНГ являются приоритетными для Fluke и обладают значительным потенциалом для развития. Открытие дочерней компании Fluke в Москве позволит стать ближе к нашим клиентам, оптимизировать инфраструктуру продаж и расширить деловые связи», – заявил генеральный директор ООО «Флюк СиАйЭс» Дмитрий Яковский.

«До сегодняшнего дня Fluke создал в России развитую сеть авторизованных дилеров на территории России и СНГ. Открытие дочерней компании Fluke в России послужит дальнейшей успешной интеграции с нашими партнёрами и поможет выстроить устойчивую систему продаж с активной маркетинговой поддержкой и высококачественным сервисным обслуживанием», – убеждён Дмитрий Яковский.

11 апреля 2012 г. в Москве состоялось торжественное мероприятие, посвящённое открытию офиса Fluke в России, на котором присутствовали партнёры из центральной России и регионов.

Компания Fluke Corporation основана в 1948 г. и в настоящее время является мировым лидером в области производства компактных профессиональных электронных инструментов для тестирования. В инструментах Fluke реализованы функции, помогающие выполнять тестирование и наладку, критически важные для поддержания непрерывности производства. За последние пять лет измерительные приборы Fluke получили свыше 50 профессиональных наград, включая Best in Test журнала Test and Measurement World, Engineer's Choice журнала Control Engineering и Product of the Year журнала Plant Engineering.

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

Тел.: +7 (495) 669-7762

### ЭЛЕМЕНТЫ И КОМПОНЕНТЫ

#### Новое поколение процессоров Analog Devices семейства Blackfin ADSP-BF606, 607, 608 и 609

Старшие модели ADSP-BF609 и -608 оптимизированы для обработки потоков видеоданных и ориентированы на применение в различных встраиваемых видеосистемах: в автомобилях, промышленных роботах, устройствах видеонаблюдения и контроля безопасности. Все модели содер-

жат встроенные средства обеспечения беспробойного функционирования и могут быть использованы в промышленных системах высокой надёжности.

Главные особенности:

- двухъядерная симметричная архитектура с возможностью взаимного контроля ядер;
- конвейеризированный видеопроцессор PVP в составе ADSP-BF609 и -608 оптимизирован для аппаратной поддержки алгоритмов распознавания и классификации изображений, оценивания параметров движения; обеспечивает возможность обработки видеопотоков VGA и HD;
- четыре Link-порта во всех моделях;
- контроль по чётности в пространстве памяти L1;
- кодирование по методу ECC в пространстве памяти L2;
- блок контроля циклическим кодом для защиты данных в памяти всех уровней.

Комплект ADZS-BF609-EZLITE содержит средства аппаратной отладки, ADZS-BF609-EZBRD не содержит. Поддержка

всех эмуляторов, включая ADZS-ICE-100B. Для работы необходим программный пакет CrossCore® Embedded Studio.

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

Тел.: (495) 334-9151, 334-7741

#### Новый безнакальный импульсный магнетрон 8-мм диапазона длин волн

ОАО «Плутон» – ведущий производитель электровакuumных СВЧ-компонентов в России – принял участие в 15-



## Новости российского рынка

юбилейной выставке «ЭкспоЭлектроника 2012»

Научно-производственный комплекс «Плутон» экспонировал свои ведущие разработки, такие как: импульсный магнетрон 2-мм диапазона длин волн с принудительным воздушным охлаждением, ЛБВ импульсного и непрерывного действия, а также ряд импульсных «безнакальных» магнетронов 8-мм диапазона длин волн с автоэмиссионным катодом.

Технология производства магнетронов с «холодным» катодом – это гордость нашего предприятия. Среди линейки продукции на выставке представлен разработанный в этом году магнетрон МИ-497. Такие модели магнетронов не имеют аналогов в мире, обладают высокими техническими характеристиками, обеспечивая мгновенную готовность аппаратуры и ресурс работы до 5000 ч. Рабочая частота МИ-497 составляет 33,6...34,1 ГГц, выходная импульсная мощность не менее 10 кВт, а масса не более 0,36 кг.

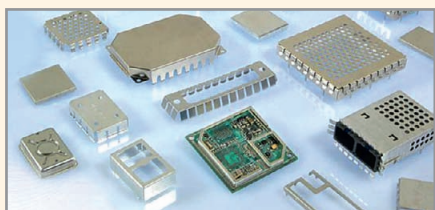
Развитие радиоэлектронной промышленности приводит к значительному увеличению потребности в изделиях с предлагаемыми параметрами. Такие характеристики, как вес, габариты и время готовности, делают этот тип электровакуумных СВЧ-приборов незаменимым при создании современной радиолокационной аппаратуры.

<http://pluton.msk.ru>

Тел.: +7 (495) 916-8701

### Компания PCB technology предлагает поставку СВЧ-экранов

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



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

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

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

Можно заказать экраны стандартного типоразмера или экран нестандартной конструкции на основе чертежей или трёхмерной модели в формате AutoCAD, Solid и др.

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

Тел.: (800) 333-9722

### 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 из-



менении 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.

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

Тел.: (812) 350-7572, (812) 350-9243

### 15" TFT ЖК-дисплей высокой яркости с широким диапазоном рабочих температур

Компания Litemax Electronics начала поставки новых моделей 15" TFT ЖК-дисплеев SLD1555 с высокой яркостью свечения экрана 1000 кд/м<sup>2</sup>, обеспечиваемой светодиодной системой подсветки. Высокая яркость, наряду с оптимальным контрастным отношением, формируют изображение высокого качества и усиливают чёткость. С небольшим оптическим откликом и применением светодиодной технологии подсветки, монитор обеспечивает замечательное качество изображения и надёжность для таких применений, как морское оборудование, аппаратура военной техники, транспорт и промышленное оборудование.

Доступны модели с платами управления, обеспечивающими работу с различными источниками видеосигналов (VGA, DVI, CVBS, S-Video). Дисплеи могут быть оснащены ре-



## Новости российского рынка

зистивными сенсорными экранами с интерфейсами USB или RS-232, а также защитными стёклами. Формат изображения дисплеев XGA (разрешение 1024 × 768 пикселей), контрастность 700 : 1, угол обзора в вертикальной и горизонтальной плоскости 160°, время оптического отклика 25 мс.

Основные свойства:

- считывание при солнечном свете;
- светодиодная подсветка обеспечивает низкое потребление мощности и стабильную яркость;
- стойкость к вибрационным и ударным воздействиям;
- широкий диапазон рабочих температур от -20 до +60°C;
- высокая равномерность (90%);
- низкий уровень электромагнитного излучения;
- широкий диапазон регулировки яркости;
- ресурс 70 000 ч.

Технические характеристики:

- рабочая площадь экрана 304,128 × 228,096 мм;
- яркость 1000 кд/м<sup>2</sup>;
- шаг пиксела 0,297 × 0,297 мм;
- число воспроизводимых цветов 16,2 млн.;
- напряжение питания 12 В постоянного тока;
- потребляемая мощность 30 Вт;
- габариты 389 × 325 × 61,6 мм;
- масса 4,62 кг.

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

Тел.: (495) 234-0636

### 5,7" TFT-дисплей с высокой яркостью от Raystar Optronics

Всё более популярными становятся TFT ЖК-дисплеи, изображение которых возможно считывать при ярком солнечном свете. Компания Raystar Optronics, Inc., выпустила две новые модели TFT-дисплеев с



размером диагонали экрана 5,7" с высокой яркостью свечения экрана, которые отвечают требованиям к считыванию изображения при солнечном свете: RFC57AD-AIW-D и RFC57AE-AIW-D.

Минимальная яркость свечения существующих стандартных TFT-дисплеев RFC57AD и RFC57AE около 380 кд/м<sup>2</sup>, новые модели характеризуются минимальным значением яркости 800 кд/м<sup>2</sup> и разрешением 320 × 240 пикселей. Дисплеи оснащены цифровым интерфейсом управления.

Основные характеристики системы подсветки дисплеев RFC57AD-AIW-D и RFC57AE-AIW-D:

- габариты платы драйвера: 12,5 × 3 × 1,8 мм;
- светодиодная подсветка: 10 кристаллов с пятью последовательно соединёнными светодиодами, два светодиода соединены параллельно;
- характеристики кристалла светодиода: 3...3,6 В/60...65 мА;
- напряжение питания: 15...18 В;
- ток: 120...130 мА.

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

Тел.: (495) 234-0636

### Транзистор IGBT с мягким включением для гибридных и электрических транспортных средств

Компания International Rectifier, IR®, представила транзистор IGBT AUIRGDC0250,



сертифицированный для применения в электрооборудовании автомобилей, в приложениях, где требуется мягкая коммутация (нагреватели с положительным температурным коэффициентом, которые применяются в электрических и гибридных транспортных средствах).

Доступный в компактном корпусе TO-220, транзистор с рабочим напряжением 1200 В характеризуется низким напряжением VCE (ON) (1,37В), что уменьшает рассеяние мощности и обеспечивает более высокую удельную мощность, положительный температурный коэффициент напряжения VCE (ON) обеспечивает оптимальную работу при параллельном включении и оптимизированную квадратную область безопасной работы напряжения обратного смещения, при этом мягкое переключение AUIRGD0250 делает его идеальным для обеспечения соответствия требованиям к уровню электромагнитных помех в системе.

Устройства сертифицированы в соответствии с требованиями стандартов AEC-Q101, выпускаются в стандартном промышленном корпусе TO-220, который соответствует требованиям RoHS к содержанию свинца; транзисторы подвергаются статическим и динамическим испытаниям в сочетании со 100% автоматической визуальной проверкой на уровне пластин для обеспечения бездефектности продукции.

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

Тел.: (495) 232-2522

## Инструменты и оборудование

### Компания ООО «НПФ Электропривод» с 2011 г. осуществляет поставку координатных столов

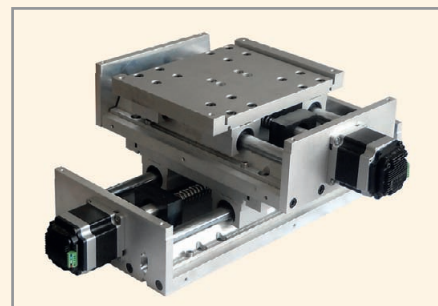
Координатные столы предназначены для выполнения плавных линейных перемещений с высокой точностью. Два применяемых совместно координатных стола обеспечивают перемещение рабочего механизма станка или обрабатываемой детали по заданной траектории. Для этого достаточно закрепить один стол на другом.

Координатный стол является полностью законченным механическим изделием.

Выбрав готовый стол, конструктор может не тратить время на подбор отдельных деталей системы линейного перемещения, а сконцентрироваться на других важных компонентах оборудования.

Конструктивно стол выполнен из высокопрочного алюминиевого основания с закреплёнными на нём цилиндрическими линейными направляющими и шариковинтовой передачей и подвижного суппорта. Механика координатного стола защищена от попадания стружки, опилок и грязи прочным металлическим кожухом.

Стол предназначен для применения с двигателями NEMA23 (серия FL57 или дру-



гие). Для передачи крутящего момента от двигателя используются упругие муфты. Рабочий ход: 100, 200, 300 мм; нагрузочная способность 300 кг.

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

Тел.: (812) 493-2726, 703-0981

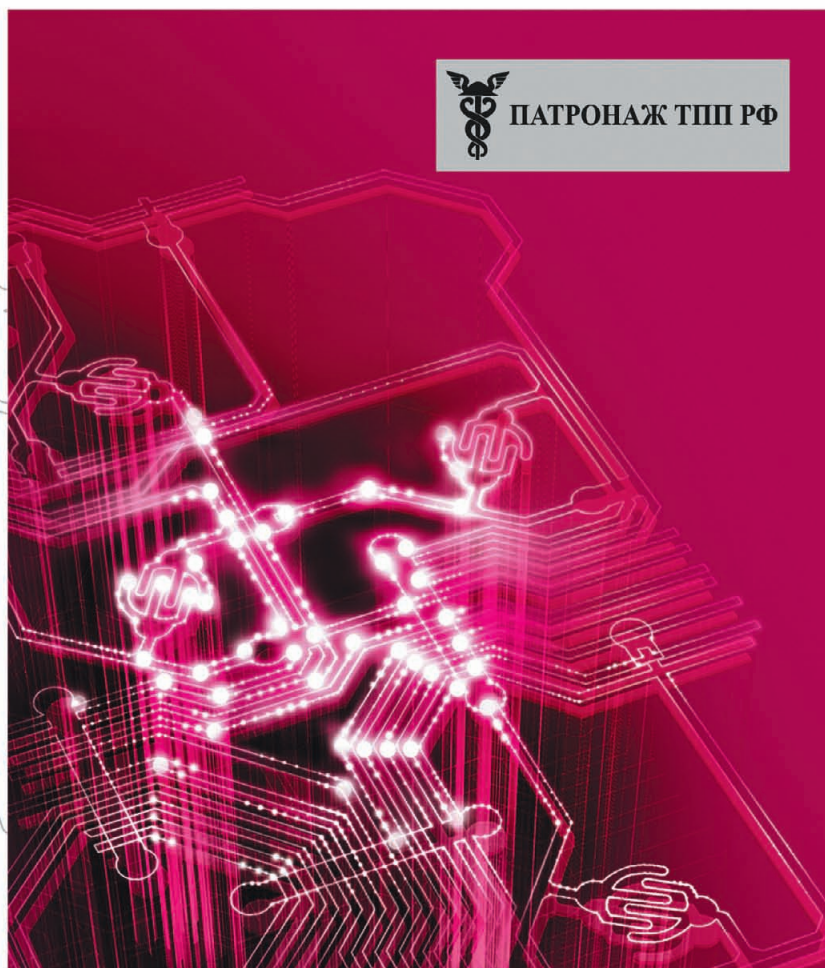


# РАДИОЭЛЕКТРОНИКА И ПРИБОРОСТРОЕНИЕ

XII МЕЖДУНАРОДНАЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА



ПАТРОНАЖ ТПП РФ



- Электронные компоненты
- Комплектующие
- Печатные платы
- Светотехника
- Материалы
- Конструктивы
- Технологии
- Промышленное оборудование и инструменты
- Контрольно-измерительные приборы и лабораторное оборудование

Организаторы выставки:



radel2@orticon.com, www.farexpo.ru/radel  
тел.: +7 (812) 777-04-07, 718-35-37

Место проведения: Санкт-Петербург, СКК, пр. Ю. Гагарина, 8, м. «Парк Победы»

## 24–26 октября 2012

Санкт-Петербург, СКК

Реклама

# Светодиоды высокой яркости компании OSRAM

Юрий Петропавловский (Ростовская обл.)

В статье описана номенклатура цветных и белых светодиодов и модулей компании Osram Opto Semiconductors. Рассмотрены особенности и приведены параметры некоторых эффективных светодиодов компании, разработанных в последние годы.

Компания Osram Opto Semiconductors (Германия) входит в число ведущих производителей светодиодов. Согласно данным аналитической фирмы Strategies Unlimited, компания в 2010 г. заняла третье место среди основных мировых поставщиков светодиодов высокой яркости (Nichia, Samsung LED, Philips Lumileds Lighting, Seoul Semiconductor, Cree, LG Innotek, Sharp, Everlight, Toyoda Gosei) [1].

В каталоге компании 2012 г. представлена широкая номенклатура белых и цветных светодиодов высокой яркости семейств OSOLON, DRAGON, OSTAR и приборов для вспышек фотоаппаратов [2]. Компания выпускает синие (Blue), тёмно-синие (Deep blue), янтарные (Amber), красные (red), тёмно-красные (Hyper red), жёлтые (yellow) и зелёные (True green, Verde) приборы, а также белые светодиоды различных оттенков.

Классификационные параметры цветных светодиодов компании при-

ведены в таблице 1. Классификационные параметры белых светодиодов компании приведены в таблице 2. Рассмотрим особенности некоторых приборов компании, справочные листки на которые были выпущены или отредактированы в 2010–2012 гг., более подробно.

**OSOLON Black Series.** Приборы данной серии отличаются очень высокой надёжностью, длительным сроком службы, большим световым потоком и хорошими тепловыми параметрами, удовлетворяющими требованиям стандарта AEC-Q101-REV-C, в том числе, в части требований по проведению стресс-тестов для дискретных полупроводниковых приборов автомобильного назначения (Stress Test Qualification for Automotive Grade Discrete Semiconductors). При производстве светодиодов используются технологии ThinGaN (синие, зелёные и белые приборы) и Thinfilm (янтарные, красные, жёлтые приборы). Светодиоды выпол-

нены в эпоксидных корпусах с силиконовыми линзами, внешний вид приборов показан на рисунке 1. Эскиз конструкции светодиодов серии в разрезе показан на рисунке 2; на основании корпуса, выполненного в виде рамки с выводами (Leadframe Package), установлены кристаллы светодиодов, соединённые с выводами золотыми траверсами; в верхней части приборов установлены силиконовые линзы.

Долговременная эксплуатация светодиодов характеризуется такими параметрами, как сохранение работоспособности L (Lumen maintenance) и катастрофические отказы B (Catastrophic failure). Для рассматриваемой серии приборов используются параметры L70, B50 и L50 (уменьшение светового потока на 30/50%). Зависимости относительного светового потока, силы света и выходной мощности светодиодов серии, выполненных по технологии ThinGaN (материал GaN), от расчётного времени наработки приведены на рисунке 3, для приборов на основе InGaAlP (технология Thinfilm) – на рисунке 4. Графики приведены для различных значений прямого тока при температуре точки пайки  $T_s = 85^\circ\text{C}$  (Soldering point, находится снизу корпуса в районе кристалла). Как видно из характеристик,



Рис. 1. Внешний вид светодиодов серии OSOLON Black Series



Рис. 2. Структура светодиодов серии OSOLON Black Series

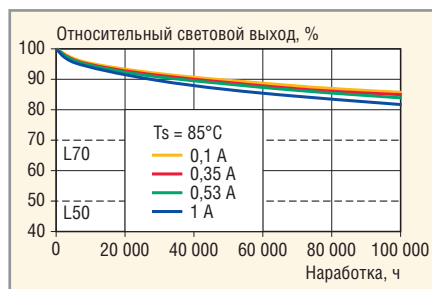


Рис. 3. Зависимости относительного светового выхода ThinGaN светодиодов серии OSOLON Black Series от времени наработки

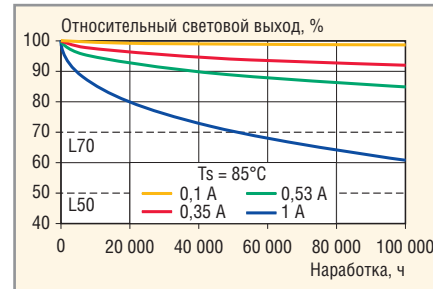


Рис. 4. Зависимости относительного светового выхода InGaAlP светодиодов серии OSOLON Black Series от времени наработки

расчётное время службы при снижении световой отдачи приборов серии на 20% составляет порядка 100 000 ч (для приборов ThinGaN) и на 30% – около 50 000 ч (для приборов InGaAlP).

*LR H9GP, LA H9GP, LY H9 GP* (2011 г.) – светодиоды серии OSLO Black Series красного, янтарного и жёлтого цветов,

выполненные на основе материала InGaAlP по технологии Thinfilm. Параметры приборов, приведённые в таблице 1, нормированы для прямого тока 350 мА; при увеличении тока до 1 А световой поток, создаваемый светодиодами, увеличивается до 150 лм (красный), 180 лм (янтарный) и 115 лм (жёлтый).

Приборы выполнены в малогабаритных корпусах с размерами  $3,85 \times 3,95 \times 2,41$  мм и отличаются высокой эксплуатационной надёжностью. Светодиоды отбирают в группы по световому потоку, длине волны и прямому напряжению. По стойкости к электростатическим разрядам приборы удовлетво-

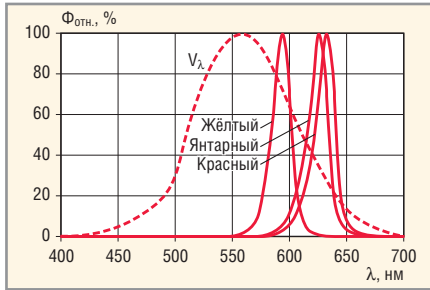
Таблица 1. Классификационные параметры цветных светодиодов OSRAM

Серия	Тип прибора	Цвет свечения	$\lambda_{дп}$ , нм	$\Phi_v$ , лм	$\Phi_e$ , мВт	$I_v$ , кд	$\eta$ , лм/Вт [%]	$I_{пр}$ , мА	2 $\theta$ , град.
OSLO Black Series	LR H9GP	Красный	625	39...82		29,6	75	350	90
	LA H9GP	Янтарный	617	52...97		36,5	80	350	90
	LY H9GP	Жёлтый	590	39...82		29,6	115	350	90
	LD H9GP	Тёмно-синий	455		493		[56]	350	90
	LB H9GP	Синий	470	21...39		14,7	35	350	90
	LT H9GP	Зелёный	528	61...112		42,4	135	350	90
OSLO SX	LA CN5M	Янтарный	617	14...28		15	60	140	60
	LD CN5M	Тёмно-синий	453		140...160		[38]	140	60
	LY CN5M	Жёлтый	590	11...22,4		12	44	140	60
	LT CN5M	Зелёный	528	18...45		22,5	71	140	60
OSLO SSL	LA CP7P	Янтарный	617	65,8...97			104	350	80
	LB CP7P	Синий	470	21...39		16,8	25	350	80
	LD CP7P	Тёмно-синий	455		515		[46]	350	80
	LD CQ7P	Тёмно-синий	455		515		[46]	350	80
	LH CP7P	Тёмно-красный	656		355		[48]	350	80
	LR CP7P	Красный	625	48,4...65,8			77	350	80
	LT CP7P	Зелёный	528	45...112		44	83	350	80
	LY CP7P	Жёлтый	590	48,4...71			71	350	80
	LA CPDP	Янтарный	617	65,8...97			104	350	150
	LB CPDP	Синий	470	21...39		7,1	25	350	150
	LD CQDP	Тёмно-синий	455		540		[46]	350	150
	LH CPDP	Тёмно-красный	656		315...450		[48]	350	150
	LR CPDP	Красный	625	48,4...65,8			77	350	150
	LT CPDP	Зелёный	528	71...112		21,8	83	350	150
LY CPDP	Жёлтый	590	48,4...71			71	350	150	
Golden DRAGON	LR W5SM	Красный	625	39...71		18,3	65	400	120
	LA W5SM	Янтарный	617	52...97		24,5	86	400	120
	LY W5SM	Жёлтый	590	39...71		18,3	68	400	120
	LD W5SM	Тёмно-синий	455		250...450		[49]	350	120
	LB W5SM	Синий	470	15...28		6,8...7,9	35	350	120
	LT W5SM	Зелёный	528	25...97		21...24,6	129	350	120
Golden DRAGON Plus	LA W5AM	Янтарный	617	52...97		23	74	400	170
	LR W5AM	Красный	625	39...82		19,4	60	400	170
	LY W5AM	Жёлтый	590	39...71		19,25	55	400	170
	LD W5AM	Тёмно-синий	455		355...710		[54]	350	170
	LB W5AM	Синий	467	18...39		10	35	350	170
	LT W5AM	Зелёный	528	71...112		32	136	350	170
	LH W5AM	Тёмно-красный	656		280...400		[44]	400	170
Platinum DRAGON	LV W5AM	Зелёный	505	52...97		26,1	94	350	170
	LA W5SN	Янтарный	617	61...112		28,8	86	700	120
	LR W5SN	Красный	625	52...97		24,8	65	700	120
	LY W5 SN	Жёлтый	590	71...130		33,5	68	700	120
	LD W5SN	Ярко-синий	455		450...900		[49]	700	120
	LB W5SN	Синий	470	21...52		11...12,7	35	700	120
	LT W5SN	Зелёный	528	71...150		30,2...38,6	129	700	120
LV W5SN	Зелёный	505	71...130		33,5	30	700	120	

Примечание: Диапазоны значений светового потока ( $\Phi_v$ ), силы света ( $I_v$ ), мощности излучения ( $\Phi_e$ ) приведены для различных исполнений приборов; другие параметры являются типовыми.

Таблица 2. Классификационные параметры белых светодиодов компании OSRAM

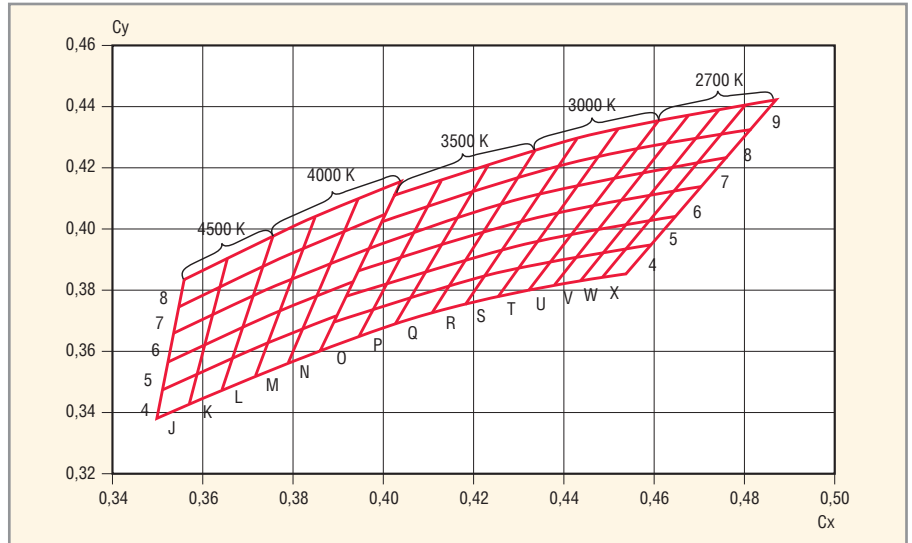
Серия	Тип прибора	Φ, мм	l <sub>р</sub> , мкд	I <sub>р</sub> , мА	Х	У	Т, °К	U <sub>F</sub> , В	η, лм/Вт	CFI	2φ, град	Корпус
OSLON Black Series	LCW H9GP	61...130	38 540...49 020	350	0,42	0,4	2500...4800	3,2	96	80	90	SMD с линзой
	LUW H9GP	82...150	56 600	350	0,31	0,32	6500	3,2	145	80	90	SMD с линзой
	LUW H9GP-CE	82...150	56 600	350	0,31	0,32	6500	3,2	145	80	90	SMD с линзой
OSLON SX	LUW CN7M	33...61	21 000	200	0,31	0,32	6500	3,4	61	95	90	Керамический SMD с линзой
	LUW CN5M	18...35,5	19 100	140	0,31	0,32	6500	3,3	73	95	60	Керамический SMD с линзой
	LUW CN7N	82...130	56 000	350	0,32	0,32	6500	3,2	70	80	80	Керамический SMD с линзой
OSLON MX	LMW CNAP	50...100	21 000	350	0,27	0,23	6500	3,2	65	125	125	Керамический SMD с линзой
	LUW CNAP	50...140	27 000	350	0,26	0,22	6500	3,2	92	125	125	Керамический SMD с линзой
OSLON SSL	LCW CQ7P-CC	61...89,2	41 000...48 500	350	0,42	0,4	2700...4000	3,2	66	95	80	Керамический SMD с линзой
	LCW CQ7P-EC	82...121	48 500...61 000	350	0,42	0,4	2700...5000	3,2	84	82	80	Керамический SMD с линзой
	LCW CQ7P-PC	97...130	61 000...66 000	350	0,42	0,4	4000...5000	3,2	96	70	80	Керамический SMD с линзой
	LUW CQ7P	104...140	66 000...71 000	350	0,31	0,32	6500	3,2	106	70	80	Керамический SMD с линзой
	LUW CP7P	104,2...140	59 000...64 000	350	0,31	0,32	6500	3,2	106	80	80	Керамический SMD с линзой
	LCW CR7P-EC	89,2...140	52 000...65 000	350	0,31	0,32	2700...5000	3,1	95	80	80	Керамический SMD с линзой
	LCW CR7P-PC	112...164	65 000...75 000	350	0,31	0,32	4000...5000	3,1	115	70	80	Керамический SMD с линзой
	LUW CR7P	121...164	28 000...30 000	350	0,31	0,32	5000...6000	3,1	123	70	80	Керамический SMD с линзой
	LCW CQDP-CC	65,8...97	19 000...22 500	350	0,42	0,4	2700...4000	3,2	66	95	150	Керамический SMD с линзой
	LCW CQDP-EC	76,3...121	22 500...28 000	350	0,42	0,4	2700...5000	3,2	84	80	150	Керамический SMD с линзой
	LCW CQDP-PC	97...130	26 000...30 000	350	0,31	0,32	4000...5000	3,2	96	70	150	Керамический SMD с линзой
	LUW CQDP	104,2...140	30 000...31 000	350	0,31	0,32	6500	3,2	106	70	150	Керамический SMD с линзой
OSLON Square	LUW CPDP	97...130	28 000...30 000	350	0,31	0,32	6500	3,2	104	70	150	Керамический SMD с линзой
	LCW COAR-EC	150...259	52 000...72 000	700	0,31	0,33	2700...5000	3,15	108	80	120	Керамический SMD с линзой
	LCW COAR-PC	210...330	72 000...89 000	700	0,37	0,44	4000...5000	3,15	135	70	120	Керамический SMD с линзой
	LUW COAR (EQW)	240...359	83 000...90 000	700	0,42	0,44	5300...6500	3,15	146	70	120	Керамический SMD с линзой
Golden DRAGON	LCW W5SM	45...112	18 500...27 300	350	0,42	0,4	2500...4800	3,2	87	80	120	white SMT
	LUW W5SM	71...130	33 500	350	0,31	0,32	6500	3,2	110	120	120	white SMT
	LUW W5SM	52...97	25 000	350	0,33	0,33	5600	3,2	99	80	120	white SMT
Golden DRAGON Plus	LCW W5AM	61...112	19 800...22 800	350	0,42	0,4	2500...4800	3,2	102	80	170	white SMT
	LUW W5AM	71...130	25 100...26 500	350	0,33	0,33	5600	3,2	130	80	170	white SMT
	LUW W5AM	82...150	26 500...32 800	350	0,31	0,32	6500	3,2	146	80	170	white SMT
Golden DRAGON oval Plus	LCW W5PM	52...112	18 500...27 300	350	0,42	0,4	2500...4800	3,2	83	80	120/70	white SMT с линзой
	LUW W5PM	82...130	33 500	350	0,31	0,32	6500	3,2	134	120/70	120/70	white SMT с линзой
	LUW W5PM	71...112	29 800...32 400	350	0,33	0,33	5600	3,2	107	80	120/70	white SMT с линзой
Platinum DRAGON	LCW W5SN	71...150	29 800...32 400	700	0,42	0,4	2500...4800	3,45	87	80	120	white SMT
	LUW W5SN	82...150	38 000	700	0,33	0,33	5600	3,45	99	80	120	white SMT
Diamond DRAGON	LUW W5AP	240...390	80 000...92 000	1400	0,32	0,32	6500	3,4	65	80	140	dark SMD
	LE CWS2LN EC	280...419	350	350	0,42	0,4	2700...5000	3,2	82	80	140	multi chip SMT
OSRAM OSTAR Lighting Plus	LE UWS2LN	359...484	350	350	0,31	0,32	6000...6500	3,2	100	70	140	multi chip SMT
	LE UW S2W	390...710	170 000	700	0,31	0,32	5700...6500	3,6	65	120	120	multi chip SMT
OSRAM OSTAR Headlamp	LE UW D1W1	112...224	700	700	0,31	0,32	7,2	3,7	120	120	120	Специальный
	LE UW D1W2 01	224...400	700	700	0,31	0,32	7,2	7,2	120	120	120	Специальный
	LE UW D1W3 01	355...630	700	700	0,31	0,32	10,7	10,7	120	120	120	Специальный
OSRAM OSTAR SMT	LE UW D1W4 01	450...900	700	700	0,31	0,32	14,1	14,1	120	120	120	Специальный
	LE UW D1W5 01	560...1120	700	700	0,31	0,32	17,5	17,5	120	120	120	Специальный



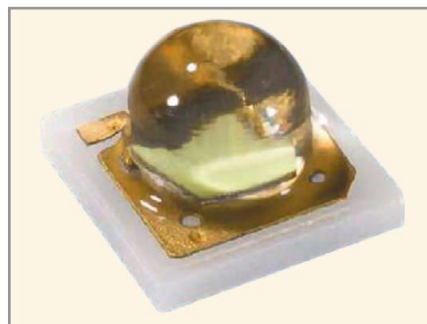
**Рис. 5. Спектральные характеристики жёлтых, янтарных и красных светодиодов серии OSLOK Black Series**

ряют требованиям стандарта JESD22-A114-D (напряжение до 8 кВ). Рабочий диапазон температур приборов  $-40...125^{\circ}\text{C}$  (максимальная температура кристаллов  $T_j = 150^{\circ}\text{C}$ ). Тепловое сопротивление кристалл/точка пайки  $6,5^{\circ}\text{K/Wt}$ , спектральные характеристики светодиодов при  $T = 25^{\circ}\text{C}$  и  $I_{\text{пр}} = 350 \text{ mA}$  приведены на рисунке 5; на графиках также приведена стандартная кривая видности.

*LCW H9GP* (2011) – светодиод серии OSLOK Black Series, выполненный по технологии ThinGaN с тёплым и нейтральным белым светом. Выпускаются пять разновидностей приборов с цветовыми температурами 2700, 3000, 3500, 4000 и  $4500^{\circ}\text{K}$ . Предусмотрено несколько десятков групп исполнений (бинов) по цветовым координатам (см. рис. 6), четыре исполнения по прямому напряжению и пять исполнений по световому потоку. При увеличении прямого тока до 1 А световой поток достигает 190 лм (для приборов  $T_{\text{цв}} = 3500^{\circ}\text{C}$ ). Эксплуатационные параметры такие же, как и у



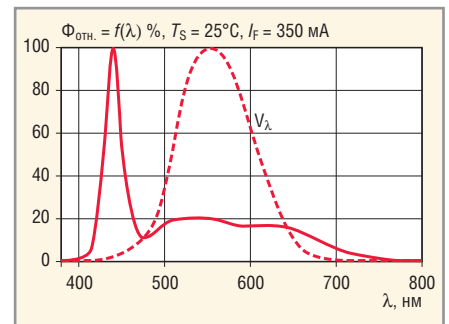
**Рис. 6. Цветовые координаты групп исполнений светодиодов серии OSLOK Black Series**



**Рис. 7. Внешний вид светодиодов серии OSLOK SX**

рассмотренных выше цветных светодиодов.

*LW CN7M* (2011) – светодиод серии OSLOK SX (технология ThinGaN) с холодным белым светом, выполненный в керамическом корпусе размерами  $3,1 \times 3,1 \times 2,35 \text{ mm}$  с линзой; его внешний вид показан на рисунке 7. Области применения прибора, рекомендованные



**Рис. 8. Спектры светодиода LMW CNAP**

изготовителем: светильники дневного света (Daytime-Running-Light, DRL); позиционные огни (Position Light), в том числе бортовые; световые индикаторы на панелях приборов (Headup Display); задняя подсветка ЖК-панелей; внутреннее освещение автомобилей, приборных щитков (Dashboard) и т.п. Выпускаются семь групп исполнений по цвето-

Эк  
ЗИП  
ЕС

# ЭК ЗИП

## Огромный ассортимент

## Всегда в наличии на складе

www.zip-2002.ru



Рис. 9. Внешний вид светодиодов серий OSLOM SSL, OSLOM Square

вым координатам, четыре исполнения по световому потоку и четыре по прямому напряжению. Максимальный прямой ток светодиодов 250 мА, рабочий диапазон температур  $-40...125^{\circ}\text{C}$ , тепловое сопротивление  $27^{\circ}\text{K/Wt}$ .

*LUW CN7N* (2011) – светодиод серии OSLOM MX (ThinGaN), отличается от вышерассмотренного прибора *LUW CN7M* большим световым потоком; внешний вид соответствует рисунку 7. Максимальный прямой ток составляет 0,5 А, при этом световой поток примерно на 30% больше, чем при номинальном значении 350 мА. Тепловое сопротивление кристалл/точка пайки  $R_{thjs} = 18^{\circ}\text{K/Wt}$ .

*LMW CNAP* (2011) – прибор серии OSLOM LX (ThinGaN) с тёплым белым светом и мультифосфорным покрытием

(Multiphosphor white); выполнен в керамическом корпусе размерами  $3,1 \times 3,1 \times 1,73$  мм с силиконовой линзой. Области применения прибора, рекомендованные изготовителем: задняя подсветка дисплеев высокой яркости, в том числе ЖК TFT-панелей; оптимальное построение световых массивов; задняя подсветка различных объектов, в том числе рекламных щитов (Illuminated advertising); замена ламп накаливания небольшой мощности; декоративная подсветка; освещение развлекательных мероприятий; подсветка указателей и знаков. Предусмотрено пять групп исполнений по цветовым координатам, шесть исполнений по световому потоку, три исполнения по длинам волн мультифосфорного покрытия, два исполнения по прямому напряжению. Максимальный прямой ток светодиодов 1 А, при этом световой поток увеличивается примерно в два раза относительно номинального при токе 350 мА. Тепловое сопротивление кристалл/точка пайки  $14^{\circ}\text{K/Wt}$ , максимальная температура кристаллов  $150^{\circ}\text{C}$ . Спектральная характеристика прибора приведена на рисунке 8.

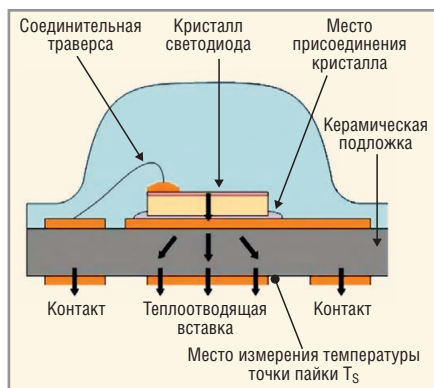


Рис. 10. Структура светодиодов серий OSLOM SSL, OSLOM Square

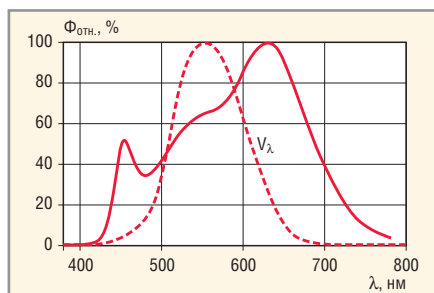


Рис. 11. Спектр светодиода LCW CQDP.CC

*OSLOM SSL, OSLOM Square*. В состав этих серий входят синие, тёмно-синие, зелёные, жёлтые, янтарные, красные и тёмно-красные светодиоды. В составе серии OSLOM Square имеются белые и тёмно-синие светодиоды; внешний вид приборов показан на рисунке 9. Приборы рассматриваемых серий разрабатывались для систем общего и архитектурного освещения с высокой интенсивностью излучения и длительным сроком службы. Компактные корпуса приборов позволяют легко собирать их в кластеры большой мощности. При изготовлении светодиодов используются технологии Thin-film и ThinGaN. Приборы данных

серий характеризуются очень большим расчётным сроком службы. Например, синие, зелёные и белые светодиоды (технология ThinGaN) достигнут уровня излучения порядка 80...85% от исходного значения через 100 000 ч при токах до 530 мА (*OSLOM SSL*)/1,1 А (*OSLOM Square*) и температуре точек пайки  $T_s = 85^{\circ}\text{C}$ . Структура приборов и схема тепловых потоков показаны на рисунке 10. На керамической подложке зафиксирован светодиодный кристалл, соединённый с выводами прибора позолоченными траверсами. Сверху кристалл закрыт силиконовой линзой; отвод тепла осуществляется через специальную подложку снизу. Измерение температуры в точке пайки  $T_s$  производится вблизи этой подложки (Measuring Point of  $T_s$ ).

*LA CP7P* (2012) – янтарный светодиод серии OSLOM SSL, выполненный по технологии Thinfilm. Прибор отличается большим значением световой эффективности (104 лм/Вт). Области применения прибора: архитектурное освещение; освещение развлекательных мероприятий; системы световых эффектов; подсветка торговых залов и витрин. Выпускаются три разновидности приборов с разными значениями светового потока, а также три исполнения по длинам волн и семь групп исполнений по световому потоку/силе света. Рабочий диапазон температур  $-40...120^{\circ}\text{C}$ . Максимальный прямой ток 1 А, при этом световой поток увеличивается примерно в 2,5 раза по сравнению с номинальным при токе 350 мА; тепловое сопротивление  $4^{\circ}\text{K/Wt}$ .

*LCW CQDP.CC* (2011) – прибор серии OSLOM SSL с тёплым белым светом и высоким качеством цветопередачи (типовой индекс CRI = 95), спектральная характеристика прибора приведена на рисунке 11, там же показана стандартная

кривая видности. Области применения прибора, рекомендованные изготовителем: освещение магазинов; модернизация систем освещения жилых помещений и осветительных приборов (Residential retrofits & fixtures); прожекторы (Spot lights); освещение музеев; освещение развлекательных мероприятий (Stage lighting). Основные характеристики прибора: световой поток от 74 лм (при  $I_{np} = 350$  мА) до 127 лм (700 мА); различные исполнения по цветовым координатам, световому потоку и прямому напряжению; сохранение величины светового потока при длительной эксплуатации в соответствии со стандартом IESNA LM-80; диапазон рабочих температур  $-40...120^{\circ}\text{C}$ ; тепловое сопротивление кристалл/точка пайки  $7^{\circ}\text{K}/\text{Вт}$ .

LCW CQAREC (2011) – мощный светодиод с тёплым белым светом серии OSLO Square и высоким качеством цветопередачи (индекс CRI = 80), выполненный по технологии ThinGaN. Области применения приборов, рекомендованные изготовителем: модернизация систем освещения жилых помещений и осветительных приборов; прожекторы; освещение рабочих мест (Task light); направленное освещение (Accent light); профессиональные потолочные светильники (Professional downlights); освещение магазинов (Shop Lighting). Выпускаются 13 разновидностей приборов, отличающихся цветовой температурой и величиной светового потока/силы света, а также несколько групп исполнений по световому потоку/силе света, прямому напряжению и цветовым координатам. Диапазон рабочих температур  $-40...110^{\circ}\text{C}$ ; максимальная температура кристаллов  $+125^{\circ}\text{C}$ ; максимальный прямой ток 1,5 А, при этом световой поток увеличивается примерно в 1,7 раза по сравнению с номинальным при токе 700 мА; прямое напряжение 2,75...3,5 В; тепловое сопротивление кристалл/точка пайки  $3,8^{\circ}\text{K}/\text{Вт}$ .

Golden DRAGON, Golden DRAGON Plus. В состав данных серий входят красные, янтарные, жёлтые, синие, тёмно-синие, зелёные и тёмно-красные светодиоды, а также приборы тёплого, нейтрального и холодного белого света; их внешний вид показан на рисунке 12. Эскиз конструкции приборов показан на рисунке 13. В пластиковый корпус интегрированы выводы анода и катода светодиодного кристалла, установленного на теплоотводящую пластину; кристалл светодиода и защитного ESD-диода

соединены с выводами позолоченными траверсами; в верхней части прибора установлена силиконовая линза, обеспечивающая большие углы распределения силы света. Линза не является прецизионным оптическим элементом, допуски на её размеры достаточно велики (95% Tolerance). Во многих применениях, таких как системы задней подсветки и общего освещения, не требуется фокусировки светового излучения. Однако для ряда приложений получение достаточно узкого светового луча возможно только при применении вторичной оптики. Диаграмма распределения силы света светодиодов серии Golden DRAGON Plus приведена на рисунке 14. Рекомендуемые области применения светодиодов рассматриваемых серий: внутреннее и внешнее освещение; архитектурная подсветка; освещение стеклянных шкафов и витрин (Glass cabinet lighting); прожекторы; лампы для чтения; системы световых эффектов; освещение улиц и туннелей; маяки, мигающая реклама (Flashlights); фары мотоциклов; освещение для охранных систем.

LR W5AM, LA W5AM, LY W5AM, LD W5AM, LB W5AM, LT W5AM (2010) – красные, янтарные, жёлтые, тёмно-синие, синие и зелёные светодиоды серии Golden DRAGON Plus, выполненные в корпусах размерами  $6,2 \times 7,2 \times 1,9$  мм по технологиям Thinfilm (материал InGaAlP) и ThinGaN. Спектральные характеристики приборов Thinfilm соответствуют характеристикам, приведённым на рисунке 5; диаграммы распределения силы света соответствуют диаграммам, приведённым на рисунке 14. Спектральные характеристики приборов ThinGaN приведены на рисунке 15. Рекомендуемые сферы применения светодиодов: светофоры; системы задней подсветки; портативные источники света; декоративная и ландшафтная подсветка; указатели и знаки; RGB заливающий свет (RGB floodlights); огни маяков (beacons lights); огни световых ограждений (Warning lights). При увеличении прямого тока до 1 А выход световой энергии достигает 145 лм (янтарный свето-



Рис. 12. Внешний вид светодиодов серий Golden DRAGON, Golden DRAGON Plus

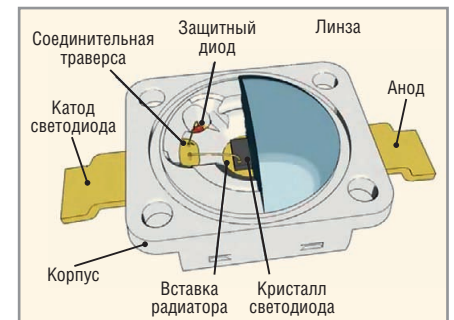


Рис. 13. Конструкция светодиодов серий Golden DRAGON, Golden DRAGON Plus

ке 5; диаграммы распределения силы света соответствуют диаграммам, приведённым на рисунке 14. Спектральные характеристики приборов ThinGaN приведены на рисунке 15. Рекомендуемые сферы применения светодиодов: светофоры; системы задней подсветки; портативные источники света; декоративная и ландшафтная подсветка; указатели и знаки; RGB заливающий свет (RGB floodlights); огни маяков (beacons lights); огни световых ограждений (Warning lights). При увеличении прямого тока до 1 А выход световой энергии достигает 145 лм (янтарный свето-

**СПЕКТР**

**НА ПУТИ  
К ВЕРШИНЕ  
УСПЕХА**

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

Тел.: +7 (495) 2206493, (981) 7090482, (960) 276-28-41  
Факс: +7 (812) 3332755 (авт.)  
info@spectr-pcb.ru • www.spectr-pcb.ru

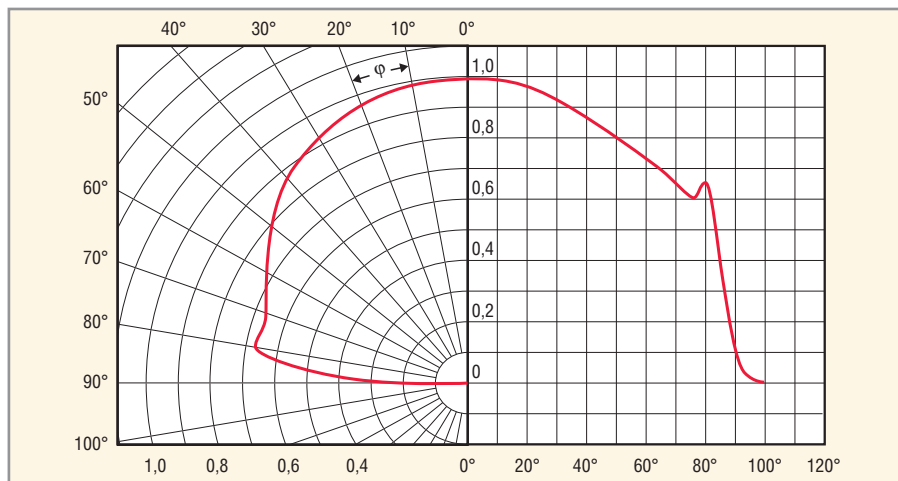


Рис. 14. Диаграмма распределения силы света светодиодов серии Golden DRAGON Plus

диод) и 995 мВт (тёмно-синий светодиод). Выпускаются различные исполнения приборов по световому потоку, выходной мощности и длинам волн. Рабочий диапазон температур  $-40...125^{\circ}\text{C}$ ; тепловое сопротивление кристалл/точка пайки  $6,5^{\circ}\text{K/Wt}$ .

LR W5SN, LA W5SN, LY, W5SN (2012), LD W5SN, LB W5SN, LT W5SN (2010) – красные, янтарные, жёлтые, тёмно-синие, синие и зелёные светодиоды серии Platinum DRAGON, внешний вид и структура приборов аналогичны показанным на рисунках 12 и 13. Рекомендованные сферы применения светодиодов: задняя подсветка больших ЖК-экранов телевизоров; внутреннее освещение автомобилей; замена ламп накаливания небольшой мощности; стробоскопы; подсветка знаков и указателей. При увеличении прямого тока до 1 А световой поток увеличивается до 153 лм (зелёный светодиод) и

905 мВт (тёмно-синий светодиод). Спектральные характеристики приборов аналогичны характеристикам, приведённым на рисунках 5 и 15. Выпускаются различные исполнения приборов по световому потоку, мощности излучения и длинам волн. Эксплуатационные параметры светодиодов в основном такие же, как и у приборов серий Golden DRAGON и Golden DRAGON Plus.

LUW W5AP (2011) – светодиод с холодным белым светом серии Diamond DRAGON, выполненный в тёмном корпусе размерами  $8,1 \times 7,1 \times 4,45$  мм с рассеивающей линзой (технология ThinGaN); внешний вид прибора показан на рисунке 16. Рекомендованные сферы применения прибора: системы задней подсветки; внутреннее и внешнее освещение жилых помещений и офисов; фонари и прожекторы; архитектурная подсветка; освещение стеклянных

шкафов и витрин; указатели и знаки. Выпускаются три разновидности приборов с цветовыми температурами  $5700$  и  $6500^{\circ}\text{K}$ , несколько групп исполнений по цветовым координатам и световому потоку/силе света. Диапазон рабочих температур  $-40...150^{\circ}\text{C}$ , максимальная температура кристаллов  $+160^{\circ}\text{C}$ . Максимальный прямой ток до 2 А, при этом значение светового потока увеличивается примерно в 1,3 раза; тепловое сопротивление кристалл/точка пайки  $2,5^{\circ}\text{K/Wt}$ .

LE UWS2LN (2011) – светодиодная сборка из четырёх светодиодов серии OSRAM OSTAR Lighting plus с холодным белым светом, выполненная в корпусе размерами  $5,51 \times 5,16 \times 2,34$  мм с восемью выводами (аноды и катоды светодиодов сборки выведены отдельно); внешний вид прибора показан на рисунке 17. Рекомендуются сферы применения сборки: освещение магазинов; прожекторы и освещение рабочих мест; модернизация систем освещения; потолочные светильники. Выпускаются четыре разновидности сборок с типовыми цветовыми температурами  $6000$  и  $6500^{\circ}\text{K}$ , 20 групп исполнений по цветовым координатам и четыре исполнения по световому потоку. Диапазон рабочих температур приборов  $-40...110^{\circ}\text{C}$ ; максимальный прямой ток каждого светодиода сборки 800 мА, тепловое сопротивление  $4,2^{\circ}\text{K/Wt}$ .

LE UWS2W (2010) – светодиодная сборка из четырёх светодиодов серии OSTAR SMT с холодным белым светом, предназначенная для применения в

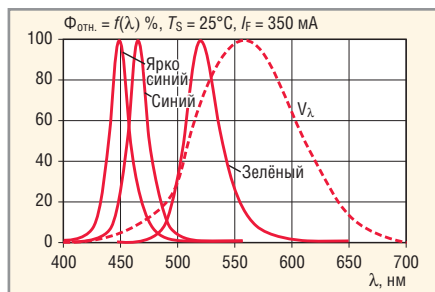


Рис. 15. Спектральные характеристики ThinGaN цветных светодиодов серии Golden DRAGON Plus



Рис. 16. Внешний вид светодиода LUW W5AP серии Diamond DRAGON

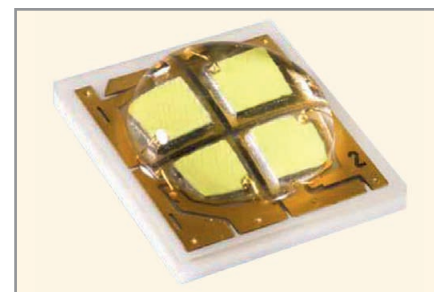


Рис. 17. Внешний вид светодиода LE UW S2 LN серии OSRAM OSTAR Lighting plus

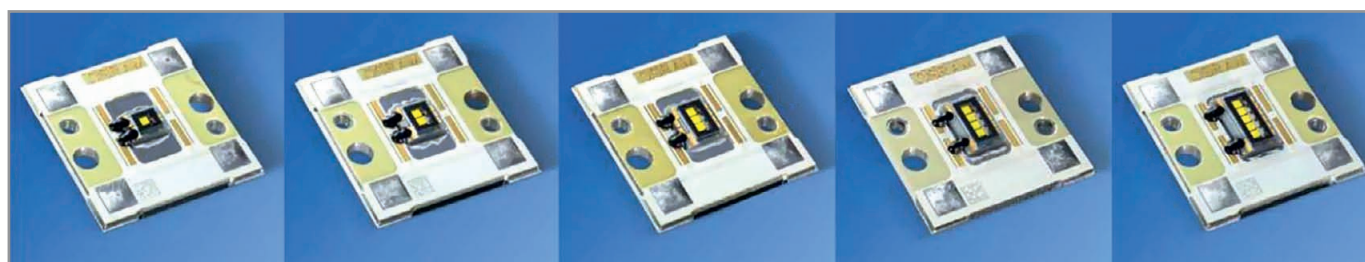


Рис. 18. Внешний вид светодиодов серии OSRAM OSTAR Headlamp

различных проекторах для встраиваемых и мобильных приложений, а также для архитектурного освещения и фонарей. Диапазон рабочих температур  $-40...85^{\circ}\text{C}$ ; максимальный прямой ток каждого светодиода до 1 А, при этом световой поток увеличивается примерно в 1,3 раза относительно номинального значения. Предусмотрено 12 групп исполнений прибора по цветовым координатам и четыре исполнения по световому потоку. Тепловое сопротивление  $3,1^{\circ}\text{K/Вт}$ .

Серия *OSRAM OSTAR Headlamp* – мощные светодиодные модули, предназначенные для автомобильных фар и прожекторов, состоящие из одного, двух, трёх, четырёх или пяти единичных светодиодов, соединённых последовательно; их внешний вид показан на рисунке 18. Светодиодные кристаллы смонтированы в керамических корпусах с контактными площадками и стеклянным покрытием. Приборы выполнены по технологии ThinGaN и обладают низким тепловым сопротивлением ( $3...8,3^{\circ}\text{K/Вт}$ ). Расположение выводов и светодиодных чипов модуля LE UW D1W4 01 с четырьмя светодиодами показано на рисунке 19. Для оптималь-

ного отвода тепла керамическая подложка приборов монтируется непосредственно на теплоотвод. В состав приборов входят защитные диоды, обеспечивающие защиту от электростатических разрядов с напряжением до 8 кВ в соответствии со стандартом ISO 10605. Монтаж приборов может осуществляться различными способами, в том числе винтами, клипсами/защёлками, клеем и т.п. Для автомобильных приложений рекомендовано крепление модулей винтами М3 с шайбами, зафиксированными компаундом.

*LEUWD1W5 01* (2010) – модуль из пяти светодиодных кристаллов серии OSRAM OSTAR Headlamp, предназначенный для фар дальнего света автомобилей и мотоциклов, а также для прожекторов заливающего света. Площадь светящейся поверхности модулей составляет  $5,4\text{ мм}^2$  ( $5,4 \times 1\text{ мм}$ ); конструкция приборов предусматривает применение вторичной оптики. Предусмотрено пять групп исполнений по цветовым координатам в соответствии с требованиями ECE/SAE (white box) и шесть групп исполнений по световому потоку. Уровень ультрафиолетового из-

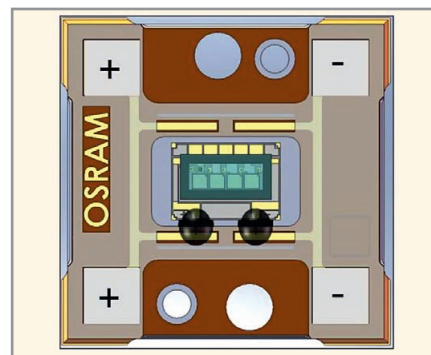


Рис. 19. Расположение выводов и кристалла светодиода LE UW D1W4

лучения не превышает  $10^{-5}\text{ Вт/лм}$  в соответствии с требованиями UNECE 112. Диапазон рабочих температур модулей  $-40...125^{\circ}\text{C}$ ; максимальная температура кристаллов  $150^{\circ}\text{C}$ ; максимальный прямой ток 1 А, при этом световой поток увеличивается примерно в 1,3 раза; прямое напряжение  $14,5...20,1\text{ В}$ ; тепловое сопротивление кристалл/базовая плата  $2,65^{\circ}\text{K/Вт}$ .

#### ЛИТЕРАТУРА

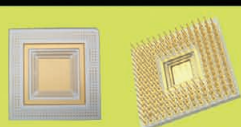
1. <http://www.ledsmagazine.com/news/8/2/29>.
2. [http://www.osram-os.com/osram\\_os/EN/Products/Light\\_Emitting\\_Diodes\\_\(LED\)/index.html](http://www.osram-os.com/osram_os/EN/Products/Light_Emitting_Diodes_(LED)/index.html).



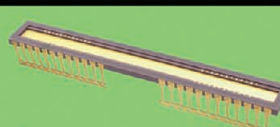
## Госкорпорация «Ростехнологии» ОАО «ЗАВОД ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ»



Корпуса типа DIP



Корпуса типа PGA

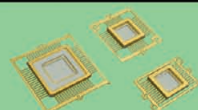


Основания типа DIP

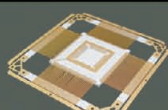


Корпуса типа LCC

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



Корпуса типа LLCC



Корпуса типа CFP



Держатели  
индикаторные



Керамические  
нагревательные  
элементы

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)

# Микроконтроллер MDR32F9Q2I

## Часть 3. Системный таймер SysTick

Михаил Голубцов (Москва)

Цикл статей предназначен для тех читателей, которые хотят ознакомиться с отечественным микроконтроллером, совместимым с Cortex-M3, и научиться его использовать. Рассмотрены основные аппаратные узлы микроконтроллера, а также их программирование. В каждой статье приводится пример реального использования, со схемой и полным текстом программы. Микроконтроллер Cortex-M3 сложнее многих популярных приборов, и данная публикация может облегчить его освоение.

Процессор имеет 24-разрядный системный таймер SysTick, который считает вниз от загруженного в него значения до нуля. Перезагрузка (возврат в начало) значения в регистр LOAD происходит по очередному фронту синхросигнала, затем счёт продолжается по следующему фронту. Когда процессор остановлен для отладки, таймер не декрементируется.

### ОПИСАНИЕ РЕГИСТРОВ СИСТЕМНОГО ТАЙМЕРА SysTick

Все регистры системного таймера SysTick доступны для записи и чтения. Имеются следующие регистры:

- SysTick->CTRL – управление функциями таймера;
- SysTick->LOAD – перегружаемое значение таймера;
- SysTick->VAL – текущее значение системного таймера;
- SysTick->CAL – калибровочное значение таймера.

Регистр SysTick->CTRL разрешает основные функции системного таймера. Назначение битов регистра:

- 31 – 17 – не используются;
- 16 – COUNTFLAG, возвращает 1, если таймер досчитал до нуля с последнего момента чтения;
- 15 – 3 – не используются;
- 2 – CLKSOURCE, указывает источник синхросигнала: 0 – LSI, 1 – HCLK;
- 1 – TCKINT, разрешает запрос на прерывание от системного таймера: 0 – таймер досчитает до нуля и прерыва-

ние не возникнет, 1 – возникает запрос на прерывание;

- 0 – ENABLE, разрешает работу таймера: 0 – работа таймера запрещена, 1 – работа таймера разрешена.

Когда бит ENABLE установлен в единицу, таймер загружает значение RELOAD из регистра LOAD и начинает декрементироваться. По достижению значения 0 таймер устанавливает бит COUNTFLAG и, если бит TCKINT установлен в 1, генерирует запрос на прерывание. Затем загружается значение RELOAD и продолжается счёт.

Регистр LOAD устанавливает стартовое значение, загружаемое в регистр VAL. Это значение загружается в регистр VAL, когда таймер разрешён и когда достигается значение нуля. Назначение битов регистра VAL:

- 31 – 24 – не используются;
- 23 – 0 – RELOAD.

Значение RELOAD может быть любым в диапазоне 0x00000001 – 0x00FFFFFF. Значение 0 допустимо, но не оказывает влияния, потому что запрос на прерывание и активизация бита COUNTFLAG происходят только при переходе таймера из состояния 1 в 0.

Расчёт значения RELOAD происходит в соответствии с использованием таймера:

- для формирования таймера с периодом N процессорных циклов применяется значение RELOAD, равное N – 1. Например, если требуется прерывание каждые 100 циклов, то уста-

навливается значение RELOAD, равное 99;

- для формирования одиночного прерывания после задержки в N тактов процессора используется значение N. Например, если требуется прерывание после 400 тактов процессора, то устанавливается RELOAD, равное 400.

Регистр VAL содержит текущее значение системного таймера. Назначение битов регистра:

- 31 – 24 – не используются;
- 23 – 0 – CURRENT.

Чтение значения CURRENT возвращает текущее значение системного таймера. Запись любого значения сбрасывает регистр в ноль и также очищает бит COUNTFLAG регистра CTRL.

Регистр CAL показывает калибровочное значение системного таймера. Назначение битов регистра:

- 31 – NOREF, всегда читается как 0;
- 30 – SKEW, всегда читается как 0;
- 29 – 24 – не используются;
- 23 – 0 – TENMS, читается как 0x0002904.

Калибровочное значение фиксировано и равно 0x0002904 (10500), что позволяет генерировать базовое время 1 мс с частотой 10,5 МГц (84/8 = 10,5 МГц).

### ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СИСТЕМНОГО ТАЙМЕРА

Системный таймер работает от процессорного синхросигнала. Если синхросигнал останавливается в режиме пониженного энергопотребления, то системный таймер останавливается. Необходимо, чтобы программа использовала доступ к регистрам системного таймера, выровненный по словам.

Системный таймер удобно использовать для формирования требуемых временных интервалов во время выполнения программы. Один из возможных вариантов – завести переменную счётчика «тиков». В обработчике

прерывания системного таймера значение этой переменной увеличивается на единицу. Это прерывание возникает с частотой, которая зависит от настроек системного таймера. Например, можно сделать его таким, что переменная счётчика «тиков» будет увеличиваться на единицу каждую миллсекунду.

В любом месте программы можно присвоить вспомогательной переменной текущее значение системного таймера и начать подсчитывать требуемое количество «тиков», сравнивая сохранённое в момент начала интервала значение с текущим значением системного таймера. Например, если надо сформировать паузу длительностью 1 с, следует ждать до тех пор, пока разность между сохранённым и текущим значением системного таймера станет меньше 1000.

Обратите внимание, что перед использованием системного таймера необходимо настроить тактирование микроконтроллера.

На сайте журнала приведён пример возможного использования системного таймера.

Следует учитывать, что действия, выполняемые во время ожидания окончания интервала времени, должны быть короткими, так как в этом случае проверка факта окончания интервала времени происходит реже, — фактически, с частотой, которая зависит от длительности действий внутри цикла ожидания завершения паузы. Пример: надо засечь интервал 1000 мс, и в цикле происходит проверка нажатия на кнопку (проверка состояния вывода порта и условный оператор). Такое действие происходит очень быстро и почти не влияет на точность отсчёта интервала времени.

Если внутри цикла вставить длительные действия, например, передачу блока данных по последовательному порту, которая происходит в течение 400 мс, то в данном случае проверка факта окончания заданного интервала времени происходит очень редко — примерно раз в 400 мс (через 400, 800 и 1200 мс). Очевидно, что в итоге получится интервал времени длительностью 1200 мс, а не требуемый интервал в 1000 мс.

В следующей части цикла будут рассмотрены источники тактовых сигналов для микроконтроллера и работа с ними.





## В МОРСКОЕ ПУТЕШЕСТВИЕ С ДИСПЛЕИМИ LITEMAX!





8,4"



12,1"-19"



21,5"

### 8,4"-21,5" ВЛАГОЗАЩИЩЁННЫЕ ЖК-ДИСПЛЕИ СЕРИИ NPD NAVPIXEL™ С ВЫСОКОЙ ЯРКОСТЬЮ

**Основные характеристики**

- Степень защиты корпуса IP65 (для модели NPD0835 IP68)
- Яркость свечения экрана 1000 кд/м<sup>2</sup>
- Светодиодная подсветка
- Поддержка ночного режима работы
- Резистивный сенсорный экран / антибликовое защитное стекло
- Регулировка яркости в широком диапазоне
- Обширный набор интерфейсов: VGA×2, DVI×2, CVBS×3
- Поддержка функции picture-in-picture (модели NPD1744 и NPD1954)
- Питание от сети 9–36 В постоянного тока
- Узкая лицевая фальшпанель
- Устойчивость к воздействию ударов и вибраций
- Защитное покрытие печатных плат
- Широкий диапазон рабочих температур

**Применения**

- Аппаратура морской техники, промышленная автоматизация

**ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР ПРОДУКЦИИ LITEMAX**



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

Реклама

# Система управления бесщёточным электродвигателем на основе логики FPGA

Владимир Вычужанин (г. Одесса, Украина)

**В статье рассматриваются современные бесщёточные электроприводы регулируемой скорости на базе синхронных электрических машин с постоянными магнитами, а также принципы построения и программирования систем управления подобными электрическими машинами на основе логики FPGA.**

Постоянное удешевление магнитных материалов, а также ускоряющееся развитие аппаратной базы систем управления и устройств силовой электроники сделали возможным применение синхронных электрических машин с постоянными магнитами (BLDC, БКЭПТ) в тех областях техники, где традиционно применялись только машины постоянного тока или специальные асинхронные двигатели. Это объясняется целым рядом конструктивных и технико-эксплуатационных преимуществ БКЭПТ по сравнению с другими типами электрических машин [1–4]. К таким преимуществам относятся отсутствие скользящих контактов и других узлов электрических машин, требующих обслуживания.

БКЭПТ имеют абсолютно жёсткую механическую характеристику и практически неограниченный диапазон регулирования частоты вращения (1 : 10 000 и более). Имеется возможность регулирования частоты вращения как вниз (с постоянством длительно допустимого и максимального моментов), так и вверх от номинальной частоты (с постоянством мощности). Бесщёточный электродвигатель обладает минимальными массогабаритными показателями, токами холосто-

го хода и более высокой производительностью, чем щётчные электродвигатели такого же размера. БКЭПТ отличается большая перегрузочная способность по моменту БКЭПТ (кратковременно допустимый момент и ток могут превышать номинальные значения в пять и более раз), для них характерно высокое быстродействие по моменту в переходных процессах. Эффективность БКЭПТ превышает 90% и незначительно отклоняется от номинальной при вариациях нагрузки, тогда как у серийных асинхронных двигателей мощностью до 10 кВт максимальный КПД составляет не более 87,5% и существенно зависит от момента.

В настоящее время наибольшее распространение получили одно-, двух- и трёхфазные БКЭПТ, реже применяются четырёхфазные бесщёточные электродвигатели. Одно- и двухфазные электродвигатели используются в приложениях, не требующих обеспечения высокой точности поддержания скорости вращения ротора при изменениях нагрузки. В ином случае применяются трёхфазные электродвигатели (совместно с системами регулирования).

По принципу действия БКЭПТ – это обращённая машина постоянного тока с постоянными магнитами на роторе. Ротор БКЭПТ – цилиндрический, яв-

нополюсный, из магнитно-твёрдого сплава и с короткозамкнутой пусковой обмоткой. Статор трёхфазного БКЭПТ идентичен статору асинхронного двигателя [4]; обмотки соединены звездой. Для индуцирования магнитного момента на роторе токи проходят через обмотки статора. Момент БКЭПТ образуется в результате взаимодействия магнитных потоков статора и ротора. Магнитный поток статора всегда стремится развернуть ротор с постоянными магнитами так, чтобы поток последнего совпал с ним по направлению. При этом с помощью датчика положения ротора электрический угол между двумя потоками всегда сохраняется в диапазоне  $90 \pm 30^\circ$ , что соответствует максимальному вращающему моменту.

Упрощённая схема двухполюсного однофазного электродвигателя, три управляемые обмотки которого соединены звездой, показана на рисунке 1а. При подаче положительного напряжения на полюс статора, одна из обмоток электродвигателя соответствует северному магнитному полюсу ротора, а противоположная – южному полюсу. Геометрическое расположение витков обмотки якоря на статоре и постоянных магнитов на роторе обуславливает фазные ЭДС вращения трапецеидальной формы [5] (см. рис. 1б).

Напряжённость магнитного поля на полюсе статора пропорциональна величине тока, протекающего через него. При положении ротора, соответствующего показанному на рисунке 1а, положительное напряжение на клемме Z и низкий потенциал на клемме Y будут содействовать появлению крутящего момента на роторе, направленного по часовой стрелке, и вращению ротора в направлении обмотки Z. Поскольку электродвигатель запускается в возбуждённом состоянии, магнитное поле постоянных магнитов вращающегося ротора наводит в обмотке статора ЭДС переменной частоты, вызывающей токи, которые способствуют возникновению тормозного момента.

Результирующий момент на валу электродвигателя определяется суммой моментов, обусловленных короткозамкнутой обмоткой и тормозным эффек-

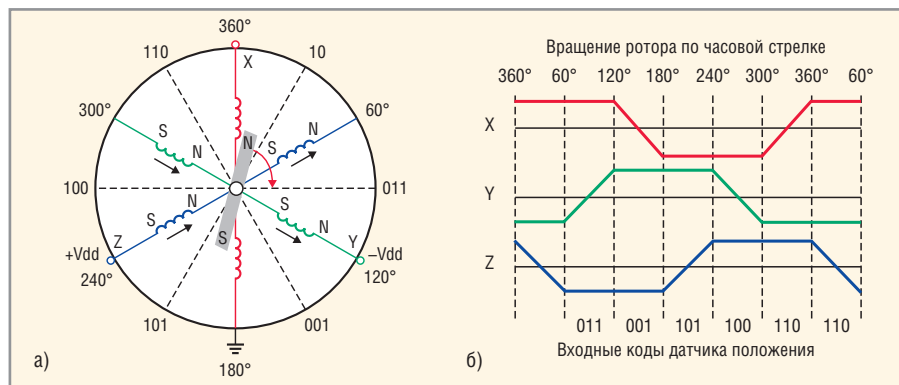


Рис. 1. Упрощённая схема и фазные ЭДС вращения БКЭПТ

том, т.е. зависит от скольжения. В процессе разгона ротора момент на валу электродвигателя не превышает минимального значения, которое должно быть больше номинального момента. При приближении скорости к синхронной, ротор, в результате взаимодействия поля постоянных магнитов с вращающимся магнитным полем статора, втягивается в синхронизм. Рабочие характеристики синхронного электродвигателя с постоянными магнитами мало отличаются от аналогичных характеристик синхронного электродвигателя с обмоткой возбуждения ротора.

Двигатели типа БКЭПТ, благодаря своим высоким эксплуатационным характеристикам, являются наиболее перспективными электрическими машинами в диапазоне малых и средних мощностей, особенно для моментных систем электропривода. Эти качества обуславливают применение БКЭПТ в различных системах и устройствах промышленного, военного, медицинского и бытового назначения, системах автоматики и телемеханики, во встраиваемых системах, авиации, офисной технике. БКЭПТ нашли свою «нишу» в тяговом электроприводе, приводах рулевого управления летательных и подводных аппаратов, электромеханических устройствах автомобилей. Бесщёточные электродвигатели часто используются там, где необходим точный контроль скорости, например, для работы с жёсткими дисками компьютера или в шпинделе CD-привода.

БКЭПТ можно рассматривать как электромеханотронную систему, в которой объединены электродвигатель, электронный коммутатор (инвертор) с функциями щёточно-коллекторного узла, питающий обмотку якоря машины, и система автоматического управления инвертором с измерительными устройствами (датчиками) [6–9]. Управление ключами инвертора БКЭПТ осуществляется в функции положения ротора. При управлении скоростью БКЭПТ необходимо обладать точными данными о положении ротора, а также иметь возможность производить с максимальным быстродействием расчёты, определяющие величины необходимого ускорения или замедления скорости вращения ротора. Такая специфика функционирования управляемого БКЭПТ предъявляет высокие требования к производительности вычислителей системы управления.

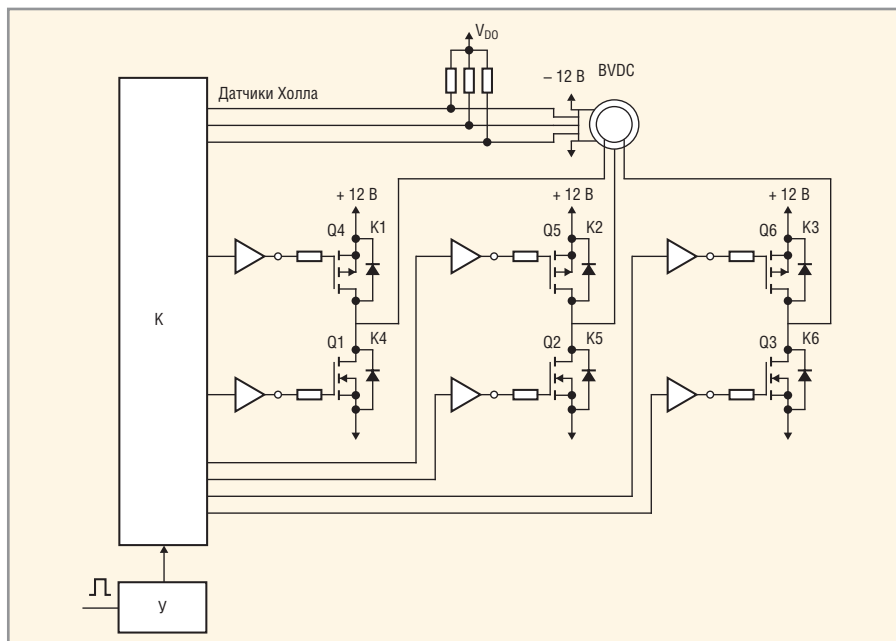


Рис. 2. Система управления трёхфазным БКЭПТ

Однако в ряде случаев, в частности, при динамически изменяющейся нагрузке на силовую передачу электродвигателя, возникают технико-экономические проблемы, связанные с ограничением производительности и ростом стоимости системы управления БКЭПТ. Использование систем контроля и управления на сигнальных процессорах (ЦПОС) или специальных микроконтроллерах (МК) [8] пока не позволяет снять ограничения по производительности систем управления БКЭПТ. Это связано с тем, что в большинстве приложений повышенная сложность и рост рассеиваемой мощности в цепи управления БКЭПТ на ЦПОС или МК отрицательно сказываются на надёжности и эффективности подобных систем управления.

В последнее время для повышения производительности и эффективности в схемах управления цепями электродвигателей всех типов всё более широкое применение находят конфигурируемые системы на кристалле (сSoC), сочетающие программное и аппаратное обеспечение, обладающие высокой производительностью, пониженной потребляемой мощностью, высокой эффективностью и надёжностью. Такие системы объединяют микроконтроллер, высоковольтные аналоговые интерфейсы и программируемую логическую матрицу (FPGA).

Учитывая изложенное, предлагается использовать FPGA в системе управления трёхфазным БКЭПТ (см. рис. 2), реализующей трапецеидальное управление, контроль тока электродвигателя,

частоты вращения и возможность реагирования на токовую перегрузку и опрокид электродвигателя. Обмотки управляемого электродвигателя соединены звездой и подключены к коммутатору (инвертору) – трёхфазному мосту из силовых ключей К1–К6 (МОП-транзисторов), которыми управляет контроллер (К). Устройство управления (У) формирует импульсы переменной длительности для регулирования мощности электродвигателя. Поскольку контроллер на основе программируемого для коммутации высокого быстродействия, в регуляторах хода БКЭПТ используется FPGA (см. рис. 3) семейства Cyclone V фирмы Altera.

Блок-схема системы управления БКЭПТ на основе FPGA (рис. 3) поддерживает интеграцию следующих IP-блоков:

- транзисторное управление БКЭПТ. Использование методов пространственно-векторной модуляции (SVM) для формирования напряжения ШИМ на затворе транзисторов;
- интерфейс внешнего АЦП для измерения тока обратной связи с электродвигателя;
- датчик Холла обратной связи для передачи позиционных данных ротора электродвигателя.

Информация о положении ротора поступает на контроллер с датчиков положения ротора на эффекте Холла. Переключение выходных устройств осуществляется в коммутаторе, переключающем обмотки электродвигателя и использующем ШИМ. Путём изменения

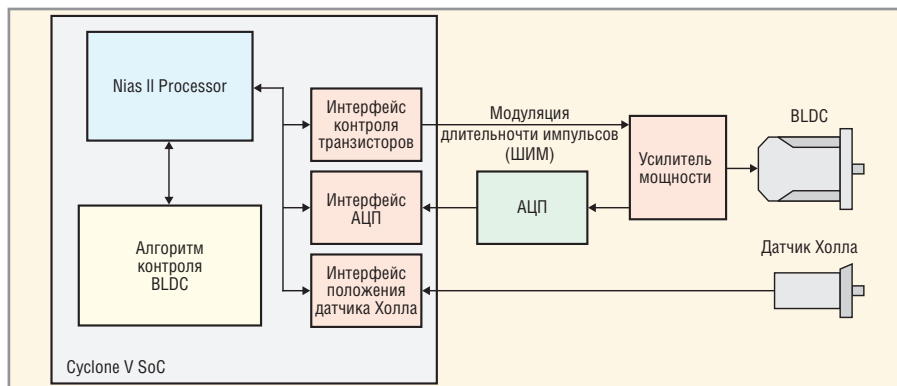


Рис. 3. Блок-схема системы управления БКЭПТ на основе FPGA

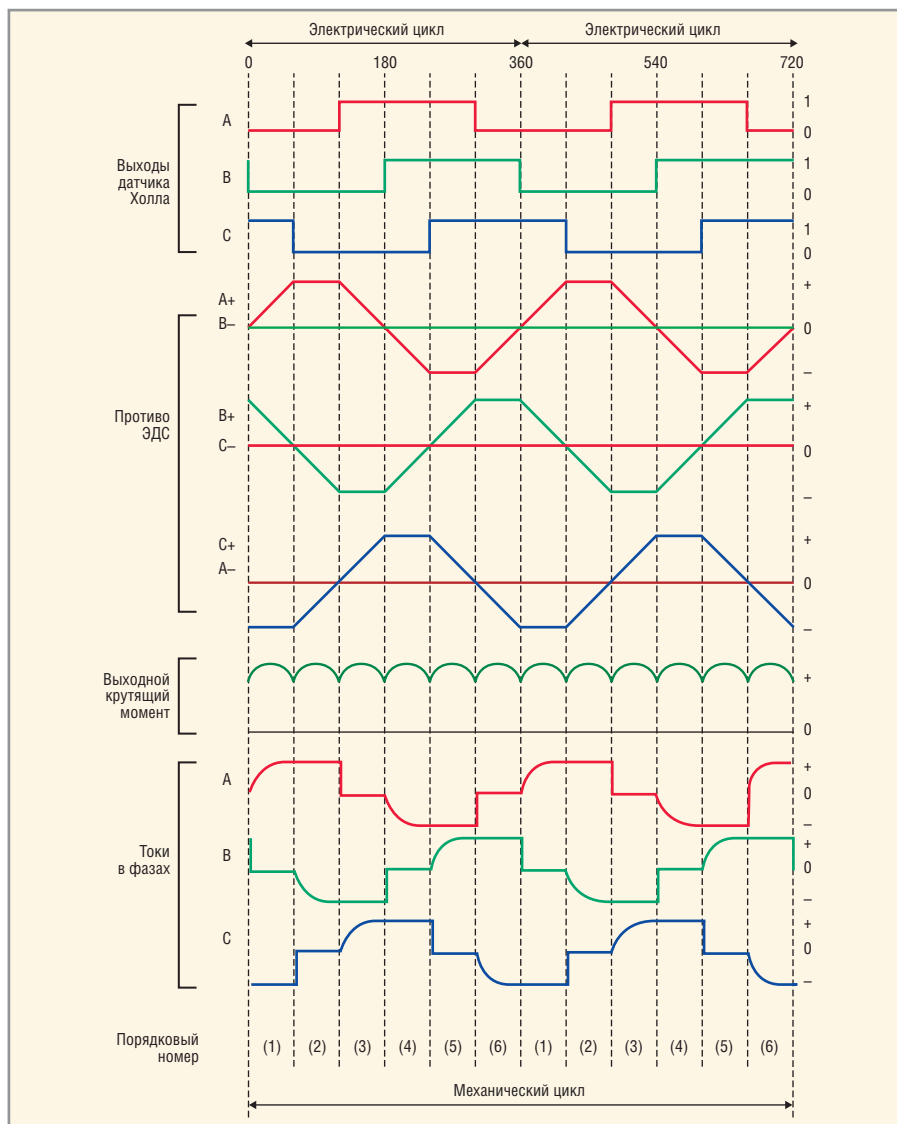


Рис. 4. Временные диаграммы изменений выходных сигналов датчиков Холла, противоЭДС и токов в фазах

длительностей импульсов, подаваемых с фиксированной частотой, напряжение на обмотках электродвигателя повышается (понижается), изменяя скорость БКЭПТ. Контроллер обеспечивает несколько вариантов коммутации, включающих прямой ход, реверс, торможение и отключение обмоток.

На рисунке 4 приведены временные диаграммы, отражающие характер из-

менений выходных сигналов с датчиков Холла, противоЭДС, а также токов в фазах БКЭПТ при трапецидальном управлении. Каждый из датчиков Холла изменяет своё состояние каждые 60 электрических градусов вращения электродвигателя, следовательно, при коммутации трёхфазных БКЭПТ с биполярными роторами необходимо шесть этапов для осуществления одно-

го электрического цикла. При этом один электрический цикл может не совпадать с полным механическим циклом оборота ротора. Необходимое количество электрических циклов соответствует завершению механического цикла и равно числу пар полюсов ротора [9]. В течение каждого из этих шести этапов напряжение прикладывается к двум из трёх фазовых обмоток. Фазовый сдвиг напряжения имеет место в интервале 60°. ПротивоЭДС обеспечивает переходы через нулевой уровень при обесточенном состоянии каждой обмотки.

Закодированные состояния соответствуют положениям датчиков Холла, показанным на рисунке 16. Системой управления осуществляется считывание сигналов с датчиков для шестиступенчатой коммутационной последовательности (по часовой стрелке). Необходимые сочетания транзисторов силовых ключей К1–К6 системы управления (см. рис. 2) для соответствующих переключений приведены в таблице. Для реализации шестиступенчатой коммутационной последовательности предлагается использовать алгоритм, приведённый на рисунке 5. Указатель, используемый для управления коммутацией, может ссылаться на таблицу с учётом выбранного направления коммутационной последовательности.

При относительно низкой скорости вращения ротора, в схемах управления БКЭПТ успешно функционируют ЦПОС или МК. При высоких скоростях возникает недетерминированный характер прерываний с ограничением пропускной способности микроконтроллера, что ограничивает производительность системы управления. Использование cSoC с коммутационными функциями, реализованными в логике FPGA, позволяет исключить недетерминированный характер прерываний и уменьшить задержки в цепи обратной связи от датчиков положения ротора. Ниже приведён пример файла программного описания для FPGA на языке Verilog для реализации временной последовательности коммутации, для состояний датчиков Холла, соответствующих таблице:

```
assign cw = (SENSOR == 3'b010) ? 6'b100010 :
(SENSOR == 3'b011) ? 6'b001010 :
(SENSOR == 3'b001) ? 6'b001100 :
(SENSOR == 3'b101) ? 6'b010100 :
(SENSOR == 3'b100) ? 6'b010001 :
```

```
(SENSOR == 3'b110) ? 6'b100001 : 0;
```

Для реализации функций RUN/STOPn, а также контроля направления вращения ротора данное программное описание может быть использовано и при вращении ротора против часовой стрелки. Приоритет управления для выбора необходимого направления вращения может быть описан на языке Verilog следующим образом:

```
assign en = (RUN == 1'b0) ? 6'b000000 : // all FETS off if RUN is low (DIR == 1'b0) ? cw : ccw; // otherwise select direction
```

Реализация функции RUN свободно осуществляется в небольшой по числу элементов FPGA. При этом электродвигатель будет работать в указанном направлении с максимальным крутящим моментом.

При регулировании скорости вращения электродвигателя величина крутящего момента на роторе контролируется посредством ШИМ. С помощью таймера (программным обеспечением) или счётчика (аппаратным обеспечением) реализуется управление рабочим циклом или частотой импульсов с коммутацией сигналов управления для транзисторов привода (от K1 к K3, см. рис. 6).

Показанные на рисунке 6 побочные эффекты при ШИМ-управлении моментом связаны с возникновением пульсации крутящего момента, а именно, высоким и низким уровнями крутящего момента. Это вызывает существенные по величинам повторяющиеся давления на вал ротора, находящийся под нагрузкой. Поэтому необходимо учитывать нагрузочные характеристики системы и настраивать ШИМ с выбором минимальной ширины импульса (тактовой частоты) и частоты импульсов для управления крутящими моментами на валу ротора.

При реализации массивов ШИМ (рабочий цикл, сигма-дельта, мультифаза) также проявляются преимущества использования FPGA в cSoC, позволяющие обеспечить более высокую тактовую частоту и меньшую рассеиваемую мощность, а также устранить недетерминированное поведение при обслуживании прерываний.

Файл стадий сигма-дельта преобразований для FPGA:

```
always @(negedge RESETN or posedge CLK) if (!RESETN) begin count [12:0] <= 0; end else begin count <= count + { 1'b0, COMMAND [11:0] }; end
```

Файл программного описания регулировки крутящего момента для схемы на полевых транзисторах привода БКЭПТ, показанной на рисунке 2:

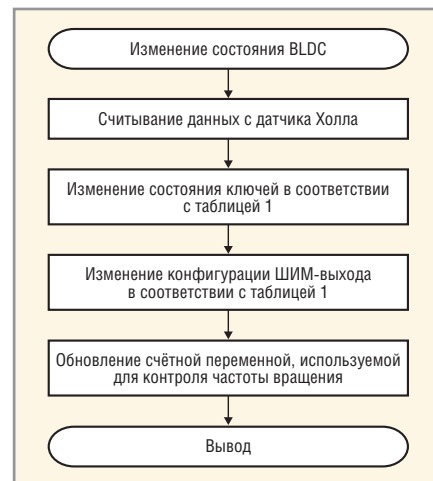
```
assign FETS [5] = en [5] & count [12]; // Q6 assign FETS [4] = en [4] & count [12]; // Q5 assign FETS [3] = en [3] & count [12]; // Q4 assign FETS [2] = en [2]; // Q3 assign FETS [1] = en [1]; // Q2 assign FETS [0] = en[0]; // Q1
```

Использование счётчиков для вычисления периода (количества тактов) позволяет определить скорость вращения ротора БКЭПТ. Соответствующий файл программного описания выглядит следующим образом:

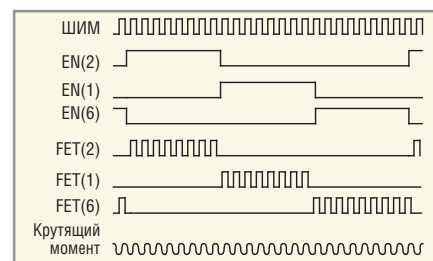
```
always @(posedge MCLK or negedge RESETn) if (!RESETn) begin delay1 <= 0; delay2 <= 0; mcount <= 20'hFFFFFF; cpp <= 20'hFFFFFF; stall <= 1'b1; end else begin delay1 <= SENSOR [0]; delay2 <= delay1; if (delay1 && ~delay2) mcount <= 0; else mcount <= mcount + 1; if ((delay1 && ~delay2) || mcount == 20'hFFFFFF) begin cpp <= mcount;
```

**Шестиступенчатая коммутационная последовательность**

Состояние транзисторов силовых ключей	Вращение ротора по часовой стрелке	Вращение ротора против часовой стрелки
010	K5, K3	K6, K2
011	K5, K1	K4, K2
001	K6, K1	K4, K3
101	K6, K2	K5, K3
100	K4, K2	K5, K1
110	K4, K3	K6, K1



**Рис. 5. Блок-схема алгоритма выполнения коммутации**



**Рис. 6. Временные диаграммы при ШИМ-управлении крутящим моментом**

```
if (mcount == 20'hFFFFFF) begin stall <= 1'b1; else stall <= 1'b0; end end
```

Таким образом, применение небольшой по числу логических элементов FPGA, выполняющей функции контроллера с использованием обратной связи по положению ротора (сигналы с датчиков Холла), позволяет реализовать управление RUN/STOPn, направлением вращения (DIR), 12-разрядной ШИМ (COMMAND) на основе крутящего момента и обеспечить коммутации в трёхфазном БКЭПТ.

Для датчиков положения ротора, показанных на рисунке 1, использование подобной программы позволяет подсчитать количество циклов MCLK (MasterClock) за время, необходимое для осуществления ротором одного полно-

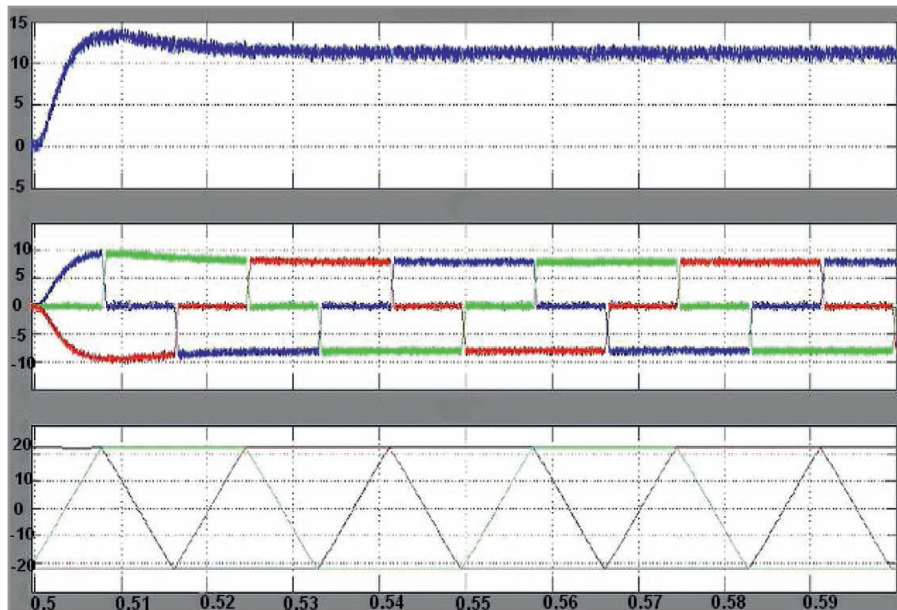


Рис. 7. Результаты моделирования управления БКЭПТ в MATLAB/Simulink

го оборота. Так, если тактовая частота MCLK равна 1 МГц, то значение фактической скорости ротора ( $U$ ) составляет 1 мкс за электрический оборот ротора. Число оборотов ротора в минуту ( $N$ ) можно рассчитать по формуле:

$$N = (60 \times 10^6) / MU,$$

где  $M$  – количество циклов электрических связей, необходимых для осуществления одного оборота ротора.

Для сокращения длительности цикла MCLK необходимо получить в контуре управления сигнал разности между фактической скоростью ротора  $U$  (сигнал обратной связи) и заданной  $U_3$  (TARGET). На языке Verilog такой разностный сигнал может быть описан как

```
assign diff = U - TARGET; // result is a 20-bit 'signed' value
```

Найденное значение преобразуется в соответствующую команду (COMMAND) для ШИМ. Следовательно, необходимо добавить COMMAND-определения значений разности в фиксированный интервал суммирования, как показано в приведённом ниже файле:

```
always @(negedge RESETN or
posedge CLK)
if (!RESETN)
begin
ucount <= 0; COMMAND <= 0;
end
else begin
if (ucount == update_period)
begin
ucount <= 0;
```

```
COMMAND <= COMMAND + diff;
end
else begin
ucount <= ucount + 1'b1;
end
end
```

Период обновления данных в системе управления должен выбираться так, чтобы команда изменения времени контроля поступала в систему прежде внесения других изменений. Для этого период обновления следует изначально настроить на несколько самых малых периодов вращения ротора. В приведённом выше примере разность фактической скорости ротора  $U$  и заданной  $U_3$  подаётся на вход системы управления (при коэффициенте усиления  $K_p = 1$ ). Однако может возникнуть необходимость изменить  $K_p$  в соответствии с разницей значений фактической и заданной скорости при разомкнутой ШИМ. Ниже приведён программный файл изменения суммирования при  $K_p = 1,25$  для разомкнутой системы:

```
always @(negedge RESETN or
posedge CLK)
if (!RESETN)
begin
ucount <= 0;
COMMAND <= 0;
end
else begin
if (ucount == update_period)
begin
ucount <= 0;
COMMAND <= COMMAND + diff [19:0]
+ // partial sum 1.0
{diff [19], diff[19], diff
```

```
[19:2]}; // sign extended /4
end
else begin
ucount <= ucount + 1'b1;
end
end
```

Если  $K_p$  устанавливаются заниженными, то имеет место переходный процесс с продолжительным временем установления. Чтобы улучшить качественные показатели системы управления, можно включить в систему интегральное звено или ввести производную в соответствии с формулой:

$$Cmd(t) = Cmd(t - 1) + K_p diff(t) + K_i I(t) + K_d (diff(t) - diff(t - 1)) / dt,$$

где  $K_p$ ,  $K_i$  и  $K_d$  – коэффициенты ПИД-контра регулятора;  $diff(t) = mcount - TARGET$ ;  $I$  – нулевые начальные условия ( $I(t) = I(t - 1) + diff(t)dt$ ).

Подобная реализация в системе управления БКЭПТ представляет собой дискретный ПИД (пропорционально-интегрально-дифференциальный) контур регулирования. Реализация ПИД-регулятора на языке Verilog приведена ниже:

```
assign nextI <= I + (diff * dt);
assign ddiff <= (diff - diffq) / dt;
always @(negedge RESETN or
posedge CLK)
if (!RESETN)
begin
I <= 0;
ucount <= 0;
COMMAND <= 0;
Diffq <= 0;
end
else begin
if (ucount == update_period)
begin
ucount <= 0;
diffq <= diff;
I <= nextI;
COMMAND <= COMMAND + (Kp * diff)
+ (Ki * nextI) + (Kd * ddiff);
end
else begin
ucount <= ucount + 1'b1;
end
end
```

Основная проблема, связанная с реализацией ПИД-управления, заключается в настройке коэффициентов  $K_p$ ,  $K_i$  и  $K_d$  и определении постоянной времени для достижения желаемого качества ре-

гулирования. Если допускается работа системы управления при колебательном переходном процессе, то можно вручную настроить коэффициенты, используя метод Циглера-Николса. Если же система не может быть настроена вручную, тогда моделированием определяются начальные значения для каждого параметра электрического цикла работы БКЭПТ. Соответствующие FPGA-решения цифровой логики могут быть промоделированы в программе testbench вместе с поведенческими моделями для полевых транзисторов, электродвигателя и нагрузки.

Для проверки функционирования системы управления на FPGA для БКЭПТ при создании крутящего момента на валу ротора, посредством моделирования в MATLAB/Simulink были получены результаты (см. рис. 7), отражающие характер изменения: а) крутящего момента; б) токов электродвигателя в трёх фазах и в) противоЭДС.

Результаты моделирования показывают, что при трапецеидальной коммутации электронных ключей привода имеет место минимум пульсаций крутящего момента на валу электродвигателя. Применение логики FPGA для цифровой фильтрации токовых сигналов, поступающих с фазных обмоток и пропорциональных рассчитанному положению ротора и его скорости, делает подобную систему управления менее чувствительной к переходным процессам при изменениях нагрузки.

Необходимо отметить, что для настройки коэффициентов  $K_p$ ,  $K_i$  и  $K_d$  может использоваться процессор, встроенный в сSoC (см. рис. 3). Пользовательский интерфейс программного обеспечения процессора позволяет обеспечить управление направлением вращения, пусковую скорость и оста-

новку электродвигателя. Программное обеспечение даёт возможность ручной установки коэффициентов  $K_p$ ,  $K_i$  и  $K_d$  а также автоматической настройки при реализации алгоритма контроля и динамического регулирования цикла работы БКЭПТ при изменениях нагрузки.

При контроле цикла в логических вентилях FPGA устраняются недетерминированные задержки, присущие программной реализации, а значит, сводятся к минимуму задержки в цепи обратной связи, повышается производительность системы с одновременным снижением требований к пропускной способности встроенного в сSoC процессора. Кроме того, управление БКЭПТ как системой с обратной связью можно реализовать в логике FPGA или в программном обеспечении. Например, отдельные блоки FPGA могут отслеживать токи обмоток в режиме реального времени и обеспечивать выключение цепей привода в случаях, если ток в любой из обмоток превышает максимальный порог. Программное обеспечение также используется для осуществления магнитного торможения.

Таким образом, конфигурируемые системы на кристалле, содержащие процессор, логику FPGA и несколько АЦП позволяют реализовать точные и быстродействующие системы управления БКЭПТ. Применение запрограммированных блоков ПИД-регулирования, ШИМ и коммутационных функций обеспечивает реализацию основных контуров управления в FPGA и их связь с процессором, встроенным в сSoC.

Реализация замкнутых алгоритмов управления в логике FPGA, обладающей минимальной детерминированной задержкой во времени, делает системы управления БКЭПТ с логикой FPGA более быстродействующими, эффективными и простыми в настройке

и функционировании по сравнению с системами управления, работа которых основана только на программных реализациях.

### ЛИТЕРАТУРА

1. *Matsui N.* Sensorless PM Brushless DC Motor Drives. IEEE Trans. Ind. Electron. 1996. Vol. 43. No. 2. P. 300–308.
2. *Acarney P.P., Watson J.F.* Review of Position-Sensorless Operation of Brushless Permanent-Magnet Machines. IEEE Trans. Ind. Electron. 2006. Vol. 53. No. 2. P. 352–362.
3. *Корельский Д.В., Потапенко Е.М., Васильева Е.В.* Обзор современных методов управления синхронными двигателями с постоянными магнитами. Радиоэлектроника. Информатика. Управление, 2001. С. 155–159.
4. *Padmaraja Yedamale.* Brushless DC (БКЭПТ) Motor Fundamentals Application Note; AN885. Microchip Technology Inc. AZ, USA, 2003.
5. *Cros J.* et al. A novel current control strategy in trapezoidal EMF actuators to minimize torque ripples due to phase commutation. EPE Eur. Conf. Power Electron., Applicat. (EPE): Brighton, U.K. 1993. Vol. 4. P. 266–271.
6. *McKeever J.W.* Low-Cost Sensorless Control of Brushless DC Motors with Improved Speed Range G.J. IEEE Trans. Power Electron. 2004. Vol. 19. P. 296–302.
7. *Vinatha U., Pola S., Vittal K.P.* Recent Developments in Control Schemes of БКЭПТ Motors. Proc. of the IEEE Intern. Conf. on Industrial Technology (ICIT 2006). Mumbai, India. 2006. P. 477–482.
8. *Shao J., Nolan D., Teissier M., Swanson D.* A Novel Microcontroller-Based Sensorless Brushless DC (БКЭПТ) Motor Drive for Automotive Fuel Pumps. IEEE Trans. Ind. Appl. 2003. Vol. 39. P. 1734–1740.
9. *Панкратов В.В.* Тенденции развития общепромышленных электроприводов переменного тока на основе современных устройств силовой электроники. Силовая интеллектуальная электроника. 2005. № 2. С. 27–31.





ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО

# ЭРКОН

НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ



Разработка и производство постоянных непроволочных, а также СВЧ резисторов и поглотителей.

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

**603104, Нижний Новгород, ул. Нартова, 6**  
**Тел.: (831) 464-50-21, факс: (831) 439-61-41**  
**info@erkon-nn.ru, www.erkon-nn.ru**

# Форм-фактор 6U: старые достоинства и новые возможности для встроенных систем

Пётр Павлов (Москва)

Статья обращает внимание на достоинства компонентов форм-факторов 6U. В их числе – возможность создания систем с самой высокой плотностью вычислительных ресурсов и каналов ввода/вывода, большие диапазоны масштабирования этих ресурсов, возможность в ряде случаев построения более компактных систем по сравнению с возможностями форм-фактора 3U. Приведены примеры компонентов форм-фактора 6U на основе самых современных процессоров и высокопроизводительных интерфейсов, в том числе модулей, стойких к самым разнообразным факторам неблагоприятных воздействий при эксплуатации конечного оборудования.

Встроенные системы – компьютерный «интеллект» современного оборудования – строятся, по сути, на основе двух базовых архитектур. Одна из них – это помещённая в корпус (системный блок в промышленном исполнении) материнская плата или её аналог с установленными (при необходимости) модулями расширения (дополнительная память, интерфейсы беспроводной связи и т.п.).

Стандарт PICMG 1.0/1.3 является промышленным вариантом архитектуры материнской платы, а COM-архитектура – это своеобразно вывернутая наизнанку концепция материнской платы, где аналог материнской платы – модуль COM (Computer On Module, компьютер на модуле), устанавливается на квазианалог модуля расширения – плату-носитель со специализированными интерфейсами и/или иными специализированными подсистемами. Архитектура стеков («этажерок») на основе модулей форм-фактора PC/104 – не что иное, как оригинальная реализация архитектуры встроенной системы на основе материнской платы для жёстких условий эксплуатации.

Помимо упомянутых спецификаций (или экосистем стандартов) PICMG

1.0/1.3, COM, PC/104, к архитектурному сегменту встроенных систем на основе материнских плат относятся изделия стандартов EBX, ITX, ATX и ETX.

Вторая базовая архитектура встроенной системы – объединительная панель в корпусе, к которой подключены одноплатный компьютер (Single Board Computer, blade, он же блейд или «лезвийный» компьютер/сервер) или несколько одноплатных компьютеров, а также модули ввода/вывода. И геометрия, и форм-факторы всех этих элементов гармонизированы на основе стандарта Евромеханики. Наиболее известные примеры подобной архитектуры закреплены стандартами ассоциаций VITA (VME/VXS/VPX) и PICMG (CompactPCI/AdvancedTCA/MicroTCA). Далее мы будем использовать для обозначения таких встроенных систем (см. рис. 1) термин «модульные крейтовые системы».

По мнению Рея Олдермана (Ray Alderman) [1], лидера организации VITA, сегмент архитектур на основе псевдоматеринских плат сегодня метастабилен. Ориентированный в значительной степени на предельно компактные габариты встроенных систем, он испытывает на себе влияние разнообразия форм-факторов внутрифирменных стандартов, претендующих на утверждение в качестве открытых стандартов. Эта ситуация имеет вполне объективные причины, корни которых можно найти и в технологиях миниатюризации и интеграции электронных компонентов (габариты плат могут становиться меньшими), и в таком явлении, как «консюмеризация» электроники (возможность быстрого возврата инвестиций в разработ-

ку внутрифирменного форм-фактора, конкурентного на массовом потребительском рынке).

Однако промышленная и военная электроника встроенных систем, в отличие от электроники потребительской, тяготеет к установившимся стандартам, поколения (версии) которых основаны на преемственности. Это обеспечивает заказчикам уверенность в технической надёжности компонентов и решений, возможность выбора таких компонентов и решений среди нескольких поставщиков, надёжные гарантии долговременной поддержки со стороны поставщиков. Именно поэтому на промышленном и военном рынках, даже без рекламной поддержки, по-прежнему популярны форм-факторы систем стандартов VME/VXS/VPX, CompactPCI и форм-факторы с вертикальным габаритом модулей 6U, как это ни удивительно в условиях тотального наступления форм-факторов SFFB (Small Form Factor Boards, одноплатные компьютеры и модули малых форм-факторов) и идеологии SWaP-оптимизации (SWaP – Size, Weight and Power; габариты, масса и энергопотребление).

## Что такое 6U и 4HP?

Рынок систем VITA VME и CompactPCI отличается, по мнению Рея Олдермана, гармоничной упорядоченностью. И это мнение имеет под собой прочные основания. Базовые габариты встроенных систем промышленного класса стандартов VME/VXS/VPX и CompactPCI определяются 19-дюймовой шириной стойки или крейта (482,6 мм). Внутреннее пространство крейта делится на горизонтальные слоты (Horizontal Pitch, HP). В 19-дюймовом крейте можно разместить 21 слот шириной 4 «единицы» HP (20,3 мм, или 0,8 дюйма). В некоторых случаях компоненты, устанавливаемые на модуле, не укладываются в габарит 4HP; тогда используются кратные 4HP габариты 8 или 12 HP.

Лицевая панель модуля, вставляемого в слот шириной 4/8/12 HP, стандартно имеет высоту 132 мм (форм-фактор 3U, Eurocard) или 265 мм (форм-фактор 6U, dual Eurocard). Собственно же платы, лежащие в основе конструкции



Рис. 1. Внешний вид модульных крейтовых систем

модулей форм-факторов 3U и 6U, имеют габариты 100 × 160 и 233 × 160 мм соответственно.

В мире модульных крейтовых систем царит полная гармония и разумное «многообразие», которые, впрочем, не ограничивают свободы создания крейтов «половинной» ширины от 19 дюймов, или оборудования высотой 1U (например, блока вентиляторов) для устанавливаемых в стойку встроенных систем, или модуля шириной 1 дюйм (что предусмотрено, например, стандартом VITA 47 REDI/Ruggedized Enhanced Design Implementation, Рекомендации по созданию конструкций с повышенным уровнем стойкости к неблагоприятным внешним воздействиям).

Однако эта «демократия» модульных крейтовых систем далека от хаоса габаритов семейств и подсемейств плат форм-факторов экосистемы SFFB. На рисунке 2 приведено сопоставление форм-факторов далеко не полной выборки стандартов рынка SFFB. Более полный набор этих стандартов приведён на интернет-ресурсе <http://smallformfactors.com/articles/list-smallform-factors>. Представленный там список спецификаций форм-факторов SFFB-модулей насчитывает более сотни наименований.

### О достоинствах модульных крейтовых систем

Базовая архитектура встроенной системы на основе крейта, в котором размещается объединительная панель с подключёнными к ней (при помощи разъёмов, необходимых для интеграции системы и её последующего обслуживания) модулями системы питания, одноплатами компьютерами и модулями сетевых коммутаторов ввода/вывода, является весьма удобной для широкого спектра промышленных и оборонных приложений. Стандарт PICMG 1.0/1.3 является промышленным вариантом архитектуры материнской платы, а COM-архитектура – это своеобразно вывернутая наизнанку концепция материнской платы, где аналог материнской платы – модуль COM (Computer On Module, компьютер на модуле), устанавливается на квазианалог модуля расширения – плату-носитель со специализированными интерфейсами и/или иными специализированными подсистемами. Поэтому она востребована в многопроцессорных системах для высокопроизводительных вычислений (при создании радаров, сонаров, систем радиоэлектронной разведки, тренажёрных комплексов) и автоматизированных многоканальных испытательных и измерительных систем.

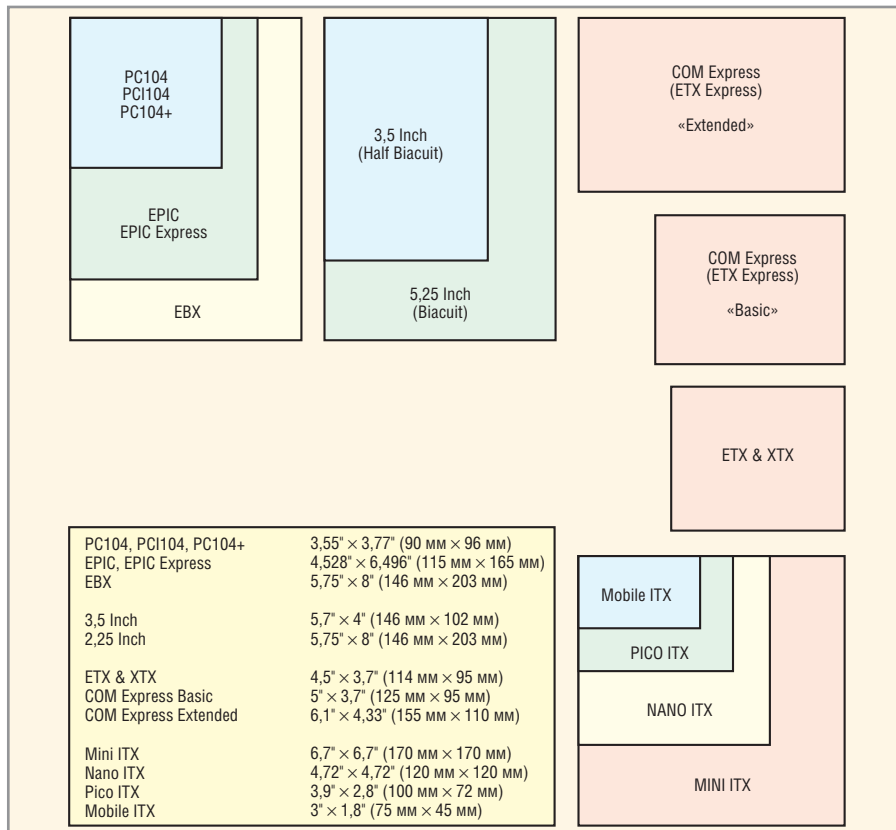


Рис. 2. Разнообразие форм-факторов рынка SFFB

В подобных приложениях модульные крейтовые платформы позволяют решать такие задачи, как:

- создание адекватной системы каналов ввода/вывода и/или интерфейсов подключения с одновременной

минимизацией длины кабельных подключений;

- минимизация габаритов за счёт совместного использования модулями ресурсов питания, систем охлаждения и шин передачи данных;
- масштабируемость в течение жизненного цикла системы, т.е. изменение конфигурации каналов ввода/вывода и наращивание вычислительных

**ПРИБОРЫ И СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ:**

ISO 9001 - 2009

ПРИБОРЫ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ СРЕДЫ И ПРОДУКЦИИ

- ПРОБОЙНЫЕ УСТАНОВКИ
- ИЗМЕРИТЕЛИ RLC
- БЛОКИ ПИТАНИЯ
- ОСЦИЛЛОГРАФЫ
- МЕГАОММЕТРЫ
- ЧАСТОТОМЕРЫ
- КАЛИБРАТОРЫ
- СВЧ-ТЕХНИКА
- ВОЛЬТМЕТРЫ
- ГЕНЕРАТОРЫ

**МНИПИ**  
ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО  
<http://www.mnipi.com>  
e-mail: [mnipi@mnipi.by](mailto:mnipi@mnipi.by)  
г. Минск, ул. Я. Коласа, 73  
тел./факс: +37517-262-57-50

ВСЯ ПРОДУКЦИЯ СЕРТИФИЦИРОВАНА

ресурсов без коренной переработки системы, за счёт изменения или дополнения набора модулей в крейте и подключения новых кабелей.

Возможности масштабирования модульных крейтовых систем расширяет соблюдение принципов обратной совместимости при развитии стандартов такого оборудования ассоциациями VITA и PICMG. История подобного развития связана с повышением пропускной способности системного интерфейса: сначала повышалась пропускная способность параллельных шин VMEbus и PCI, потом эти шины начинали сосуществовать с интерфейсом на основе последовательной передачи и коммутации пакетов данных (технология switch fabric), затем появились спецификации, использующие только switch fabric, а также многоуровневую архитектуру передачи данных на базе различных последовательных интерфейсов и технологии switch fabric. При этом для разных категорий передаваемых сигналов и данных – Utility (рабочие сигналы), Management (сигналы и данные управления), Control (сигналы и данные контроля), Data (данные) и Expansion (коммуникации с модулями расширения), используются наиболее подходящие интерфейсы из набора технологий Ethernet, Serial RapidIO, PCI Express, Aurora и т.п.

Но всегда при реализации этих «маршрутных карт» преследовалась возможность построения гетерогенных модульных крейтовых систем, включающих набор из унаследованных (legacy) и современных модулей. В качестве примера можно привести развитие стандартов крейтовых систем на основе шины VMEbus для повышения пропускной способности системного интерфейса на основе параллельной передачи данных. Эта базовая характеристика эволюционировала от 40 Мб/с (первоначальный вариант) до 320 Мб/с (стандарт VITA 1.5, протокол 2eSST/2-edge Source Synchronous Transfer, протокол синхронизируемой источником передачи по фронту и спаду тактового импульса). Промежуточными значениями были 80 и 160 Мб/с. Все поколения спецификаций в этом ряду обладают обратной совместимостью, т.е. унаследованные модули (и, соответственно, приложения, написанные для них) могут использоваться в одном крейте с модулями, поддерживающими более современные спецификации.

При дальнейшем развитии экосистемы спецификаций крейтовых систем ас-

социацией VITA был разработан стандарт VITA 41 или VXS/VMEbus Switched Serial (одобрен ANSI в 2006 г.) с целью объединения в одной системе возможностей использования протоколов параллельной передачи данных и последовательной передачи данных на основе коммутации пакетов. Для этого в стандарте предусмотрены два типа слотов – для модулей работы с данными и для модулей коммутаторов [3]. Базовые габариты и часть системного разъёма унаследованных модулей VME и новых модулей VXS были оставлены одинаковыми.

При создании нового стандарта ассоциации VITA – VPX/OpenVPX (VITA 46/VITA 65), реализующего принципиально новую архитектуру крейтовой системы с многоуровневой системой коммуникаций и на основе последовательной передачи данных, была предусмотрена возможность решения на основе гибридной объединительной панели [4], позволяющей использовать в одном крейте унаследованные модули VME и модули в стандарте VPX/OpenVPX.

Аналогичный подход был использован при развитии стандартов построения модульных компьютерных систем стандарта CompactPCI. На начальных этапах развития этой экосистемы оборудования, спецификации описывали конструкции с подключением отдельных модулей к параллельной шине PCI на объединительной панели. При переходе от технологии с шиной общего доступа к коммуникациям на основе последовательной передачи данных, подкомитет CompactPCI Plus разработал два стандарта. Наряду со спецификацией CompactPCI Serial (PICMG CPCI-S.0), которая позволяет создавать вычислительные системы на основе высокоскоростных последовательных интерфейсов, была разработана и спецификация PICMG 2.30 CompactPCI PlusIO, открывающая путь к модернизации находящихся в эксплуатации систем стандарта CompactPCI.

Стандарт PICMG 2.30 CompactPCI PlusIO основывается на спецификации CompactPCI PICMG 2.0, дополняя её новым описанием выводов и функциональных возможностей разъёма J2 системного слота 32-битной системы. В базовом стандарте эти сигналы определяются как сигналы ввода/вывода через объединительную панель без дальнейшей детализации. Стандарт CompactPCI PlusIO использует эту неопределённость в своих целях на ос-

нове нового разъёма, механически совместимого со старым и обеспечивающего передачу сигналов со скоростью до 5 Гбит/с. Это позволило в дополнение к шине PCI использовать в объединительной панели технологии PCI Express, SATA, USB и Ethernet. Но при этом разъём отвечал требованиям, предъявляемым к «механике» разъёма базовой системы CompactPCI, что обеспечивало механическую совместимость.

## ФОРМ-ФАКТОР 3U ПРОТИВ 6U

Форм-фактор 3U CompactPCI в какой-то момент времени (конец 1990-х – начало 2000-х) обладал бесспорными достоинствами среди встроенных модульных крейтовых систем. В их числе – возможность организации 64-разрядных вычислений и развитая поддержка тыльного ввода/вывода в системах формата 3U CompactPCI. Последнее особенно важно для встроенных систем, работающих в жёстких условиях внешних механических воздействий, поскольку упрощает замену вышедшей из строя платы. Ещё одно достоинство форм-фактора 3U в том, что «естественная» жёсткость модулей и большие значения частот собственных резонансов делают их менее подверженными негативному влиянию вибраций и ударных нагрузок. И тем не менее...

При анализе достоинств «маленького» (3U) и «большого» (6U) форм-факторов внутри экосистемы VME/VXS/VPX & CompactPCI и экосистем VME/VXS/VPX и CompactPCI по отдельности представление о том, что 3U «абсолютно» компактнее 6U, легко опровергается. Внимательный анализ показывает, что эффективная площадь модуля формата 3U (за вычетом площади, занимаемой разъёмом и прижимными фиксаторами, обеспечивающими кондуктивный отвод тепла) составляет лишь треть от эффективной площади модуля формата 6U. Поэтому система, состоящая, например, из девяти модулей формата 3U, потребует для своего размещения объём в 1,5 раза больший, чем эквивалентная ей по функциональным возможностям система на основе модулей форм-фактора 6U [2]. Если принять во внимание и большую свободу разработчика в части использования высокопроизводительных процессорных платформ и борьбы с взаимным влиянием высокочастотных сигналов, то для опытных разработчиков модули форм-факторов 6U оказываются эффективным «строительным материалом» для встроенных сис-

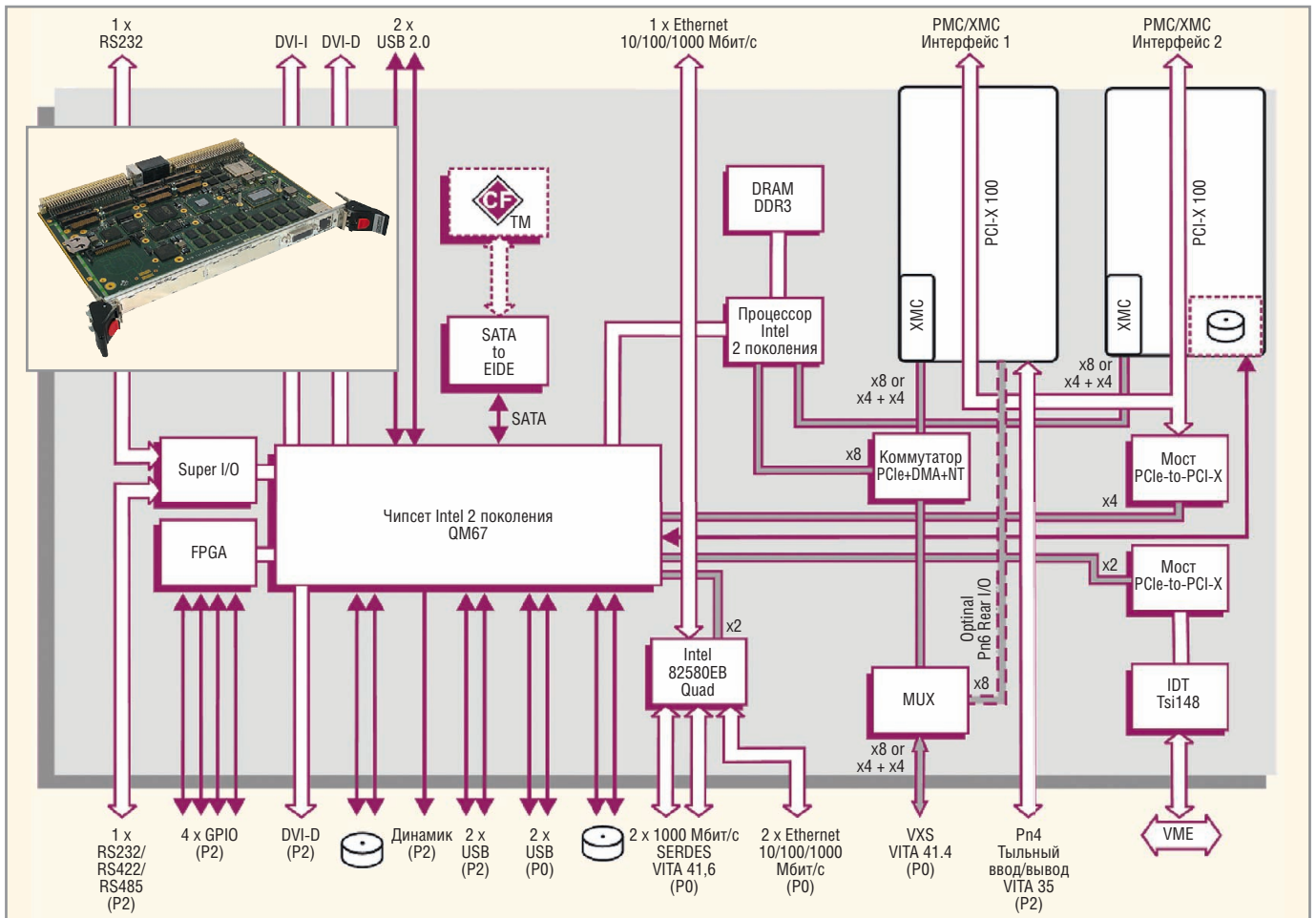


Рис. 3. Одноплатный компьютер VX 81x/09x компании Concurrent Technologies и его блок-схема

тем. Например, если функциональные возможности встроенной системы укладываются в схемотехнику, размещаемую на шести или менее платах модулей форм-фактора 3U, то модули формата 6U позволяют реализовать более компактное решение, особенно с учётом большого разнообразия COTS-модулей форм-фактора 6U.

Что касается стойкости к жёстким условиям эксплуатации, то рекомендации экосистемы стандартов VITA в части создания высоконадёжных систем (в частности, стандарты VITA 48 Ruggedized Enhanced Design Implementation (REDI), спецификация VITA 47 Environmental, Design and Construction, Safety, and Quality for Plug-In Units Standard) вместе с технологиями конкретных производителей позволили создать и пополнять широкую номенклатуру модулей форм-фактора 6U, устойчивых к жёстким воздействиям при эксплуатации.

**СОВРЕМЕННЫЕ КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В МОДУЛЯХ ФОРМ-ФАКТОРА 6U**

Одноплатные компьютеры VX 81x/09x компании Concurrent Technologies (изображение и блок-схема представ-

лены на рисунке 3) выполнены на базе стандарта VITA 41 (VXS). В основе их конструкции – процессоры Intel Core iX второго поколения. Это может быть четырёхъядерный Core i7-2715QE или двухъядерный Core i5-2515E плюс до

16 Гб памяти типа ECC DDR3 SDRAM, а также устанавливаемые по заказу модуль Compact Flash и жёсткий диск с форм-фактором 2,5 дюйма.

Второе поколение процессоров Intel Core iX поддерживает технологии

IF/RF & Microwave Design  
**advantex SG8** Высокочастотный генератор сигналов



Мощность: **-20..+28 дБм**

Погрешность: **±0.2 дБ**

Шаг установки: **0.05 дБ**

Диапазон частот: **10 МГц .. 8 ГГц**

Шаг перестройки: **<0.001 Гц**

Фазовый шум: **-120 дБн/Гц**  
при отстройке 10 кГц @ 1 ГГц

Модуляция: частотная, фазовая

Качение: частота, мощность

Управление (SCPI): USB, RS-232

**Сделано в России**  
[www.advantex.ru](http://www.advantex.ru)

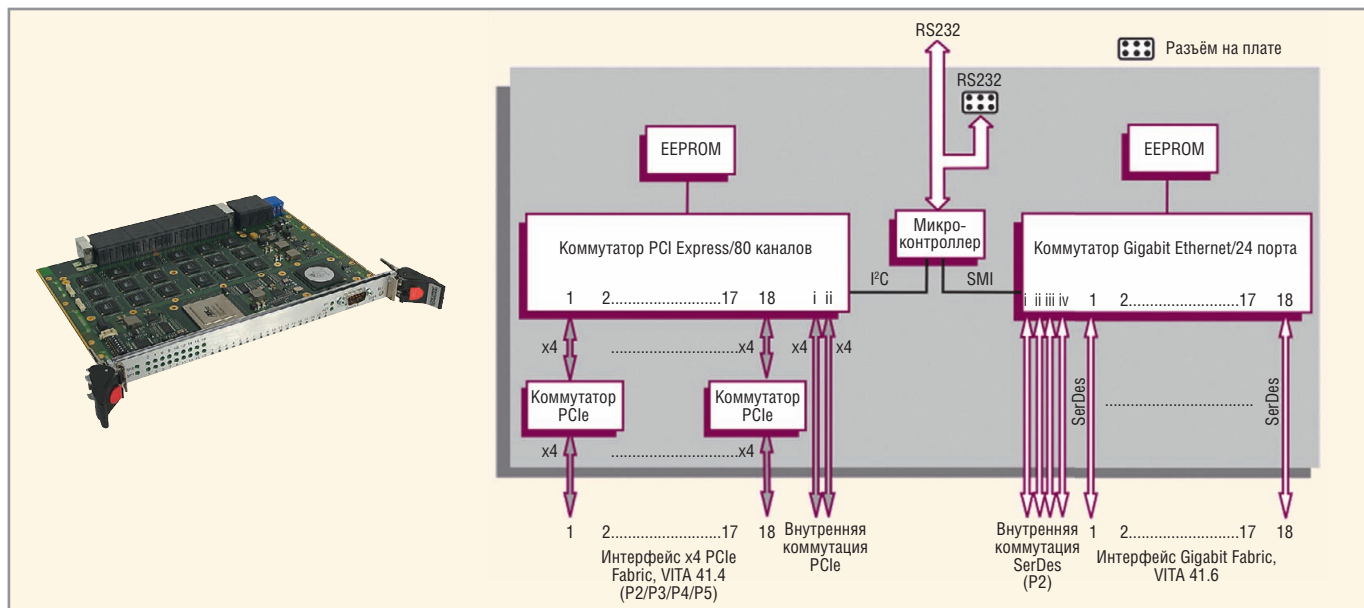


Рис. 4. Коммутатор FX 322/0xx компании Concurrent Technologies и его блок-схема

SATA600, PCI Express Gen 2, Intel Turbo Boost и обеспечивает новый уровень производительности в приложениях с поддержкой мультимедиа. Установка на VX 81x/09x процессоров Intel Core iX второго поколения позволила почти вдвое увеличить производительность в графических приложениях по сравнению с возможностями, обеспечиваемыми процессорами предыдущего поколения.

Модули VX 81x/09x поставляются компанией Concurrent Technologies в исполнениях для трёх рабочих температурных диапазонов 0...55°C (N-Series), -25...70°C (E-Series), -40...85°C (K-Series) и для двух уровней стойкости к неблагоприятным условиям внешних воздействий, включая ударные и вибронагрузки: RC (Ruggedized Conduction-Cooled, с кондуктивным теплоотводом) для температурного диапазона -40...85°C и RA (Ruggedized Air-Cooled, с воздушным охлаждением) для температурного диапазона -40...75°C.

Для систем стандарта 6U VXS компания Concurrent Technologies предлагает (также в нескольких исполнениях) коммутаторы FX 322/0xx (изображение и блок-схема представлены на ри-

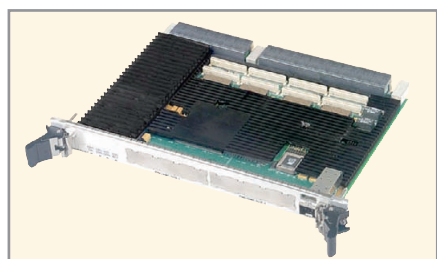


Рис. 5. Одноплатный компьютер CPU-111-10 компании Parvus и его блок-схема

сунке 4). На уровне передачи данных (Data) коммутатор FX 322/0xx может обслуживать до 18 модулей с интерфейсом x4 PCI Express. Коммутаторы FX 322/0xx позволяют сформировать системную сеть коммутируемой пакетной передачи данных между модулями системы на базе интерфейсов PCI Express и Gigabit Ethernet по топологии двойной звезды. Интерфейс Ethernet на основе коммутации пакетов позволяет организовать передачу данных между унаследованными модулями стандарта VME.

В конструкции коммутатора FX 322/0xx предусмотрен порт для подключения и работы с ещё одним коммутатором системы VXS. На уровне системного управления (Management), коммутатор FX 322/0xx поддерживает работу до 18 портов Ethernet 1000-Base-BX в соответствии со спецификацией VITA 41.6.

На базе процессоров Intel Core i7 и набора ИС Intel QM57 предлагаются также модули XCalibur4341, в том числе, одноплатный компьютер форм-фактора 6U VPX для многопроцессорных вычислений, разработанный в компании Extreme Engineering Solutions. На базе четырёхъядерного процессора Intel L5408 Xeon создан блейд-модуль CPU-111-10 компании Parvus (см. рис. 5) – производительный и высоконадёжный одноплатный компьютер форм-фактора 6U VPX (VITA 46) с интегрированным коммутатором 10 Gigabit Ethernet. Интеграция коммутатора позволяет CPU-111-10 поддерживать работу до восьми одноплатных компьютеров на основе полностью связанной (full mesh) топологии внут-

рисистемной сети, реализованной в конструкции объединительной панели.

Модуль CPU-111-10 ориентирован на использование совместно с объединительными панелями, поддерживающих ширину слота 1 дюйм. Вариант модуля с воздушным охлаждением предлагается с разъёмом универсального порта SFP+. Одноплатный компьютер CPU-111-10 предназначен для систем класса C4ISR (Command, Control, Communications, Computers, Intelligence, Surveillance and Reconnaissance, автоматизированные системы разведки, связи и управления войсковых порядков) на борту подвижных платформ в воздухе, на земле и на море.

Одноплатный компьютер IPN250 компании GE Intelligent Platforms в форм-факторе 6U OpenVPX (изображение и блок-схема представлены на рисунке 6) поддерживает возможности GPGPU-вычислений и может эксплуатироваться в системах, испытывающих жёсткие эксплуатационные нагрузки. GPGPU – это general-purpose computing on a graphics processing unit, или «использование графических процессоров для вычислений общего назначения», «прозрачная» интеграция расчётов общего назначения и так называемых «графических» вычислений на единой платформе Graphics Processing Unit (GPU). Использование технологий GPGPU обеспечивает большую гибкость решений и меньшую совокупную стоимость владения (total cost of ownership) по сравнению с решениями на основе ПЛИС/FPGA.

Конструкция IPN250 объединяет графический процессор NVIDIA GT240 с

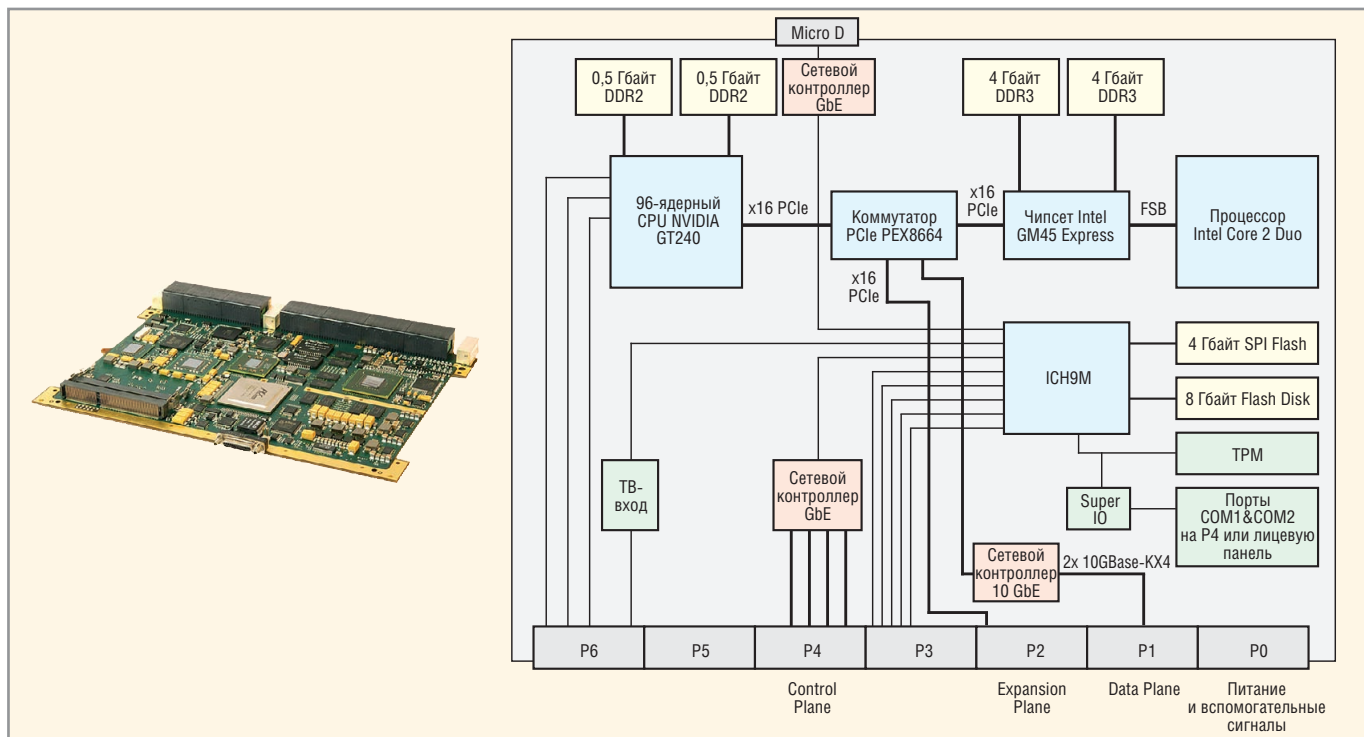


Рис. 6. Одноплатный компьютер IPN250 компании GE Intelligent Platforms и его блок-схема

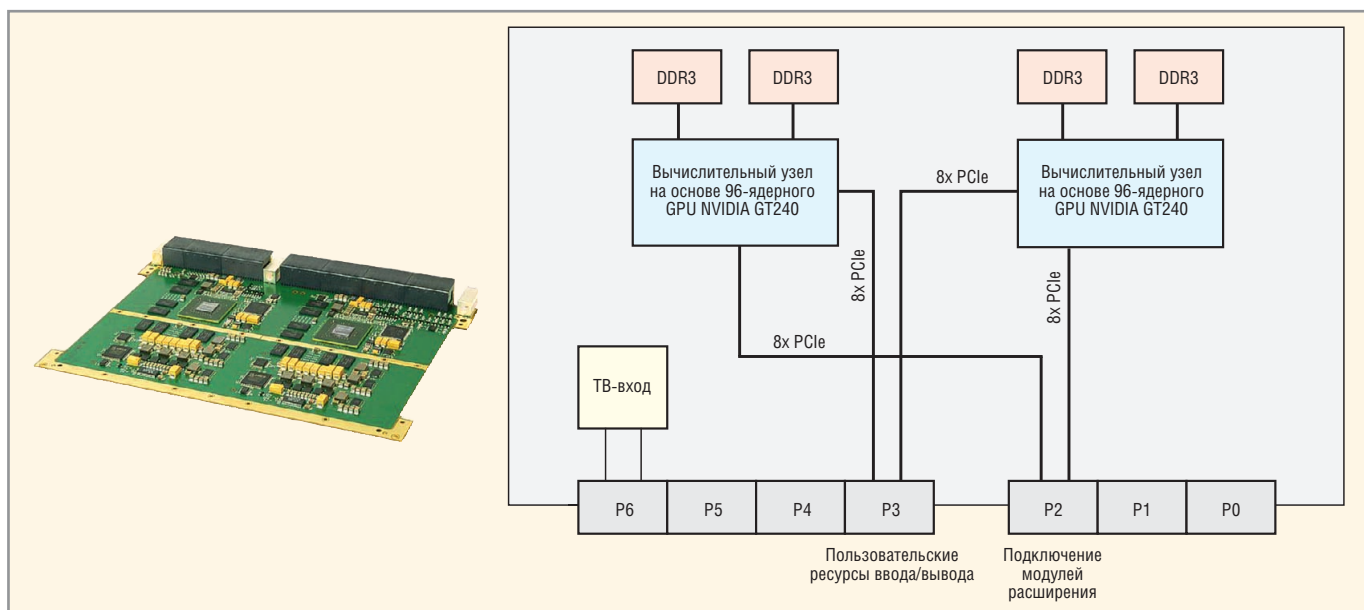


Рис. 7. Одноплатный компьютер NPN240 компании GE Intelligent Platforms и его блок-схема

96 ядрами, процессор Intel Core 2 Duo с тактовой рабочей частотой 2,26 ГГц и 8 Гб памяти DDR3 SDRAM. Эти базовые компоненты обеспечивают производительность до 390 Гфлопс на слот. Архитектура модуля IPN250 предусматривает поддержку «сдвоенного» уровня передачи данных (two primary data planes) и использование технологии 10 Gigabit Ethernet при построении систем на основе нескольких одноплатных компьютеров.

Для обслуживания передачи данных на уровне коммуникаций с модулями расширения (Expansion) в конструкции IPN250 предусмотрен интерфейс

на основе технологии PCI Express Gen2 с 16 каналами (lanes). Для коммуникаций на уровне передачи данных системного управления (Management) реализованы два порта Ethernet 1000Base-T и два порта Ethernet 1000Base-Bx.

Ещё большую производительность GPGPU-вычислений обеспечивает модуль NPN240 (изображение и блок-схема представлены на рисунке 7). В основе конструкции NPN240 – два графических 96-ядерных процессора NVidia GT240, что обеспечивает максимальную производительность 750 Гфлопс на слот. Несколько модулей NPN240 могут подключаться к единому хос-

ту (или нескольким центральным процессорам) для создания кластеров с производительностью в тысячи гигафлопс. Одноплатный компьютер NPN240 является удобной платформой для встроенных систем высокопроизводительных вычислений с высокой плотностью ресурсов, к конструкции которых предъявляются особые требования в части минимизации габаритов, массы и энергопотребления.

Модульные крейтовые системы на основе компонентов форм-фактора 6U столь популярны, что в этих габаритах предлагаются и весьма экзотичные платформы. Сегодня хорошо известно

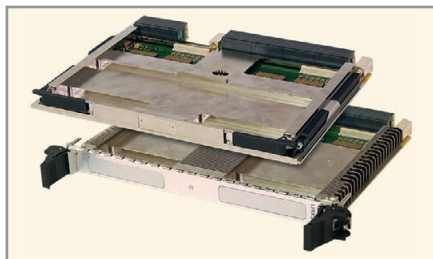


Рис. 8. Носитель мезонинов PEX441 компании GE Intelligent Platforms

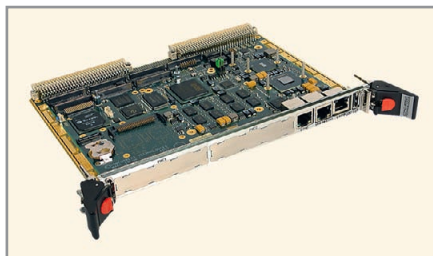


Рис. 9. 6U VME-модуль VP A45/01x компании Concurrent Technologies

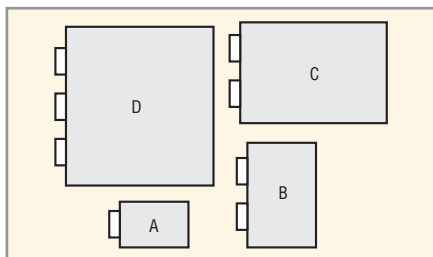


Рис. 10. Сравнение возможных габаритов модулей стандарта VXI

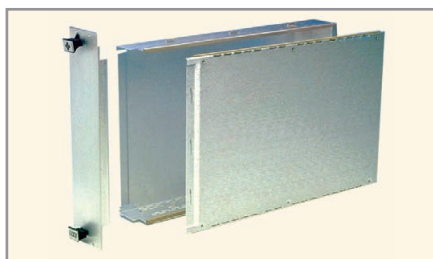


Рис. 11. Комплект электромагнитных экранов для модуля стандарта VXI-1 4.0 (C-size)

о возможности интеграции встроенных систем на базе мезонинов AdvancedTCA (экосистема стандартов MicroTCA). Аналог, менее известный и пока менее популяризируемый, можно найти и в системе стандартизации VITA. Так, компания GE Intelligent Platforms предлагает модуль PEX441 (см. рис. 8) форм-фактора 6U VPX.

**Габариты модулей стандарта VXI (в дюймах)**

Габариты	Высота	Глубина	Разъёмы
A	3,9	6,3	P1
B	9,2	6,3	P1; P2*
C	9,2	13,4	P1; P2*
D	14,4	13,4	P1; P2*; P3*

\* Разъёмы P2 и P3 являются заказными

Это изделие разработано для применения в жёстких условиях эксплуатации и может нести до двух мезонинов XMC разных назначений с тепловыделением до 30 Вт. Мезонины могут выступать в качестве подсистем расширения возможностей ввода-вывода, подсистем для высокопроизводительных вычислений на базе микросхем программируемой логики (ПЛИС/FPGA), цифроаналоговых и аналого-цифровых интерфейсов. Конструкция PEX441 обеспечивает установку на этот носитель всех современных типов мезонинов в стандарте XMC, а также создание системы на основе массива XMC-мезонинов с высоким энергопотреблением. В случае применения модуля PEX441 можно устанавливать мезонины на него, а не на высокопроизводительные процессорные модули. Это позволяет более равномерно распределить источники высокой тепловой нагрузки между слотами форм-фактора 6U VPX, использующими как системы принудительного воздушного охлаждения, так и системы кондуктивного отвода тепла.

Модули PEX441 предлагаются в пяти исполнениях стойкости к внешним условиям эксплуатации, а также – по заказу – в полном соответствии со стандартом VITA 48 REDI.

Другой «экзотический» пример – использование процессора Intel Atom в конструкции модуля форм-фактора 6U. Так, компанией Concurrent Technologies разработано и предлагается для ответственных применений на основе процессора Intel Atom N270 семейства VME-модулей форм-фактора 6U VP A45/01x (см. рис. 9).

Энергопотребление модуля VP A45/01x не превышает 20 Вт. Процессор Intel Atom N270/1,6 ГГц, набор ИС Intel 945GSE Express и 2 Гб памяти DDR2-533 SDRAM поддерживаются развитой периферией ввода/вывода и возможностью подключения модулей CompactFlash и PMC/XMC. Семейство одноплатных VME-компьютеров VP A45/01x предлагается как в коммерческом, так и в «усиленном» исполнении, в версиях с кондуктивным и принудительным воздушным охлаждением, что позволяет использовать его в промышленных и оборонных системах. Однако платформа 6U VME всё же выглядит «тяжеловесной» для процессоров Intel Atom.

**Модульные крейтовые системы больших форм-факторов в измерительной технике**

Первым опытом в этой области является разработка и развитие стандарта VXI на основе компьютерных платформ с шиной VME. Большие габариты модулей стандарта VXI позволяют создавать прецизионную многоканальную контрольно-измерительную и испытательную аппаратуру с высоким уровнем помехозащищённости. Стандартом VXI предусмотрена возможность использования модулей четырёх габаритов (см. таблицу и рис. 10); габариты A и B являются обычными и для стандарта VME, а большие габариты введены только в стандарте VXI.

Ширина слота системы VXI увеличена до 1,2 дюйма (0,8 дюйма для крейта VME), что позволяет использовать защитные экраны на модулях (см. рис. 11), необходимых для построения систем измерений, работающих как с низкочастотными аналоговыми сигналами малой амплитуды, так и с радиочастотными сигналами.

В самой современной на сегодняшний день версии стандарта VXI-1 4.0 за счёт использования нового разъёма (нового для VXI, но не для VME) введена поддержка протокола 2eSST системной шиной передачи данных и расширены возможности системы синхронизации и установки временных меток. Введение дополнительного разъёма P0 позволяет в системах стандарта VXI-1 4.0 использовать технологию PCI Express для организации межмодульных коммуникаций и создания каналов связи между модулями и вычислительными узлами.

Не так давно рынку был предложен новый стандарт модульных измерительных систем AXIe (AdvancedTCA Extensions for Instrumentation and Test, расширение стандарта AdvancedTCA для контрольно-измерительных систем). Консорциум разработчиков платформы AXIe был создан компаниями Aeroflex, Agilent Technologies и Test Evolution в ноябре 2009 г.

Стандарт ATCA, взятый за основу в спецификациях AXIe, ориентирован на высокие скорости передачи данных и производительные вычисления. Объединительная панель ATCA поддерживает каналы передачи данных в рамках модели многоуровневых коммуникаций, не ориентированной на конкретный протокол последовательной передачи данных с коммутацией пакетов.

Пропускная способность канала составляет 10 Гбит/с, а габариты модулей определяются конструктивом 8U (ширина 30 мм, высота 320 мм, глубина 280 мм). Эти базовые параметры позволяют рассчитывать на создание весьма производительного, многоканального контрольно-измерительного оборудования. Объединительная панель AXIe поддерживает два коммуникационных стандарта – Ethernet и PCI Express.

По сравнению с базовой спецификацией ATCA, стандарт AXIe внёс изменения в назначения сигнальных линий. Уменьшив число слотов с 16 до 14, спецификация AXIe 1.0 использовала освобожденные ресурсы для сигналов синхронизации, установки временных меток и создания локальной шины. Шина синхронизации (trigger bus) построена на основе сигнальных пар стандарта MLVDS (multipoint low-voltage differential signaling) и обслуживает все слоты. Кроме этого, были добавлены сигналы CLK100 (star clock), STRIG (star trigger), SYNC (star synchronization) и FCLK (fabric clock).

В числе прочих изменений стандарта ATCA – отказ от модулей тыльного подключения (Rear Transition Modules, RTMs). В системе AXIe предусмот-

рен лишь фронтальный ввод/вывод, а разъёмы, использовавшиеся в «материнском» стандарте для модулей тыльного подключения, используются для создания дополнительных линий сигналов запуска, калибровочной шины, аналоговой шины, а также для подключения линий ввода/вывода тестируемых устройств.

При работе многоканальных контрольно-измерительных систем с типичным количеством каналов от 200 до 600, внутреннее тепловыделение системы может составить 1...3 кВт. В связи с обеспечением высокой мощности питания и отвода тепла, для подобного оборудования требуется модульная крейтовая платформа с высокими значениями соответствующих параметров. Не для всех задач такого рода подойдёт оборудование форматов 3U и 6U PXI, созданное на основе стандартов CompactPCI, поскольку оно характеризуется ограниченными возможностями системы воздушного охлаждения из-за небольшой глубины (160 мм) и малого шага (0,8 дюйма) слотов при площади воздухозабора около 5 кв. дюймов.

Стандарт VXI, предусматривающий глубину слота 340 мм и шаг 1,2 дюйма,

обеспечивает воздухозабор площадью 16 кв. дюймов, достаточный для отвода тепловой мощности до 300 Вт. В то же время, несмотря на то что для модуля в стандарте AXIe специфицирована допустимая мощность рассеивания 1000 Вт, система поддерживается меньшей площадью воздухозабора (12,7 кв. дюймов). Возможно, именно это послужило причиной разработки жидкостного охлаждения для оборудования AXIe.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Alderman R. The invasion of the form factors. <http://vita-technologies.com/articles/the-invasion-the-form-factors>.
2. Nygaard T. When half isn't exactly half: 3U vs. 6U VPX. <http://vita-technologies.com/articles/when-exactly-half-vs-vpx/>.
3. Mascarin A., Roberts T. VPX and VXS Strike a Balance of Choices for Designers. <http://www.cotsjournalonline.com/articles/view/100926>.
4. Roberts T. Hybrid backplanes combine OpenVPX and VME components. <http://vita-technologies.com/articles/hybrid-combine-openvpx-vme-components/>.
5. Schmitz M. CompactPCI Plus marks another advance into the future. Boards & Solutions, June 2009.



## Стабилизирующие источники постоянного тока



Мощностью 18, 40, 60 и 100 Вт для питания светодиодных линеек, светодиодов и других изделий РЭА от сети переменного тока 220В, 50Гц. Пыленепроницаемость и влагозащищенность соответствуют IP66 по ГОСТ 14254 (МЭК 529-89).

ЗАО «ММП-Ирбис» 111024, Москва, Андроновское шоссе, 26  
 Телефон/факс: +7 (495) 987-10-16 • main@mmp-irbis.ru • [www.mmp-irbis.ru](http://www.mmp-irbis.ru)

Реклама

# Силоизмерительные приборы компании IMADA

**Алексей Карепанов (Москва)**

**Силу, обычно оцениваемую на основании профессионального опыта, можно точно измерить с помощью силоизмерительных приборов производства японской компании IMADA.**

Компания IMADA предлагает простые и удобные измерительные устройства, от универсальных до специальных: механические и цифровые измерители сил, автоматические и ручные испытательные стенды, измерители крутящего момента. Примеры использования измерителей при испытаниях:

- нажатие контактов клавиатуры;
- прочность стекла на раздавливание;
- прочность склеивания и сварки;
- прочность уплотнений на отрыв;
- усилие нажатия педали тормоза;
- усилие проникновения игл;
- усилие проворачивания подшипников;
- прочность упаковки на излом;
- прочность на изгиб силиконовой резины;
- твёрдость клейких материалов;
- испытания на разрыв застёжек;
- усилие сочленения/расчленения соединителей.

## История СИЛОИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ IMADA

История силоизмерительных приборов IMADA началась в 1947 г., когда был заказан силоизмерительный прибор для технического обслуживания самолётов. Поскольку Япония до этого только импортировала силоизмерительные приборы, их разработка была связана с большими трудностями. Тем не менее, сконструированный прибор

для измерения силы сжатия/растяжения IMADA Push Pull Gauge (механический силоизмерительный прибор) вошёл в историю как первый силоизмерительный прибор, сделанный в Японии.

Теперь силоизмерительные устройства IMADA используются в области контроля качества и НИОКР для различных отраслей промышленности. За эти годы компания IMADA упрочила свою репутацию ведущего изготовителя высококачественных и надёжных силоизмерительных устройств.

В сочетании с силоизмерительными приборами, тензодатчиками и измерительными стендами возможно проведение профессиональных измерений. Компания IMADA предлагает простые и удобные измерительные устройства, от универсального до специального назначения. Специализированные измерительные устройства производства IMADA упрощают измерения в заводских условиях и не требуют сложного технического обслуживания. Проведём краткий обзор силоизмерительных приборов IMADA и их функциональных возможностей.

## ЦИФРОВЫЕ ИЗМЕРИТЕЛИ СИЛ

Цифровые силоизмерительные приборы (см. рис. 1) производства компании IMADA могут с высокой точностью измерять как силу растяжения, так и силу сжатия. Они отличаются высокой

скоростью реагирования и отслеживают даже внезапные изменения силы. Имеется множество удобных функций, таких как реверсивное отображение на дисплее сигналов ввода-вывода и вывод графика с помощью дополнительного программного обеспечения. Более точные измерения в области контроля качества и НИОКР можно выполнять с помощью измерительных стендов.

Функциональные возможности цифровых силоизмерительных приборов:

- память на 1000 значений;
- реверсивное отображение на дисплее;
- удержание пикового значения;
- отслеживание внезапных изменений силы;
- защита от помех благодаря алюминиевому корпусу, отлитому под давлением;
- возможность подключения к ПК, удобное управление данными;
- возможность использования для ударных и разрывных испытаний;
- предел измерений до 100 кг, в моделях с выносным тензодатчиком – до 2000 кг.

## МЕХАНИЧЕСКИЕ ИЗМЕРИТЕЛИ СИЛ

Механические силоизмерительные приборы (см. рис. 2) компании IMADA могут точно измерять силу растяжения и сжатия без потребления электроэнергии. Опираясь на многолетнюю историю технических достижений, IMADA изготавливает механические силоизмерительные приборы по передовым технологиям и со строгим контролем качества, что обеспечивает высокую точность в течение длительного периода времени.

Функциональные возможности механических силоизмерительных приборов:

- эргономичная портативная конструкция;
- литой обрешиненный алюминиевый корпус;
- стабильно высокая точность благодаря первоклассному индикатору и специальному пружинному материалу;
- возможность удержания пикового значения силы во всех моделях;



Рис. 1. Цифровые силоизмерительные приборы



Рис. 2. Механические силоизмерительные приборы

- установка нуля ненагруженного прибора;
- удобочитаемая круговая шкала;
- оснастка и кейс для переноски в комплекте поставки;
- предел измерения до 300 кг.

### Автоматические измерительные стенды

Для проведения точных и воспроизводимых измерений необходимо использовать испытательные стенды (см. рис. 3), чтобы обеспечить одинаковые условия измерений. Они исключают тяжёлый ручной труд и с большей эффективностью справляются с измерительными задачами.

Функциональные особенности автоматических измерительных стендов:

- вертикальное и горизонтальное исполнение;
- функция однократного и непрерывного цикла;
- режим фиксированной и регулируемой скорости;
- остановка при перегрузке;
- режим контроля силы;
- напряжение питания 100...240 В;
- безопасность: верхний и нижний ограничители хода, аварийная кнопка.

### Механические измерительные стенды

Механические измерительные стенды IMADA могут точно измерять силу растяжения и сжатия без источника электроэнергии. Опираясь на многолетнюю историю технических достижений в области силоизмерительных приборов и обладая множеством инновационных разработок, компания IMADA изготавливает механические силоизмерительные стенды по передовым технологиям и со строгим контролем качества, что обеспечивает высокую точность в течение длительного периода эксплуатации.

### Цифровые измерители вращающего момента

Измерители вращающего момента могут измерять крутящий и вращающий момент, развиваемый, например, при затяжке винтов (ручной измеритель вращающего момента), закрывании дверей и отворачивании бутылочных пробок (автоматические стенды для испытаний) (см. рис. 4). Контроль качества, основанный на численных значениях, а не на субъективной оценке, особенно важен в случае резьбовых соединений и пробок, которые могут быть затянуты с чрезмерным усилием. Плавность работы ключей



Рис. 3. Автоматические измерительные стенды



Рис. 4. Автоматический стенд для испытания пробок

вых соединений и пробок, которые могут быть затянуты с чрезмерным усилием. Плавность работы ключей

# IMADA

# ИЗМЕРИТЕЛИ СИЛЫ

МЕХАНИЧЕСКИЕ  
ИЗМЕРИТЕЛИ СИЛ

ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ  
СТЕНДЫ

ЦИФРОВЫЕ  
ИЗМЕРИТЕЛИ СИЛ



Для простых и точных измерений без затрат электроэнергии. Имеются различные модели с разными рабочими диапазонами.



Для стабильных измерений. Способствуют снижению трудозатрат и проведению автоматизированных измерений. Представляет различные удобные функции.



Для измерения сил натяжения и сжатия. Отличаются простотой в эксплуатации в сочетании с мощными функциональными возможностями.



125480, г. Москва, ул. Героев Панфиловцев, д. 24, оф. 718  
тел.: (495) 225-67-37, e-mail: TESTPRIBOR@TEST-EXPERT.RU  
HTTP://ТЕСТПРИБОР.РФ

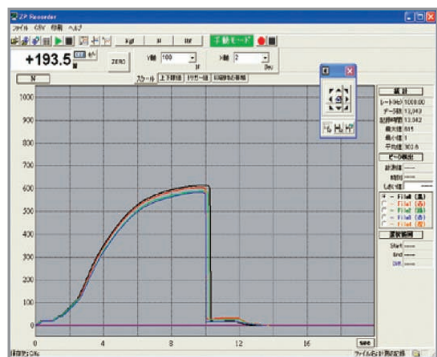


Рис. 5. Окно вывода графиков

или поворотных выключателей оказывает большое влияние на удобство эксплуатации. Измерители вращающего момента производства IMADA позволяют точно измерять эти моменты силы.

Функциональные возможности механических измерительных стэндов:

- высокая точность измерений;
- вывод данных через порт USB;

- автоматическое измерение максимального и минимального значений;
- удобный захват и простое управление;
- прецизионное измерение быстропротекающих процессов благодаря высокой скорости выборки;
- вычерчивание графика зависимости момента силы от времени с помощью дополнительного программного обеспечения.

### ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Цифровые силоизмерительные приборы IMADA могут подключаться к компьютеру или принтеру и поддерживаются программным обеспечением для управления и анализа изменений. Подключение к порту обеспечивает высокую скорость выборки, отрисовку сглаженных графиков и управление пиковым значением (см. рис. 5). Благодаря выводу на дисплей

одновременно до пяти графиков, удобно сравнивать полученные данные.

Основные возможности программного обеспечения:

- минимальный период выборки 1 мс;
- вывод графиков, усреднение значений;
- сохранение данных в форматах .bmp и .csv.

Измерительные устройства производства компании IMADA компактны, просты в управлении и способствуют повышению производительности труда. Они отвечают всем требованиям производств и являются экономичными измерительными устройствами.

Компания IMADA предоставляет оптимальное решение для повышения уровня контроля качества и эффективности измерений. Кроме того, имеется возможность сконструировать изделие в соответствии с особыми требованиями заказчика к условиям измерения.



## Новости мира News of the World Новости мира

### TSMC предложит только один универсальный 20-нм техпроцесс

Крупнейший контрактный производитель, тайваньская компания TSMC, предложит лишь один процесс производства с соблюдением 20-нм норм, тогда как раньше компания предлагала несколько вариантов (например, HP для высокопроизводительных чипов или LP для энергоэффективных). Об этом во время очередной технологической встречи TSMC сказал исполнительный директор компании Санг-Ю Чيانг (Shang-Yi Chiang), который также отметил, что после 20-нм норм компания может предложить своим клиентам 18-нм или 16-нм переходной техпроцесс, чтобы сделать выгодным освоение 14-нм норм.

Господин Чيانг отмечает, что первоначально компания планировала предоставлять два 20-нм техпроцесса: высокопроизводительный и энергоэффективный, оба с применением металлических затворов с высокой диэлектрической проницаемостью (HKMG). Но после ряда шагов в этом на-

правлении в TSMC осознали, что заметной разницы между двумя 20-нм техпроцессами нет, по причине того что расстояния между элементами схем очень малы и приближаются к физическим пределам, так что почти не остаётся возможности для оптимизации дизайна с помощью различной длины металлических затворов и внесения других изменений.

TSMC предлагает для 28-нм норм четыре техпроцесса: высокопроизводительный, энергоэффективный, энергоэффективный с применением HKMG и высокопроизводительный для мобильных чипов. TSMC ожидает, что производство на 20-нм техпроцессе HKMG начнётся уже в следующем году, а в 2015 г. компания собирается начать 14-нм производство с применением транзисторов FinFET 3-D. Но для 14-нм норм будет необходимо применение литографии в крайнем ультрафиолетовом диапазоне (EUV), а многие сомневаются, что она подоспеет вовремя. В результате TSMC может предложить 18- или 16-нм нормы. TSMC очень тщательно рассматривает возможность освоения этих переходных норм, ибо в таком случае компании придётся предлагать их в течение 10 лет.

<http://eetimes.com/>

### Panasonic создаёт новое «зелёное» подразделение Eco Solutions

Компания Panasonic официально объявила о создании нового североамери-

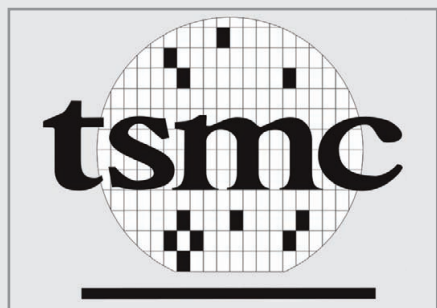


канского подразделения. Оно будет ориентировано на разработку и популяризацию решений для использования возобновляемых источников энергии и получит название Panasonic Eco Solutions North America.

Основное внимание нового подразделения будет направлено на развитие технологий, связанных с получением электричества из солнечной энергии. Согласно плану компании, к 2018 г. благодаря данному подразделению Panasonic станет мировым лидером в плане применения «зелёных» технологий. Президентом новой организации стал Джим Дойл, который ранее занимал должность главы Panasonic Enterprise Solutions. По его словам, компания уже сейчас обладает целым спектром технологий и разработок, которые позволят ей осуществить намеченные планы.

В числе достижений Panasonic на ниве экологии уже числится энергоснабжение гоночной трассы Infineon Raceway в Калифорнии. Компания установила около 1600 солнечных панелей, которые обеспечивают трассу электроэнергией на 41%.

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



## Новости мира News of the World Новости мира

### NVIDIA призывает к переходу на 450-мм пластины

Ведущий инженер NVIDIA призывает производителей чипов к переходу на 450-мм кремниевые пластины для решения вопроса сложности, стоимости и вывода на рынок новых вычислительных чипов. По мнению вице-президента по разработке высокоинтегральных схем в NVIDIA Самира Халипита (Sameer Halepete), для того чтобы сохранять прежние темпы и в конце текущего десятилетия при той же прибыльности начать производство чипов с триллионом транзисторов, понадобится набор различных новых технологий и методов. «Сложности, которые стоят на пути, похожи на прежние, и хотя природа их изменилась, я уверен, что мы всё преодолеем», — сказал он на выступлении во время конференции Mentor Graphics.

Перед своей речью он сказал журналистам, что индустрии необходимо перейти на кремниевые пластины с диаметром 450 мм, как ранее она перешла на пластины с диаметром 300 и 200 мм. Этот шаг необходим, чтобы решить проблему растущего числа масок и шагов производства, необходимых для создания чипов. Переход на более крупные пластины позволит распределить издержки на большее число чипов, сократив при этом время на создание отдельного кристалла.

Однако, по словам господина Халипита, он не видит признаков того, что переход на более крупные кремниевые пластины состоится ранее начала производства с соблюдением 14-нм норм. Сегодня только начали появляться 28-нм чипы NVIDIA и других компаний, следующим же шагом примерно через два года станет переход на 20-нм нормы, а ещё через два года мы увидим 14-нм чипы.

Исполнительный директор разработчика систем автоматизации дизайна чипов Mentor Уолли Райнс (Wally Rhines) отмечает, что переход на 450-мм пластины — сложный шаг. Сегодня пять ведущих компаний, среди которых Intel, Samsung и TSMC, покупают две трети всего оборудования для создания чипов, и именно ими должен быть востребован переход на более крупные кремниевые пластины.

«Эти пять компаний должны осуществить переход, ибо многие более мелкие производители не смогут воспользоваться преимуществами [крупных пластин] долгое время», — отмечает господин Райнс. По его словам, ведущие производители чипов обладают достаточными силами для такого перехода, но они должны делать крупные инвестиции благоразумно.

Призыв NVIDIA к переходу на 450-мм пластины обусловлен тем, что она, как и другие разработчики чипов, заказывающие печать у контрактных производителей, сталкивается с изменением бизнес-модели TSMC. Тайваньский производственный гигант начал брать плату за каждую пластину, а не за каждый рабочий чип, начиная с 40-нм поколения, а теперь такая практика распространилась более широко. Это означает, что компании-заказчики должны брать на себя риск низкой доли выхода годных чипов на начальных этапах освоения новых производственных норм. Прочие контрактные производители, как ожидается, тоже перейдут в будущем на бизнес-модель TSMC, — по словам Самира Халипита.

В своём докладе господин Халипит бегло озвучил некоторые проблемы, которые влияют на время вывода продуктов на рынок и прибыльность разработки чипов.

«Время между оправкой наших проектов на фабрику и получением первых образцов в последнее время растёт с каждым этапом перехода на более тонкие нормы, — отметил он. — Между 40- и 28-нм нормами оно увеличилось примерно с четырёх до шести недель» из-за большего количества масок и производственных шагов. Процесс приведения чипа к стадии массового производства теперь занимает примерно на три месяца больше, чем в прошлых поколениях. «Но сезоны продаж на Рождество и возвращение в школу не собираются сдвигаться», — добавил он.

По его словам, проблему времени вывода нового изделия на рынок нужно решать путём одновременного преодоления ряда небольших проблем. Например, конструкторам нужны более продвинутые инструменты проверки дизайна кристаллов на раннем этапе, дабы быстро исправлять ошибки. Вдобавок должны более тесно взаимодействовать разработчики архитектуры и непосредственные конструкторы микросхем, а инструменты должны позволять увеличить продуктивность конструкторов. «Нам было необходимо расширить штат проектировщиков топологии микросхем в тридцать раз [для 28-нм чипов по сравнению с 1994 г.], но мы не можем позволить себе это снова в следующих поколениях чипов, ибо в таком случае придётся нанять всех специалистов по дизайну микросхем на планете», — отметил он. NVIDIA и Mentor в последние месяцы разрабатывают инструмент, способный автоматизировать процесс выбора оптимального положения тех или иных участков чипа, что сокращает время разработки.

Далее, новые процессы производства более не приносят заметного снижения энергопотребления, что должен теперь компенсировать дизайн чипа и оптимизация логики, а инструменты проектирования должны подсказывать инженеру наилучший путь для достижения этой цели. Самостоятельно даже лучшие инженеры упускают большинство таких возможностей.

Из-за увеличения сложности, роста вероятности дефектов соответственно увеличивается и стоимость миллиметра конечного кристалла. Для борьбы с этим NVIDIA пытается сократить издержки на тестирование чипов, которые в настоящее время занимают около 5% от себестоимости. Компания объединяет тестовые каналы, запускает тесты на более высоких частотах, дабы снизить время тестирования; также она работает со сторонними партнёрами в области лазерной системы исследования, которая позволяет ускорить процесс обнаружения аппаратных изъянов.

Mentor отмечает, что технические сложности в последние годы сильно повышают спрос на инструменты эмуляции чипов и на решения для разработки упаковок чипов, которые ранее не пользовались особым спросом, но теперь могут сэкономить немало средств и времени компаниям.

<http://cdn.eetimes.com/>

### Intel Atom Z2580 может стать первым 14-нм чипом

Согласно неофициальной информации, первым в истории чипом, произведённым по 14-нанометровому техпроцессу, может стать Intel Atom Z2580. Производство чипа должно стартовать в начале 2013 г.

Intel Atom Z2580 предназначен для различных мобильных устройств, в первую очередь для смартфонов и планшетов. Как ожидается, устройство будет поддерживать сети LTE и при этом обладать беспрецедентной на сегодняшний день энергетической эффективностью.

Примечательно, что в плане поставок Intel, обнародованном в ходе Mobile World Congress в феврале, значился некий 14-нанометровый чип под кодовым именем Atom Airmont, намеченный лишь на 2014 г. Схожие сроки подтверждались и многочисленными слухами. Тем не менее, в конце прошлого года представители Intel наметнули, что специалисты уже работают над 14-нм чипами в лабораториях компании.

Кроме Intel, работы над 14-нанометровым техпроцессом ведут компании IBM и Samsung. Кто из трёх производителей станет первым, пока не ясно.

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

# Программаторы для микроконтроллеров Microchip

Печатается с разрешения CHIP NEWS УКРАИНА (<http://www.chipnews.com.ua>)

**Евгений Рахно (Киев, Украина)**

Как только вы сталкиваетесь с микроконтроллерами, так сразу же всплывает вопрос об их программировании. В этой статье мы попробуем немного разобраться в данном вопросе и затронем такие темы, как обычный и внутрисхемный программатор, программатор и отладчик, средство разработки и средство производства.

## ПРОГРАММАТОРЫ

Программатор – это устройство, предназначенное для записи программы во Flash/EEPROM-память микроконтроллера.

Если подходить к микроконтроллеру с «механико-электрической» точки зрения, то ему присущи два состояния: микроконтроллер либо находится в специальной антистатической упаковке, либо запаян (или установлен в разъем) на печатную плату.

Исходя из того, в каком состоянии находится программируемый микроконтроллер, программаторы делятся на два класса – «обычные» и внутрисхемные.

Программирование микроконтроллеров в DIP-корпусе при помощи обычных программаторов предельно просто: микроконтроллер надёжно фиксируется в панельке с нулевым усилием, после чего на программаторе (или в компьютере) нажимается кнопка Program, и процесс пошёл...

В случае с SMD-корпусами (SOIC, TQFP, MLF и т. д.) применяются дополнительные панельки-переходники (рис. 1).

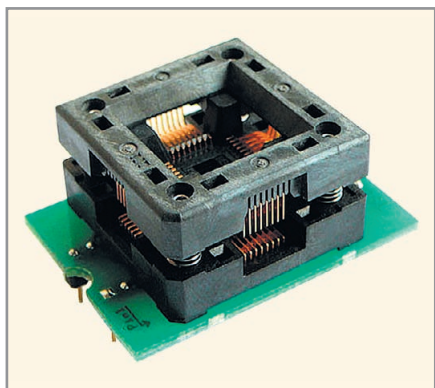


Рис. 1. Переходник для микроконтроллера в TQFP-корпусе

К данному классу программаторов относятся ProMATE 3, PICSTART Plus и Тритон.

Несмотря на почтенный возраст, данный способ всё ещё очень популярен, и тому есть несколько причин:

- контрактное производство – вы заказываете изготовление печатных плат и монтаж на стороне и не хотите отдавать свою интеллектуальную собственность (программное обеспечение, находящееся внутри микроконтроллера) в руки посторонних людей;
- ваши устройства работают в самых разных областях страны и вам время от времени необходимо менять прошивку. В этом случае пользователь вынимает микроконтроллер (в DIP-корпусе) из панельки, пересылает его вам, и вы обновляете прошивку. Вся процедура занимает не больше недели;
- ваше устройство настолько миниатюрно, что на печатной плате нет места под разъем для внутрисхемного программирования.

Все современные микроконтроллеры компании Microchip поддерживают внутрисхемное программирование, т.е. программирование микроконтроллера, установленного (запаянного) в печатную плату. Данный вид программирования носит название ICSP (in circuit serial programming – внутрисхемное последовательное программирование).

Для того чтобы запрограммировать PIC внутрисхемно, на него необходимо подать напряжение питания ( $V_{dd}$ ), напряжение программирования ( $V_{pp}$ ), а также данные (Data) и тактовые импульсы (Clock).

Внутрисхемное программирование несколько сложнее обычного – необходимо позаботиться о том, чтобы печатная плата соответствовала требованиям ICSP, а именно:

- исключить большие ёмкости в цепях питания;
- исключить нагрузки в цепях Data/Clock;
- исключить подтягивающие резисторы либо делители напряжения;
- исключить любые диоды (установленные как последовательно, так и параллельно).

Наиболее простым способом выполнения требований ICSP является использование джамперов на ножках Vpp, Data, Clock, изолирующих эти выводы от цепей устройства.

Несмотря на более сложный подготовительный процесс, внутрисхемное ICSP-программирование очень популярно и имеет следующие основные особенности:

- программирование микроконтроллера осуществляется после завершения процесса пайки, и вы всегда можете поменять его прошивку (если используется обычный программатор, то для повторного программирования микроконтроллер пришлось бы выпаивать);
- вы можете использовать несколько различных прошивок на различных этапах производства. Например, после завершения этапа пайки можно залить прошивку для проверки работоспособности реле и светодиодов, затем залить прошивку для калибровки датчиков и на конечном этапе залить «рабочую прошивку». Также можно автоматизировать процесс тестирования, что часто применяется на больших предприятиях для снижения времени производства;
- нет необходимости покупать дорогие переходники для программирования микроконтроллеров в корпусах, отличных от DIP. При этом разработчик может использовать разъем для внутрисхемного про-

граммирования любой формы и любых геометрических размеров (рис. 2 и 3);

- внутрисхемный программатор легко переделать в обычный, используя соответствующий разъём и панельку нулевого усиления.

Практически весь инструмент, производимый человечеством, можно разделить на два класса – оборудование, предназначенное для массового производства, и оборудование, предназначенное для любительского (либо мелкосерийного) применения.

Дешёвые кусачки будут кусать хорошо, но недолго, дешёвый паяльник не заменит паяльной станции, а «лазерно-утюжная технология» непригодна для массового производства. Но и дешёвые кусачки, и дешёвый паяльник, и печатная плата домашнего производства помогут вам разработать ваш прибор.

Точно так же и программаторы делятся на средства разработки и средства производства.

### СРЕДСТВА ПРОИЗВОДСТВА

К сожалению, к средствам производства компания Microchip относит лишь программаторы серии Pro Mate – Pro Mate, Pro Mate II, PM3. Эти программаторы имеют довольно сложную схемотехнику, обеспечивающую стабильность параметров программирования при непрерывной работе в течение рабочей смены на протяжении семи дней в неделю. А «к сожалению» потому, что цена программатора PM3 достаточно высока и далеко не каждое предприятие может позволить себе такой программатор.

К плюсам данного программатора можно отнести возможность как обычного, так и внутрисхемного программирования, возможность работы в составе автоматизированной системы программирования/тестирования оборудования, стабильность параметров программирования, наличие автономного режима, работу с SD-карточками, а к минусам – высокую цену.

Если у вас мелкосерийное производство или сервисный центр, то наиболее выгодным вложением денег будет покупка программатора Тритон (рис. 4). Этот программатор не только поддерживает всю линейку микроконтроллеров Microchip, но и обес-

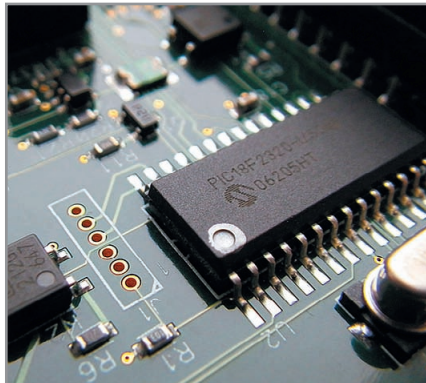


Рис. 2. Миниатюрный разъём для ICSP программирования

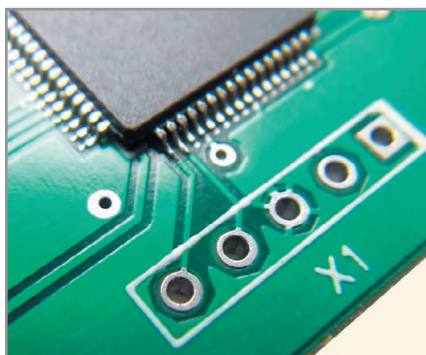


Рис. 3. Стандартный 2,54-мм разъём для ICSP-программирования

печивает программирование более 11 000 наименований микросхем других производителей.

Плюсы данного программатора – высокая скорость программирования, «всеядность», работа в автономном режиме, наличие переходных панелей и адаптеров. Минусы – нестыковка с MPLAB IDE и то, что он требует установки собственного бесплатного программного обеспечения.

### СРЕДСТВА РАЗРАБОТКИ

Такие устройства, как PICkit2, PICkit3, MPLAB ICD2, MPLAB ICD3, Real ICE, компания Microchip относит к средствам разработки и не рекомендует для серийного производства электроники, однако экономическая ситуация в нашей стране вынуждает наших соотечественников использовать это оборудование в качестве средства производства (при мелкосерийном производстве такой подход действительно оправдан).

Раз уж вы решились использовать, к примеру, PICkit3 (рис. 5) в качестве «рабочего» программатора, то общие рекомендации будут следующие:

- прочтите READ ME файл к вашему программатору! Частые звонки и жалобы показывают, что подавляющее большинство разработчиков счита-

**SCHAEFER**

## НАДЕЖНЫЕ СИСТЕМЫ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЭНЕРГИИ

### Импульсные источники питания

- Преобразователи DC/DC
- Источники питания AC/DC
- Устройства управления зарядом батарей

### Импульсные инверторы

- Инверторы DC/AC
- AC/AC-преобразователи

### Области применения

- Промышленная автоматизация
- Атомные электростанции
- Военная промышленность
- Железнодорожный транспорт



ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР ПРОДУКЦИИ SCHAEFER

**PROSOFT®**

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



Рис. 4. Программатор Тритон v5 7T



Рис. 5. Недорогой «народный» внутрисхемный программатор-отладчик PICkit3

ют чтение технической документации занятием ниже своего достоинства;

- внимательно прочитайте рекомендации ICSP. Если какой-то момент непонятен или вы не согласны с его трактовкой, то либо не делайте так вовсе, либо обратитесь за помощью к техническим специалистам;
- не используйте каких-либо «удлинителей». Если вам где-то что-то неудобно, то переразведите плату так, чтобы стало удобно, вместо того чтобы использовать «удлинитель» из шлейфа. Использование подобных шлейфов и удлинителей недопустимо;
- не используйте режим быстрого программирования. Он предназначен для ускорения процесса отладки, но никак не для ускорения режима программирования!

Режим работы «Программатор» не является основным режимом для этих устройств. Их основное назначение – внутрисхемная отладка вашего изделия, отсюда и происходит название «внутрисхемный отладчик».

Во время работы с микроконтроллером внутрисхемный отладчик подключается к нему, используя те же выводы, что и для ICSP-программирования, с той лишь разницей, что подключение длится постоянно: в режиме программирования передаётся код программы, а в режиме отладки – служебная информация в реальном времени.

Многие начинающие разработчики, имея на руках столь замечательное устройство, как внутрисхемный отладчик, используют его лишь в качестве программатора. В чём причина? Скорее всего – в недопонимании его функционала и возможностей.

Внутрисхемные отладчики обеспечивают следующие режимы работы микроконтроллера:

- RUN – микроконтроллер работает в режиме реального времени. Программа выполняется точно так же, как если бы микроконтроллер был запрограммирован программатором;
- HALT – микроконтроллер находится в режиме паузы, внутренние регистры доступны для чтения/изменения;
- SS (Single Step) – пошаговое выполнение операций. Микроконтроллер выполняет один шаг программы, после чего переходит в режим HALT;
- Program/Read – запись/чтение Flash/EEPROM-памяти;
- Break Point – автоматический переход в режим HALT при выполнении определённого условия (в зависимости от цены внутрисхемного отладчика варьируется и набор условий).

За столь скромным функционалом кроются поистине невероятные возможности! Два простых примера, а дальше – решайте сами.

### ПРИМЕР № 1

Вы только-только начали осваивать микроконтроллеры и решили разобрататься с АЦП. Ваши действия?

Вы спросите, чем вам поможет внутрисхемный отладчик?

Паяете несложную схему из микроконтроллера, переменного резистора и ICSP-разъёма. Пишете программу измерения напряжения при помощи АЦП. Программируете микроконтроллер. Ставите Break Point в том месте, где АЦП закончил свои измерения, и нажимаете RUN.

Дальше два варианта: либо процессор остановился и вы видите значение напряжения в окне Watch, либо процессор не останавливается, а это означает, что процессор не попадает в точку останова и вы где-то допустили ошибку. В этом случае жмёте HALT, смотрите, где находится микроконтроллер в данный момент времени и, согласно состоянию регистров памяти, анализируете, какие именно ошибки вы могли допустить.

### ПРИМЕР № 2

Вы пишете обмен данными по RS-485, где обмениваетесь десяткой байтами с другим контроллером. Как проверить работоспособность и отладить протокол?

Подключаемся к RS-485 и ставим точку останова в случае принятия байта. Садимся осциллографом на шину и ждём байта.

Точка останова сработала? То, что у нас на осциллографе, соответствует тому, что в буфере микроконтроллера? Нет? Тогда проблемы со скоростью обмена – корректируем соответствующий участок программы.

Теперь совпало? Ставим точку останова на приёме десятого байта, открываем буфер и проверяем соответствие.

Опять не совпало? Первый байт буфера соответствует тому, что шло по шине первым байтом? Нет? Значит, мы неправильно синхронизируемся. Исправляем.

Не совпадает CRC? В режиме Single Step проверяем правильность подсчёта CRC. Нашли ошибку? Идём дальше...

А теперь представьте, как бы это выглядело без внутрисхемного отладчика: программируем устройство, подключаем его к шине, а обмена всё нет и нет... И таких примеров у каждого из нас не один десяток.

Таким образом, целевое использование внутрисхемного отладчика экономит время и деньги и при этом делает процесс отладки максимально простым и прозрачным для разработчика, что, в свою очередь, повышает уровень его производительности и удовлетворения от выполняемой работы.

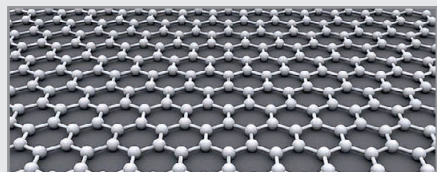
И в заключение хотим вам ещё раз напомнить, что программаторы нужно использовать для программирования, отладчики – для отладки, и не забывайте читать инструкции, идущие в комплекте с каждым инструментом!



# Новости мира News of the World Новости мира

## Учёные обнаружили свойства графена, повышающие эффективность охлаждения приборов

Эксперты из Государственного университета Северной Каролины обнаружили необычные свойства графена (двухмерного полупроводникового наноматериала, состоящего из одного слоя атомов углерода).



Создав композит из меди и графена, они показали, что с его помощью лазеры и другие подобные приборы охлаждаются очень быстро и качественно. Для работы композиционного материала, к тому же, не нужна энергия.

Композит может сильно помочь в снижении мирового потребления энергии. Стоит отметить, что на сегодняшний день для охлаждения компьютеров необходимо в среднем от двух до шести кулеров.

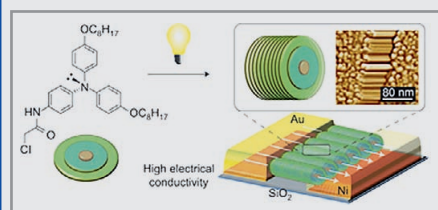
При совместном использовании композита из меди и графена с плёнкой из индия и всё того же графена проблема повышенного потребления энергии могла бы быть решена раз и навсегда.

<http://news.softpedia.com/>

## Пластиковые нанопроводники как альтернатива углеродным нанотрубкам

Французские исследователи в области материаловедения института CNRS и Университета Страсбурга сообщили об очень интересном открытии – создании высокопроводящих пластиковых нановолокон толщиной всего несколько нанометров. Свои успехи они описали в статье, размещённой на веб-сайте авторитетного журнала Nature Chemistry, а заодно запустили процедуру получения патента на своё изобретение.

Исследователям удалось разработать метод «самосборки» органических проводящих волокон между двумя металлическими электродами. Использовалось при этом производное соединение от хорошо изученного триариламина. Необходимым условием для запуска реакции являлось



наличие одновременно света и электрического поля.

Сам по себе процесс «самосборки» органических нановолокон был бы не столь интересен, если бы не их свойства. По электрической проводимости полученные структуры очень близки металлам. Более того, они проявляют такие чисто «металлические» свойства, как резкое падение сопротивления при температурах, близких к абсолютному нулю (1,5 градуса по шкале Кельвина).

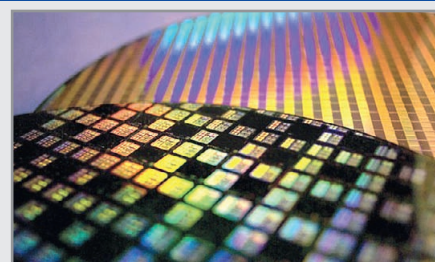
Таким образом, органические нанопроводники, проявляющие свойства металлических межсоединений, могут найти своё применение в целом спектре устройств мобильной электроники, вычислительной технике, при изготовлении солнечных батарей. С их помощью можно изготавливать гибкие дисплеи, солнечные батареи, транзисторы и печатные «наносхемы». Они даже могут стать альтернативой многообещающим углеродным нанотрубкам. Хотя последние и получше выглядят в плане электрических свойств, но пока имеются сложности с их серийным изготовлением. Да и конструировать на их основе готовые приборы ещё очень сложно.

<http://www.nature.com/nchem/>

## TSMC будет испытывать проблемы с 28-нм нормами до осени

Новый и потенциально имеющий большие последствия слух, распространённый тайваньским ресурсом Digitimes, утверждает, что 28-нм мощности крупнейшего мира контрактного производителя TSMC будут недостаточными ещё около полугода. Как сообщается, компания не сможет в полной мере удовлетворять спрос на чипы чуть ли не до начала осени. Дефицит производственных мощностей якобы является настолько большим, что вынуждает AMD, NVIDIA и Qualcomm ограничить выпуск продуктов или искать помощи у альтернативных производителей.

Сообщается, что Qualcomm из-за проблем с поставками обратилась к услугам United Microelectronics, но всё же не может удовлетворить спрос со стороны производителей планшетов и смартфонов. Тем временем представленные ещё в первом квартале 28-нм ускорители AMD Radeon HD 7970 до сих пор не поставляются в достаточном объёме, а первая 28-нм видеокарта NVIDIA, GeForce GTX 680, будет пока единственным настольным ускорителем компании – остальные задерживаются из-за недостатка мощностей.



Хотя доля выхода годных 28-нм кристаллов постепенно увеличивается, TSMC якобы не спешит особо расширять производственные мощности по этим нормам, желая сохранить на хорошем уровне валовую прибыль, в чём частично и заключена проблема дефицита.

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

## LG начала массовое производство гибких дисплеев E Ink

Гибкие электронные книжки могут вскоре получить широкое распространение: LG анонсировала начало массового производства шестидюймовых экранов E Ink с разрешением 1024 × 768, которые могут сгибаться на 40°. Корейские публикации сообщают, что пластиковые экраны уже поставляются китайским производителям для создания электронных книжек.



Толщина дисплея, по данным LG, составляет 0,7 мм, что соответствует толщине защитной плёнки для смартфонов. Компания проводила тесты по падению экрана с высоты 1,5 м и ударам при помощи резинового молотка по нему без негативных последствий. Пока такие экраны лишь позволяют уменьшить толщину устройств, несколько улучшить их ударопрочность и гибкость при использовании специальных корпусов. Быть может, когда-то будут изобретены гибкие батареи, которые улучшат характеристики подобных продуктов?

Между прочим, это не первый гибкий дисплей E Ink – российская компания WEXLER выпустила уже первую гибкую электронную книжку WEXLER.BOOK Flex ONE. Также РОСНАНО в содружестве с британской компанией Plastic Logic трудятся над созданием электронного школьного учебника PL100 на основе гибкого 10,7" экрана E Ink.

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

# Преобразователь сигналов индуктивного датчика положения ротора

Михаил Сизов (Москва)

В статье предложено заменить синусоидальный источник питания индуктивного датчика на импульсный источник и применить схему выборки-хранения в качестве фазочувствительного выпрямителя. Приведены результаты моделирования преобразователя и принципиальная схема реального устройства.

## ВВЕДЕНИЕ

Индуктивные датчики широко применяются в промышленности, их характеристики практически не зависят от окружающей среды. Они пригодны к использованию при температуре от  $-60$  до  $+150^\circ\text{C}$ , имеют большое время наработки на отказ, дают высокую точность и линейность. Дифференциальные индуктивные датчики обладают наибольшей точностью и линейностью. Описание этого типа датчика можно найти в [1, 2].

Широкое применение индуктивных преобразователей перемещения в следящих системах управления требует создания быстродействующего, простого, надёжного и обладающего высоким КПД устройства для питания и обработки выходных сигналов индуктивного датчика перемещения. Ниже приведено краткое описание датчика, который применяется для контроля положения ротора относительно статора. Сокращённое название датчика – ДПР (датчик положения ротора).

## СХЕМА СТАНДАРТНОГО ДПР

На рисунке 1а показан ДПР, состоящий из двух катушек (L1 и L2), распо-

ложенных симметрично относительно оси статора, который является общим магнитопроводом. Части статора и ротора, которые находятся в поле действия катушек L1 и L2, изготавливаются из листов электротехнической стали, чтобы уменьшить потери на вихревые токи и повысить точность датчика. Если ось вращения ротора совпадает с осью статора, то зазоры под катушками равны, равны и индуктивности катушек ( $L1 = L2$ ).

«Классическая» схема преобразования сигнала дифференциального индуктивного датчика перемещения, показанная на рисунке 1а, содержит синусоидальный источник питания ДПР, развязывающий трансформатор с выводом средней точки вторичной обмотки, фазочувствительный выпрямитель (ФЧВ), выполненный на умножителе аналоговых сигналов, и фильтр низкой частоты (ФНЧ) на операционном усилителе D1. Выходной сигнал ДПР  $\sim U_x$ , который зависит от разности индуктивностей катушек L1 и L2, преобразуется ФЧВ в биполярное напряжение постоянного тока  $=U_x$ , пропорциональное величине смещения рото-

ра относительно центра статора, а знак определяется направлением смещения. Фильтр низких частот уменьшает амплитуду пульсации удвоенной частоты питания ДПР, которая содержится в сигнале  $=U_x$ . Выходной сигнал  $U_{out}$  преобразователя перемещения ротора снимается с выхода операционного усилителя D1.

Для демонстрации работы классической схемы преобразования сигнала ДПР с помощью программы Electronics Workbench 5.12 была создана электронная модель (DPR-2S.ewb, см. приложение к статье на интернет-странице журнала [www.soel.ru](http://www.soel.ru)). Принципиальная схема модели показана на рисунке 1б. Датчик представлен в виде двух индуктивностей L1 и L2. Смещение ротора от центра имитировалось изменением значений индуктивностей. Вторичную обмотку трансформатора образуют два источника переменного напряжения, включенных последовательно; ФЧВ представлен в виде идеального умножителя аналоговых сигналов с коэффициентом передачи  $K = 1$ ,  $Y = -U_x$  и  $X = +E$  (напряжение питания ДПР). Фильтр низких частот образует RC-цепь с частотой среза  $F_c = 1,6$  кГц, которая в десять раз ниже частоты напряжения питания ДПР.

С помощью двухлучевого осциллографа и вольтметра, входящих в состав программы моделирования, была исследована работа классической схемы

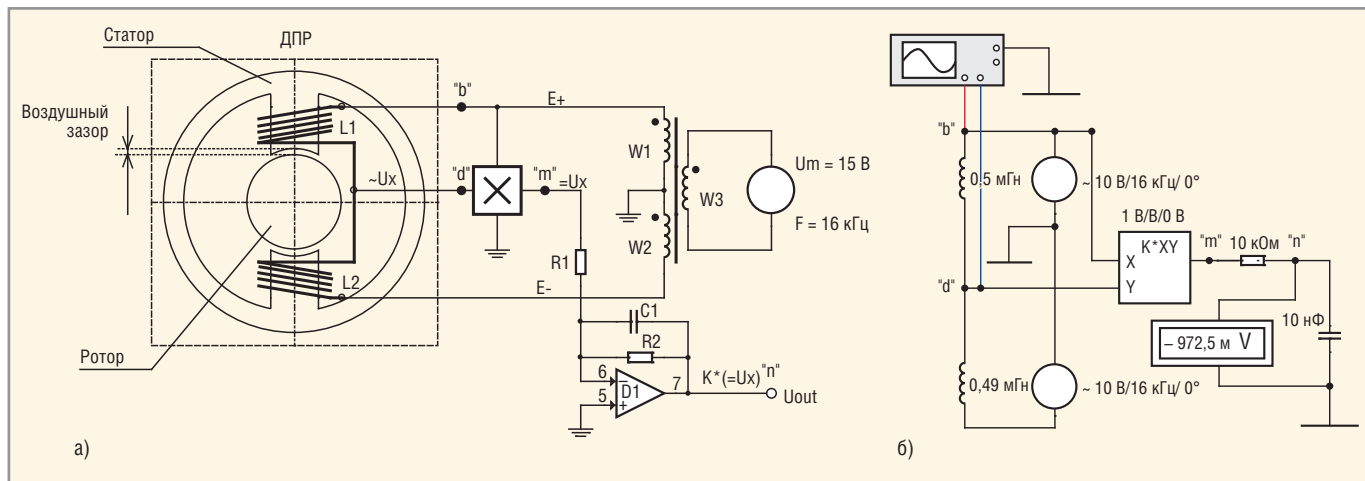


Рис. 1. Преобразователь сигнала ДПР

а) классическая схема; б) принципиальная схема модели

преобразования сигнала ДПР. На рисунках 2а – 2в показаны формы напряжений в различных точках схемы преобразования сигнала ДПР для случая, когда ротор сместился вверх относительно центрального положения (индуктивность L1 увеличилась, L2 – уменьшилась). Разность индуктивностей  $L1 - L2 = 10$  мкГн (соответствует смещению ротора на 100 мкм) преобразуется в постоянное напряжение на выходе  $U_{out} = -1000$  мВ, в котором присутствует пульсация размахом 100 мВ.

На рисунке 3а показаны формы напряжений для случая, когда ротор находится в центральном положении. Разность индуктивностей равна нулю ( $L1 - L2 = 0$ ), постоянное напряжение на выходе  $U_{out} = 0$  мВ, и переменная составляющая также равна нулю.

На рисунке 3б показаны формы напряжений в разных точках схемы преобразования сигнала ДПР для случая, когда ротор сместился вниз относительно центрального положения (индуктивность L2 увеличилась, L1 – уменьшилась). Разность индуктивностей  $L2 - L1 = 10$  мкГн (соответствует смещению ротора вниз на 100 мкм) преобразуется в постоянное напряжение на выходе  $U_{out} = 1000$  мВ, в котором присутствует пульсация размахом 100 мВ. Этот эксперимент показывает, что данная схема формирует биполярный сигнал на выходе преобразователя, а знак выходного напряжения определяется направлением смещения ротора от центрального положения.

На рисунке 3в показаны формы напряжений в разных точках схемы преобразования сигнала ДПР для случая, когда ротор сместился вниз на 1 мкм относительно центрального положения. Разность индуктивностей  $L2 - L1 = 0,1$  мкГн, а постоянное напряжение на выходе  $U_{out} = 10$  мВ. Этот вычислительный эксперимент показывает, что ДПР и схема преобразования теоретически имеют высокую чувствительность и линейность.

### ТРЕБОВАНИЯ К ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЮ для ДПР

Классическая схема преобразования сигнала ДПР в виде модели выглядит как простое устройство, однако практическая реализация всех элементов схемы связана с решением сложных технических задач.

Источник питания ДПР, состоящий из синусоидального задающего гене-

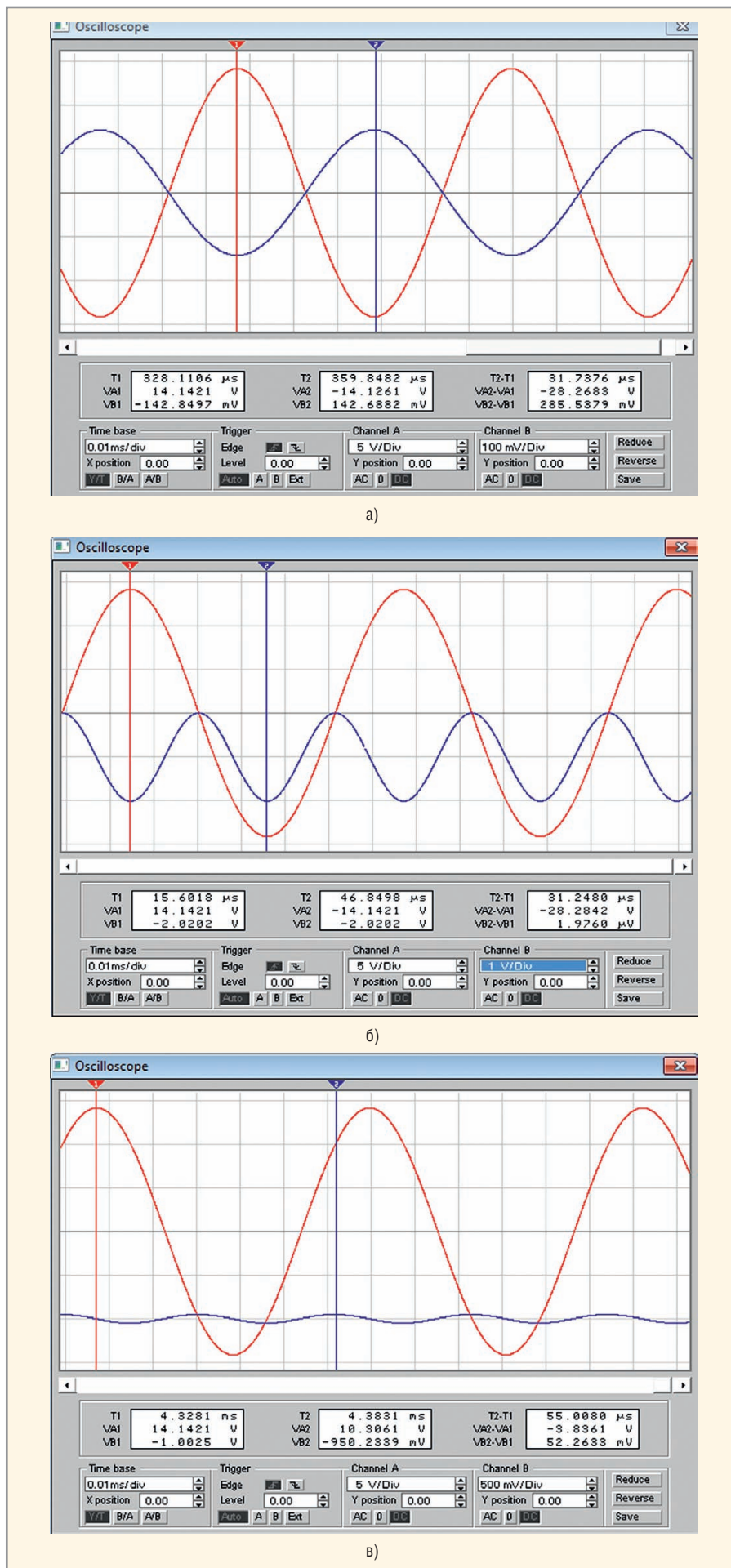


Рис. 2. Форма напряжений в контрольных точках

а) б (красный) и д (синий); б) б (красный) и т (синий); в) б (красный) и п (синий)

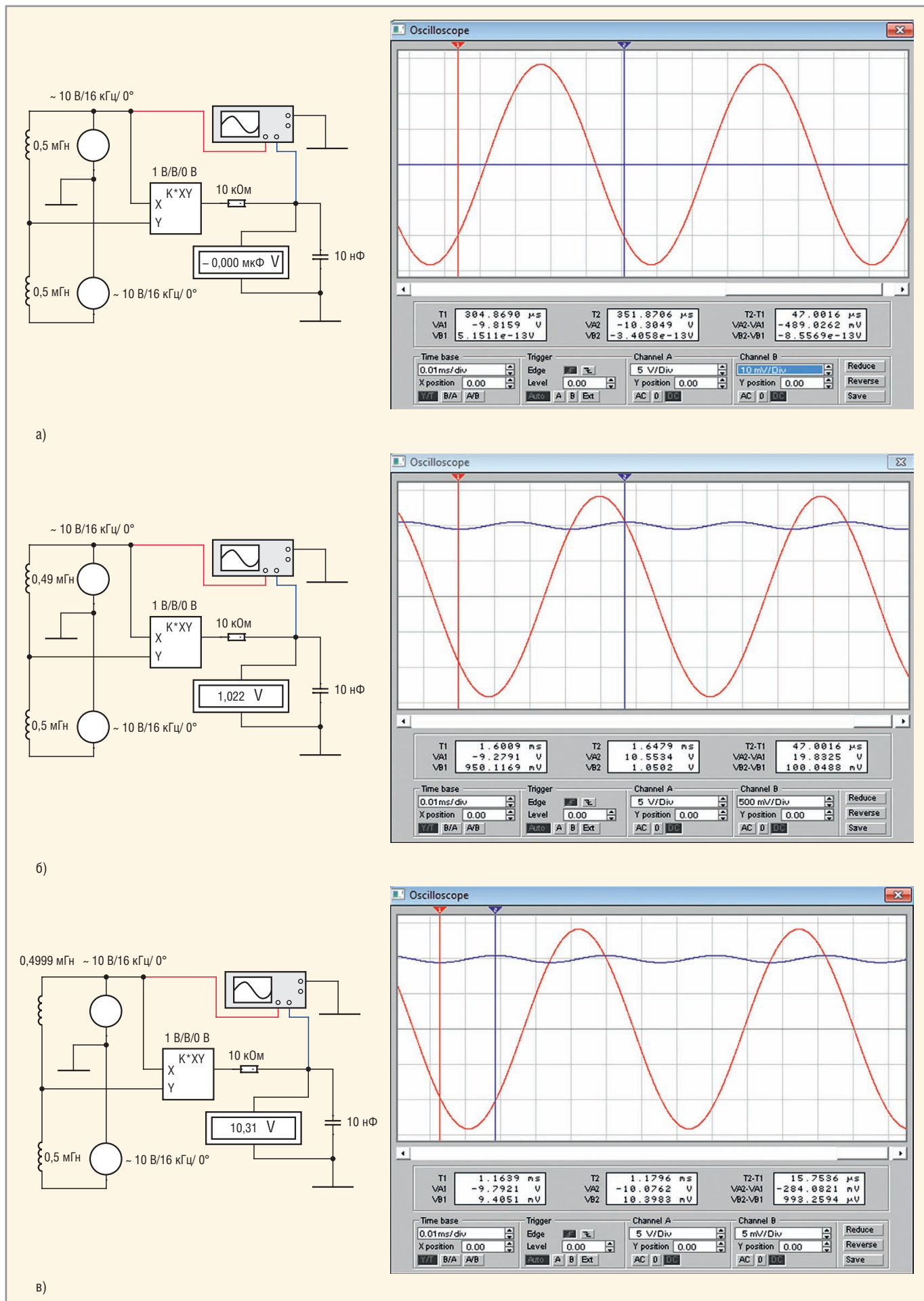


Рис. 3. Форма напряжений в контрольных точках б и п

а)  $L_1 = L_2$ ; б)  $L_2 - L_1 = 10 \text{ мкГн}$ ; в)  $L_2 - L_1 = 0,1 \text{ мкГн}$

ратора и усилителя мощности, не должен создавать высокочастотных гармоник в выходном сигнале и обеспечивать стабильную амплитуду напряжения питания датчика. Усилитель мощности не должен вносить дополнительных гармоник в форму напряжения питания датчика, поэтому он обычно работает в линейном режиме с невысоким КПД. Идеальный ФЧВ – перемножитель сигналов – является высокоточной аналоговой ИС; ФНЧ вносит запаздывание в преобразование сигнала.

По принципу действия конструкция преобразователя механического перемещения в электрический сигнал является простой и надёжной. Однако для получения высокой точности преобразования необходимы сложная схема обработки снимаемых сигналов и качественный источник питания со стабильным синусоидальным напряжением.

В данной статье предлагается заменить синусоидальный источник питания на импульсный источник, у которого форма выходного напряжения имеет прямоугольную (плоскую) форму большую часть периода и синусоидальную форму – меньшую часть периода другой полярности. Плоская часть периода обеспечивает стабильную амплитуду питающего напряжения и упрощает схему фазочастотно-выпрямителя (ФЧВ), позволяя использовать схему выборки-хранения для считывания (запоминания) выходного сигнала датчика. Синусоидальная часть периода обеспечивает непрерывность тока в первичной обмотке и отсутствие подмагничивания в сердечнике питающего трансформатора. Такая форма напряжения существует в транзисторном усилителе строчной развертки электронно-лучевых кинескопов телевизоров и мониторов [3].

### ЭКОНОМИЧНЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ СИГНАЛОВ ДПР

Предлагаемая схема была разработана в 1994 г. Практика подтвердила её преимущество по сравнению с классической схемой питания индуктивных датчиков. Количество радиоэлементов и стоимость устройства уменьшились в два раза, КПД усилителя мощности возрос с 50 до 90%. Повысилась надёжность всего устройства.

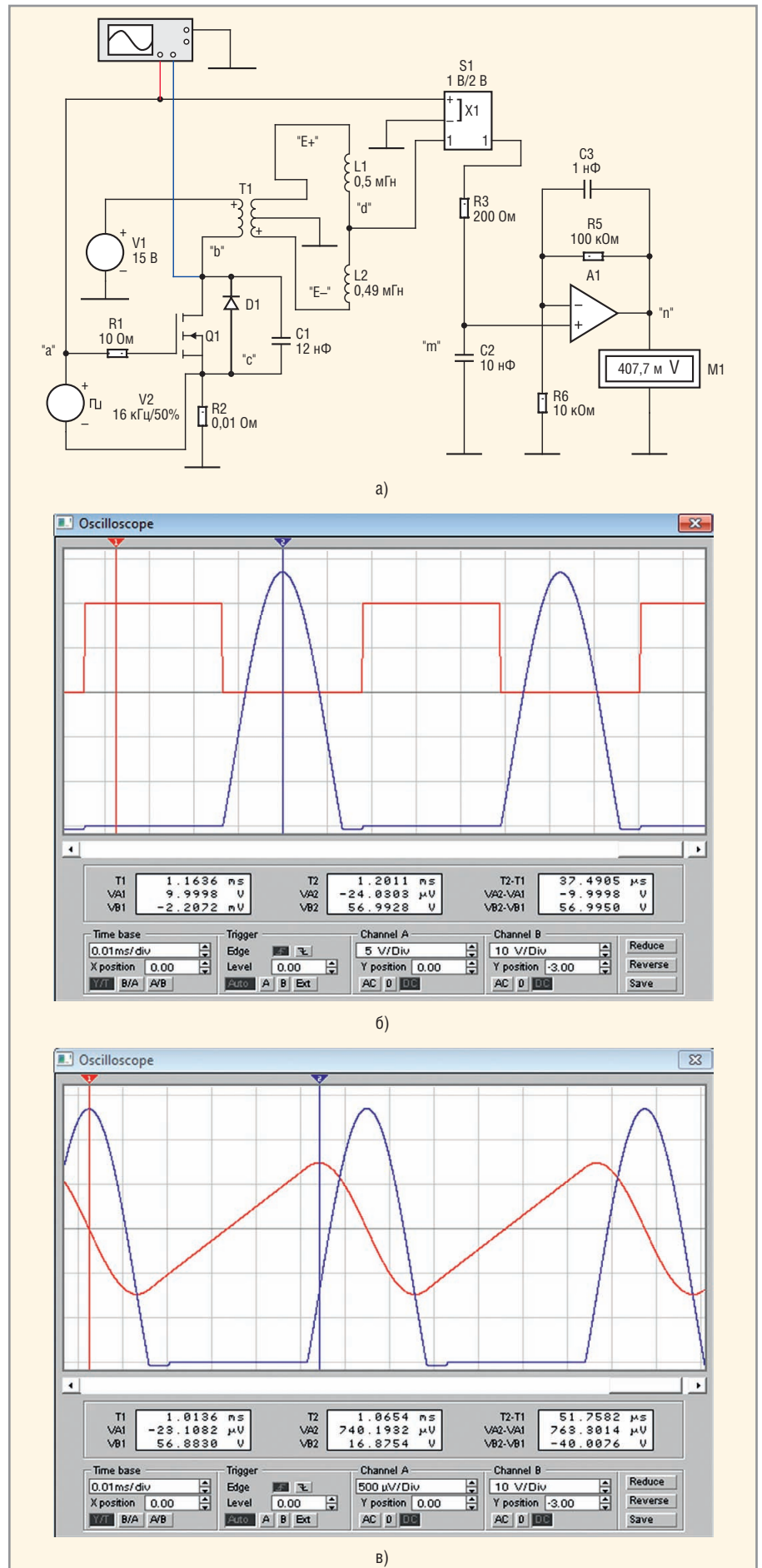
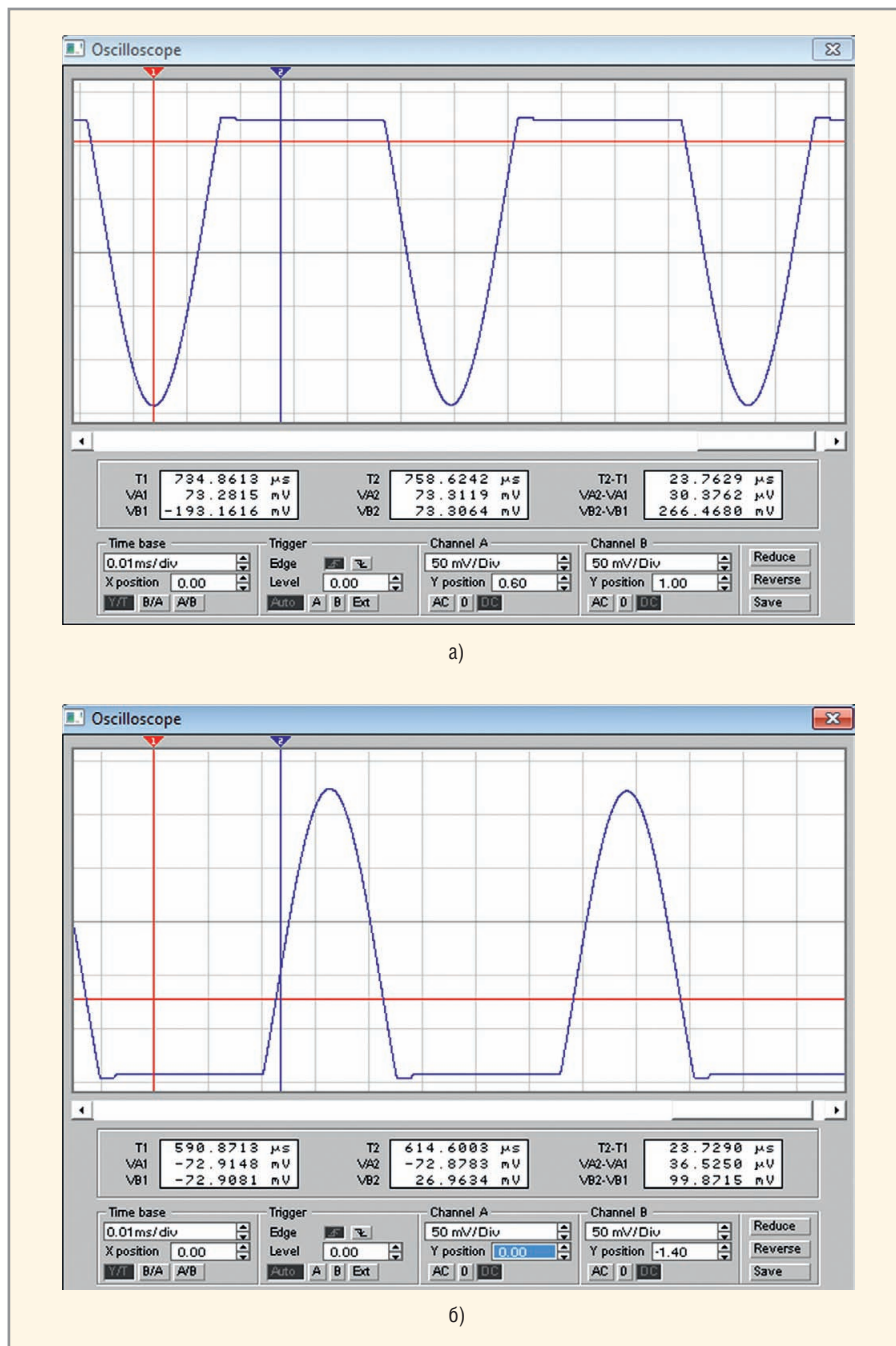


Рис. 4. Модель преобразователя сигнала ДПР

а) Принципиальная схема; б) а (красный) и б (синий); в) форма напряжений в контрольных точках с (красный) и б (синий)



**Рис. 5. Форма напряжений в контрольных точках d (синий) и m (красный)**  
 а) L1 = 510 мкГн, L2 = 490 мкГн; б) L1 = 490 мкГн, L2 = 510 мкГн

Для демонстрации работы предложенной схемы преобразования сигнала ДПР с помощью программы Electronics Workbench 5.12. была создана электронная модель (DPR-1S.ewb, см. www.soel.ru). Принципиальная схема модели показана на рисунке 4а. Датчик представлен в виде двух индуктивностей L1 и L2, смещение ротора от центра имитировалось изменением их значений. Трансформатор T1 имеет коэффициент трансформации 2 (отношение числа витков первичной обмотки к числу витков вторичной), ФЧВ представлен схемой выборки-хранения, выполненной на электронном ключе (S1),

резисторе R3 и конденсаторе C2; операционный усилитель (A1) обеспечивает согласование и усиление выходного сигнала схемы выборки-хранения. Источник постоянного напряжения V1 и генератор прямоугольных импульсов V2 – стандартные элементы программы моделирования. Остальные элементы схемы – это модели реальных элементов преобразователя сигналов ДПР. Работу устройства удобно описывать по его электронной модели, т.к. с помощью двухлучевого осциллографа и вольтметра, входящих в состав программы моделирования, можно увидеть форму сигналов и измерить

напряжения с точностью до милливольт в любой точке схемы.

Устройство для преобразования сигналов ДПР состоит из источника питания и схемы преобразования выходных сигналов ДПР в биполярное напряжение, пропорциональное величине перемещения ротора. Источник питания содержит:

- транзисторный ключ (Q1);
- развязывающий трансформатор (T1), вторичная обмотка которого имеет отвод от средней точки;
- конденсатор (C1), образующий последовательный колебательный контур с первичной обмоткой трансформатора;
- диод (D1), который обеспечивает возврат электромагнитной энергии, запасённой в индуктивных элементах схемы, в источник питания постоянного тока;
- источник питания постоянного тока (V1) с выходным напряжением 15 В;
- генератор прямоугольных импульсов (V2) с частотой 16 кГц;
- резистор (R1) в цепи управления транзистором (Q1);
- резистор (R2) для контроля тока в цепи первичной обмотки трансформатора (T1).

Имитатор ДПР образуют две индуктивности (L1 и L2), соединённые последовательно. Питание на имитатор поступает от вторичной обмотки трансформатора, а выходной сигнал ДПР снимается с общей точки индуктивностей (L1 и L2) относительно средней точки вторичной обмотки трансформатора. Когда индуктивности равны (L1 = L2), это соответствует положению ротора в центре зазора относительно статора. Смещение ротора имитируется изменением номиналов индуктивностей. В преобразователь сигналов ДПР входят схема выборки-хранения и операционный усилитель (A1).

Опуская описание переходных процессов, которые происходят в схеме при включении питания преобразователя, рассмотрим работу схемы в установившемся режиме. Генератор прямоугольных импульсов (ПИ) формирует положительные прямоугольные импульсы типа «меандр», которые определяют два такта работы схемы (см. рис. 4б). На первом такте, когда положительный импульс открывает транзисторный ключ Q1, на первичную обмотку трансформатора подаётся постоянное напряжение 15 В от

источника питания V1. В это время напряжение на вторичной обмотке трансформатора тоже имеет прямоугольную форму. Под действием этих напряжений происходит линейное нарастание тока в первичной обмотке трансформатора и в обмотках индуктивных датчиков преобразователя перемещений (L1 и L2), и электромагнитная энергия запасается во всех индуктивных элементах схемы (см. рис. 4в).

Вторичная обмотка трансформатора и два индуктивных датчика образуют измерительную мостовую схему. Если индуктивности и активные потери в датчиках одинаковы, то напряжение в измерительной диагонали моста равно нулю. При изменении параметров одного из датчиков, напряжение в измерительной диагонали моста пропорционально изменяется. На этом такте работы преобразователя измеряемое напряжение имеет прямоугольную форму.

На втором такте, когда транзисторный ключ Q1 закрывается, к первичной обмотке трансформатора подключаются конденсатор и диод, которые были зашунтированы тран-

зистором во время первого такта. Суммарная индуктивность всех датчиков, приведённая к первичной обмотке трансформатора, и конденсатор C1 образуют колебательный контур, в котором начинается колебательный переходный процесс. В начале переходного процесса напряжение на конденсаторе равно нулю, а ток в первичной обмотке имеет максимальное значение. Форма напряжения на конденсаторе и ток в первичной обмотке трансформатора показаны на рисунке 4в. Форма напряжения (b) соответствует положительной полуволне синусоиды, а ток (c) имеет косинусоидальную форму.

Колебательный переходный процесс заканчивается, когда напряжение на конденсаторе C1 меняет знак. В этот момент открывается диод D1, и ток первичной обмотки, который изменил направление за время колебательного переходного процесса, начинает протекать в источник питания V1. Происходит возврат электромагнитной энергии, запасённой в индуктивных элементах датчика преобразователя, в источник питания V1. Напряжение на конденсато-

ре C1 в это время не изменяется и равно падению напряжения на диоде (0,7 В), а ток первичной обмотки линейно уменьшается до нуля в конце второго такта работы преобразователя. Транзисторный ключ Q1 должен быть открыт до окончания второго такта, чтобы обеспечить непрерывность тока в первичной обмотке трансформатора. Это определяет требования к длительности импульсов генератора. Затем процесс циклически повторяется.

На рисунке 5 показана работа схемы выборки-хранения для двух положений ротора: смещения вверх (L1 = 510 мкГн и L2 = 490 мкГн) и смещения вниз (L2 = 510 мкГн и L1 = 490 мкГн). По результатам измерения осциллографа (окна с числами на лицевой панели) видно, что погрешность запоминания выходного сигнала ДПП (d), когда напряжение имеет прямоугольную форму, не превышает 0,01 мВ при полезном сигнале 73 мВ. Усилитель А1 обеспечивает требуемый коэффициент преобразования перемещения ротора в напряжение на выходе устройства (n).



## Новые решения в области программного обеспечения





**САПР**

**Торо R** версия 5.3  
Топологический трассировщик печатных плат

**SimOne** версия 1.3  
Моделирование электронных схем

**ОСРВ**

**FX-RTOS**

Операционная система реального времени для встраиваемых систем с ограниченными ресурсами

**Москва**  
**Санкт-Петербург**

Тел.: +7 (495) 232-1864 • Факс: +7 (495) 232-1654  
Тел.: +7 (812) 448-0444 • Факс: +7 (812) 448-0339

info@eremex.ru  
www.eremex.ru

Реклама

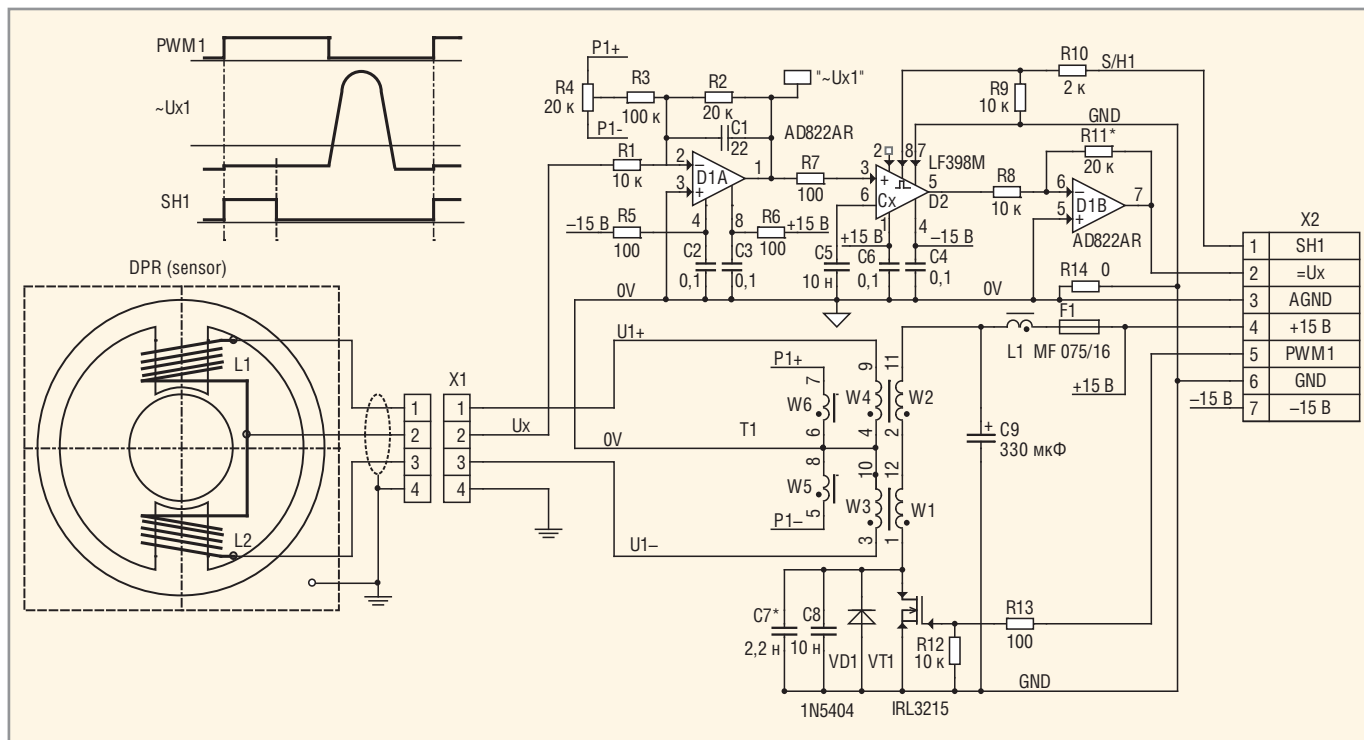


Рис. 6. Принципиальная электрическая схема преобразователя сигнала ДПР

Особенности работы преобразователя сигналов ДПР:

- переключение транзисторного ключа Q1 и диода D1 происходят в моменты, когда напряжение на конденсаторе C1 равно нулю;
- форма выходного сигнала преобразователя повторяет форму напряжения на первичной обмотке трансформатора; имеется плоская часть напряжения и синусоидальная. Плоская часть опрашивается схемой выборки-хранения с последующим преобразованием в выходной сигнал (n);
- источник питания ДПР имеет высокий КПД, поскольку активные потери в схеме определяются только сопротивлением обмоток трансформатора и датчиков, падением напряжения на диоде и транзисторном ключе;

- простая схема источника питания обеспечивает высокую надёжность всего устройства;
- использование ГПИ для управления транзистором упрощает синхронизацию переменного напряжения питания ДПР с тактовой частотой контроллера системы управления объектом, в которой используется ДПР.

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЯ РЕАЛЬНОГО ДПР

На рисунке 6 показана принципиальная электрическая схема реального устройства, содержащая основные элементы модели. Предлагаемая схема преобразователя сигналов дифференциального индуктивного датчика впервые была применена в системе магнитного подвеса (МП) ротора электрической машины [4]. Принцип работы магнитного подшипника (подвеса) основан на использовании левитации, создаваемой электрическими и магнитными полями. Электромагнитные подшипники позволяют без физического контакта осуществлять подвес вращающегося вала и его относительное вращение без трения и износа. Система МП состоит из двух радиальных активных подшипников и одного осевого. Активный подшипник – четыре электромагнита, два дифференциальных индуктивных датчика положения ротора и система управления, которая по сигналам

датчиков, управляет токами в электромагнитах и поддерживает ротор в центре воздушного зазора [5]. В схеме считывания использована ИС выборки-хранения LM398M (KP1100CK2) и элементы R3, R4, W5 и W6 для настройки нулевого уровня выходного сигнала, когда ротор находится в центре.

На рис. 7 приведены результаты испытания реального осевого датчика при смещении ротора на ±700 мкм относительно центрального положения.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В статье показано, как можно упростить схему преобразователя сигналов ДПР и повысить надёжность всего устройства, если использовать элементы схемы транзисторного усилителя мощности строчной развёртки электронно-лучевых кинескопов и схему выборки-хранения.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Туричин А.М. Электрические измерения неэлектрических величин. Энергия, 1966.
2. <http://electricalschool.info/2009/12/09/induktivnye-datchiki.html>.
3. <http://spetrovich.narod.ru/img7/razvertka.htm>.
4. [http://www.snr.com.ru/e/about\\_bearings/about\\_bearing.htm](http://www.snr.com.ru/e/about_bearings/about_bearing.htm).
5. [http://imlab.narod.ru/MechSys/M\\_Bear/M\\_Bear.htm](http://imlab.narod.ru/MechSys/M_Bear/M_Bear.htm).

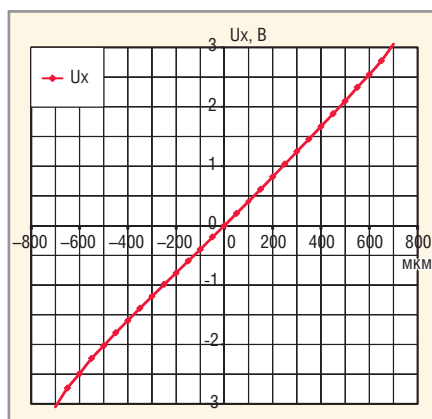


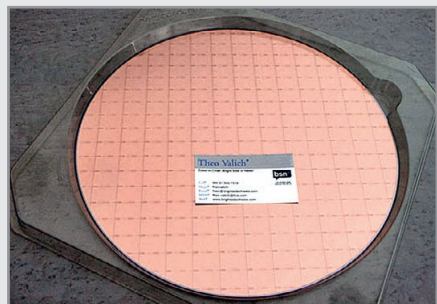
Рис. 7. Результаты испытания осевого датчика



# Новости мира News of the World Новости мира

## GlobalFoundries: поставлено 250 тыс. 32-нм пластин, AMD работает над 28-нм чипами

Компания GlobalFoundries, один из ведущих контрактных производителей полупроводниковых чипов в мире, имеющая заводы в разных частях света, сообщила, что её фабрика Fab 1 в Дрездене поставила для AMD уже более четверти миллиона кремниевых пластин с чипами, производимыми с соблюдением 32-нм норм High-K Metal Gate (HKMG).



Несмотря на внедрение ряда новых и сложных элементов как в процесс дизайна чипов, так и в технологии производства, наращивание поставок 32-нм кристаллов превзошло показатели освоения предыдущих 45-нм норм за те же периоды развития.

Ранее в этом месяце GlobalFoundries сообщила о выкупе оставшейся доли акций AMD, и теперь она целиком принадлежит арабской компании ATIC (Advanced Technology Investment Company). Независимость от AMD, как считает GlobalFoundries, позволит ей стать более привлекательной для своих партнёров. Тем не менее, тесные связи двух компаний, некогда бывших одной семьёй, сохраняются – AMD остаётся одним из ведущих и стратегических клиентов.

Президент и исполнительный директор AMD Рори Рид (Rory Read) отмечает: «Всего за один квартал мы смогли увидеть более чем двукратное увеличение выхода годных кристаллов с 32-нм нормами, что позволило нам завершить 2011 г. с поставками, превосходящими наши требования. Основываясь на успешном развёртывании 32-нм норм, мы нацелены на движение вперёд к освоению 28-нм норм с GlobalFoundries». Это интересное заявление, ибо после проблем с поставками 32-нм чипов и отмены компанией AMD 28-нм процессоров Wichita и Krishna ходили слухи о возможном производстве новых 28-нм кристаллов уже на мощностях TSMC. Теперь они развеяны – гибридные чипы 2013 г. Kabini и Temash будет производить GlobalFoundries.

Исполнительный директор GlobalFoundries Аджит Маноча (Ajit Manocha) подчёркивает: «Мы провели ряд организационных и операционных изменений, которые привели к существенному росту скорости производства и важным прорывам в наращивании доли годных кристаллов. И учитывая тот факт, что наш 28-нм техпроцесс использует ту же технологию, что и 32-нм, AMD и другие клиенты получают значительную пользу от быстрого улучшения производственных характеристик передовых 32-нм APU».

Вдобавок сообщается, что строительство Fab 1 недавно завершено, что делает завод крупнейшим из подобных в Европе. В январе этого года компания сообщила, что в 2012 г. она собирается потратить на капитальные издержки более 3 млрд. долл. для расширения мощностей в Сингапуре, Германии и Нью-Йорке.

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

## Новая Sony: стратегия Казуо Хираи по восстановлению компании

В последние месяцы Sony сталкивается с массой трудностей, включая продолжающиеся уже много лет проблемы в телевизионной области, значительное изменение налогового бремени и так далее: всё это, по прогнозам самой компании, приведёт к тому, что убытки в отчётом 2011 г. составят гигантскую сумму в \$6,4 млрд. Недавно новый исполнительный директор компании Sony Казуо Хираи (Kazuo Hirai), вступивший официально в должность 1 апреля, провёл пресс-мероприятие в токийском головном офисе компании, где поделился своими планами, получившими имя One Sony, относительно реорганизации электронного гиганта.



Господин Хираи сообщил всем, что воспринимает анонсированные потери очень серьёзно. Ключом же к восстановлению, по его мнению, должно стать усиление основных успешных направлений бизнеса Sony – цифровое формирование изображений, игры и мобильный сектор, – наряду с восстановлением убы-

точного телевизионного подразделения, разумеется.

Бизнес цифрового формирования изображений – главная сила Sony, по мнению Казуо Хираи. И хотя рост сегмента цифровых компактов не ожидается в обозримом будущем из-за подъёма популярности смартфонов, он полагает, что преимущества компании в области зеркальных камер со сменными объективами позволят ей расти быстрее прочих участников рынка и создать стабильный источник прибыли.

В мобильной сфере реорганизация Sony подразумевает объединение смартфонов, планшетов и компьютеров VAIO в одну структурную единицу во главе с новым исполнительным директором Sony Mobile Кунимаза Сузуки (Kunimasa Suzuki). Дабы оставаться конкурентоспособной на этих сложных мобильных рынках, целью компании станет двукратное сокращение времени разработки и вывода на рынок новых продуктов.

Одной из основных задач компании является возвращение прибыльности своему некогда очень успешному телевизионному подразделению. Для этой цели господин Хираи предполагает сократить постоянные издержки на внушительные 60%, а переменные – на 30% посредством продолжения реструктуризации, включающей увольнение 10 тыс. человек (о чём уже ранее ходили слухи) и уменьшение числа моделей на 40% в отчётом 2012 г.

Исполнительный директор уверен, что ЖК-телевизоры по-прежнему остаются королями рынка и Sony необходимо сохранить концентрацию на этом сегменте, продолжая одновременно развитие и внедрение новых технологий вроде OLED или Crystal LED. Впрочем, он ничего не сказал о том, когда мы можем ожидать появления Crystal LED на рынке. По мнению Казуо Хираи, правильное управление вернёт ТВ-подразделению прибыльность уже в 2013 г.

Стоит напомнить, что внушительные восемь лет Sony лишь теряет деньги на производстве телевизоров – такая ситуация не может продолжаться вечно. Кстати, когда господину Хираи был задан вопрос о том, существует ли вероятность сотрудничества японских производителей телевизоров по аналогии с созданием полупроводниковой японской компании Japan Display, занимающейся развитием и производством панелей для мобильных устройств, глава Sony не дал комментариев.

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

# Устройство для создания звуковых эффектов на базе 32-разрядного микроконтроллера

Павел Редькин (г. Ульяновск)

В статье описаны алгоритмы и программная реализация нескольких простых звуковых эффектов, получаемых цифровой обработкой аналогового сигнала. Приведена схема устройства на базе 32-разрядного микроконтроллера семейства LPC1700 (NXP).

К указанным звуковым эффектам относятся «эхо», «робот», а также эффект Pitch Conversion [1], основанный на сдвиге спектра исходного звукового сигнала по частоте. Описанное устройство может быть использовано при озвучивании театральных постановок, создании звуковых и видеоклипов, в учебных и демонстрационных целях, а также в качестве занимательной игрушки для детей и взрослых. Теоретические сведения из области цифровой обработки сигналов (ЦОС), которые легли в основу предлагаемой статьи были почерпнуты автором в [1].

Аналогичные возможности предоставляют компьютерные программы для изменения голоса, такие как Scramby, Generation Voice Changer, MorphVOX Pro и т.п. Однако предлагаемое устройство является автономным и не требует для своей работы компьютера со звуковой картой.

Последовательность и этапы обработки сигналов иллюстрируются структурной схемой, показанной на рисунке 1. Поступающий на вход встроенного модуля АЦП микроконтроллера (МК) предварительно усиленный аналоговый сигнал подвергается дискретизации. Полученная последовательность выборок в виде двоичных слов обрабатывается цифровым способом с использованием несложных математических операций, а также операций, связанных с записью и чтением выделенных управляющей программе об-

ластей (буферов) ОЗУ МК. После завершения цифровой обработки результирующая последовательность выборок подаётся на входную цифровую шину встроенного модуля ЦАП МК, с выхода которого аналоговый сигнал поступает на вход УМЗЧ. Заметим, что все перечисленные операции осуществляются в реальном времени или с несущественной задержкой.

Одним из базовых элементов ЦОС является элемент цифровой задержки. Сам по себе он не имеет очевидного прикладного значения, однако на его основе строятся многие алгоритмы ЦОС, например цифровые фильтры. В нашем случае элемент задержки используется для реализации эффекта «эхо» путём циклического сложения поступающей с выхода АЦП цифровой выборки с содержимым текущей ячейки кольцевого буфера задержки ОЗУ, причём второе слагаемое берётся с коэффициентом, принципиально меньшим единицы. Результат сложения в этом же цикле записывается обратно в текущую ячейку буфера задержки, а также используется в качестве аргумента модуля ЦАП для следующего цикла. В каждом цикле также производится инкрементирование и сравнение с заданным пределом указателя буфера задержки (проверка условия его закольцевания). При достижении этим указателем предельного значения, ему в этом же цикле присваивается начальное значение, чтобы обеспечить за-

полнение буфера новыми данными в следующем цикле. Коэффициент второго слагаемого суммы в программе выбран равным 1/3. При этом первое слагаемое имеет коэффициент 1. Отношение этих коэффициентов задаёт отношение уровней «прямого» и «отражённого» звука.

Блок-схема алгоритма реализации эффекта «эхо» приведена на рисунке 2. Этот алгоритм выполняется в основном цикле управляющей программы. При этом предполагается, что аналого-цифровое преобразование в МК производится периодически с заданной частотой, а его запуск осуществляется, например, в обработчике прерываний от какого-либо системного таймера МК (блок-схема обработчика на рисунке 2 не показана). Готовность результата очередного преобразования устанавливается путём опроса в основном цикле аппаратного бита (флага) завершения преобразования. Частота выборок АЦП составляет 38,5 кГц. Длительность задержки равна произведению периода выборки АЦП на количество ячеек буфера задержки. В нашем случае ёмкость этого буфера составляет 8000 ячеек, что обеспечивает хорошо заметную на слух задержку примерно в 200 мс.

Эффект «робот» достаточно просто реализуется путём двойного преобразования входного звукового сигнала в каждом программном цикле: оцифровки с помощью АЦП, затем обратного преобразования с помощью ЦАП без каких-либо математических операций над выборками. Однако значение частоты преобразования в этом случае сильно занижено, поэтому в спектре выходного сигнала отсутствуют верхние частоты, без которых человеческий голос приобретает характерный «металлический» оттенок.

Сдвиг спектра исходного звукового сигнала в область более низких или более высоких частот, на первый взгляд, легко реализуется путём задания отличных друг от друга значений частот АЦП и ЦАП. Однако для устройства реального времени указанный способ в чистом виде не пригоден, так как требует дополнительного временного

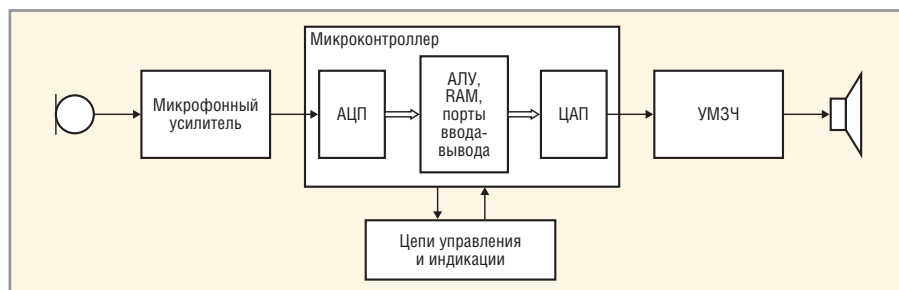


Рис. 1. Структурная схема устройства для создания звуковых эффектов

согласования входного и выходного потоков данных из-за различного количества выборок в единицу времени. Предложенный [1] способ сдвига спектра (Pitch Conversion) реализуется с помощью кольцевого буфера ОЗУ. Использование этого буфера вносит в преобразование некоторую задержку, однако из-за небольшого размера буфера она почти незаметна на слух.

Для кольцевого буфера в программе определяются указатели записи и чтения, как показано на рисунке 3. Первый используется для записи в ячейки буфера цифровых выборок с выхода АЦП. Второй указатель используется для чтения из буфера цифровых выборок, поступающих на вход ЦАП. И чтение, и запись осуществляются в буфере в одном направлении – от младших адресов к старшим. Поскольку частоты (скорости) записи и чтения в рассматриваемом случае принципиально различны, в каждый момент времени значения указателей записи и чтения в общем случае не совпадают. При этом частота аналогоцифрового преобразования по-прежнему задаётся с помощью программного делителя в обработчике прерываний от системного таймера МК и там же производится запуск АЦП. Частота выборки ЦАП задаётся в этом же обработчике с помощью другого программного делителя путём периодической установки некоего программного флага. Опрос состояния и сброс этого флага, а также запуск ЦАП осуществляются основной программой.

В каждом цикле основная программа производит последовательный опрос аппаратного флага завершения АЦП и программного флага необходимости запуска ЦАП. В случае обнаружения установленных флагов программа их сбрасывает и производит запись в кольцевой буфер последней выборки АЦП и подготовку нового аргумента для ЦАП и/или запуск ЦАП с новым аргументом, прочитанным из кольцевого буфера в предыдущем цикле. В этих случаях также производится инкрементирование, сравнение с заданным пределом и при необходимости сброс указателя записи и/или чтения кольцевого буфера.

Из-за неравномерного временного «растягивания» или «сжатия» фрагментов входного сигнала вследствие использования кольцевого буфера, предложенный способ спектрального сдвига приводит к некоторым искажениям формы напряжения выходного сигнала

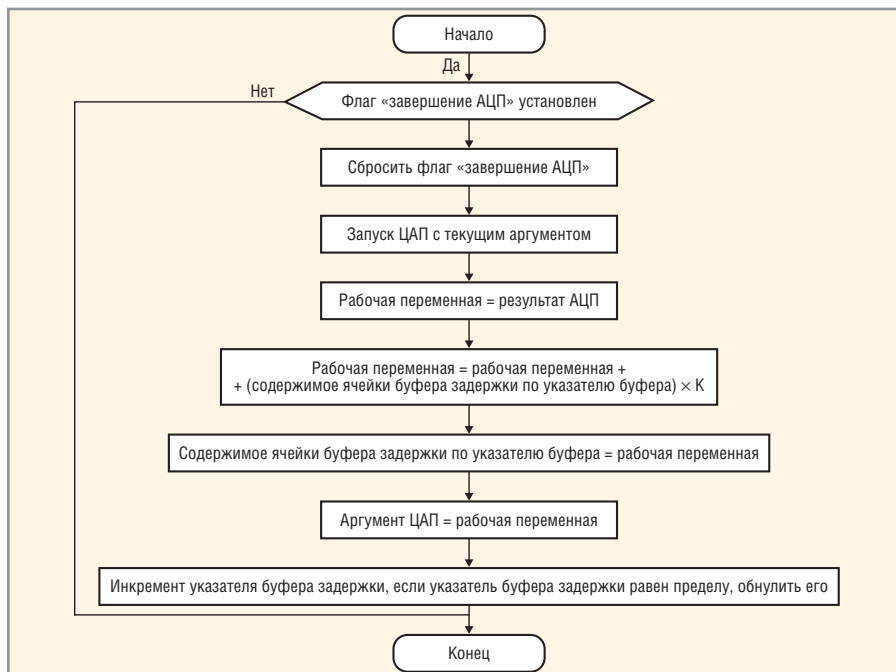


Рис. 2. Блок-схема алгоритма реализации эффекта «эхо»

ла по сравнению с входным. Однако при корректно подобранной величине задержки эти искажения оказываются малозаметными для речи. Рекомендуемая [1] оптимальная задержка, подобранная опытным путём, составляет 20 мс. С учётом требования теоремы отсчётов, этой задержке соответствует размер кольцевого буфера в несколько сотен ячеек.

Необходимо отметить, что описанный выше алгоритм Pitch Conversion имеет существенный недостаток. Если значение указателя записи кольцевого буфера приближается к значению указателя чтения (когда запись «догоняет» и «перегоняет» чтение), наступает момент, когда текущее прочитанное из буфера значение ещё относится к «старому» содержимому буфера, а следующее прочитанное – к «новому», только что записанному поверх старого. В этот момент форма напряжения выходного сигнала теряет свою непрерывность из-за резкого перепада напряжения, как показано на рисунке 4а. На слух такой перепад воспринимается как щелчок. При обработке достаточно длинных звуковых фрагментов эти щелчки будут слышны в каждом «проходе» чтения кольцевого буфера.

Для устранения указанного явления предлагается [1] использовать дополнительный, так называемый смешивающий буфер (блэнд-буфер). Смысл его применения состоит в обеспечении непрерывности выходного сигнала в моменты максимального «сближения» и «наложения» указателей записи и

чтения кольцевого буфера. Использование смешивающего буфера иллюстрируется диаграммой, изображённой на рисунке 4б.

Алгоритм преобразования в этом случае выглядит следующим образом. Для смешивающего буфера в алгоритме определяется свой указатель, используемый как для записи, так и для чтения (в программе он назван *ble\_w*). В каждом программном цикле, в котором обнаруживается установленный

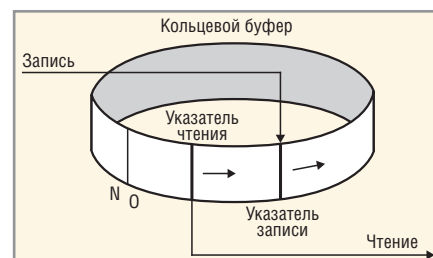


Рис. 3. Использование кольцевого буфера для сдвига спектра сигнала

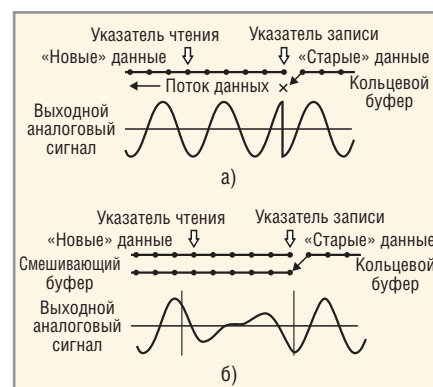


Рис. 4. Сдвиг спектра сигнала

- а) без использования смешивающего буфера,
- б) с использованием смешивающего буфера

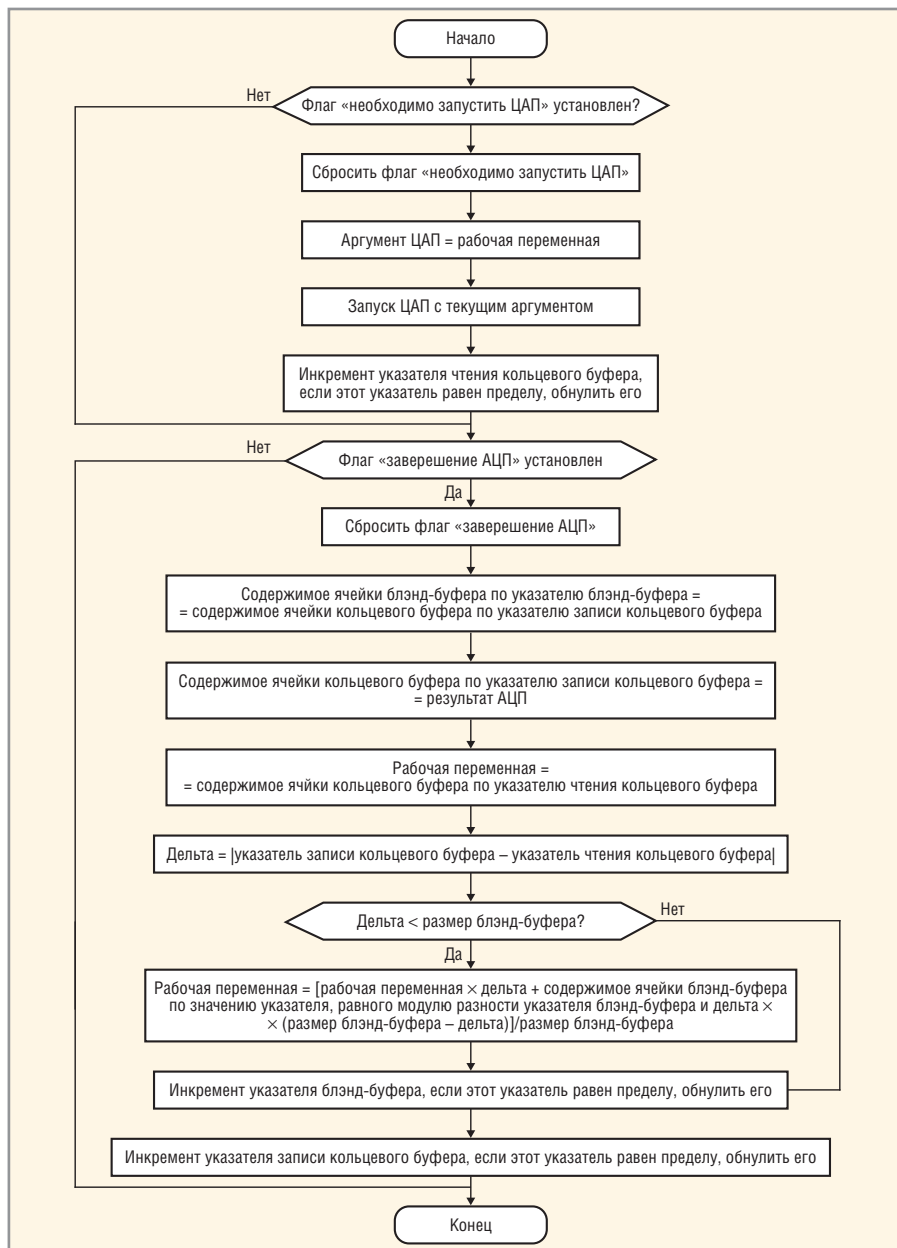


Рис. 5. Блок-схема алгоритма Pitch Conversion с использованием смешивающего буфера

флаг завершения преобразования АЦП, в текущую ячейку смешивающего буфера по его указателю копируется содержимое текущей ячейки кольцевого буфера по его указателю записи. В следующей команде в текущую ячейку кольцевого буфера по его указателю записи помещается последняя выбор-

ка АЦП. Следующей командой программа вычисляет абсолютную величину разности текущих значений указателей записи и чтения кольцевого буфера:

$$\text{delta} = |\text{buf}_w - \text{buf}_r|$$

Если это значение превышает размер смешивающего буфера, в качестве аргумента ЦАП для следующего цикла берётся содержимое текущей ячейки кольцевого буфера (по его указателю чтения) `buf_samp[buf_r]`. В противном случае в качестве аргумента ЦАП берётся «смесь» из содержимого текущей ячейки кольцевого буфера (по его указателю чтения) и ячейки смешивающего буфера. Дополнительно в эту формулу для задания «плавающих» весовых коэффициентов слагаемых её

числителя входят текущее значение абсолютной величины разности указателей кольцевого буфера `delta` и размер блэнд-буфера `n`:

$$\text{sample\_adc} = (\text{buf\_samp}[\text{buf\_r}] * \text{delta} + \text{buf\_blend}[|\text{ble\_w} - \text{delta}|] * (n - \text{delta})) / n$$

В конце программа производит инкрементирование, сравнение с заданными пределами и при необходимости – сброс указателя записи кольцевого буфера и указателя смешивающего буфера.

Блок-схема алгоритма Pitch Conversion с использованием смешивающего буфера приведена на рисунке 5. Применённая в алгоритме формула вычисления аргумента ЦАП с учётом содержимого смешивающего буфера и значения абсолютной величины разности указателей взята из [2]. Рекомендуемый [1] оптимальный размер смешивающего буфера `n`, подобранный опытным путём, равен 32. Такого количества ячеек оказалось достаточно, чтобы полностью убрать щелчки от перепадов напряжения в выходном аналоговом сигнале.

Аппаратная платформа (МК) для реализации устройства генерации звуковых эффектов была выбрана с учётом наличия в МК встроенных модулей АЦП и ЦАП, а также достаточного объёма встроенного ОЗУ. К производительности процессорного ядра МК приложение никаких особых требований не предъявляет. Указанным условиям удовлетворяет МК LPC1768 [3], имеющий 12-разрядный модуль АЦП, 10-разрядный модуль ЦАП и 64 Кб встроенного ОЗУ. Для согласования между собой по диапазону 12-разрядных выходных значений АЦП и 10-разрядных входных значений ЦАП результат АЦП перед дальнейшей цифровой обработкой в управляющей программе МК необходимо поделить на 4.

В авторском варианте устройства для создания звуковых эффектов МК LPC1768 использовался в составе отладочной (демонстрационной) платы MCV1760 производства Keil Software, внешний вид которой показан на рисунке 6. На этой плате, помимо МК, имеется вся минимально необходимая для его функционирования аппаратная «обвязка»: кварцевый резонатор для стабилизации колебаний задающего генератора МК, линейка светодиодов для индикации режимов приложений, пятипозиционный кнопочный мани-

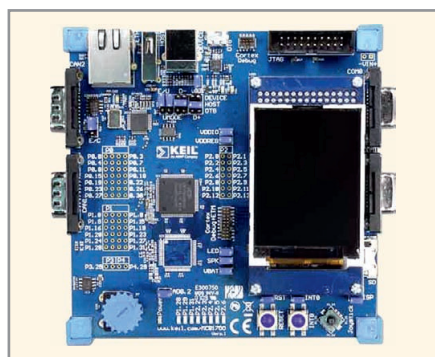


Рис. 6. Внешний вид отладочной платы MCV1760

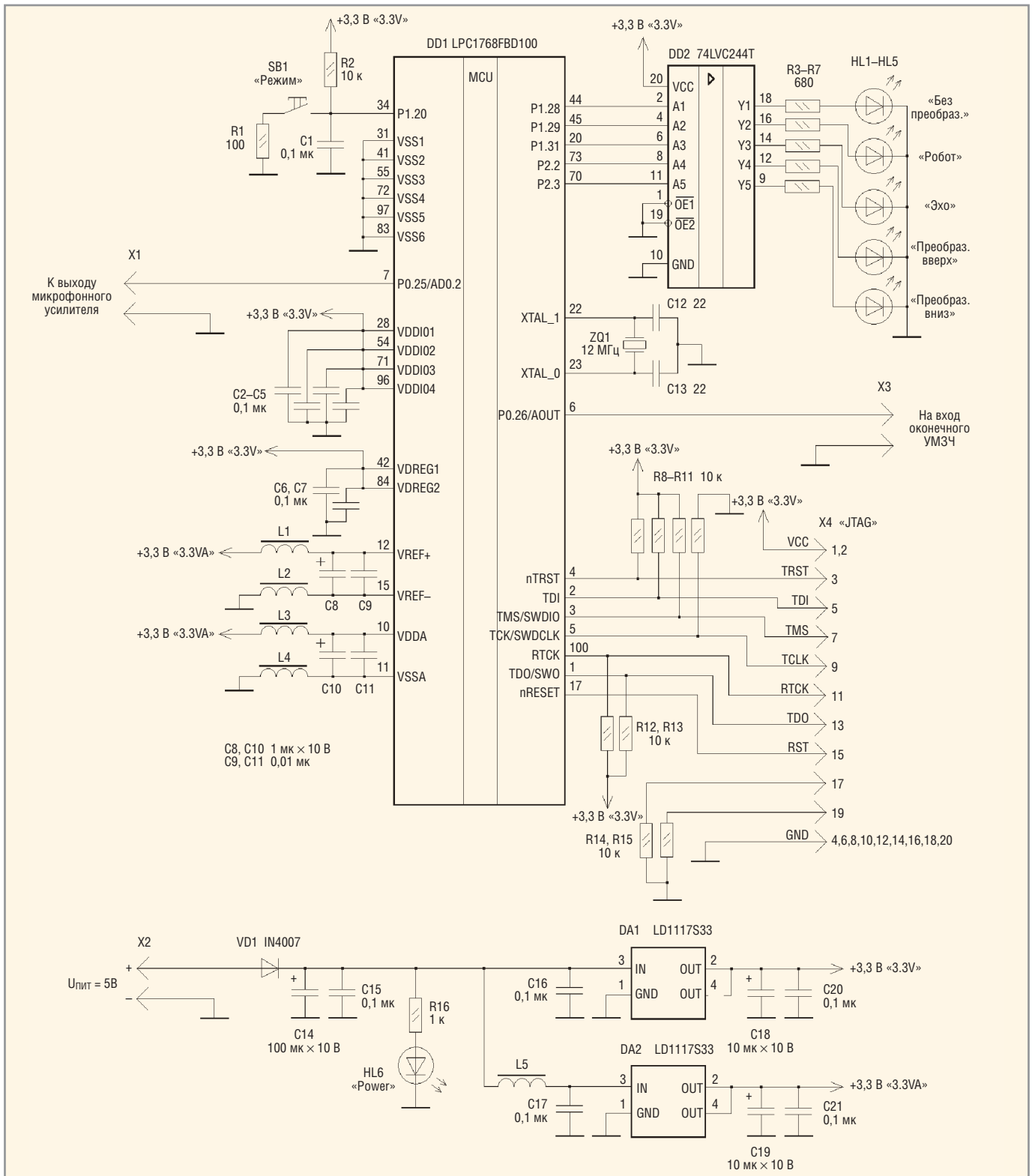


Рис. 7. Принципиальная схема цифровой части устройства

пулятор «джойстик» для управления режимами работы приложений, разъём для программирования и отладки встроенных программ МК (ARM Standard JTAG Connector), разъём для подачи внешнего напряжения питания +5 В, а также разъёмы для подачи входных и снятия выходных аналоговых сигналов. Типовой ток потребления платы от источника напряжения +5 В составляет 65 мА, максимальный – 120 мА.

Принципиальная схема цифровой (микроконтроллерной) части устройства показана на рисунке 7. Изображённая на рисунке схема представляет собой фрагмент принципиальной схемы отладочной платы МСВ1760, содержащий все необходимые для функционирования устройства элементы, цепи и соединения. Заметим, что драйвер светодиодов DD2 из схемы можно исключить, однако в этом случае необходимо ис-

пользовать резисторы R3 – R7 сопротивлением не менее 860 Ом. В качестве индуктивностей фильтров питающих напряжений L1 – L5 можно использовать ферритовые бусинки с продетым через них проводом. Разъём X4 JTAG, предназначенный для загрузки и отладки управляющей программы МК, – стандартный 20-контактный (см. рис. 6). Каждый из конденсаторов C2 – C7 должен располагаться в непосредственной близости от

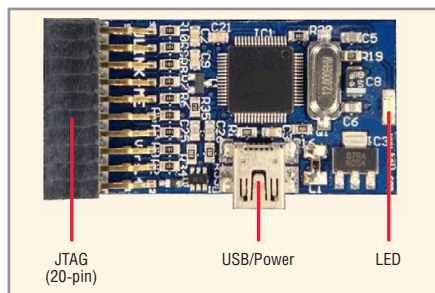


Рис. 8. Внешний вид JTAG-адаптера-программатора ULINK-ME

соответствующего ему вывода питания МК DD1. Светодиоды HL1 – HL6 – любые малогабаритные для поверхностного

монтажа, рассчитанные на рабочий ток 5...10 мА. Полная принципиальная схема отладочной платы MCB1760 в виде файла в формате pdf приведена в [4].

Исходный текст управляющей программы (и файл «прошивки» флэш-памяти МК), реализующей функции устройства для создания звуковых эффектов, содержится в каталоге проекта ZWUKEFF, архив которого доступен для загрузки с интернет-страницы журнала ([www.soel.ru](http://www.soel.ru)). Проект был подготовлен и отлажен в интегрированной среде разработки IDE  $\mu$ Vision4 V4.23, входящей в программный пакет Microcontroller De-

velopment Kit (MDK-ARM) от Keil Software. Управляющая программа обеспечивает работу устройства в следующих режимах: режим последовательного прямого-обратного преобразования (АЦП-ЦАП) входного аналогового сигнала в выходной аналоговый сигнал (задан по умолчанию), режим «робот», режим «эхо», режим Pitch Conversion с использованием смешивающего буфера с преобразованием частоты вверх (скорость чтения больше скорости записи), а также режим Pitch Conversion с использованием смешивающего буфера с преобразованием частоты вниз (скорость чтения меньше скорости записи). В заданном по умолчанию режиме последовательного прямого-обратного преобразования устройство можно использовать в качестве обычного усилителя аналогового сигнала.

Размер кольцевого буфера задаётся в программе константой  $N = 1024$ , размер блэнд-буфера – константой  $n = 32$ , размер буфера задержки – константой  $Nn = 8000$ . В качестве источника периодических прерываний в управляющей программе используется входящий в состав МК архитектуры Cortex-M3 таймер системных сигналов времени SysTick. Задание периодичности прерываний от SysTick производится путём вызова функции SysTick\_Config(SystemCoreClock/Sys\_del), где значение константы Sys\_del соответствует частоте прерываний, равной 358 000 Гц. При этом для получения нормальных скоростей записи или воспроизведения эта частота программно делится на 10, для получения повышенных скоростей – на 4, пониженных – на 15, а для получения скоростей записи и воспроизведения в режиме «робот» – на 200. Таким образом, отношение скоростей чтения и записи для случая преобразования частоты вверх задано в программе равным 2,5, для случая преобразования частоты вниз – 0,66; при реализации звукового эффекта «робот» запись и чтение производятся с частотой 1925 Гц. Все перечисленные значения могут быть легко изменены путём редактирования содержимого входящего в проект заголовочного файла zwuk.h, где они содержатся, с последующей перекомпиляцией проекта.

Переключение режимов осуществляется в устройстве по кольцу с помощью манипулятора на отладочной плате, в котором используется только одна позиция – «нажатие вниз». В схеме на рисунке 7 эта позиция показана

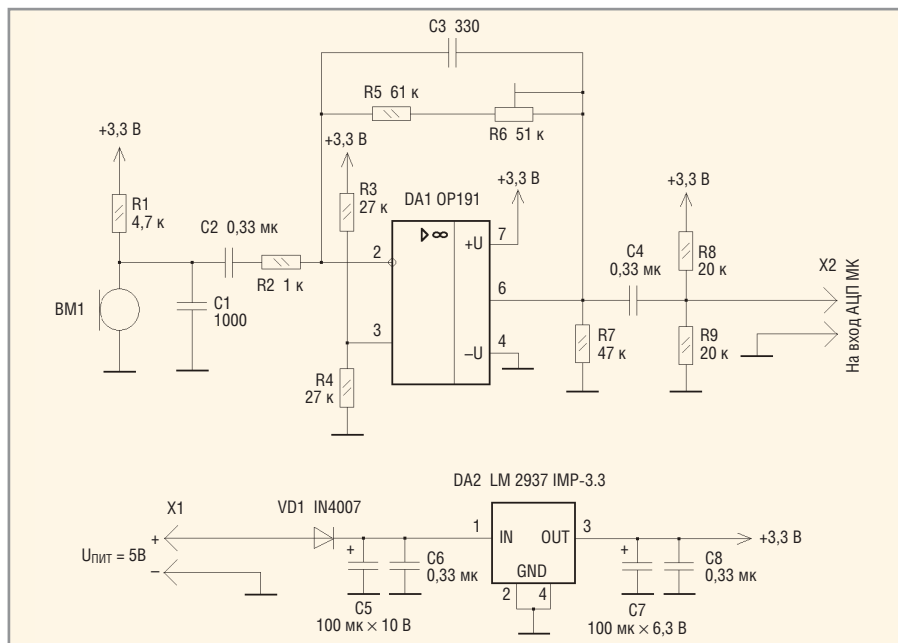


Рис. 9. Принципиальная схема микрофонного усилителя

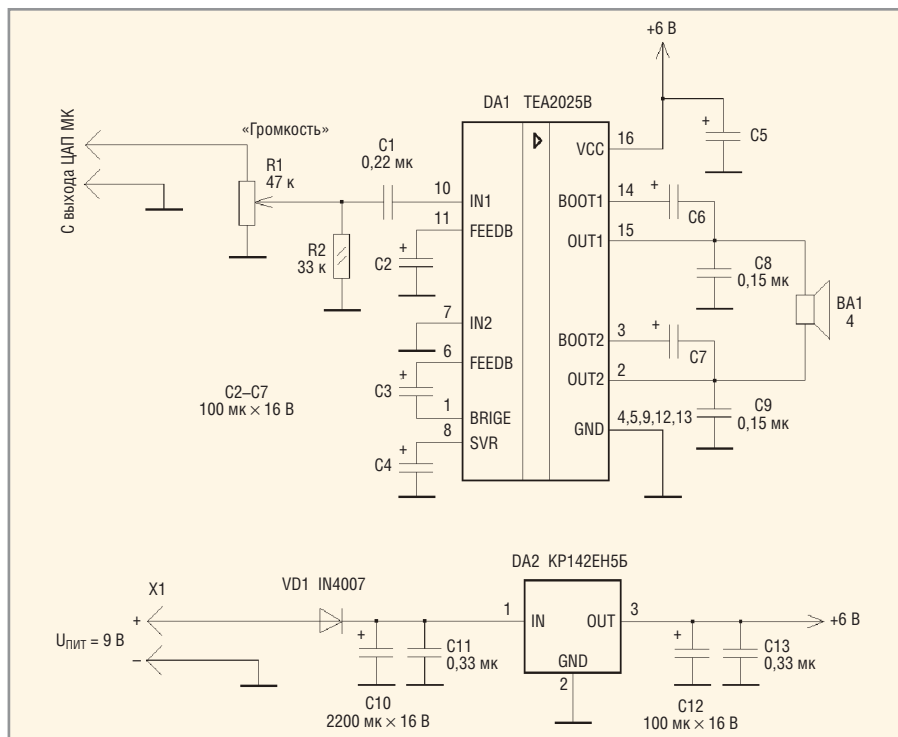


Рис. 10. Принципиальная схема УМЗЧ

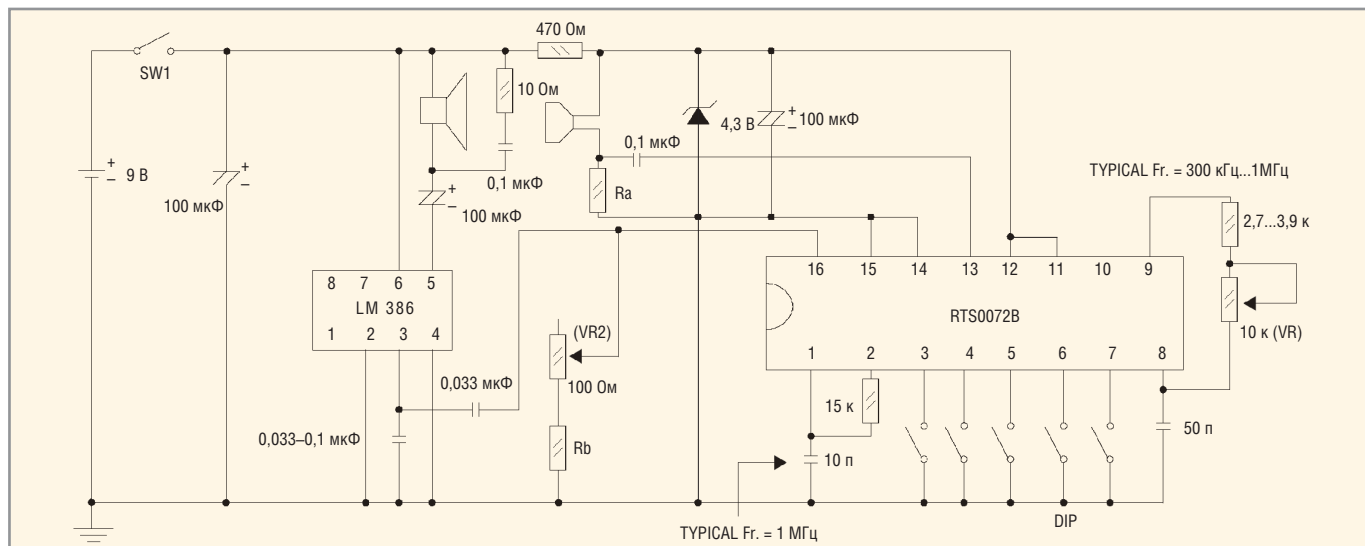


Рис. 11. Один из рекомендуемых производителем вариантов реализации устройства Voice Changer

в виде простой кнопки (SB1). Индикация текущего режима осуществляется свечением соответствующего светодиода HL1 – HL5 на плате.

Программирование и отладка встроенной программы МК производились с помощью миниатюрного бескорпусного JTAG-адаптера – программатора ULINK-ME (см. рис. 8), подключаемого к разъёму JTAG Connector МК отладочной платы и к ПК хоста через порт USB. В режиме программирования отладочная плата может получать питание от адаптера ULINK-ME, который, в свою очередь, питается от USB-порта ПК хоста. Однако, в этом случае «аналоговое» питающее напряжение (обозначенное на принципиальной схеме платы как «+3,3VA») не поступает на аналоговые периферийные модули АЦП и ЦАП, поэтому для нормального функционирования платы в составе устройства необходима подача на неё питания от внешнего источника +5 В, из которого на плате вырабатываются все необходимые питающие напряжения.

В качестве источника звукового сигнала в устройстве используется микрофон, сигналы которого перед подачей на вход АЦП (см. рис. 1) усиливаются с помощью микрофонного усилителя (см. рис. 9). Входящий в состав усилителя резистивный делитель на элементах R8, R9 служит для задания положительного уровня смещения выходного сигнала, равного половине напряжения питания усилителя (и половине опорного напряжения АЦП). Смещение необходимо вводить во входной аналоговый сигнал АЦП, поскольку модуль АЦП МК семейства LPC1700 может работать только в области положительных напряжений.

Требуемый уровень усиления (при условии отсутствия ограничения амплитуды выходного сигнала усилителя) выставляется с помощью подстроечного резистора R6.

Питание микрофонного усилителя в устройстве осуществляется от отдельного стабилизатора +3,3 В (DA2 на рис. 9) для минимизации влияния цифровых шумов от работы МК. По этим же соображениям точка подключения общего провода микрофонного усилителя к общему проводу всего устройства должна физически находиться как можно ближе к минусу первичного источника напряжения питания +5 В. Сам микрофонный усилитель желательно поместить в экранирующий корпус, например, из фольгированного стеклотекстолита, соединённый с общим проводом. Сигнал с выхода микрофонного усилителя на вход АЦП МК должен поступать по экранированному проводу.

Преобразованный звуковой сигнал с аналогового выхода ЦАП МК подаётся на УМЗЧ (см. рис. 10), нагруженный на динамическую головку. При указанных на схеме значениях питающего напряжения микросхемы DA1 (+6 В) и сопротивления динамической головки BA1 (4 Ом) выходная мощность УМЗЧ составляет 2,8 Вт. Соответственно, номинальная мощность используемой динамической головки BA1 должна быть не менее 3...5 Вт. Микросхема стабилизатора питающего напряжения УМЗЧ DA2 установлена на теплоотвод площадью 2...3 см<sup>2</sup>.

К организации питания УМЗЧ в устройстве предъявляются требования, аналогичные требованиям к питанию микрофонного усилителя, однако, экранировать УМЗЧ не обязательно. Заме-

тим, что внешний УМЗЧ из состава устройства можно исключить, если использовать готовый усилитель, входящий в состав отладочной платы MCB1760.

Следует заметить, что в настоящее время на рынке элементной базы предлагаются и чисто аппаратные варианты реализации описанных в статье звуковых эффектов. Например, в продаже имеется микросхема RTS0072B производства Realtek [5], на основе которой можно собрать устройство под названием Voice Changer (преобразователь для голоса). Один из вариантов принципиальной схемы включения микросхемы RTS0072B в составе устройства Voice Changer приведён на рисунке 11. Устройство позволяет реализовать режим простого усилителя сигнала от микрофона, режим «робот», режим Pitch Conversion с преобразованием частоты вверх/вниз с возможностью дискретного и плавного задания значения отношения частот записи и чтения. Функциональные аналоги микросхемы RTS0072B других производителей, по информации автора, могут иметь обозначения WIN8072, HT8950, MSM6722.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Cheap DSP Experiments. April 13, 2004. <http://elm-chan.org/works/vp/report.html>.
2. Нечитайлов Д. Обработка речи микроконтроллером Atmel AVR. [http://www.rigexpert.com/index?s=articles&f=uc\\_voice&l=ru](http://www.rigexpert.com/index?s=articles&f=uc_voice&l=ru).
3. Редькин П. 32-битные микроконтроллеры NXP с ядром Cortex-M3 семейства LPC17xx. Полное руководство. Додэка-XXI. <http://www.dodeca.ru/books/228/>.
4. <http://www.keil.com/mcb1700/mcb1700-schematics.pdf>.
5. <http://www.masterkit.ru/zip/RTS0072.pdf>.

# Измеритель диаграммы направленности антенны

Андрей Иванов (Москва)

В статье описан стенд для измерения круговой диаграммы направленности, коэффициента направленного действия и коэффициента усиления антенны в заданной плоскости. Максимальный линейный размер антенны не должен превышать 0,3 м при дальности измерения 12 м и частоте излучения – от 8 до 12 ГГц. Погрешность измерения диаграммы направленности антенны в диапазоне 38 дБ составляет 0,5 дБ.

## Метод измерения диаграммы направленности

Методы измерения диаграммы направленности (ДН) подразделяются на группы в соответствии с зоной (дальней, промежуточной, ближней) проведения измерений. Наиболее отработанными и простыми являются методы измерения в дальней зоне.

Когда говорят о диаграмме направленности антенны, обычно подразумевают диаграмму направленности антенны в дальней зоне. Граница дальней зоны определяется соотношением размеров антенны и длины волны:

$$r \geq 2 \frac{D^2}{\lambda},$$

где  $r$  – расстояние от фазового центра антенны;  $D$  – максимальный габаритный размер антенны (размер апертуры);  $\lambda$  – длина волны [1].

При большой длине волны или больших линейных размерах антенны для удовлетворения этому условию используют метод вышки и облетный метод на специально созданных полигонах. При малой длине волны и малых размерах антенны можно организовать измерения в

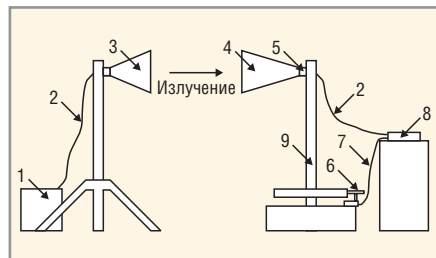


Рис. 1. Измерительный стенд

1 – генератор, 2 – СВЧ-кабель, 3 – передающая антенна, 4 – приёмная антенна, 5 – СВЧ-усилитель с детектором, 6 – угломер, 7 – кабели, 8 – измерительный модуль, 9 – вал ПУ

безэховых камерах, что и было сделано.

## Состав стенда

Стенд для измерения ДН антенны (см. рис. 1) состоит из вспомогательной передающей антенны с генератором, поворотного устройства (ПУ), угломерного устройства, усилителя СВЧ и детектора, подключенных к выходу исследуемой антенны, а также модуля измерения ДН. Поворотное устройство выполнено в виде вала, в верхней части которого закреплена исследуемая антенна, работающая на приём, а в нижней части закреплён диск с делениями, соответствующими углу поворота антенны. Вал ПУ установлен на платформе, которая позволяет ему вращаться. Диск ПУ и угломерное устройство находятся в зацеплении.

Передающая антенна неподвижна и удалена от исследуемой антенны на расстояние 12 м, что соответствует условию дальней зоны. Антенны находятся на одном уровне. В качестве передающей антенны используется рупорная антенна. Её излучение поляризовано в азимутальной плоскости. Если поляризационная характеристика приёмной антенны известна, то необходимо разместить её так, чтобы антенны оказались согласованными. В более сложных случаях, когда поляризационная характеристика неизвестна, измерения выполняются для двух главных осей антенны.

Структурная схема измерения ДН антенны приведена на рисунке 2. Так как при слабых сигналах детектор имеет квадратичную вольтамперную характеристику, показания модуля измерения соответствуют квадрату напряжённости поля

(к квадрату огибающей СВЧ-сигнала), наводимого в исследуемой антенне.

Для снятия характеристики направленности исследуемую антенну вращают по азимуту до полного оборота. Значения ДН измеряются модулем автоматически с шагом 1 градус. Накопленные данные по команде оператора записываются в энергонезависимую память и позже могут быть переданы на ЭВМ через USB-программатор или СОМ-порт. После обработки данных на ЭВМ строится одномерная ДН в заданной плоскости.

## Выбор и реализация угломера

Датчики угла поворота могут иметь самую разную конструкцию – поворотные резисторы, сельсины, магнетины, поворотные трансформаторы и индуктосины. Из множества приборов для стенда был выбран датчик угла поворота на основе прецизионного 10-оборотного резистора 3590S-2-503 фирмы Bourne с номинальным сопротивлением 50 кОм и линейной характеристикой. Многооборотный резистор включен по схеме делителя напряжения.

Угломер (см. рис. 3) состоит из многооборотного резистора, ролика, крепёжной рамы и системы сцепления на основе пружины. Крепёжная рама крепится к платформе. Чтобы диапазон измерения угла поворота составил 360°, диаметр ролика должен составлять не менее 10% диаметра диска ПУ. Для увеличения помехозащищённости питания от модуля поступает по витой паре (первый провод +5 В, второй – земляной), и выходной сигнал угломера также отводится по витой паре (первый провод – сигнальный, второй – земляной).

## Структура измерительного модуля

Сигналы с детектора и угломера поступают на измерительный модуль. Поскольку диапазон измерения достаточно широк, необходимо ди-

намически изменять коэффициент усиления измерительного модуля. Сигнал с детектора поступает на первый усилитель с управляемым коэффициентом усиления. Схема усилителя приведена на рисунке 4. Коэффициент передачи ИОУ AD622 задаётся подключаемым установочным сопротивлением. Аналоговый ключ МАХ318 по управляющему сигналу от микроконтроллера изменяет установочное сопротивление, подключая параллельный резистор. На входе усилителя установлен полосовой фильтр на частоту 10 кГц (центральная частота сигнала на выходе детектора). Коэффициент передачи усилителя определяется по следующей формуле:

$$G = 1 + \frac{50,5 \text{ кОм}}{R_G}$$

и может изменяться в диапазоне 2...1000 В/В (1 В/В без подключённых резисторов,  $R_G \rightarrow \infty$ ). При использовании одного каскада усиления можно изменением коэффициента передачи получить два различных диапазона измерения, при использо-



Рис. 2. Структурная схема измерения ДН антенны

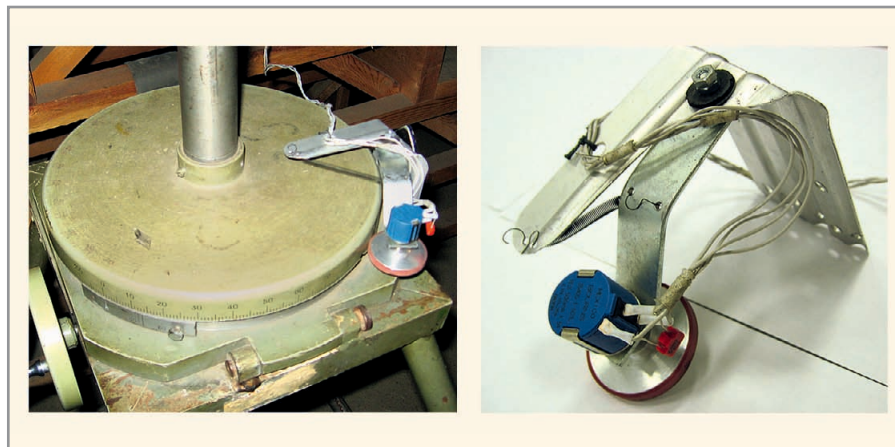


Рис. 3. Внешний вид поворотного устройства с угломером

вании двух каскадов – четыре диапазона. Общий диапазон усиления изменяется от 30 до 2500 В/В. Для сохранения требуемой точности измерения во всём диапазоне входного сигнала с антенны было решено разбить его на два частично перекрыва-

ющихся диапазона (верхний и нижний).

После усилителя сигнал поступает на пиковый детектор со сбросом (см. рис. 5), собранный на ИОУ ОР37. Пиковый детектор обнуляется с помощью аналогового ключа по команде микро-

## Взрывозащищённые соединители Explora



### Надёжная защита



Количество контактов: 2, 3, 4, 5, 7, 10  
 Электрические характеристики:  
 10...18 А, 250...600 В AC/DC  
 Диапазон рабочих температур: -20...+50°C  
 Степень защиты: IP68  
 Взрывозащищённость: для зон 2 и 22

АКТИВНЫЙ КОМПОНЕНТ ВАШЕГО БИЗНЕСА



**МОСКВА** Тел.: (495) 234-0636 • Факс: (495) 234-0640 • E-mail: info@prochip.ru • Web: www.prochip.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) 310-0106 • E-mail: info@prosoftsystems.ru • Web: www.prosoftsystems.ru

Реклама

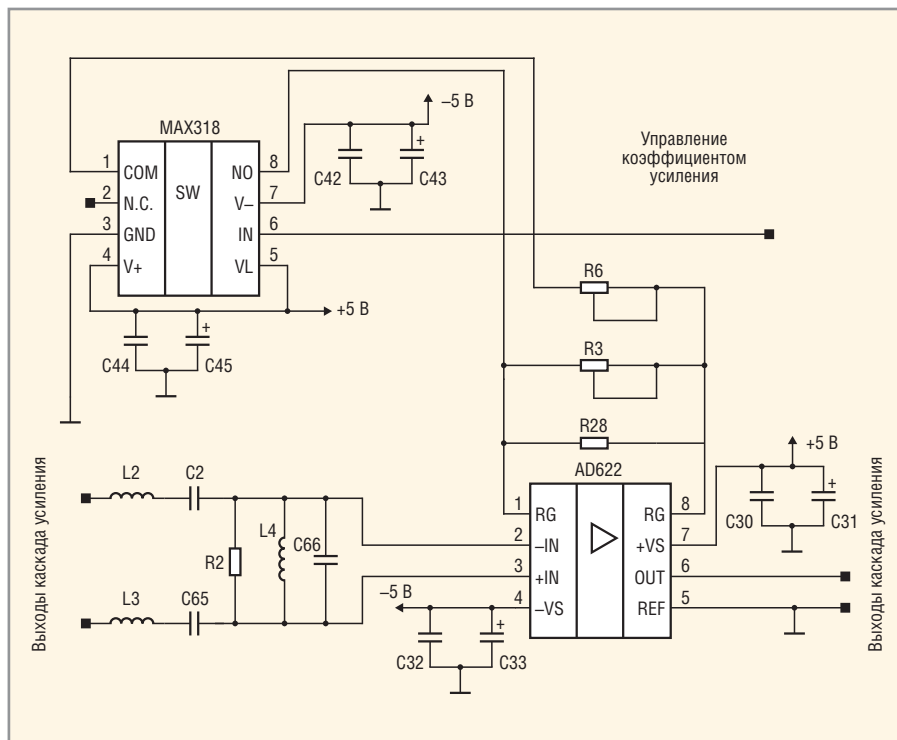


Рис. 4. Схема усилителя с ФНЧ на 10 кГц и переключателем коэффициента передачи

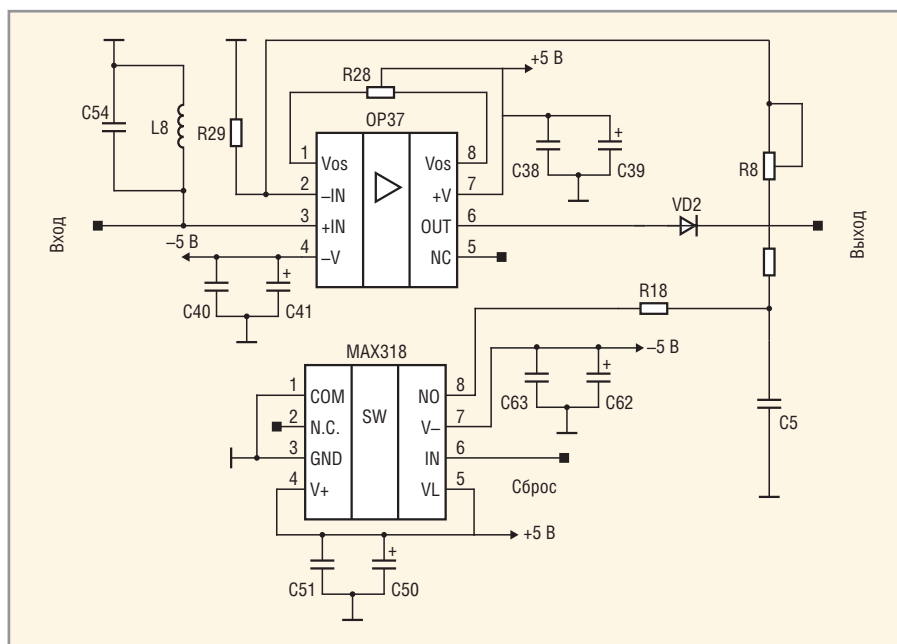


Рис. 5. Схема пикового детектора со сбросом

контроллера. Выходной сигнал пикового детектора поступает на десятиразрядный АЦП микроконтроллера.

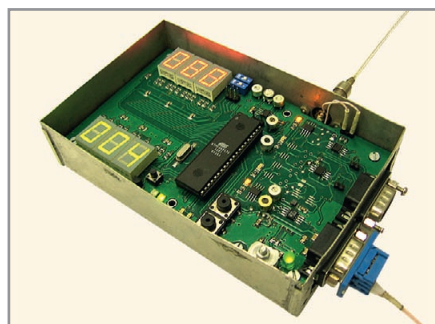


Рис. 6. Внешний вид измерительного модуля

Переключение диапазонов происходит автоматически.

### СИНХРОНИЗАЦИЯ ИЗМЕРИТЕЛЯ ДН С УГЛОМЕРОМ

Для снятия ДН необходима синхронизация снятия угла поворота и измерения значения ДН, поэтому выходной сигнал угломера также поступает на АЦП микроконтроллера. Синхронизация реализована следующим способом. В оперативной памяти микроконтроллера создаётся массив размером 360 байт, каждый элемент которого соответствует зна-

чению ДН в децибелах при заданном угле ( $i$ -й элемент соответствует значению ДН при угле поворота  $i$ ). Массив инициализируется нулевыми значениями. Выборки сигналов угломера и пикового детектора происходят с частотой 100 Гц. Полученное с угломера напряжение преобразуется в значение угла с помощью таблицы, записанной в памяти микроконтроллера. Одновременно АЦП измеряет значение напряжения пикового детектора и пересчитывает его в дБ с помощью таблицы преобразования. Это значение корректируется в соответствии с выставленным значением коэффициента усиления, который задаёт диапазон измерения. В измерителе также предусмотрена ручная калибровка коэффициентов усиления. В соответствующий полученному значению угла элемент записывается (перезаписывается) значение ДН антенны.

### ИНДИКАЦИЯ И ИНТЕРФЕЙСЫ

Измерение и индикация угла поворота антенны в градусах, измерение и индикация ДН антенны в децибелах и индикация режима работы происходят в непрерывном режиме. По командам оператора (при нажатии кнопки) значение ДН записывается в ЭСППЗУ и считывается в персональный компьютер через USB-порт или COM-порт с последующей записью в текстовый файл.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведённой работы был создан автоматизированный стенд для измерения диаграммы направленности антенн, включающий измерительный модуль на базе микроконтроллера Atmega8535 (см. рис. 6). Разрешение по углу поворота антенны составляет  $1^\circ$ , диапазон измерения угла поворота антенны –  $360^\circ$ . Погрешность измерения ДН антенны не превышает 0,5 дБ, диапазон измерения ДН антенны составляет 38 дБ.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Иванов А.А. Применение сигналов с ортогональным частотным мультиплексированием в системах ближней локации. Вестник МГТУ им. Н. Э. Баумана. Сер. Приборостроение, 2010. № 78. С. 88–102.



# Новости мира News of the World Новости мира

## Toshiba построит новый завод по производству полупроводников в Таиланде

Представители компании Toshiba объявили о планах по строительству нового завода по производству полупроводников в Таиланде. Производство будет расположено выше, чем имеющийся завод, который, в свою очередь, будет закрыт. Это обусловлено недавним наводнением и вызванными им проблемами.



Старый завод компании, основанный в 1990 г., располагается в пригороде Бангкока, немного к северу от города. Здесь выпускают различные дополнительные комплектующие, в частности, оптроны и малосигнальные устройства, а также осуществляют сборку некоторых решений. Новая фабрика расположится в 140 км к северо-востоку от города на высоте 15...20 м над уровнем моря.

Строительство нового завода планируется завершить весной 2013 г., а старт массового производства намечен на второй квартал. Напомним: в прошлом году в результате наводнения производственные мощности компании в Таиланде оказались полностью затоплены. Восстановительные работы ведутся до сих пор, а производственные заказы распределены между заводами компании в Японии и Малайзии.

<http://www.cellular-news.com/>

## TSMC планирует купить у ProMOS фабрику по производству 300-мм пластин

Согласно данным ресурса Digitimes, в настоящее время TSMC ведёт переговоры с компанией ProMOS Technologies о приобретении фабрики по выпуску 300-мм кремневых пластин, которая находится в Тай-



чжуне, расположенном в центральной части Тайваня. Для ProMOS продажа объекта является шансом для возрождения убыточного в настоящее время производства модулей памяти DRAM.

Как утверждают промышленные источники, интерес к этой фабрике проявила и компания Globalfoundries, предложившая цену в пределах 20...30 млрд. тайваньских долларов (\$678 млн. – \$1,02 млрд.). В свою очередь TSMC настаивает на цене 25 млрд. тайваньских долларов (\$848 млн.).

Подробности переговоров пока неизвестны. Ни TSMC, ни Globalfoundries не стали комментировать данную публикацию Digitimes.

Председатель совета директоров и CEO TSMC Моррис Чанг (Morris Chang) недавно сообщил о намерении компании пересмотреть объёмы инвестиций на 2012 г. Первоочередными задачами для компании, по словам Чанга, являются расширение применения 28-нм техпроцесса, а также переход на массовый выпуск 20-нм чипов с опережением графика.

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

## Samsung нанимает ещё одного опытного руководителя AMD, готовясь к борьбе с Intel

Компания Samsung Electronics заполучила ещё одного опытного руководителя из компании AMD. Совсем недавно Пэт Патла (Pat Patla) состоял на должности вице-президента отделения серверных продуктов AMD, но теперь он влился в команду руководителей южнокорейской Samsung в качестве вице-президента, судя по его профилю в профессиональной социальной сетевой службе LinkedIn.



В настоящее время назначенный в прошлом году исполнительный директор AMD Рори Рид (Rory Read) занимается пересмотром состава руководителей компании, нанимая новых специалистов и увольняя старых. Тем временем, как анонимно сообщил ресурсу Forbes один из бывших сотрудников AMD, компания Samsung активно нанимает разработчиков процессоров AMD и собирает их в лаборатории города Остин (штат Техас), где они занимаются созданием серверных процессоров, призванных составить конкуренцию Intel Xeon.

Samsung не может использовать архитектуру x86, которая лежит в основе чипов Intel и AMD; вместо этого компания создаёт чипы на основе архитектуры британской компании ARM. Samsung уже известна в качестве разработчика и производителя ARM-чипов Exynos для смартфонов, планшетов и других портативных устройств. С выходом Windows 8 процессоры Exynos могут появиться и в ноутбуках.

Samsung не единственная компания, занимающаяся разработкой серверных чипов на базе архитектур ARM. Можно вспомнить об NVIDIA, Applied Micro, Calxeda, Marvell и других производителях, занятых разработкой таких решений. В первую очередь процессоры могут найти применение в энергоэффективных серверах, популярность которых постоянно растёт.

Индустрия ожидает, что чипы ARM на серверном рынке смогут противостоять решениям Intel не ранее чем через несколько лет – с появлением поддержки 64-битной адресации. Однако ни для кого не секрет, что уже сегодня такие стратегические партнёры Intel на серверном рынке, как HP или Dell, тестируют платформы на базе чипов ARM.

Так что не исключено, что представители компании Dell, расположенной в Раунд-Рок (штат Техас), уже встречались с сотрудниками расположенной в том же штате лаборатории Samsung для обсуждения перспектив использования процессоров последней в энергоэффективных серверных системах.

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

## DRAM-память дорожает, а NAND-чипы дешевеют

Согласно данным аналитического агентства DRAMeXchange, в конце марта контрактные цены повысились на 2...3%. При этом NAND-микросхемы продолжают дешеветь.

Ситуация в отрасли флэш-чипов объясняется вялым спросом на карты памяти и накопители в силу сезонных факторов. OEM-производители также пока не спешат пополнять складские запасы. Некоторые поставщики чипов, ранее использовавшие снижение цен для стимуляции спроса, прекратили подобную практику с целью сохранить прибыльность.

Прогноз аналитиков на второе полугодие оптимистичен. Спрос на NAND-память поднимется с выходом на рынок ультрабуков на базе Ivy Bridge, а также новых смартфонов и планшетов.

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

# Проектирование целевых систем на базе модулей Cinterion BGS2 и HAVIA GL8088s

Печатается с разрешения CHIP NEWS УКРАИНА (<http://www.chipnews.com.ua>)

## Борис Нестеров (Украина)

Вряд ли стоит говорить о том, что технологии и системы беспроводной передачи данных прочно вошли в повседневную жизнь и продолжают осваивать всё новые области применения. Настоящий материал призван помочь разработчикам конечного приложения, реализующего архитектуру M2M, сделать правильный и эффективный выбор двух наиболее важных элементов проектируемой системы, тем самым сократив время на разработку изделия и позволяя вывести законченную продукцию на рынок за минимальное время.

Одним из элементов, без которого невозможно построение системы сбора/передачи данных, является GSM-модуль. Это законченное изделие, которое объединяет в себе полнофункциональный радиотракт, удовлетворяющий требованиям стандарта GSM, и мощную вычислительную платформу, реализующую весь функционал, необходимый для надёжной работы в сетях GSM с использованием всех современных технологий передачи данных.

В настоящее время на рынке представлено достаточное количество производителей GSM-модулей. Сравнительный анализ их продукции выходит за рамки настоящего материала, отметим только, что выбрать есть из чего. А остановимся на очень, на наш взгляд, интересном представителе семейства – GSM-модуле BGS2 производства немецкой фирмы Cinterion.

### GSM-модуль CINTERION BGS2

Итак, что же такое GSM-модуль BGS2 (рис. 1) и чем он может быть интересен разработчику?

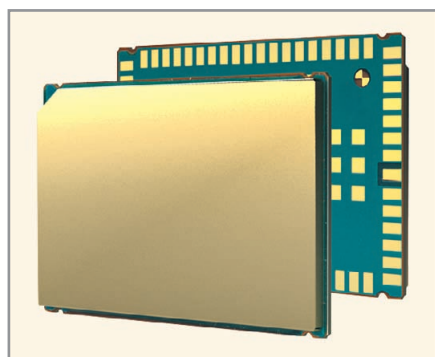


Рис. 1. GSM-модуль Cinterion BGS2

Прежде всего, это новый миниатюрный модуль LGA-монтажа для M2M-решений, объединяющий в себе передовой чипсет Infineon серии GOLD, выполненный по технологии 65 нм, с пониженным энергопотреблением и расширенным диапазоном рабочих температур  $-40...+85^{\circ}\text{C}$ . Это штатная для модуля температура окружающей среды, что немаловажно для надёжной и устойчивой беспроводной связи в любое время и в любом месте.

GSM-модуль BGS2 поддерживает все частотные диапазоны стандарта GSM. Программное обеспечение выполнено на базе Cinterion MC55i (восемь лет успешной работы).

Встроенный TCP/IP-стек позволяет реализовывать практически все доступные технологии сетей GSM, применяемые при построении сетей беспроводной передачи данных.

Разумеется, управление функционалом стека реализовано посредством штатных AT-команд модуля.

Модуль имеет развитую коммуникационную периферию:

- два UART,
- 8 вх/вых общего назначения,

- I<sup>2</sup>C-шина,
- АЦП/ЦАП,
- аналоговый аудиоинтерфейс.

Периферия позволяет легко интегрировать модуль практически в любое конечное устройство без дополнительных схемотехнических, аппаратных и программных затрат.

Режим пониженного энергопотребления делает модуль BGS2 незаменимым компонентом при проектировании приложений для длительной работы в автономном режиме.

Весьма интересны и востребованы разработчиками такие функции, как «Привязка к базовой станции» и «Туннельный режим работы». На последнем остановимся подробнее.

Преимущества, которые разработчик конечной платформы может получить, реализуя возможности «Туннельного режима», легко просматриваются на рис. 2:

- 2-й коммуникационный порт управляющего микроконтроллера освобождается и может быть задействован для управления другими устройствами конечного приложения;
- имеется возможность применения в конечной системе более дешёвого микроконтроллера.

Данный модуль обладает наиболее высокими характеристиками (см. таблицу), 2- и 4-диапазонными модификациями, что делает его одним из самых востребованных и экономичных модулей на рынке.

Рамки настоящего материала не позволяют остановиться поподробнее на остальных интересных особенностях

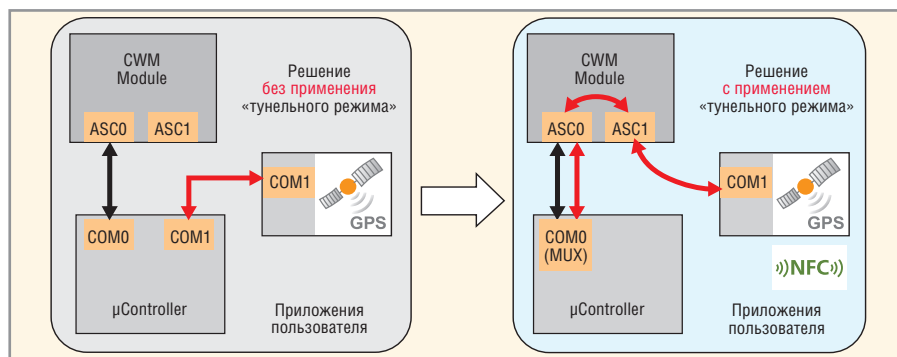


Рис. 2. Преимущества использования функции «туннельный режим»

модуля, а их действительно немало. Отметим лишь, что модуль BGS2 – это самый маленький бюджетный модуль, выполненный в форм-фактре LGS-монтажа, а топология размещения контактных площадок разработана таким образом, что позволяет легко применять автоматизированную сборку и свести возможный брак, вызванный нарушениями температурного режима пайки, к минимуму.

Говоря о конечных платформах и разрабатываемых устройствах, где возможно успешное применение модуля BGS2, нельзя не обратить внимания на такое динамично развивающееся направление, как GPS-навигация. Интерес к этой тематике не ослабевает на протяжении многих лет с момента появления данной технологии, а в по-

следние годы только усиливается за счёт появления на рынке бюджетных компонентов для построения законченного навигационного оборудования. Возможно, GPS-навигация – это одно, если не единственное направление, где начальным выбором разработчика является не схемотехника, функционал и элементная база, а то, какую навигационную систему проектируемый прибор будет использовать.

По сей день не умолкают споры, какая из функционирующих ныне систем глобального позиционирования (GPS, ГЛОНАСС, GALILEO) удобнее, надёжнее и точнее. Сторонники каждой из систем приводят объективные и не очень аргументы в пользу своей «любимой» системы позиционирования. Не будем подробно останавливаться на

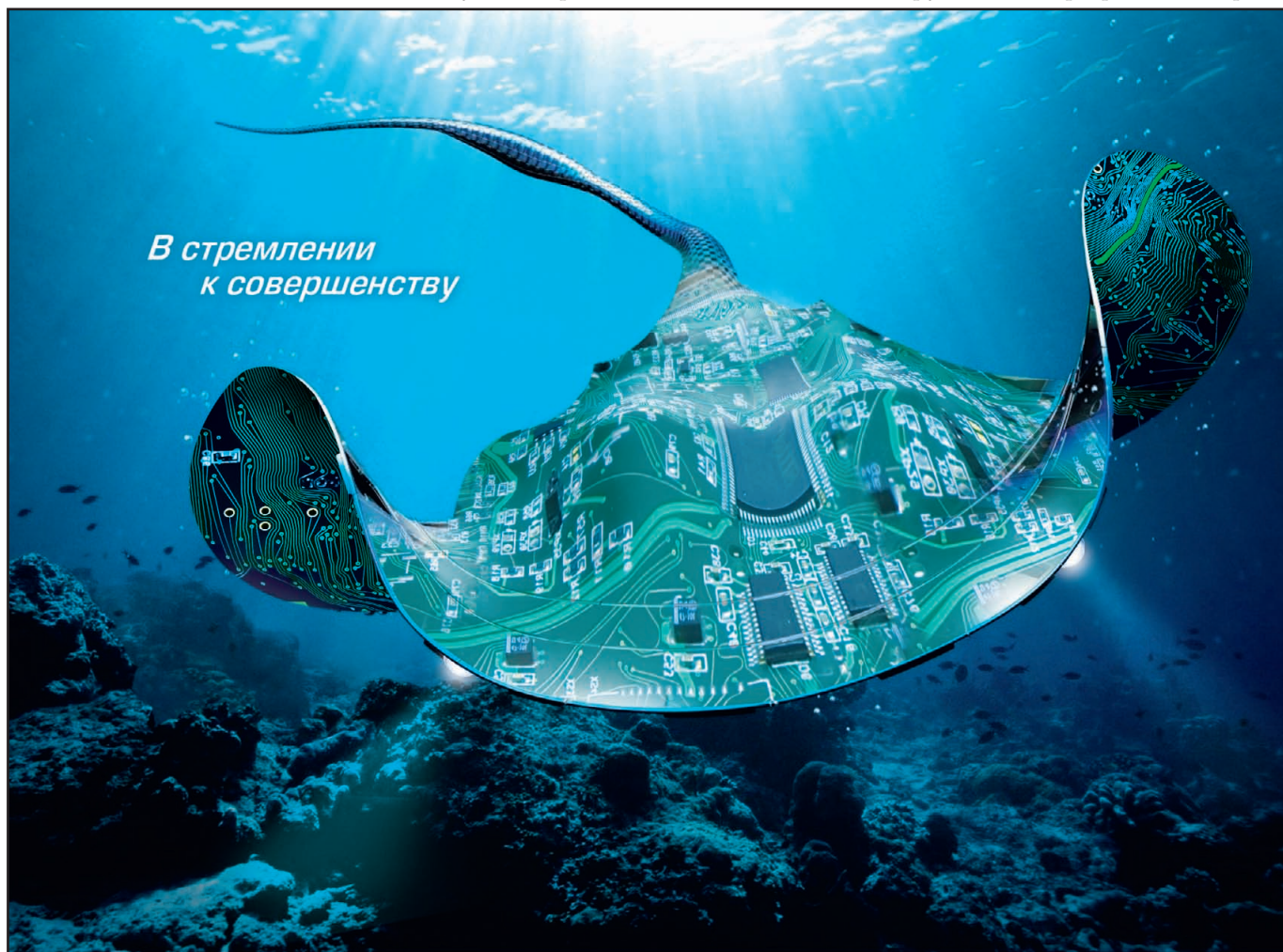
**Технические характеристики GSM-модуля**

**Cinterion BGS2**

Частотный диапазон	BGS2-3	GSM850/900/1800/1900
	BGS2-E	GSM 900/1800
Передача данных	BGS2-3	GPRS класс 10
	BGS2-E	GPRS класс 8
Интерфейсы	8 GPIO pins 1.8 V	
	2 GPIO pins 2.8 V	
	ADC/DAC (PWM) interface	
Интернет-сервисы	FTP, ICMP, DNS, TCP server	
Температурный диапазон, °C	-40 ... +85	
Габариты, мм	18,8 × 26,7 × 2,7	
Вес, г	2,7	

анализе этого нескончаемого диспута, а посмотрим внимательно на решение, предложенное специалистами российской компании «НАВИА».

Итак, компания «НАВИА», специализирующаяся на разработке и произ-



*В стремлении  
к совершенству*



**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

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. 3. ГЛОНАСС-модуль НАВИА GL8088s



Рис. 4. ГЛОНАСС-модуль НАВИА ML8088S

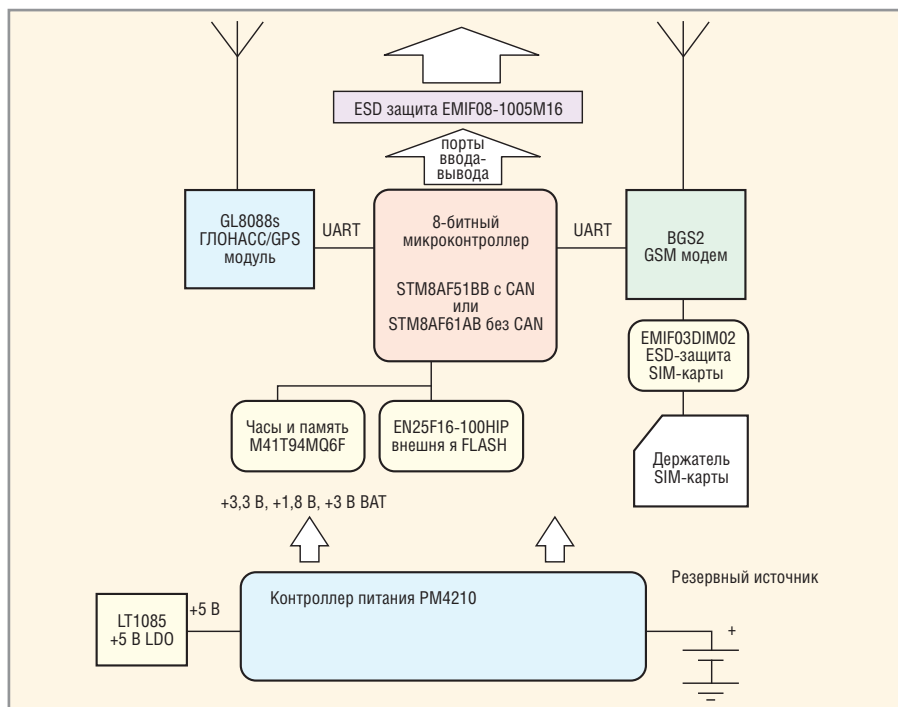


Рис. 5. Схема «трекер без использования ОС реального времени»

водстве модулей для систем навигации, предложила навигационный модуль, способный работать с тремя основными навигационными системами – GPS, ГЛОНАСС и GALILEO. Решение, на первый взгляд, лежащее на поверхности, позволяет строить высоконадёжные навигационные системы, использующие преимущества всех трёх систем, в результате чего надёжность, стабильность и точность конечной системы возрастают на порядок.

### Глонасс-модуль НАВИА GL8088S

Как один из характерных примеров линейки модулей НАВИА, рассмотрим GL8088s (рис. 3).

Разумеется, он обладает набором всех «стандартных» функций, позволяющих строить высокоточные и надёжные системы позиционирования и мониторинга подвижных объектов. Перечислим лишь некоторые из них:

- поддержка систем позиционирования – GPS, ГЛОНАСС, GALILEO;

- количество каналов сопровождения – 32;
- прогнозируемость спутниковой обстановки – семь суток.

Чипсет STA8088 производства STMicroelectronics обеспечивает надёжность и стабильность заявленных производителем тактико-технических характеристик.

Низкое энергопотребление наряду с небольшими габаритами делают модули НАВИА незаменимыми при проектировании конечных навигационных устройств.

Модуль НАВИА GL8088s обеспечивает формирование сигнала временной привязки 1PPS. Предусмотрена возможность коррекции времени задержки, выдачи сигнала для компенсации особенностей радиотракта и длины антенного кабеля конечного оборудования. Включение сигнала 1PPS и коррекция задержки производятся при помощи специальных команд. Наличие режима AGPS в двух вариантах – с получением информации от внешних источников

(серверов Predictive) через каналы связи (например, GPRS) и с автономным расчётом и накоплением предсказанной спутниковой обстановки – позволяет модулю успешно конкурировать не только с существующими GPS/ГЛОНАСС-приёмниками, но и с приёмниками GPS, выполненными на самых новых и перспективных чипсетах.

При разработке модуля НАВИА GL8088s основное внимание уделялось простоте перехода аппаратуры заказчиков на новый модуль, поэтому напряжение питания, входные и выходные сигналы полностью совместимы с соответствующими напряжениями и сигналами модуля «ГеоС-1М».

### Глонасс-модуль НАВИА ML8088S

В настоящее время доступен для заказа НАВИА ML8088s (рис. 4). По фактору он аналогичен широко распространённому приёмнику EB500 (размеры 13 × 15 × 3 мм) и предназначен для его замены с целью перевода изделий заказчиков на ГЛОНАСС. Таким образом, НАВИА ML8088s представляет собой новое поколение ГЛОНАСС-модулей, за разработкой которых стоит крупный мировой производитель устройств микроэлектроники. Несомненно, данный модуль открывает широкие горизонты массовому потребителю навигационных устройств на базе ГЛОНАСС в силу оптимальной цены и возможности заказа различных форм-факторов, в том числе совместимых. Навигационный модуль российского производства при поддержке специалистов лаборатории «ГЛОНАССНАВИ» позволяет интеграторам в короткие сроки выводить на рынок ГЛОНАСС-устройства, получать оперативную техническую помощь и гарантийное обслуживание.

Применение НАВИА в своих устройствах позволит не только снизить общую стоимость разрабатываемых приборов, но и получить надёжное средство с высокой чувствительностью ГЛОНАСС-позиционирования.

В завершение хотелось бы отметить, что два рассмотренных продукта, каждый из которых является современным представителем в своём классе приборов, позволяют при их объединении в короткие сроки строить эффективные, надёжные конечные системы и приборы в области позиционирования и мониторинга. Один из возможных вариантов таких систем представлен на рис. 5.



# Новости мира News of the World Новости мира

## TSMC пересмотрит капитальные затраты на 2012 г.

Как сообщил недавно исполнительный директор и председатель совета директоров TSMC Моррис Чанг (Morris Chang), компания на встрече с инвесторами представила пересмотренный бюджет на капитальные затраты в текущем году. Крупнейший контрактный производитель принял решение увеличить объёмы инвестиций в 2012 г., которые ранее были установлены на отметке в \$6 млрд.

В первую очередь средства будут затрачены на расширение передовых 28-нм норм, спрос на которые превысил предполагавшийся ранее уровень. Клиенты компании требуют заметного увеличения производственных возможностей на передовых нормах по сравнению с прошлым годом, а потому TSMC построит новые 28-нм линии.

Также, по словам господина Чанга, его компания намерена начать массовое 20-нм производство ранее намеченного в прежних планах срока. Глава тайваньского полупроводникового гиганта отмечает, что к 20-нм производству его компания может приступить уже в 2013 г.

Ресурс Digitimes, ссылаясь на анонимные рыночные источники, сообщает о том, что TSMC собирается расширить свои капитальные инвестиции в этом году до суммы в \$6,8 млрд.

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

## Правительство вводит пошлину на ввоз компьютеров в Россию в размере 10%

Согласно данным новостного агентства «РИА Новости», подкомиссия правительства РФ по таможенно-тарифному и нетарифному регулированию под председательством первого вице-преьера Виктора Зубкова одобрила введение 10-процентной импортной пошлины на компьютеры, за исключением ноутбуков. В настоящее время действует нулевая ставка пошлины на ввоз подобных устройств.

Сообщения о том, что в правительстве обсуждается вопрос введения пошлины на ввоз в Россию компьютеров, появились в



начале этой недели. В качестве причины была названа необходимость защиты отечественного производителя.

Следует отметить, что в связи с присоединением страны к ВТО, согласно требованиям этой организации, размер ввозной пошлины ограничивается десятью процентами в течение первого года, а в течение второго года предел пошлины на ввоз снижается до 6,6%.

По данным президента компьютерного сборщика «К-системс Ирбис» Эдуарда Воронцовского, чьи представители присутствовали на заседании рабочей группы подкомиссии, занимавшейся подготовкой проекта решения, обсуждались два предложения. Минпромторг и Федеральная таможенная служба (ФТС) высказались за пошлину в размере 10%, Федеральная антимонопольная служба (ФАС) и Минфин предложили 6,6%.

Комментарии экспертов по поводу решения о вводе пошлины на ввоз компьютеров в Россию появятся немного позже. Напомним лишь о предупреждении генерального менеджера по дистрибуции Dell в России Константина Исаакяна о том, что пошлина в размере 10% неизбежно повлечёт за собой рост стоимости зарубежных компьютеров.

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

## IHS iSuppli: в 2012 г. рынок NAND вырастет на 8%

Согласно прогнозам аналитического агентства IHS iSuppli, в 2012 г. доходы производителей в отрасли NAND-микросхем вырастут на 8%. Это объясняется ростом спроса на флэш-память со стороны разных сегментов, включая ультрабуки, которые оснащаются твердотельными накопителями.



Доходы на мировом рынке NAND-чипов вырастут до \$22,9 млрд. в 2012 г. Основными потребителями флэш-памяти станут три ключевых направления – смартфоны, планшетные компьютеры и ультрабуки. В последующие годы аналитики прогнозируют дальнейший рост отрасли. К 2016 г. доходы от продаж NAND-чипов могут составить почти \$31 млрд.

В совокупном объёме поставок NAND-микросхем на планшеты придётся 12%, что эквивалентно 3,6 млрд. гигабайт. Среди компаний одним из главных потребителей флэш-памяти остаётся компания Apple. В 2012 г. на её долю придётся 25% всего объёма поставок в отрасли NAND.

<http://www.3dnews.ru/isuppli.com>

## Суд предложил руководителям Apple и Samsung лично встретиться для урегулирования спора

Затянувшееся патентное противостояние между Apple и Samsung пока не оставляет никаких надежд на скорое окончание, хотя суд по-прежнему предпринимает попытки по завершению конфликта. Окружной судья Люси Кох (Lucy Koh) на заседании суда Южного округа Сан-Хосе штата Калифорния заручилась согласием первых руководителей компаний Тима Кука (Tim Cook) и Чой Джи-сунга (Choi Gee-sung) на личную встречу с целью достижения мирных договорённостей. На встрече, которая должна пройти в течение 90 дней, будет присутствовать мировой судья из Сан-Франциско, а также главные юристы компаний.



Следует заметить, что согласие руководителей на личную встречу вовсе не означает обоюдное желание урегулировать спор. Согласно процедуре альтернативного решения спора (Alternative Dispute Resolution, ADR), предполагающей решение спорных моментов за пределами помещения суда, в случае поступления предложения судьи и согласия на встречу одной из сторон, у второй стороны нет другого выхода, кроме как тоже принять предложение. Если же вторая сторона всё же решит отказаться от ADR, её поведение будет признано «не особо конструктивным», что значительно снижает шансы на победу в судебном процессе. Поэтому пока нет никакой веры в то, что Apple откажется от обвинений Samsung в копировании дизайна «яблочных» устройств, а также заимствовании защищённых патентами решений, а южнокорейская компания отзовёт свои встречные иски.

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

# Усилитель Доэрти и его реализации на компонентах компании Cree

Левон Аветисян (Москва)

В статье рассматриваются преимущества усилителей СВЧ на основе гетероструктур GaN для телекоммуникационных систем нового поколения. Описан классический усилитель Доэрти, позволяющий достичь высоких уровней КПД. Приведён обзор различных модификаций усилителя и способов улучшения характеристик передающих сигналов для базовых станций.

## ВВЕДЕНИЕ

В последнее десятилетие наблюдается бурный рост мобильной связи и мобильного доступа в Интернет. Базовые станции для мобильной связи строятся на полупроводниковых приборах с преобладающей технологией GaN на SiC. Транзисторы, выполненные по этой технологии, являются перспективными для применения в передающих СВЧ-устройствах. Это обусловлено рядом преимуществ широкозонных структур на основе GaN перед структурами на основе узкозонных полупроводниковых материалов.

Основное преимущество транзисторов на основе GaN – высокая удельная мощность, что позволяет упростить топологию монолитных интегральных схем усилителей мощности, повысить их эффективность, уменьшить массу и улучшить габаритные параметры. Развитие данной технологии привело к существенным практическим результатам, в том числе, разработке и массовому производству мощных СВЧ-транзисторов и монолитных интегральных схем [1].

В последние несколько лет были решены основные производственные и технологические проблемы, не позволявшие транзисторам, а также моно-

литным интегральным схемам на основе GaN, выйти на коммерческий уровень [1, 2]. С этого момента началось активное внедрение технологии структур на основе GaN в область СВЧ-приборов. Темпы промышленного освоения новой технологии в 2-3 раза превышают темпы, которыми развивались технологии создания приборов на основе кремния (Si) и арсенида галлия (GaAs) [1, 2].

## ОСНОВНЫЕ ПРЕИМУЩЕСТВА ПРИМЕНЕНИЯ ГЕТЕРОСТРУКТУР НА ОСНОВЕ GaN В СВЧ-ПРИБОРАХ

В гетероструктурах на основе GaN и его твёрдых растворов можно формировать слои с различным составом и свойствами, что открывает широкие возможности для их конструирования и оптимизации под конкретные задачи [1, 3]. В гетероструктурах AlGaIn/GaN полярная природа GaN и AlGaIn приводит к их спонтанной поляризации уже в процессе роста. Кроме того, возникает дополнительная пьезоэлектрическая поляризация из-за тангенциальных растягивающих напряжений на границе раздела AlGaIn/GaN. В гетероструктурах InGaIn/GaN, напротив, при выращивании слоя InGaIn/GaN возникают сжимающие напряжения, которые приводят к генерации зарядов противоположного знака. Таким образом, в гетероструктурах на основе GaN и его твёрдых растворов можно управлять концентрацией двумерного газа носителей, что позволяет оптимизировать их свойства под конкретные применения уже в процессе роста [1, 3].

Одним из важнейших преимуществ гетероструктур на основе GaN и его твёрдых растворов является углубление подзатворной области путём плазмохимического травления, которое

обычно совмещается с процедурой травления щели в диэлектрике [1, 3]. В результате происходит улучшение многих параметров, в том числе, крутизны транзистора из-за уменьшения расстояния затвор–канал. Также наблюдается снижение сопротивления истока и стока из-за отсутствия обеднения областей затвор–исток и затвор–сток транзистора. Практически устраняются переходные процессы при включении транзистора из-за уменьшения влияния ловушек в области затвор–сток, т.к. поверхность, на которой они находятся, может быть отодвинута на безопасное расстояние [1, 3].

Ведущие компании – Cree, TriQuint, Northrop Grumman и др. – достигли хороших частотных параметров транзисторных структур. Это привело к созданию эффективных интегральных схем усилителей мощности, которые более чем в десять раз превосходят интегральные схемы на основе GaAs по массогабаритным параметрам в сравнимых диапазонах [1, 3]. Указанными производителями уже освоен массовый выпуск усилителей мощности на основе GaN-гетероструктур с частотами до 100 ГГц. Компанией QuinStar Technology совместно с HRL разрабатываются приёмопередающие модули для радиолокаторов диапазона 94 ГГц с выходной мощностью более 5 Вт [1, 3].

## ВОЗМОЖНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ТРАНЗИСТОРОВ НА ОСНОВЕ ГЕТЕРОСТРУКТУР GaN В УСИЛИТЕЛЯХ ДЛЯ СОВРЕМЕННЫХ СИСТЕМ СВЯЗИ

Разработчики приборов на основе GaN проявляют большой интерес к широкополосным системам связи, в первую очередь, к применению GaN-транзисторов в базовых станциях стандартов W-CDMA, UMTS, WiMAX и др. Развитие этого направления идёт как за счёт совершенствования параметров самих GaN-транзисторов, так и путём повышения эффективности усилителей базовых станций – использования схем Доэрти [4] и применения различных режимов высокоэффективного усиления [2].

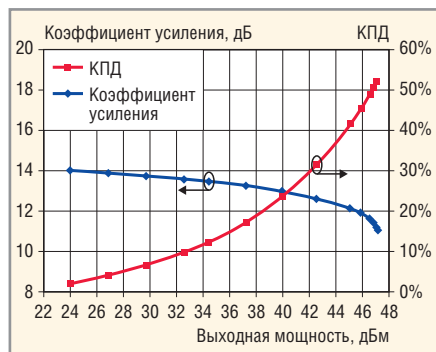


Рис. 1. Зависимость усиления и КПД транзистора CGN40045 от выходной мощности

Новые стандарты связи, такие как W-CDMA, WiMAX, и технологии четвёртого поколения LTE предъявляют всё более жёсткие требования к усилителям мощности. Увеличение скорости передачи данных приводит к расширению полосы частот, а на высоких рабочих частотах нитрид-галлиевые элементы превосходят LDMOS или GaAs. Другим параметром, который следует учитывать при выборе режимов работы усилителя, является пик-фактор или коэффициент амплитуды – отношение максимального значения сигнала к его среднеквадратическому значению. Для новых стандартов связи он достигает 9...10 дБ. Для сохранения линейности сигнала при его усилении, режим работы транзистора (усилителя) выбирается при токах смещения гораздо меньших по сравнению с током в режиме насыщения. Таким образом, транзистор работает при выходной мощности ниже максимальной (мощности насыщения). Соответственно, уменьшается КПД усилителя, что сказывается на его тепловом режиме и на энергопотреблении.

В качестве примера рассмотрим транзистор CGH40045 производства компании Cree. Несогласованный транзистор Cree CGH40045 работает при рабочем напряжении от 28 В и может быть использован в различных СВЧ-устройствах. Данный транзистор обладает высоким уровнем КПД (до 55%), усилением (до 16 дБ) и широкой полосой пропускания (до 4 ГГц), т.е. идеально подходит для линейных усилителей мощности. Отношение его КПД к выходной мощности представлено на рисунке 1. Из графика видно, что вне режима насыщения КПД транзистора резко снижается.

При конструировании усилителя для передающих станций мобильных систем связи приходится выбирать режим работы транзисторов для сохранения приемлемых уровней пик-фактора, что сказывается на КПД усилителя. При этом постоянно растущие тарифы на электроэнергию вынуждают обращать внимание на увеличение КПД усилителей мощности базовых станций.

Существуют различные методы повышения КПД усилителей при существующих требованиях современных стандартов и сигналов. В последнее время всё более популярным решением становится усилитель Доэрти. Ниже будут кратко описаны методы повышения КПД путём модификации этого усилителя.

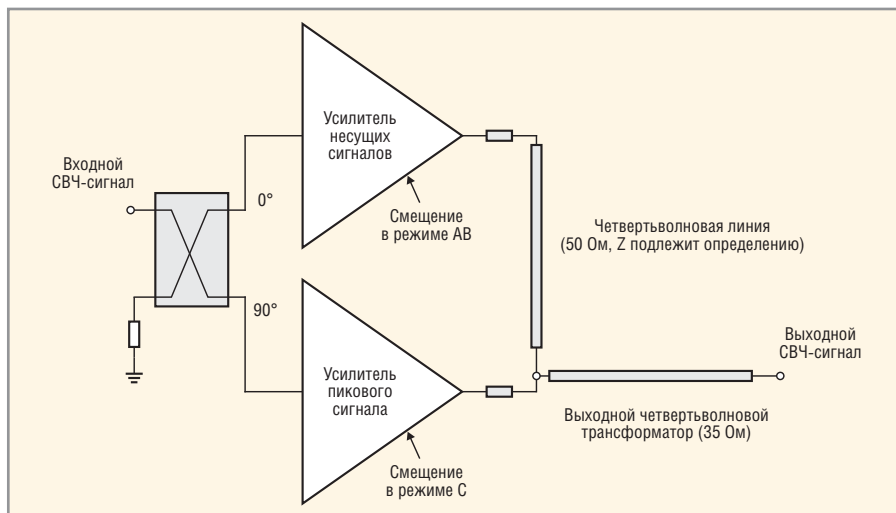


Рис. 2. Классическая схема усилителя Доэрти

### КЛАССИЧЕСКИЙ УСИЛИТЕЛЬ ДОЭРТИ

Данная схема усилителя была разработана Уильямом Доэрти в 1936 г. на вакуумных лампах, но большую популярность она получила в настоящее время. Классическая схема усилителя Доэрти приведена на рисунке 2. Она состоит из двух каскадов: усилителя несущих и усилителя пиковых сигналов. Входящий СВЧ-сигнал разделяется и подаётся на оба усилителя. Усилитель несущих сигналов работает в режиме АВ, а усилитель пиковых сигналов – в режиме С. Основная мощность сигнала усиливается линейным усилителем, при этом второй усилитель «выключен». При пиковых значениях входящего сигнала второй усилитель «включается» и оба усилителя работают совместно, чем достигаются высокие значения КПД. Входящий сигнал для пикового усилителя преднамеренно сдвигается на 90°, чтобы в момент пиковых значений усиление сигнала происходило не одновременно двумя каскадами и, следовательно, не перегружало систему питания.

Ярким примером классической схемы усилителя Доэрти является его реализация для оборудования WiMAX с рабочей частотой 3,5 ГГц и шириной полосы пропускания 28 МГц [5]. Усилитель состоит из двух нитрид-галлиевых транзисторов производства Cree CGH40010 с выходной мощностью 10 Вт и реализован по стандартной схеме с режимами работы АВ для несущего и С для пикового каскадов. Точная настройка выходного согласования усилителя позволяет получить значительный прирост КПД. При этом входящий сигнал делится между транзисто-

рами не поровну, а в отношении 42% для несущего и 58% для пикового каскадов. Разделение мощности осуществляется микрополосковым направленным ответвителем, показанным на рисунке 3. Макет усилителя, собранный по вышеописанной схеме на транзисторах Cree CGH40010 с выходной мощностью 22 Вт, представлен на рисунке 4 [5].

При дополнительных настройках питающего напряжения, токов (напряжений) смещения каждого транзистора, КПД усилителя превышает 55% при работе в диапазоне 6 дБ от выходной мощности, соответствующей расчётной области усиления. Наблюдение за токами стоков обоих транзисторов показывает момент включения пикового транзистора при достижении пер-

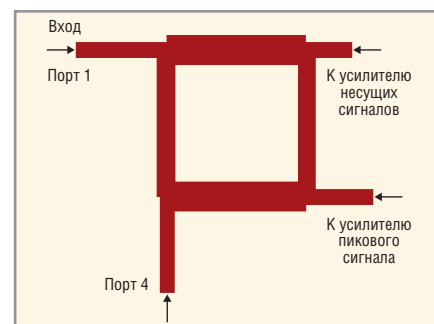


Рис. 3. Микрополосковый направленный ответвитель

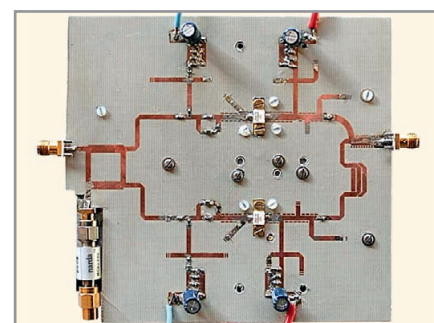
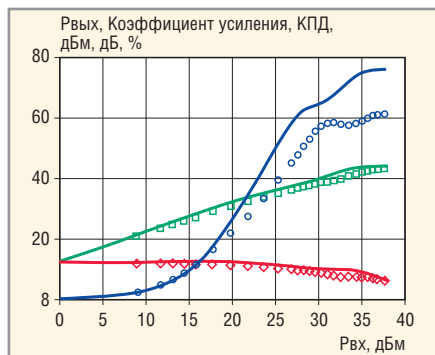
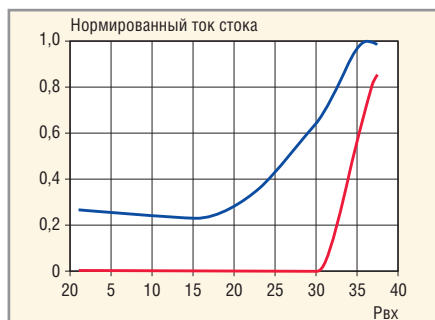


Рис. 4. Макет усилителя Доэрти

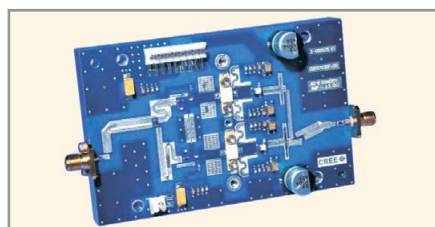


**Рис. 5. Зависимость выходной мощности, усиления и КПД от входного уровня мощности для макета усилителя**

$P_{\text{вых}}$  – зелёная кривая, коэффициент усиления – красная, КПД – синяя

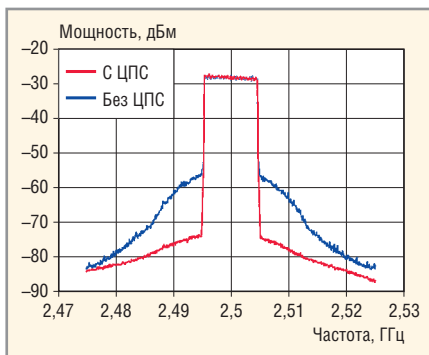


**Рис. 6. Зависимость нормированного тока транзистора от входного уровня мощности**



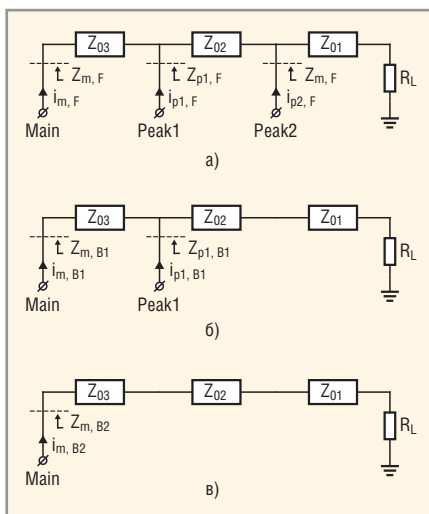
**Рис. 7. Усилитель Доэрты на транзисторах Cree CGH27030F**

вого пика насыщения КПД. На рисунке 5 приведена зависимость КПД усилителя от входного уровня мощности. Синяя кривая показывает расчётные значения, а измеренные значения



**Рис. 8. Спектральная маска усилителя Доэрты с цифровым предискажением сигнала (ЦПС) и без такового**

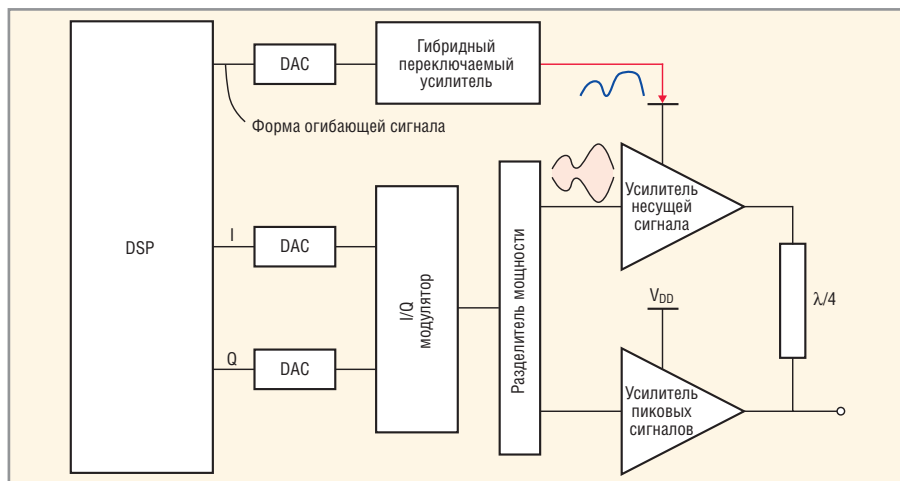
Несущая частота 2,5 ГГц, средняя мощность 8 Вт, напряжение питания +28 В, ток 600 мА, КПД 48%



**Рис. 9. Выходное согласование усилителей при различных режимах работы**

а) при максимальной мощности, б) при работе одного пикового усилителя – первая точка отклонения, в) при работе только усилителя основного сигнала – вторая точка отклонения

представлены синими кружочками. На рисунке 6 приведён график зависимости тока стока, нормированного на максимальное значение тока, равного 700 мА, от входного уровня мощности.



**Рис. 10. Блок схема усилителя Доэрты с модуляцией питания усилителя основного сигнала**

В режиме насыщения усилителя его КПД достигает 65%.

### МОДИФИКАЦИИ УСИЛИТЕЛЕЙ ДОЭРТИ

Для современных стандартов связи требования к выходным усилителям мощности не ограничиваются шириной пропускания и крест-фактором. Немаловажным параметром является спектральная маска излучения – взаимовлияние соседних каналов. Для систем WiMAX при смещении 1,5 МГц значение данного параметра достигает -45 дБ. Обычные усилители (без коррекций сигнала) превышают это значение на 15...20 дБ. Чтобы соответствовать требованиям стандарта, необходимо совершенствовать передающие усилители в трёх направлениях [6]:

- улучшать параметры GaN-транзисторов с целью уменьшения емкостных сопротивлений и эффекта захвата;
- совершенствовать цифровые системы предискажений и программного обеспечения к ним;
- осуществлять тонкую настройку усилителей Доэрты для достижения наилучших параметров в части уменьшения эффекта памяти, увеличения усиления и полосы пропускания.

Такой подход к разработке усилителя Доэрты с цифровым предискажением сигнала [6] основан на классической схеме, где активными элементами являются транзисторы Cree CGH27030F с выходной мощностью 30 Вт (см. рис. 7).

Результат тестирования модели такого усилителя представлен на графике зависимости мощности от частоты (см. рис. 8). Видно заметное улучшение спектральных характеристик при использовании цифрового предискажителя. Совместно со схемой усилителя Доэрты, результирующий усиленный сигнал будет полностью соответствовать требованиям современных стандартов беспроводной связи.

Стандартная схема усилителя Доэрты состоит из двух каскадов, но на практике иногда используют три, четыре и более каскадов, что повышает КПД устройства. Рассмотрим 100-Вт усилитель, основанный на схеме Доэрты с тремя каскадами [4]. Основные проблемы возникают при согласовании выходов трёх транзисторов и выборе режима их работы (выбор точек последовательного включения пиковых транзисторов) (см. рис. 9).

Несмотря на то что конструирование такой схемы является сложной задачей, результат оправдывает усилия. КПД такого усилителя при работе с полной мощностью 50 дБм составляет 68%, при работе в первой точке отклонения 45 дБм выходной мощности КПД равен 70,4%. При работе во второй точке отклонения 38 дБм выходной мощности КПД равен 64%.

Дальнейшая модификация основной схемы усилителя Доэрты приводит к сложным решениям. Одно из них – использование модуляции напряжения питания транзисторов [7]. Данный метод и без использования усилителя Доэрты позволяет повысить КПД, а при использовании совместно с усилителем Доэрты КПД даёт двойной эффект. Подобная схема представлена на рисунке 10, где усилитель Доэрты совмещён со схемой модуляции напряжения сток–исток в зависимости от входящей мощности для транзистора усиления несущего сигнала, чтобы увеличить его КПД [6]. В результате комбинированная схема позволяет достичь уровня КПД 50,9% по сравнению с КПД обычного усилителя 35%, усилителя Доэрты 49,7% и обычного усилителя с модуляцией питания 42,3%.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Несмотря на то что интерес к усилителям Доэрты при использовании в беспроводных сетях связи возник недавно, на данный момент существует множество их модификаций, которые защищены патентами. Большой базой патентов усилителей Доэрты обладает компания Cree, которая предоставляет право их использования другим компаниям по соответствующему соглашению. Построение усилителя Доэрты на высокоэффективных GaN-компонентах компании Cree позволяет достичь высоких и даже рекордных значений КПД системы. Развитие новых стандартов связи, требующих увеличения КПД базовых станций, предполагает интенсивное применение усилителей Доэрты в ближайшем будущем.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Туркин А.Н. Обзор развития технологии полупроводниковых гетероструктур на основе нитрида галлия (GaN). Полупроводниковая светотехника. 2011. № 6. С. 6–9.
2. Кищинский А.А. Твердотельные СВЧ-усилители на нитриде галлия – состояние и перспективы развития. Материалы 19 Крымской конф. «СВЧ-техника и телеком-

муникационные технологии». Вебер, 2009.

3. Фёдоров Ю. Широкополосные гетероструктуры (Al, Ga, In)N и приборы на их основе для миллиметрового диапазона длин волн. Электроника НТБ. 2011. № 2. С. 92–107.
4. Pelk M., Neo E., Gajadbarsing J., Pengelly R., Vreede L. A high-efficiency 100-W GaN three-way Doherty amplifier for base-station application. IEEE Trans. Microwave Theory and Techniques. July 2008. Vol. 56. P. 1582–1591.
5. Rubio J., Fang J., Qualgia R., Camarchia V., Pirola M., Donati Guerrieri S., Gbione G. A 22 W 65% efficiency GaN Doherty power amplifier at 3,5 GHz for WiMAX applications. Workshop on Integrated Nonlinear Microwave and Millimetre-Wave Circuits (INMMIC 2011). Vienna, 8–19 April, 2011.
6. Wood S., Pengelly R., Crescenzi J. A high efficiency Doherty amplifier with digital predistortion for WiMAX. IEEE Trans. Microwave Theory and Techniques. Feb. 2011. Vol. 59. P. 425–434.
7. Moon J., Son J., Kim J., Kim I., Jee S., Woo Y.Y., Kim B. Doherty amplifier with envelope tracking for high efficiency. IEEE MTT-S Interm., Microwave Symp. Digest (MTT). Anaheim, CA, USA. 23–28 May 2010. P. 1086–1089.



# Широкополосные СВЧ

## Транзисторы GaN HEMT и микросхемы MMIC

**Транзисторы и кристаллы на основе GaN**

- Ширина затвора 0,4 мкм
- Рабочая частота до 6 ГГц
- Выходная мощность до 240 Вт

**Новые кристаллы**

- Ширина затвора 0,25 мкм
- Рабочая частота до 18 ГГц

**Дополнительные продукты и услуги**

- Отладочные платы
- Модули для САПР
- Контрактное производство

**ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР КОМПАНИИ CREE (MICROWAVE) В РОССИИ**

АКТИВНЫЙ КОМПОНЕНТ ВАШЕГО БИЗНЕСА

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

Реклама

# САПР ADS 2011.10: новая эпоха проектирования ВЧ- и СВЧ-устройств

Джек Сифри (США)

Современные методы проектирования ВЧ-устройств постоянно развиваются. Вместо использования одной монолитной ИС несколько кристаллов объединяют в один корпус или модуль, где элементы схем располагаются гораздо ближе друг к другу. Чтобы исключить негативное взаимное влияние различных технологий, необходима платформа, позволяющая проектировать модули на основе разных технологий. Такой платформой является САПР ADS 2011, которая поддерживает наиболее полный в отрасли набор технологий изготовления.

Система автоматизированного проектирования Advanced System Design (ADS) 2011 от компании Agilent Technologies представляет собой самую мощную версию ADS – одного из лучших в отрасли программных пакетов за последнее десятилетие. Усовершенствованная практически во всех аспектах платформа теперь сможет помочь любому разработчику ВЧ-/СВЧ-устройств, в том числе, монолитных интегральных схем СВЧ, модулей или печатных плат. Основным отличием САПР ADS 2011 является возможность одновременного использования в одном проекте нескольких различных технологий.

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕСКОЛЬКИХ ТЕХНОЛОГИЙ

Современные методики проектирования ВЧ-устройств постоянно развиваются. В коммерческой беспроводной связи и аэрокосмической/оборонной промышленности усложнение схем и увеличение степени интеграции стали обычным явлением. Современные изделия практически невозможно выполнить в виде одной монолитной ИС. Теперь несколько кристаллов объединяют в один корпус или модуль, и в результате более глубокой интеграции элементы схем располагаются гораздо ближе друг к другу, даже если они изготовлены по различным техноло-

гиям. Для решения проблемы взаимовлияния технологий требуется платформа, позволяющая проектирование на основе разных технологий, каковой и является САПР ADS 2011 (см. рис. 1).

Существующие на сегодняшний момент средства проектирования других производителей позволяют работать в рамках только одной технологии. Чаще всего программное обеспечение (ПО), используемое для разработки ИС, отличается от ПО, применяемого для разработки модуля. Последнее ориентировано на проектирование печатной платы и, как правило, не учитывает взаимного влияния технологий, по которым произведены отдельные компоненты. С помощью САПР ADS 2011.10 инженеры могут не только проектировать ИС, модули и печатные платы в одной среде разработки, но и объединять разные технологии на единой платформе.

## РАЗРАБОТКА МОДУЛЕЙ

В качестве примера, иллюстрирующего возможности ADS 2011.10 при проектировании с использованием нескольких технологий, рассмотрим разработку 10-ГГц усилителя (см. рис. 2). Задача: требуется разработать гибридную ИС, поместить её в корпус и затем установить на печатную плату. В проекте задействованы три различные технологии. С помощью САПР ADS 2011 такое сложное проектирование можно осуществить без внесения каких-либо изменений в отдельные проекты. Разработчику не придётся беспокоиться о нестыковках в наименованиях компонентов, в библиотеках технологических процессов (PDK), в определениях слоёв подложки или в других аспектах используемых технологий. После того как все этапы разработки сведены в единое целое, можно промоделировать всю структуру. При этом гарантируется, что требования спецификации (технического задания) будут соблюдены для всего проекта.

Кроме моделирования цепей, также можно выполнить электромагнитное (ЭМ) моделирование такой структуры с помощью планарного 3D-симулятора Momentum или 3D-симулятора FEM (на основе метода конечных элементов) (см. рис. 3), что позволит инженерам

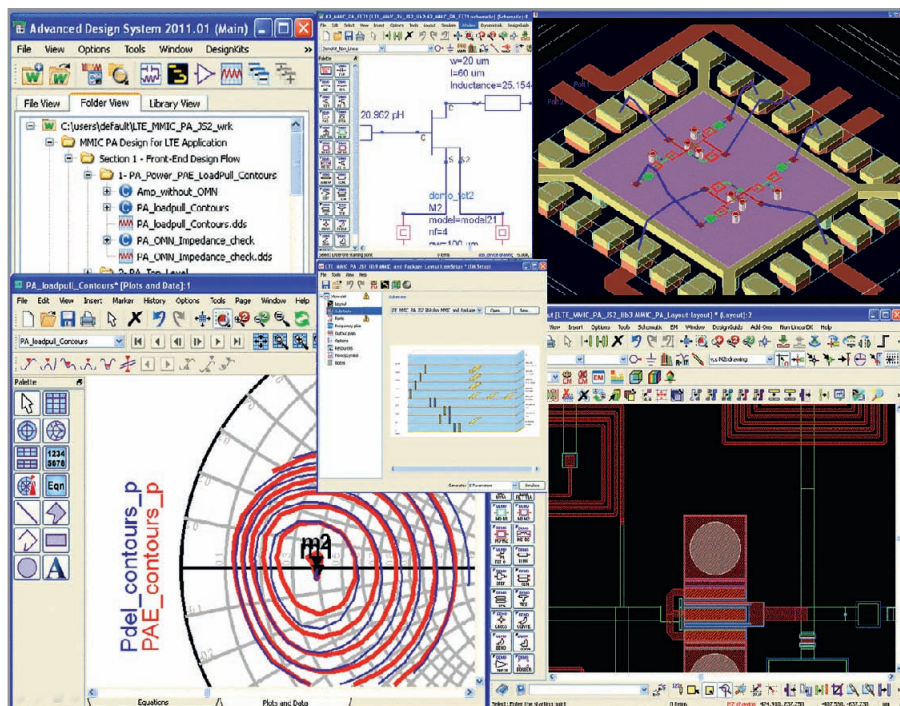
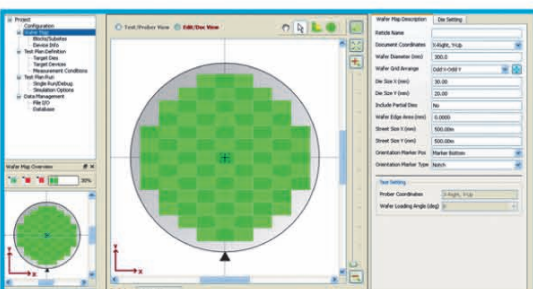
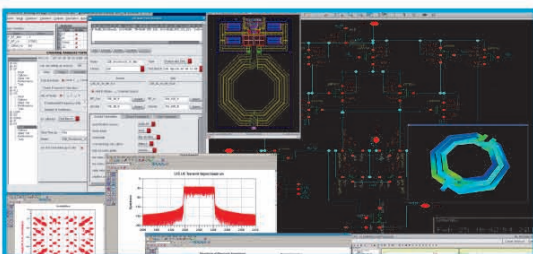
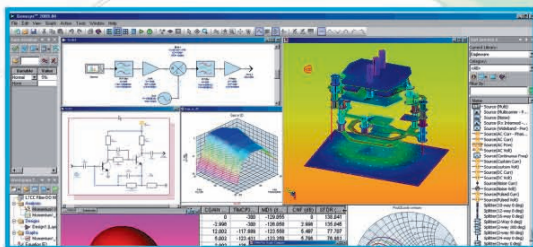
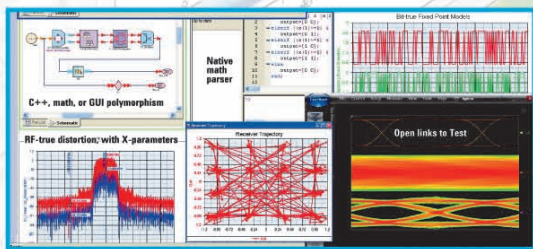
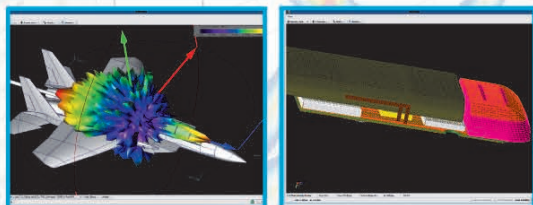
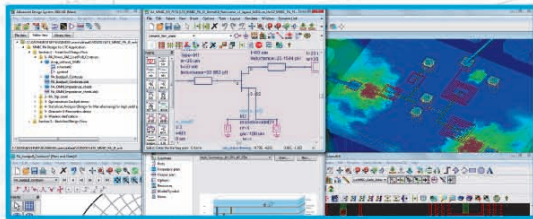
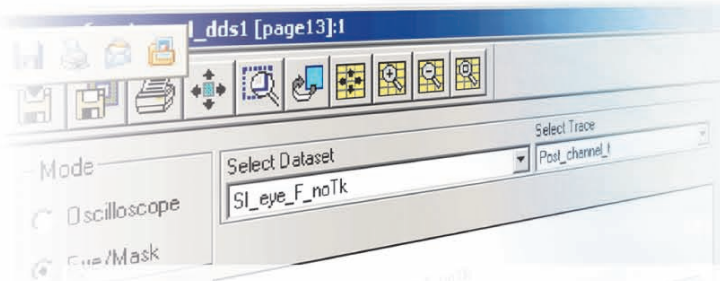


Рис. 1. САПР ADS 2011 предлагает революционные возможности проектирования с использованием нескольких технологий в одном проекте

# САПР Agilent EEsof:

# решения для любых задач и бюджетов



**ADS** – многофункциональная программная платформа для автоматизированного проектирования аналоговых ВЧ/СВЧ устройств и цифровых систем.

**EMPro** – средство трехмерной разработки и электродинамического моделирования антенн и 3D-объектов (корпусов, волноводов, КВП) методами FEM, Eigenmode и FDTD.

**SystemVue** – система для проектирования алгоритмов обработки и преобразования сигналов (библиотеки WiMAX, LTE, DVB, 3G, RADAR) на системном уровне с возможностью автоматической генерации Verilog/VHDL и C-кода.

**Genesys** – бюджетная среда проектирования аналоговых ВЧ/СВЧ цепей и систем с русскоязычным интерфейсом.

**GoldenGate** – передовое решение для расчетов высокочастотных интегральных схем, содержащее все методики моделирования САПР ADS. Программа интегрирована в среду Cadence Virtuoso Analogue Design Environment.

**IC-CAP** – программа для измерения параметров полупроводниковых компонентов и создания их поведенческих моделей/библиотек для других САПР.

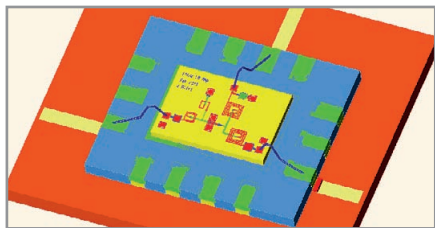


Рис. 2. Усилитель сигнала гетеродина частотой 10 ГГц, изготовленный с использованием нескольких технологий

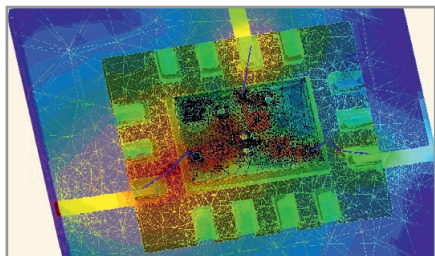


Рис. 3. Анализ электромагнитного взаимодействия при использовании нескольких технологий

анализировать влияние электромагнитного взаимодействия даже за пределами одной технологии. Решив эти проблемы до запуска изделия в производство, можно избежать дорогостоящего производственного брака и выполнить график поставки изделий.

### СТАНДАРТ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ВЧ-/СВЧ-УСТРОЙСТВ

САПР ADS 2011.10 представляет собой новейшую версию известной платформы САПР ADS для проектирования и моделирования ВЧ-/СВЧ-устройств, которая стала стандартом в аэрокосмичес-

кой и оборонной отраслях, а также для разработчиков телекоммуникационного оборудования и средств беспроводной связи. Для таких приложений, как WiMAX, LTE, радиолокационных и спутниковых систем, а также для высокоскоростных каналов передачи данных, ADS обеспечивает полный цикл проектирования с соблюдением соответствующих стандартов, верификацию с использованием библиотек беспроводной связи, а также совместное схмотехническое, системное и ЭМ-моделирование на единой платформе. По сравнению с предыдущими версиями, САПР ADS 2011.10 обладает новыми возможностями, независимо от использования одной или нескольких технологий.

### ТЕХНОЛОГИЯ ЭМ-МОДЕЛИРОВАНИЯ ТЕПЕРЬ ДОСТУПНА КАЖДОМУ ИНЖЕНЕРУ-РАЗРАБОТЧИКУ

В современных условиях, когда размеры устройств значительно уменьшились, а сложность возросла, ЭМ-анализ стал необходимым этапом успешной разработки. За последние несколько лет платформа ADS вобрала в себя беспрецедентный набор технологий ЭМ-анализа, в том числе, планарный и 3D FEM-симуляторы в единой, интегрированной среде. С помощью САПР ADS были достигнуты значительные успехи на пути превращения ЭМ-анализа в инструмент, доступный широкому кругу инженеров.

САПР ADS 2011.10 отличается единым графическим редактором определения

слоя, который позволяет задавать технологические характеристики подложки (диэлектрик, металлы, переходные отверстия, свойства материалов). Несколько диалоговых процедур, используемых для настройки и запуска моделирования, были объединены в одну процедуру, используемую для обоих симуляторов. Параметры настройки моделирования можно сохранить и повторно использовать для других проектов или для совместной работы в группе. Кроме того, была увеличена производительность базовой технологии, что обеспечило решение более сложных задач. Теперь параметризованные 3D-модели могут быть импортированы в качестве компонентов ADS 2011.10 из САПР Electromagnetic Professional (EMPro) – платформы компании Agilent для создания 3D-моделей и ЭМ-анализа. Эти компоненты могут быть объединены с топологией и промоделированы как единая физическая структура.

### НОВЫЙ УРОВЕНЬ ГИБКОСТИ И ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ

Ключевым усовершенствованием САПР ADS 2011.10 является новый подход к структурированию данных проекта. Каждая часть схемы или отдельный компонент теперь представляет собой ячейку, которая может иметь различные представления, описываемые определёнными моделями, например, схмотехнической, поведенческой (на основе набора данных измерений) или электромагнитной (см. рис. 4). Это упрощает организацию данных и позволяет находить компромисс между скоростью и точностью моделирования. Кроме того, новый контроллер расчёта переменной нагрузки (Load Pull) упрощает импорт данных и сокращает время проектирования и моделирования. Среди других новых возможностей – многоуровневая полусферическая модель, которая более точно описывает неровности и шероховатости поверхности проводников в топологическом редакторе, симулятор Momentum и переработанная функция построения диаграммы Смита.

САПР ADS 2011.10 также отличается значительными усовершенствованиями в работе с топологией, не последним из которых является новая база данных материалов на основе отраслевых стандартов. Специальные кнопки в окне топологии, добавленные ко всем основным графическим элементам, позволяют более эффективно редактировать

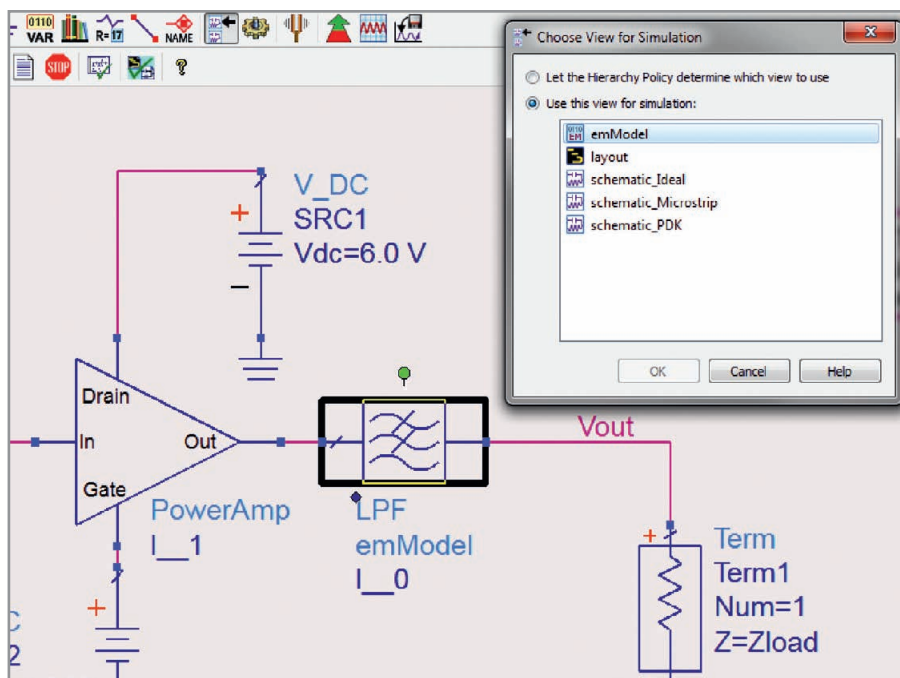


Рис. 4. Использование различных типов описаний модулей и компонентов в САПР ADS 2011.10

схему. Существенно упростилось создание и размещение проволочных перемычек – их можно моделировать непосредственно в Momentum. Дальнейшие усовершенствования, повышающие эффективность работы проектировщиков, связаны с новым редактором командной строки, использующим десятки распространённых функций работы в графическом редакторе, и с новой панелью инструментов топологии.

### ПЛАТФОРМА ДЛЯ РЕШЕНИЯ ТЕКУЩИХ И БУДУЩИХ ЗАДАЧ

С выходом версии ADS 2011.10 данная платформа стала первым инструментом проектирования устройств ВЧ/СВЧ, построенным по идеологии открытой системы OpenAccess и использующим базу данных (БД) на основе отраслевых стандартов (такой подход поддерживается организацией Si2, объединяющей около 100 ведущих компаний). Эта база данных не только обеспечивает широкие возможности и повышает производительность при проектировании в рамках одной технологии, но и удовлетворяет повышенным требованиям к платформе разработки на основе нескольких технологий. В отличие от специализированных БД, используемых сегодня в других средствах разработки ВЧ-/СВЧ-устройств, база OpenAccess предназначена для совместного применения всеми компаниями отрасли. Системы автоматизированного проектирования ведущих поставщиков в настоящее время также строятся на основе БД OpenAccess. Дополнительная информация о БД OpenAccess и особенностях её использования в среде ADS 2011 представлена на интернет-странице [www.agilent.com/find/eef-sof-openaccess](http://www.agilent.com/find/eef-sof-openaccess).

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Стремительное совершенствование ВЧ-/СВЧ-устройств требует учёта передовых технологий изготовления ИС, моделирования их взаимодействия в сложных устройствах и выявления проблем совместимости до начала производства. САПР ADS 2011 предоставляет наиболее полную на сегодняшний день среду разработки на единой интегрированной платформе, решающую проблему проектирования с использованием нескольких технологий. Более подробная информация о ADS 2011 приведена на интернет-странице [www.agilent.com/find/eef-sof-ads2011](http://www.agilent.com/find/eef-sof-ads2011).



## Новости мира News of the World

### В мае UMC начнёт строительство двух цехов по выпуску 28-нм чипов

Тайваньский контрактный производитель чипов United Microelectronics Corp. (UMC), как сообщает ресурс Digitimes, запланировал на май церемонию закладки первого кирпича в фундаменте двух новых цехов (Phase 5 и Phase 6) завода Fab 12A по выпуску 300-мм кремниевых пластин, расположенного в Южном научном парке Тайваня (The Southern Taiwan Science Park, STSP). Новые производственные мощности предполагается использовать для производства 28-нм чипов.

Представитель UMC сообщил, что, согласно планам компании, к концу 2012 г. производство чипов с использованием 28-нм процесса достигнет 5% от общего выпуска продукции, в то время как доля 40-нм сегмента составит около 15%. Следует отметить, что UMC предпринимает значительные усилия для расширения производственных мощностей, что поможет ей увеличить отрыв от компании Globalfoundries.

Согласно данным Gartner, компания TSMC по-прежнему лидирует среди производителей полупроводников с долей рынка 48,8%. На втором месте рейтинга, по итогам 2011 г., находится UMC с долей рынка 12,1%. Третье место у компании Globalfoundries, чья доля рынка всего на 1% меньше, чем у UMC.

Выручка UMC в первом квартале 2012 г. оказалась выше прогнозируемой экспертами, составив 23,77 млрд. тайваньских долларов (\$804,3 млн.), что на 3% меньше показателя предыдущего квартала.

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

### TSMC начала строительство пятой очереди Fab 14

Компания TSMC 9 апреля провела церемонию закладки первого кирпича в фундамент пятой очереди (Phase 5) завода Fab 14, расположенного в Южном научном парке Тайваня (The Southern Taiwan Science Park, STSP). Так же, как и шестая очередь (Phase 6) комплекса Fab 12 в научном парке Хсинчу (Hsinchu Science Park), новый модуль Phase 5 предназначен для выпуска продукции с использованием 20-нм техпроцесса.

Запуск шестой очереди комплекса Fab 12 в Хсинчу намечен на 2013 г., а старт выпуска продукции пятой очередью Fab 14 запланирован на начало 2014 г. Согласно данным источников Digitimes, только «чистые комнаты» (изолированные производственные помещения, где поддерживают-



ся стерильные условия с возможностью контроля целого ряда параметров, включая влажность, температуру и давление) пятой и планируемой шестой очередей Fab 14 будут занимать площадь около 87 тыс. кв. м, что в четыре раза больше габаритов обычной фабрики по выпуску 300-мм кремниевых пластин.

Fab 14 является вторым заводом TSMC по производству 300-мм пластин (первый – Fab 12). Его первая очередь была запущена в 2004 г. В настоящее время производственная мощность четырёх очередей завода составляет 550 тыс. пластин в квартал, что позволяет считать его крупнейшим в мире среди предприятий по выпуску данной продукции. По оценкам экспертов, выручка от выпуска продукции четырьмя очередями Fab 14 составляет около \$6 млрд. в год. После завершения строительства пятая и шестая очереди Fab 14, как ожидается, будут приносить не меньший доход.

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

### Toshiba построит новую NAND-фабрику

По данным японского издания Nikkan Kogyo, компания Toshiba планирует построить новую фабрику по производству флэш-памяти типа NAND. Такой шаг производитель предпринял в ответ на растущий спрос в отрасли, – отмечает источник.

Возведение новой фабрики стартует уже этим летом. В эксплуатацию она будет вводиться в 2013 г. Стоит отметить, что официальные представители компании пока не подтвердили информацию.

NAND-память повсеместно используется в современных смартфонах и планшетах. Также спрос на неё растёт с повышением популярности ультрабуков, которые, в основном, оснащаются SSD-накопителями. В отрасли лидирует Samsung, но Toshiba также удерживает сильные позиции и время от времени выигрывает контракты на поставку своей продукции крупным производителям, включая Apple.

<http://www.nikkan.co.jp>

# Диоды Шоттки для управления питанием

Печатается с разрешения NXP Semiconductors (<http://www.nxp.com/>)

## Эрнст Брон (Нидерланды)

**Выбор антипараллельного диода для DC/DC-преобразователя является не таким простым, как кажется с первого взгляда. Неправильно подобранный диод снижает не только эффективность преобразователя, но и его надёжность из-за собственного перегрева.**

### ВВЕДЕНИЕ

Любому асинхронному DC/DC-преобразователю требуется так называемый антипараллельный (freewheeling) диод. Чтобы оптимизировать общую эффективность решения, в качестве такого диода обычно выбирают диод Шоттки, основная особенность которого – малое падение напряжения при прямом включении. Во многих случаях разработчики используют диод, рекомендованный программой, при помощи которой происходит расчёт преобразователя. Такой подход не всегда является оптимальным. Более того, если в программе не учитывается динамическая связь между тепловыми параметрами и током утечки, вполне вероятно, что реальные рабочие характеристики устройства будут значительно отличаться от тех, которые получены в результате анализа или моделирования. В этой статье обсуждаются некоторые типичные параметры, которые необходимо проверить, чтобы правильно выбрать диод, а также объясняется, как с помощью этих параметров быстро убедиться в том, что выбранный диод будет должным образом выполнять свою функцию.

### ПРОВЕРЬТЕ ПОТЕРИ

На рис. 1 приведена базовая блок-схема асинхронного DC/DC-преобразователя с пошаговым понижением

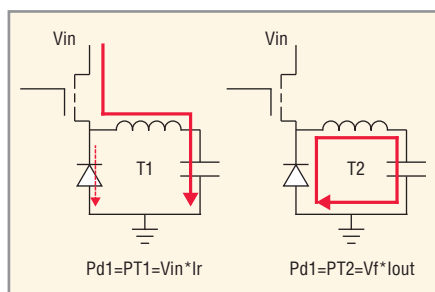


Рис. 1. Базовая блок-схема асинхронного DC/DC-преобразователя

напряжения. D1 и есть требуемый диод Шоттки. Слева показан ток при замкнутом переключателе S1 (интервал времени  $T_1$ ), справа – при разомкнутом переключателе S1 (интервал времени  $T_2$ ).

В интервале  $T_2$  через диод D1 протекает выходной ток ( $I_{out}$ ). Потери непосредственно связаны с прямым напряжением ( $V_{fw}$ ) диода D1 и выходным током:

$$PT2 = I_{out} V_{fw}$$

Естественно, мы хотим снизить напряжение  $V_{fw}$  до минимума, чтобы ограничить потери и выделение тепла.

В интервале  $T_1$  диод D1 находится в закрытом состоянии. Через него течёт только обратный ток. Этот ток относительно мал и в основном определяется блокирующим или входным напряжением  $V_{in}$ . Результирующие потери мощности на диоде за время  $T_1$ , которые мы обозначили  $PT1$ , можно приближенно оценить как:

$$PT1 = I_r V_{in}$$

В процессе проектирования для любого диода Шоттки принимается компромиссное решение. Устройство оптимизируется таким образом, чтобы достичь либо низкого значения напряжения  $V_f$ , либо низкого значения тока утечки  $I_r$ . Оптимизировать оба параметра одновременно невозможно. Итак, когда мы стремимся получить низкое напряжение  $V_f$ , всё заканчивается повышением тока  $I_r$ , и наоборот. При разработке реального приложения важно принимать во внимание не только значения  $V_f$  или  $I_r$ , но и их поведение во время работы устройства. И  $V_f$ , и  $I_r$  зависят от температуры. С ростом температуры  $V_f$  сни-

жается, реально сокращая рассеяние тепла при нагревании диода. Однако, и это часто крайне нежелательно, ток  $I_r$  при повышении температуры нарастает. Поэтому чем выше температура диода, тем больше ток утечки и больше внутренние потери мощности, соответственно, диод нагревается ещё больше, при этом ток утечки увеличивается, и т.д.

Возьмём, к примеру, проектирование обычного асинхронного DC/DC-преобразователя: можно провести базовый анализ, чтобы определить внутреннее рассеяние мощности диода и температуру, которую будет иметь готовое устройство. Рабочий коэффициент заполнения DC/DC-преобразователя определяется как отношение выходного напряжения к входному ( $DC = V_{out}/V_{in}$ ). Чем ниже значение этого отношения, тем больше величина интервала  $T_2$  и тем существеннее вклад потерь  $PT2$  в общие потери мощности диода. И наоборот, увеличение  $T_1$  (или отношения  $V_{out}$  к  $V_{in}$ ) снижает вклад потерь  $PT2$  в общие потери мощности и повышает вклад потерь  $PT1$ .

Рассмотрим два DC/DC-преобразователя, оба с входным напряжением 24 В, выходное напряжение одного из них 18 В, а другого – 5 В. Вычислив отношение  $V_{out}$  к  $V_{in}$ , мы получим коэффициент заполнения и сможем рассчитать общие потери мощности в диоде, используя значения  $V_f$  и  $I_r$  из спецификации. Затем на основе общего рассеяния мощности найдём результирующую температуру диода и реальные значения  $V_f$  и  $I_r$  при этой температуре. И наконец, по вычисленной температуре диода пересчитаем внутренние потери мощности. Для повышения точности такую итерационную процедуру можно повторить несколько раз, однако чтобы получить общую оценку, а также найти компромисс между  $V_f$  и  $I_r$ , достаточно одной итерации.

Расчёты температуры устройства проводятся с использованием основных температурных зависимостей, аналогичных формулам, связываю-

щим напряжением, ток и сопротивление. Если известно внутреннее рассеяние мощности в устройстве ( $P_{\text{tot}}$ ), то, умножив это значение на общее тепловое сопротивление на границе р–п-переход–среда ( $R_{\text{tja}}$ ), вычислим повышение температуры на переходе устройства. Добавив к этому значению температуру окружающей среды, получим окончательное значение температуры на р–п-переходе устройства при конкретном значении рассеяния мощности и температуры окружающей среды.

На рис. 2 результаты нашего анализа представлены в виде графика. В данном примере расчётов использовались диоды PMEG3050BER (оптимизирован по низкому значению  $I_T$ ) и PMEG3050EP (оптимизирован по низкому значению  $V_f$ ). Выходной ток изменялся в пределах от 1 до 3 А. Сравнение температуры проведено для диодов двух типов: с низким значением  $V_f$  и с низким значением  $I_T$ . Начальная температура предполагалась равной 25°C.  $T_a$  – расчётное значение температуры после первой итерации,  $T_b$  – после второй итерации. Слева приведены результаты для DC/DC-преобразователя с выходным напряжением 5 В, справа – с выходным напряжением 18 В (в обоих случаях входное напряжение составляло 24 В). В расчётах температуры использовалось базовое значение  $R_{\text{tja}}$ , равное 200 К/Вт, затем делались поправки с учётом коэффициента заполнения. В спецификациях диодов Шоттки приведены кривые температурных характеристик переходных процессов, позволяющие разработчикам определить реальное тепловое сопротивление при импульсных токах с конкретными коэффициентами заполнения (тепловые характеристики для импульсных токов короткой длительности оказываются лучше, чем для постоянных токов). Обратим внимание на то, что общее тепловое сопротивление конкретного диода в любом приложении зависит от множества факторов, наиболее важным из которых является компоновка печатной платы.

Из рис. 2 видно, что в обоих случаях при температуре  $T_b$ , полученной после второй итерации, диод с низким напряжением  $V_f$  начинает нагреваться. Механизм этого явления состоит в том, что для данного тока диод нагревается из-за потерь мощ-

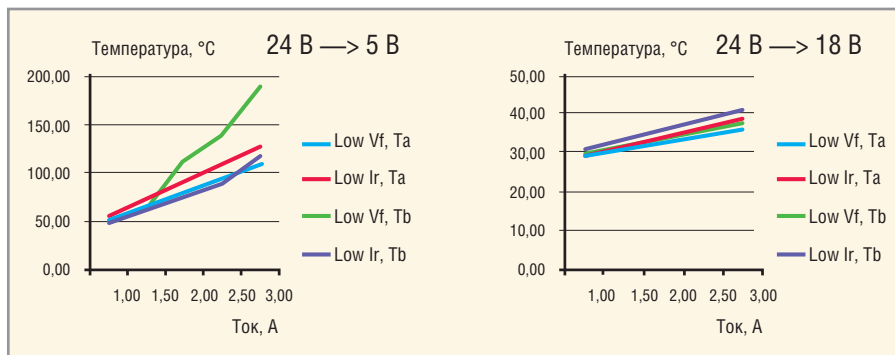


Рис. 2. Расчётная температура диодов Шоттки в DC/DC-преобразователях с различным выходным напряжением

ности за промежуток времени  $T_2$  (PT2). По мере того как температура повышается, ток утечки  $I_T$  увеличивается, а прямое напряжение  $V_f$  снижается. Однако  $I_T$  растёт намного быстрее, чем снижается  $V_f$ . В результате общее тепловое рассеяние диода быстро возрастает. При более высоких выходных токах потери PT2 оказываются выше, значение PT1 растёт быстрее, поэтому наклон кривой становится круче.

Кроме того, мы видим, как влияет отношение выходного напряжения к входному. Левая часть графика соответствует DC/DC-преобразователю с выходным напряжением 5 В и с низким коэффициентом заполнения. Более низкое значение коэффициента заполнения означает более длительный промежуток  $T_2$ , а значит, увеличение потерь PT2. Следовательно, нагрев на начальном этапе происходит быстрее, соответственно, быстрее нарастает ток  $I_T$  и увеличиваются потери PT1. В итоге при увеличении выходного тока температура диода повышается быстрее. При более высоких токах мы видим, что температура действительно выходит за пределы указанного рабочего диапазона. На графике справа благодаря более высокому выходному току (18 В) коэффициент заполнения существенно больше, что позволяет удерживать под контролем потери PT2. Диод нагревается меньше, а значит, меньше ток утечки  $I_T$  и потери PT1 и, как следствие, меньше общее повышение температуры.

В целом можно сказать, что чем больше коэффициент заполнения (другими словами, чем ближе выходное напряжение к входному), тем лучше тепловое поведение диода. Так, например, если мы выполним расчёты, аналогичные вышеприведённым, то увидим, что преобразова-

тель, изменяющий напряжение с 12 до 2,5 В, подвергает диод более высоким нагрузкам, чем преобразователь 12 В–5 В.

### ТЕМПЕРАТУРНЫЙ УХОД

Упомянутый ранее эффект повышения тока утечки  $I_T$  с ростом температуры может привести к общеизвестной проблеме – так называемому температурному уходу. Повышение температуры устройства провоцирует дальнейшее её повышение – и так до некоторого предела, после чего происходит разрушение компонента. Поэтому настоятельно рекомендуется проводить тщательную проверку любой схемы на предмет данного явления.

В настоящее время при проектировании силовых схем обычно используют моделирование. Для этого применяют либо стандартные инструментальные средства, либо общедоступные средства на базе веб-интерфейса. Обязательно проводите двойную проверку тепловых характеристик. Всегда существует вероятность того, что инструментальное средство использует некорректную тепловую модель диода, который предполагается установить в схему, или же тепловые параметры (в случае очень сложной платы) не согласуются с реальными параметрами проектируемой схемы. Кроме того, как уже должно быть ясно из данного обсуждения, не все диоды одинаковы, поэтому крайне нежелательно моделировать схему с «аналогичным» диодом, а затем предполагать, что её температурное поведение (и потому, возможно, электрическое поведение) будет таким же. Хотя это и не всегда удаётся реализовать на практике, рекомендуется всякий раз создавать прототипы для проверки правильности поведения.

# Защита систем PoE от грозовых перенапряжений и других опасных электрических разрядов

Публикуется с разрешения Goldstein Group Communications ([www.ggcomm.com](http://www.ggcomm.com))

**Филлип Хэйвенс, Чэд Марак (США)**

**Более широкое использование питания по сети Ethernet (PoE) расширяет круг приложений, в которых можно использовать Ethernet, например, в телефонии первой и последней мили. В этих случаях увеличивается вероятность скачков напряжения, вызванных молнией или электростатическими разрядами. Правильное проектирование защищает оборудование POE от этих опасностей.**

## ВВЕДЕНИЕ

Питание по сети Ethernet (PoE) быстро набирает популярность. Оно устраняет необходимость в отдельных источниках питания для подсоединённого оборудования, необходимость устанавливать оборудование вблизи розетки переменного тока и необходимость в отдельных кабелях питания. Недавнее увеличение мощности, которая может быть передана посредством PoE, с 15,4 Вт (PoE) до 30 Вт (PoE+) только расширило круг потенциальных применений. Теперь сеть Ethernet обеспечивает достаточную мощность для телефонии VoIP, для питания беспроводных точек доступа с расширенным радиусом действия и для управления камерами видеонаблюдения, оснащёнными функциями панорамирования и наклона.

Более активное использование PoE расширяет диапазон местоположений, где может быть использована сеть Ethernet, от отдельных помещений до кампусов (между зданиями) или даже первой/последней мили телефонных приложений. Окружающие условия вне помещений существенно увеличивают незащищённость от воздействия выбросов напряжения, вызванных раз-

рядами молний, и электростатического разряда (ESD), не говоря уже о неожиданных отказах питания из-за случайных коротких замыканий в линии электропередачи переменного тока. Эта статья предлагает рекомендации по защите оборудования PoE от этих электрических факторов риска, опираясь на методы проектирования, которые разработаны на основе фактических данных.

## Основные положения PoE

Питание подаётся по кабелю посредством питающего оборудования (PSE) либо через коммутатор (также называемый концевым пролётом) или средний пролёт (если он установлен где угодно, кроме конца кабеля). Устройства на кабеле, которые потребляют мощность, называются питаемыми приборами (PD).

**Уровни мощности PoE.** Стандарт IEEE 802.af ограничивает потребление мощности питаемым прибором на уровне 12,95 Вт (360 мА), который соответствует ограничению выходной мощности питающего оборудования 15,4 Вт (400 мА) на порт после учёта потерь в кабеле. Стандарт IEEE 802.af PoE ограничивает максимальный ток

питающего оборудования на каждое соединение с устройством на уровне 400 мА и ток питаемого устройства на уровне 360 мА. Этот стандарт учитывает потери в петле линии питания с максимальной длиной 100 м, что позволяет получать до 57 В напряжения постоянного тока от питающего оборудования. Номинальным уровнем является 48 В постоянного тока.

Стандарт IEEE 802.at, или PoE+, позволяет передавать питающему оборудованию до 30 Вт и принимать до 25,5 Вт мощности для оборудования типа 2 (тип 1 для PoE+ соответствует PoE) при токе питающего оборудования до 600 мА. Стандарт PoE+ также требует использовать низкоомную проводку (не более 12,5 Ом на пару в петле по сравнению с 20 Ом для PoE), такую как CAT5e или CAT6.

Компании работают над тем, чтобы ещё больше увеличить мощность. Существуют питающие устройства, которые предлагают 60 Вт на порт, а одна фирма продаёт питающие устройства среднего пролёта, обещающие 95 Вт на порт с использованием запатентованного процесса обнаружения. Такая мощность может приближаться к физическим ограничениям кабеля CAT5, и это означает, что для большей мощности (ведутся разговоры о 200 Вт PoE) придётся найти какой-то способ решения проблемы. Один из подходов заключается в увеличении расстояния между кабелями в жгуте, чтобы обеспечить лучшее рассеяние тепла. Кроме того, может потребоваться кабель с увеличенным сечением проводников.

**Таблица 1. Разделение питаемых устройств PoE на классы**

Класс	Диапазон мощности питаемого устройства, Вт
0 (по умолчанию)	0,44...12,95
1	0,44...3,84
2	3,84...6,49
3	6,49...12,95
4	Класс зарезервирован на будущее

**Таблица 2. Классификация питаемых устройств по мощности и характеристикам для стандарта PoE+ (IEEE 802.3at)**

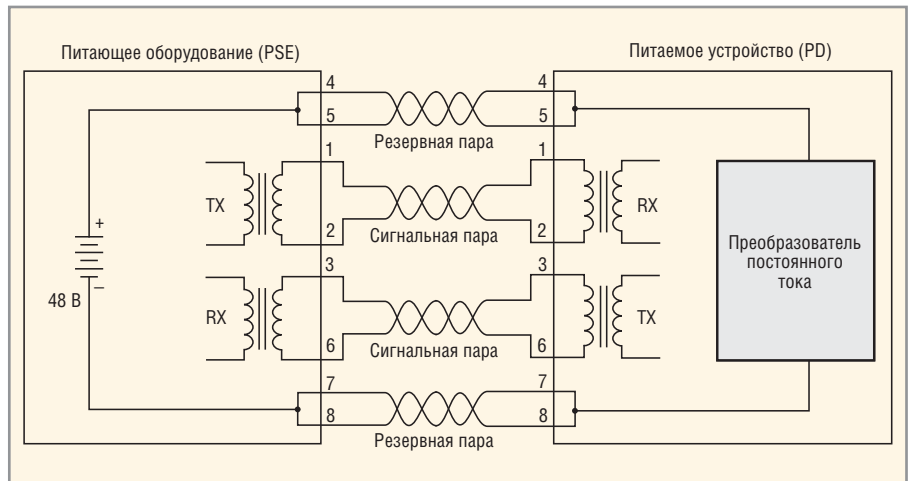
Класс	Напряжение питания, В	Ток классификации, мА	Средняя мощность питаемого устройства, Вт	Тип питаемого устройства
0 (по умолчанию)	-14,5...-20,5	0...4	13,0	1
1		9...12	3,84	
2		17...20	6,49	
3		26...30	13,0	
4		36...44	25,5	
	-14,5...-20,5/-6,90...-10,1			2

Отметим, что эти повышенные напряжения не совместимы ни со стандартом IEEE 802.3af, ни со стандартом IEEE 802.3at.

**Определение требований к мощности.** Для питающего устройства важно передать величину требуемой питаемым устройством мощности, которая не приведёт к повреждению. Чтобы определить требуемый уровень мощности, питающее и питаемое устройства участвуют в процедуре возвратно-поступательной сигнализации при включении, которая содержит импульсы напряжения, посылаемые питающим устройством, для определения характеристики импеданса подсоединённых питаемых устройств. Этот процесс обнаружения устанавливает систему в один из пяти классов, как показано в таблице 1. Таблица 2, показывает классификацию питаемых устройств для стандарта PoE+.

**РЕЖИМЫ PoE (ТЕХНОЛОГИЯ ФАНТОМНОГО ПИТАНИЯ)**

Питание по кабелю Ethernet может быть обеспечено одним из двух спосо-



**Рис. 1. Питание в режиме В подаётся по «резервным» парам для передачи данных, имеющихся в системах 10BaseT или 100BaseTX**

PoE использует технологию фантомного питания таким образом, что одиночная пара передаёт нулевой потенциал между своими проводниками; напряжение источника питания является разностью между двумя различными парами проводов

бов. В режиме В питание подаётся по «резервной» информационной паре, имеющейся в системах 10BaseT или 100BaseTX, поскольку только две пары используются для передачи информации (задействованы выводы 1, 2 и 3, 6 разъёма RJ-45). Это оставляет выводы 4, 5 и 7, 8 разъёма RJ-45 свободными

для подачи питания, как показано на рисунке 1. Отметим, что PoE использует фантомную технологию энергообеспечения таким образом, что одиночная пара передаёт нулевое напряжение постоянного тока между своими проводниками. Напряжение источника питания получается как разность

**PROSOFT**  
COMPONENTS

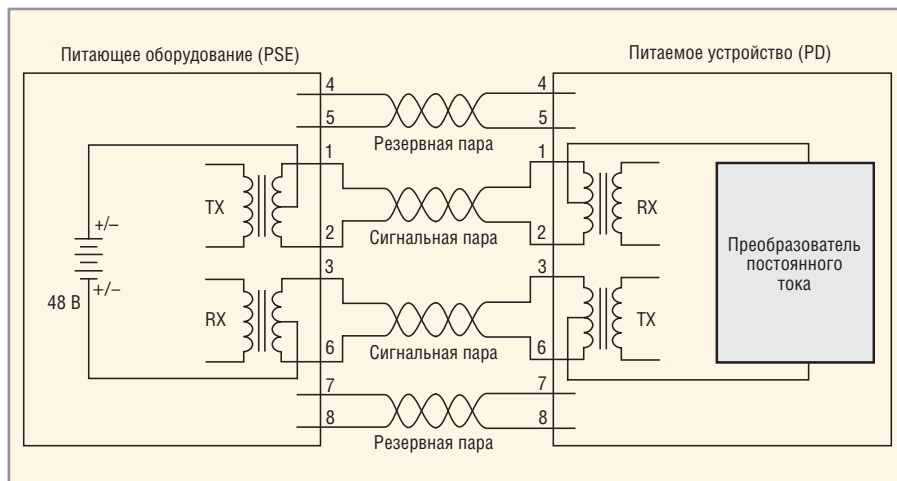
Активный компонент вашего бизнеса

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

**ПРОСОФТ предлагает**

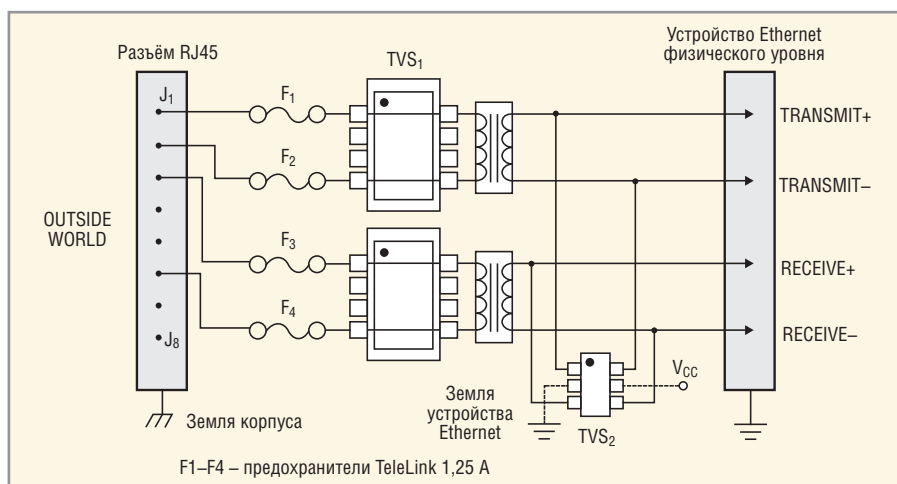
- Различные решения по подбору элементной базы
- Осуществление поставок комплектующих для серийного производства и новых разработок
- Оптимизацию схемотехнических решений
- Оказание технической и информационной поддержки

Тел.: (495) 232-25-22 • [info@prochip.ru](mailto:info@prochip.ru)



**Рис. 2. Питание в режиме А для приложений 1000baseТ также использует фантомную технологию, но совмещает напряжение постоянного тока с сигналом, передаваемым по существующим парам на выводах 1, 2 и 3, 6**

Один изолирующий трансформатор с центральным отводом подсоединён параллельно паре 1, 2, тогда как другой изолирующий трансформатор с центральным отводом подсоединён параллельно паре 3, 6



**Рис. 3. Защита от грозовых разрядов для приложения 10/100baseТ использует набор ограничительных устройств**

Выброс, вызванный разрядом молнии, активирует приборы TVS1 (в середине рисунка), обеспечивая срабатывание ограничения, которое отводит опасное перенапряжение от чувствительной цепи Ethernet. В свою очередь, третий прибор (TVS2) обеспечивает дополнительный уровень защиты со стороны линейного усилителя, возбуждающего трансформатор. Неисправности питания, характеризующиеся установившимися колебаниями с частотой 50/60 Гц, активируют предохранители

между двумя различными парами проводов.

В системе 1000baseТ не существует «резервной пары», и, следовательно, питание должно быть приложено к активной информационной паре. Этот метод (режим А, см. рисунок 2) смешивает напряжение постоянного тока с сигналом по информационной паре 1, 2 и 3, 6. Один изолирующий трансформатор подсоединён параллельно паре 1, 2 при помощи центрального отвода, тогда как другой изолирующий трансформатор с центральным отводом подсоединён параллельно паре 3, 6. Эти два отвода обеспечивают доступ к питанию постоянного тока, и напряжение на лю-

бой единичной паре (т.е. 1, 2 или 3, 6) остаётся нулевым. Такая технология фантомного питания для режимов А и В помогает предотвращать потенциальные опасности удара электрическим током при работе с единичными парами. Отметим, что вы можете использовать либо режим А, либо режим В вместе с любым приложением Ethernet.

В конечном счёте питающее устройство не может обеспечить питание одновременно и по паре TX/RX, и по резервным парам, но питаемое устройство должно быть совместимо одновременно с технологиями энергоснабжения А и В, поскольку невозможно заранее определить, какой режим

PSE будет предложен питаемым устройствам.

### КАК ЗАЩИТИТЬ СИСТЕМУ

Характеристики защитных устройств и способ их подсоединения определяются режимом питания и пропускной способностью системы Ethernet. И питающее, и питаемое устройства должны быть способны продолжить работу после грозового перенапряжения, а также безопасно переносить отказы питания (когда подсоединены к линии электропередачи переменного тока) в течение определённого времени, установленного стандартами UL 60950-1 или IEC 60950-1, хотя функционирование после такого испытания необязательно.

Чтобы удовлетворить этому требованию, должен быть установлен последовательный прибор ограничения тока. Это может быть предохранитель, который не разомкнётся во время грозового перенапряжения, но сработает соответствующим образом во время продолжительных отказов питания переменного тока, либо позистор (РТС), способный выдержать испытание на перенапряжение. Преимуществом позистора, безусловно, является то, что он может самовосстанавливаться после отказа питания. Однако позисторы не совместимы с высокопроизводительными системами 100/1000 BaseТ Ethernet из-за их сопротивления в замкнутом состоянии и характеристик восстановления с гистерезисом (позисторы не останутся точно согласованными после нескольких срабатываний).

### ГДЕ ПРИМЕНЯТЬ ЗАЩИТУ

*Защита от грозового перенапряжения.* Выбор защиты от разряда молнии зависит от ожидаемого воздействия в данном приложении. Для менее ответственного применения внутри помещений рисунок 3 демонстрирует использование диодной матрицы TVS (подавителя переходного напряжения) во второй и третьей позиции между разъёмом RJ-45 и набором микросхем устройства Ethernet физического уровня. Выброс напряжения, вызванный разрядом молнии, активирует матрицу диодов TVS (TVS1) в пределах ограничения, которая отводит опасное перенапряжение от чувствитель-

ной схемы линейного усилителя Ethernet. Любой остаточный выброс, который проходит через трансформатор, ограничивается TVS2. Для более помехоустойчивого решения матрица диодов TVS может быть использована в каждой паре проводов. В противном случае единичная матрица TVS может защищать две пары проводов, как демонстрирует TVS2 на рисунке 3. Неисправности питания, характеризующиеся установившимися колебаниями с частотой 50/60 Гц, активируют предохранители F1 – F4 (1,25 А) после того, как прибор TVS обеспечивает путь отвода тока.

**Защита питаемого устройства.** Поскольку не существует способа узнать, будет ли в инсталляции Ethernet использовано конкретное питающее устройство в режиме А или в режиме В, защита от 57 до 90 В должна быть обеспечена для всех пар проводов на интерфейсе питаемого устройства. Всё должно выдерживать более 100 В.

Устройство защиты от выбросов должно иметь напряжение срабатывания, превышающее любое устано-

вившееся напряжение, которое может появиться на кабеле. Поскольку напряжения могут достигать 57 В, устройство не должно срабатывать при этом или более низком напряжении. Это также предохраняет подавитель выбросов от срабатывания во время классификационного теста при включении питания или в процессе резистивного теста определения мощности. Поскольку некоторые системы питания подают +48 В, а другие –48 В, защитное устройство не должно быть чувствительно к полярности. Обычно используются двунаправленные тиристорные устройства защиты от выбросов. Они являются шунтирующими полупроводниковыми приборами, которые переустанавливаются, только когда протекающий ток падает ниже их тока удержания. Это не является проблемой, поскольку приведёт к дополнительному току, потребляемому от питающего устройства, который будет временно отключен в состоянии перегрузки по току и даст возможность переустановиться тиристорному подавителю выбросов.

**ПРИМЕР ПРИМЕНЕНИЯ**

Рисунок 4 демонстрирует совместимое со стандартом GR-1089 решение для событий перегрузки по напряжению и току в полевых приложениях 100/1000baseT, подверженных грозовому перенапряжению и отказам питания. Предохранители в обоих проводниках информационных пар обеспечивают необходимую защиту от перегрузки по току, которая не чувствительна к перенапряжению, вызванному разрядом молнии, для событий первого уровня. Двунаправленные тиристорные устройства защиты от выбросов (U1 – U4), также известные под названием SIDACtor, обеспечивают защиту шунтированием, совместимую и с первым, и со вторым уровнями грозового перенапряжения, регламентированными стандартом GR-1089, выпуск 6, для портов типов 3 и 5.

Два провода смещения для тиристорных U1 – U4 подсоединены к любым доступным шинам напряжений меньших, чем порог включения защитных приборов. Это стабилизирует ёмкость приборов в режиме от-



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

### ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫЕ МИКРОСХЕМЫ КОМПАНИИ MPS ДЛЯ ДРАЙВЕРОВ МОЩНЫХ СВЕТОДИДОВ

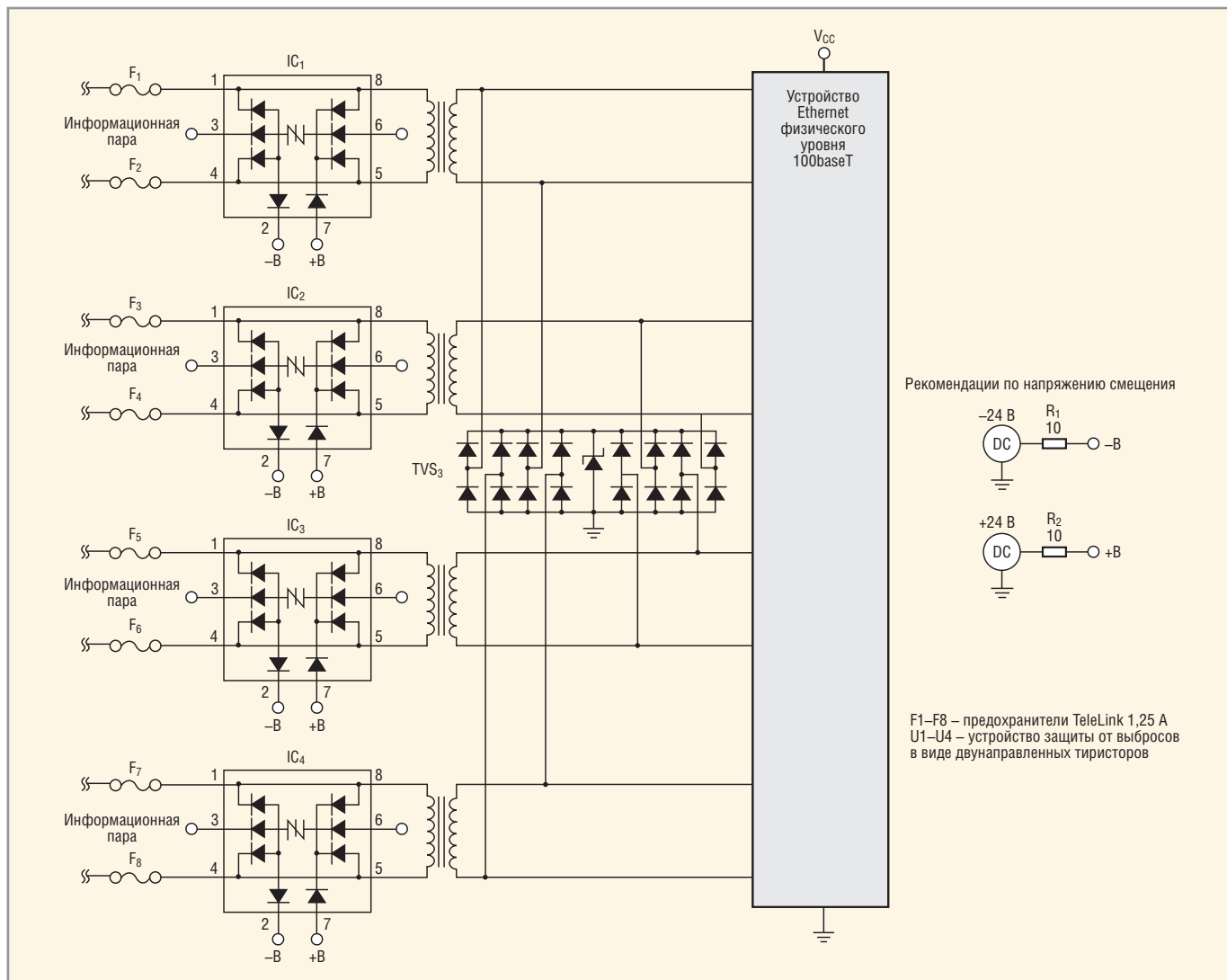


Наименование	Входное напряжение, В	Ток, А	Частота преобразования, кГц	Тип преобразователя	Корпус
MP4688	4,5–80	3,2	2000	Понижающий	SOIC8E
MP3412	0,8–5	1,1	1200	Повышающий	TSOT23-6
MP2489	6–60	0,6	300–600	Понижающий	TSOT23-5 и QFN8
MP2488	4,5–55	2,0	200	Понижающий	QFN10 и SOIC8E
MP2483	4,5–55	2,5	250–1300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

**ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР КОМПАНИИ MPS В РОССИИ**



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



**Рис. 4. Совместимое со стандартом GR-1089 решение для перегрузок по напряжению и току в полевой аппаратуре 100/1000baseT, подверженной и грозовым перенапряжениям, и неисправностям питания**

ключения и помогает сохранить целостность сигнала. В качестве U1 – U4 выбран двунаправленный тиристорный прибор защиты от выбросов, который может быть рассчитан на минимальный порог 58 В в случае 48-вольтовой PoE. Система PoE с более высоким напряжением может потребовать прибор с минимальным порогом 65 или 75 В.

Третичное решение (на стороне ИС) представляет собой матрицу диодов TVS для ограничения напряжения на шине. Этот прибор (TVS3 на рисунке 4) обеспечивает дополнительную защиту после трансформатора связи.

Если для уменьшения электромагнитных излучений применяются согласованные нагрузки Боба Смита (Robert W. Smith), они должны быть изолированы разделительной ёмкостью так, чтобы не нагружать источник питания PoE. Эта смешанная междуфазная/дифференциальная и парафазно-синфазная схема защиты

требует предохранителя на обоих проводниках пары TX и RX, но схема без парафазного режима может обойтись одним предохранителем на пару для менее скоростной сети 10 BaseT Ethernet. В системах 100/1000 BaseT с более высокой скоростью передачи данных целесообразно установить одинаковые плавкие вставки в оба «плеча» пары, чтобы поддерживать баланс петли, как показано на рисунке 4.

Решение с одним предохранителем допустимо, если выводы 3 и 6 защитного тиристорного прибора не подсоединены к земле, но вместо этого оставлены разомкнутыми в системе 10BaseT Ethernet с низкой скоростью передачи данных. Поскольку стандарт IEEE 802.3 строго не позволяет использовать синфазный режим на первичной стороне трансформатора связи по соображениям защиты от электростатического разряда через кабель (CDE), тиристорные приборы защи-

ты от выбросов (U1 – U4) обычно не подсоединяют к земле. Следовательно, большинство систем Ethernet будут зависеть от паспортного напряжения изоляции трансформатора связи для парафазно-синфазной схемы защиты на стороне линии, тогда как третичная схема защиты (вторичная обмотка трансформатора связи) может быть подсоединена к земле линейного усилителя Ethernet, как показано на рисунке 4.

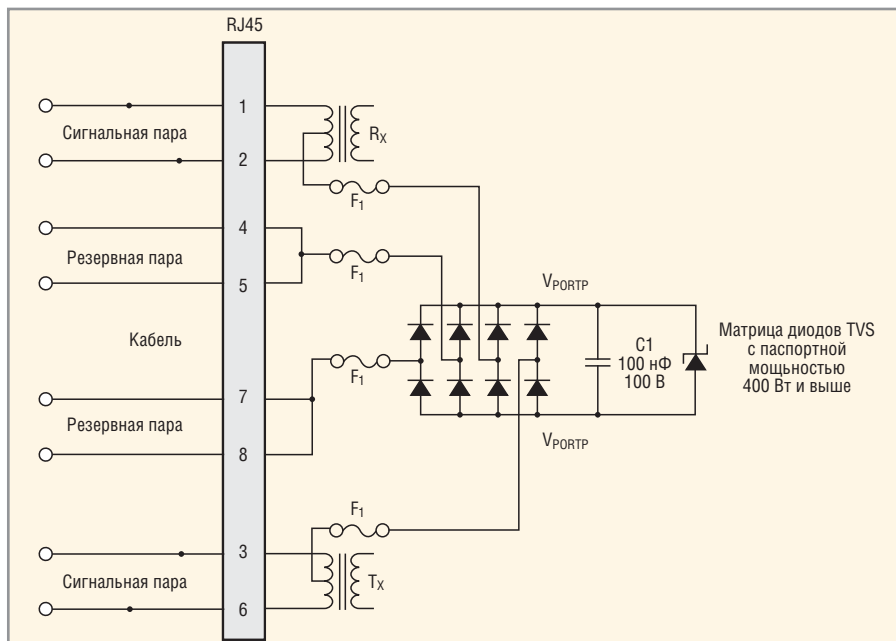
Матрица диодов TVS на 2,5 В (TVS3) используется в качестве третичной защиты на стороне ИС трансформатора связи. Это решение обеспечит соответствие требованиям перенапряжений и отказа питания стандарта GR 1089-CORE, выпуск 6, для помещений и между зданиями. Позистор на ток 0,3 А может быть установлен вместо предохранителей для соответствия требованиям стандарта ITU K.20/21 (расширенным и основным), которые содержат положения согласования

для низкоскоростного 10BaseT Ethernet. Однако для более скоростного 100/1000BaseT пара прецизионных (1%) резисторов соответствующего размера должна быть использована для принудительного согласования вторичного и третичного защитных устройств.

Рисунок 5 демонстрирует и защиту информационной пары, и защиту соединения питаемого устройства с центральным отводом, которое соответствует режимам питания А и В для интерфейса питаемого устройства системы. Оба режима питания PoE защищены диодным мостом и прибором TVS на 1000 Вт. Могут быть использованы и более мощные приборы на 1500 и 3000 Вт.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Как только возросла мощность, доставляемая по системам PoE, это вызвало установку оборудования Ethernet в местах, где оно подвергается повышенной опасности от перенапряжений, вызванных разрядом молнии, и от неисправностей в питающей сети 50/60 Гц. Правильное применение дву-



**Рис. 5. Схема защиты питания оконечного устройства (PD) системы PoE при помощи TVS, совместимая с режимами питания А и В**

Типичные приборы TVS, доступные для схемы такого типа, имеют паспортную мощность 400, 600, 1500 и 3000 Вт. Предохранители обеспечивают защиту от перегрузки по току, совместимую со стандартами GR-1089, выпуск 6, и UL 60950-1

направленных устройств защиты от выбросов, диодов для подавления переходных напряжений, плавких пре-

дохранителей и позисторов может помочь в обеспечении надёжной работы, несмотря на эти опасности. ☺

# НИ БАЙТА ВРАГУ!

**innODISK**  
Beyond your imagination

**ТВЕРДОТЕЛЬНЫЕ НАКОПИТЕЛИ**  
для ответственных применений

**Безопасность**

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

**Производительность**

- Скорость чтения до 200 Мбайт/с
- Скорость записи до 170 Мбайт/с
- Интерфейсы SATA и PATA

**Надёжность**

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



**ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР ПРОДУКЦИИ INNO DISK**

**PROSOFT®**

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

# ЭкспоЭлектроника 2012

**С 11 по 13 апреля в МВЦ «Крокус Экспо» в Москве прошёл крупнейший в России и Восточной Европе Международный форум электронной промышленности «ЭкспоЭлектроника».**

Форум «ЭкспоЭлектроника» является одним из самых ожидаемых событий в российской электронной промышленности, поскольку он объединяет сразу три выставки, охватывающие основные направления отрасли:

- Международную выставку электронных компонентов и комплектующих – ЭкспоЭлектроника;
- единственную в России выставку технологического оборудования и материалов для производства изделий электронной и электротехнической промышленности – ЭлектронТехЭкспо;
- Международную выставку светодиодных решений, чипов и оборудования для их производства – LEDTech-Expo.

В этом году в рамках форума сразу две юбилейные даты: 15-летие крупнейшей в России и Восточной Европе Международной выставки электронных компонентов и комплектующих «ЭкспоЭлектроника» и 10-летие Международной выставки технологического оборудования и материалов для производства изделий электронной промышленности «ЭлектронТехЭкспо».

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 Мос-

квы, ОАО «Российская электроника», Федеральный фонд по оборонному заказу.

В этом году мероприятие вновь продемонстрировало устойчивый рост. В Форуме приняло участие 1100 всемирно известных брендов. Они разместились на стендах 400 компаний-участниц из 19 стран мира: России, Китая, Финляндии, Германии, Белоруссии, Венгрии, Израиля, Италии, Японии, Латвии, Норвегии, Сингапура, Испании, Тайваня, Украины, Великобритании, США, Польши, Швеции. Выставочная площадь форума 13 144 кв. м.

В выставке 2012 г. приняли участие:

- ведущие российские производители и дистрибьюторы электронных компонентов и комплектующих;
- мировые бренды электроники;
- поставщики печатных плат и контрактные производители;
- поставщики оборудования и материалов для электронной промышленности;
- разработчики и поставщики программного обеспечения для технологических процессов;
- производители и поставщики контрольно-измерительного оборудования и приборов;
- российские и зарубежные компании, работающие в области производства и использования светодиодной продукции.

Первые результаты Международного форума «ЭкспоЭлектроника 2012»:

- на форуме побывали 18 030 посетителей, 99% из них – профессиональная аудитория;

- география посетителей – 62 субъекта РФ и 40 стран мира;
- 5% участников уже подтвердили своё участие в Форуме 2013 г.

Деловая программа Форума включала более 30 мероприятий, в том числе многочисленные технические семинары участников выставок.

Одним из главных событий деловой программы стала Международная научно-практическая конференция «Светодиоды: чипы, продукция, материалы, оборудование», организованная совместно с Некоммерческим партнёрством производителей светодиодов и систем на их основе.

В работе конференции приняли участие 120 специалистов из России, Белоруссии, Германии, США, Японии. Был рассмотрен широкий круг вопросов рынка светодиодов, касающихся стандартов и процессов производства, контроля качества, а также методов актуализации коммерческих проектов в существующей инфраструктуре.

В третий день работы форума специалисты приняли участие в круглом столе «Фотовольтаика – новый вектор развития электроники». Эксперты и специалисты в области фотовольтаики смогли обсудить перспективные разработки и реально работающие практики.

Для специалистов, желающих найти работу, а также компаний, заинтересованных в поиске новых сотрудников, работал «Рекрутинговый центр». В рамках работы Центра проходила Ярмарка вакансий электронной промышленности.

Международный форум электронной промышленности «ЭкспоЭлектроника 2013» пройдёт в МВЦ «Крокус Экспо» в Москве 10–12 апреля 2013 г.

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



# Новая электроника 2012

С 17 по 19 апреля в лучшем выставочном комплексе Москвы ЦВК «Экспоцентр» с успехом прошла 2-я Международная выставка «Новая электроника 2012».

«Новая электроника 2012» прошла в рамках крупномасштабного выставочного проекта «Россия инновационная», объединившего выставки: «Новая электроника 2012»; «Фотоника. Мир лазеров и оптики 2012»; «Высокие технологии XXI века 2012»; «Навитех 2012»; 6-й Международный форум по спутниковой навигации; «ЭкспоКонтроль 2012»; «Персонал Москва 2012». В проекте принимали участие более 1500 компаний. Более 20 000 человек посетили мероприятие.

«Новая электроника» оправдала статус главной выставки электронных компонентов и модулей в России. В выставке приняли участие 180 крупнейших компаний отрасли из десяти стран мира, обеспечивающих более 90% поставок электронных компонентов и модулей на российский рынок, ведущие мировые поставщики, дистрибьюторы и производители. Площадь выставки составила 8000 кв. м. Только по итогам регистрации выставку посетили более 6000 специалистов.

В официальном открытии мероприятия приняли участие представители всех основных направлений промышленности, науки, федеральных и городских структур, директоры крупнейших предприятий отрасли: заместитель председателя Коми-

тета Государственной Думы ФС РФ по промышленности Дорохин П.С.; заместитель председателя комитета Государственной Думы Федерального Собрания Российской Федерации по науке и наукоёмким технологиям Кононов В.М.; директор Департамента радиоэлектронной промышленности Министерства промышленности и торговли Российской Федерации Якунин А.С.; начальник управления промышленной политики Департамента науки, промышленной политики и предпринимательства города Москвы Купов Д.Д.; директор Департамента развития научно-производственной базы ЯОК Росатом Власов С.Е.; начальник службы по активам радиоэлектронного комплекса Департамента промышленных активов ГК «Ростехнологии» Критенко М.И.; заместитель генерального директора ОАО «Российская электроника» Лекарев В.В.; директора ведущих предприятий отрасли.

Деловая программа выставки «Новая электроника 2012» была предельно насыщена семинарами, конференциями и презентациями по различным секторам электроники. Отдельно хочется отметить «День XILINX», который проводила компания Avnet Silica. Во время работы выставки участники «Новой элек-

троники» представили свои новинки в рамках экспресс-презентаций на Экспо-форуме – открытой дискуссионной площадке.

Организаторы реализовали ряд проектов для специалистов электронной промышленности. В конкурсе «Золотой Чип» в номинации «Поставка электронных компонентов» победила компания «МикроЭМ». Большим интересом у посетителей пользовались «Ярмарка неликвидов», электронный киоск «Загрузи по полной».

Работу выставки освещали более 40 информационных партнёров, среди которых – самые популярные ресурсы рынка электроники, транспорта, ВПК, информационных технологий, телекоммуникаций и промышленности. Одним из главных информационных партнёров выставки был всемирно известный портал Broker Forum.

Весна – лучшее время для развития бизнеса, а насыщенная и тщательно структурированная информационная среда выставки «Новая электроника» позволила раскрыть весь мир электронных компонентов, показать преимущества продукции, найти покупателей, поставщиков и партнёров.

В 2013 г. выставка «Новая электроника» пройдёт 23–25 апреля в «Экспоцентре».

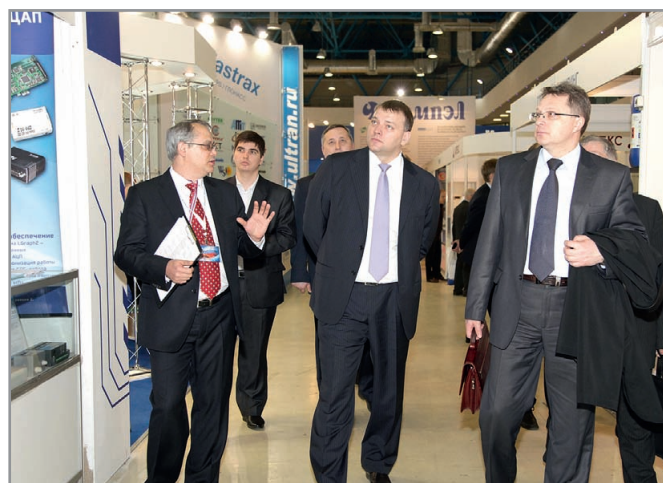
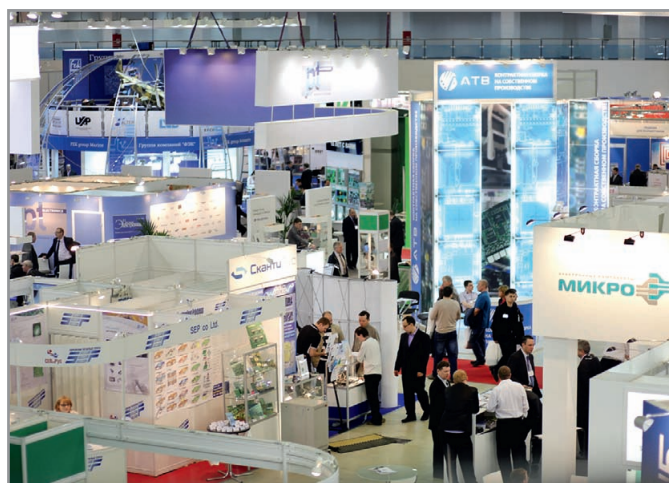
До встречи на «Новой электронике»!

ЗАО «ЧипЭКСПО»

Тел.: +7 (495) 221-5015

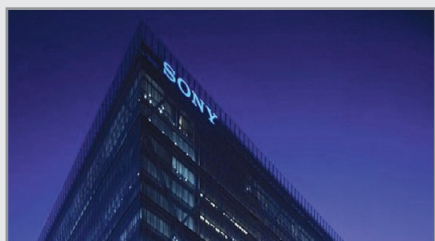
Факс: +7 (495) 946-1874

e-mail: [info@chipexpo.ru](mailto:info@chipexpo.ru)



### Sony готовит сокращение 10 тыс. работников?

Проводимая Sony реорганизация станет, очевидно, одной из самых крупных в истории компании. Согласно данным японского ресурса Nikkei, к концу года в рамках реструктуризации будет сокращено порядка 10 тыс. рабочих мест, что составляет примерно 6% персонала Sony во всех регионах мира. Главным образом сокращение коснётся бизнеса по выпуску жидкокристаллических панелей и химической продукции. Более крупное сокращение штата Sony провела в 2008 г. в связи начавшимся экономическим кризисом. Тогда было уволено около 16 тыс. человек.



Меры по оптимизации работы компании, как утверждает Nikkei, также предполагают отказ семерых первых руководителей компании, включая главу совета директоров и бывшего исполнительного директора Говарда Стрингера (Howard Stringer), от выплат премий и бонусов. Решение выглядит вполне логичным в свете рекордных убытков японской компании в 2011 финансовом году, составивших около 260 млрд. иен (\$3,2 млрд.).

Следует также отметить, что Sony воздержалась от комментариев по поводу публикации Nikkei, которая в итоге может оказаться всего лишь беспочвенным слухом.

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

### Infineon: МОП-транзистор 500 В серии CoolMOS

С серией 500V CoolMOS CE компания Infineon выводит на рынок новое поколение своих МОП-транзисторов, изготовленных по Superjunction-технологии. Продукты являются альтернативой стандартным МОП-транзисторам для питания таких



критичных к стоимости приложений, как импульсные источники питания систем освещения (SMPS), блоки питания компьютеров и потребительская электроника.

Серия 500V базируется на Superjunction-технологии, которая обеспечивает максимальный КПД именно в диапазоне небольших нагрузок. Первые образцы с  $R_{ds(on)}$  280 и 500 мОм в корпусе TO-220 уже предлагаются. С мая 2012 г. появятся образцы элементов 500 В с  $R_{ds(on)}$  280, 500 и 950 мОм в корпусах DPAK, а также TO-220 FullPAK.

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

### Microchip PIC16 с расширенной аналоговой и цифровой периферией

Microchip представляют новое семейство микроконтроллеров PIC16F(LF)178X с расширенной аналоговой и цифровой периферией, включающей в себя 12-битный АЦП, 8-битный ЦАП, операционные усилители, быстрые компараторы, EUSART с поддержкой LIN, SPI и I<sup>2</sup>C. Отдельно стоит упомянуть высокопроизводительный модуль ШИМ – PSMC (Programmable Switch-Mode Controller). Вкупе с перечисленной периферией и быстрым ядром PIC16 Enhanced Mid-Range, он позволяет разрабатывать сложные и недорогие устройства управления и коммутации, например, импульсные источники питания и светодиодные светильники.

Версия LF имеет сверхнизкое энергопотребление: 32 мкА/МГц в активном режиме и 50 нА в спящем режиме, что позволяет применять их в батарейных изделиях. Расширенная периферия и сверхнизкое энергопотребление делают новые PIC16F(LF)178X идеальными для светодиодных светильников, зарядных устройств, цифровых источников питания, электроприводов и других задач. Новые веяния в энергосберегающих технологиях напрямую касаются и разработчиков электроники.

Новое семейство PIC16F(LF)178X позволяют разрабатывать лучшие устройства с меньшим потреблением. Высокая производительность восьмимбитного ядра (до 32 МГц), автоматическое сохранение контекста, высокая плотность кода, работа с портами – достаточно полезные и нужные возможности. Корпуса на 28 и 40 выводов и расширенная периферия даёт возможность разработки компактных и высокопроизводительных систем.

Работа с новыми контроллерами осуществляется с помощью стандартных средств разработки и отладки: MPLAB®

IDE, PICkit™ 3, ICD3, REAL ICE™. Плюс новый компилятор XC8. Контроллеры доступны в 28-выводных корпусах SOIC, SPDIP, 6 × 6 мм QFN и 4 × 4 мм UQFN, а также в 40/44-выводных PDIP, TQFP, 8 × 8 мм QFN и 5 × 5 мм UQFN.

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

### Шаговые двигатели с магнитным кодером

Модели AS5918-EMN24 и AS5918-EMN24B компании Nanotec Electronic являются IP-классифицированными шаговыми двигателями с интегрированным магнитным кодером 24 В, а также (у модели EMN24B) с интегрированным тормозом. Элементы обладают надёжностью позиционирования в неблагоприятных окружающих условиях и имеют компактную конструкцию. Обе модели имеют магнитный кодер, разработанный для интеграции в защищённые по IP-нормам двигатели.

Магнитные кодеры нечувствительны к вибрациям, пыли, грязи и влаге. Кодер генерирует 1024 шагов за один оборот. При напряжении кодера 24 В двигатели особенно подходят для работы в системе программного управления (SPS) или другой системе управления более высокого уровня иерархии, но также могут управляться и системами Nanotec.

Вариант с аварийным тормозом (момент удержания 1 Нм) используется, как правило, там, где вертикальные грузы должны надёжно удерживаться в своём положении даже при пропадании питания или при аварийном останове, чтобы предотвратить нанесение повреждений персоналу и объектам, например, в вертикальных приводах и других приложениях, критичных к безопасности.

При моменте удержания 1,98 Нм шаговые двигатели AS5918-EMN24 и AS5918-EMN24B при пониженном числе оборотов могут рассматриваться как альтернатива сервомоторам с редуктором, так как они компактнее и энергоэффективнее – будь то в машиностроении или в другом оборудовании, работающем в неблагоприятных окружающих условиях при требованиях точного позиционирования.

Двигатели обеспечивают электромагнитную совместимость и имеют резьбовые клеммы M12 или M8. С размером фланца 56 мм (Nema 23) они совместимы со всеми шаговыми двигателями Nanotec и поэтому могут использоваться в смешанных системах.

[www.nanotec.de](http://www.nanotec.de)

# ВСЕ НЕОБХОДИМЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МЫ ПРОВЕЛИ ДЛЯ ВАС!

**Сэкономьте до 6 месяцев на освоении продукции со стандартными DC/DC-преобразователями космического класса серии M3G**



## РЕШЕНИЕ ДЛЯ ГЕОСИНХРОННЫХ ОРБИТ

СЕМЕЙСТВО	M3G
ВЫХОДНАЯ МОЩНОСТЬ	40 Вт
ЧИСЛО КАНАЛОВ	один, два, три
ПОГЛОЩЁННАЯ ДОЗА	>200 Крад (Si)
ОДИНОЧНЫЕ ЭФФЕКТЫ	пороговые ЛПЭ до 82 МэВ·см <sup>2</sup> /мг

**International Rectifier** (подразделение высоконадёжной продукции HiRel) продолжает задавать темп инновациям с продуктовой платформой M3G – единственными в промышленности DC/DC-преобразователями космического класса, для которых предлагаются полные отчёты об анализе наихудшего сочетания внешних факторов, устойчивости к радиационным, электрическим и температурным воздействиям, показателях надёжности.

Этот инновационный продуктовый ряд 40-Вт одно-, двух-, и трёхканальных преобразователей разработан, чтобы выдерживать поглощённую дозу более 200 крад (Si) и воздействие потока нейтронов  $8 \times 10^{12}$  частиц/см<sup>2</sup> без ухудшения технических показателей; гарантируется отсутствие обратимых и катастрофических отказов от одиночных эффектов при пороговых линейных потерях энергии (ЛПЭ) заряженных частиц до 82 МэВ·см<sup>2</sup>/мг; преобразователи способны выдерживать воздействие ионизирующих излучений с мощностями дозы до  $4 \times 10^{10}$  рад/с.

### Преимущества

Серия M3G является прекрасной альтернативой поставляемым стандартным преобразователям:

- Экономит до 70% единовременных затрат
- Сокращает на 6 месяцев период разработки конструкции
- Упрощает конструкцию системы и компоновку
- Обеспечивает гибкость конструкции с множеством входных диапазонов и числом выходных каналов

Серия M3G обеспечивает конструкторов новым и лучшим решением, соответствующим требованиям к рабочим характеристикам и бюджету разработок следующего поколения для космических исследований и спутниковых систем связи.

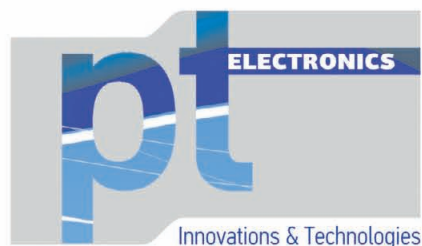
**PROSOFT**<sup>®</sup>  
COMPONENTS

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

International  
**IOR** Rectifier

THE POWER MANAGEMENT LEADER

**Новое имя. Новая стратегия. Новые решения.  
Неизменное качество.**



**PT Electronics**

электронные компоненты

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



**PT AIR**

встраиваемые системы

для промышленной автоматизации  
и железнодорожного транспорта

[www.pt-air.ru](http://www.pt-air.ru)



**PT Technology**

инженерный

и технический консалтинг

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



**ПетроИнТрейд**

высоконадёжная продукция

для ответственных применений

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

**Санкт-Петербург +7-812-324-6350 office@ptelectronics.ru**

ПРЕДСТАВИТЕЛЬСТВА: Москва, Нижний Новгород, Ижевск, Екатеринбург, Пермь, Чебоксары, Новосибирск, Таганрог, Киев