

# СОВРЕМЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

9  
2006

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

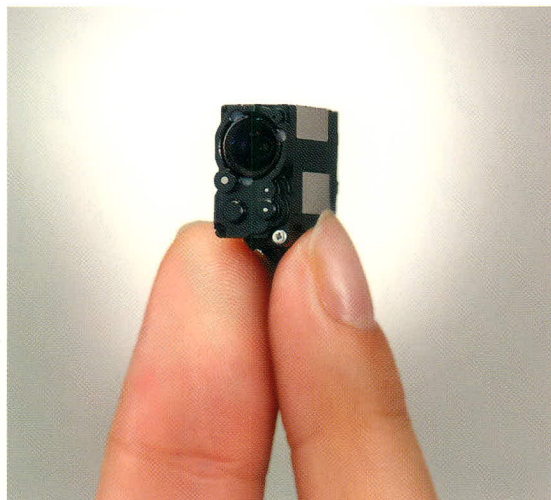


Технологии  
беспроводной связи



# Компоненты мирового лидера для мобильной связи в России

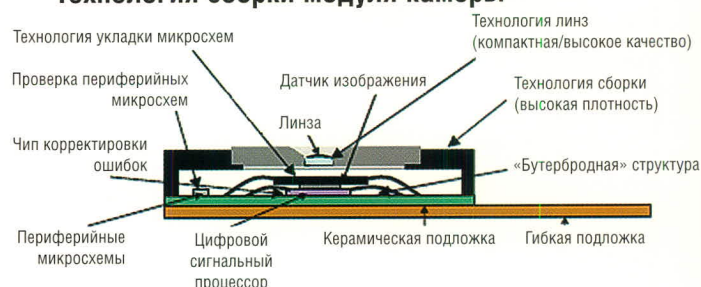
# SHARP



Модуль камеры

## Пример построения готовой системы

### Технология сборки модуля камеры



## Достоинства использования в камерафонах

- Функционально законченное решение
- Модуль в суперкомпактном корпусе в антишоковом исполнении
- Массовое производство (суммарное количество более 150 млн. шт.)



## Технические характеристики

Модель	Оптический формат	Оптические функции	Особенности	Максимальное разрешение (пикс)	Потребляемая мощность (мВт)
LZ0P3955	1/3.2	Макро	<ul style="list-style-type: none"> <li>• UXGA</li> <li>• 15 fps в реж. UXGA/30 fps на SVGA</li> <li>• 5x электронный зум</li> </ul>	1600 × 1200	290 (на 7.5 fps)
LZ0P3954	1/3.2	Автофокус			240 (на 7.5 fps)
LZ0P393E	1/3	Макро	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SXGA</li> <li>• 15 fps на SXGA/30 fps на QSXGA</li> <li>• 4.2x электронный зум</li> </ul>	1280 × 1024	150 (на 15 fps)

## TFT-экраны



- TFT-экран  
**Модель LS022Q8DXXX**  
Диагональ: 2,2"  
Разрешение: 240 × RGB × 320
- STN-экран  
**Модель LM18TGFNZXX**  
Диагональ: 1,8"  
Разрешение: 128 × RGB × 160

## WLAN



- Микросхема DC2J1DZ115
- IEEE 802.11 b/g
- Технология энергосбережения в ждущем режиме 900 мкВт
- Компактный дизайн: 10,0 × 10,0 × 1,6 мм

## IrDA



- **Модель GP2W3270YPOF**
- Широкий угол по горизонтали
- **Модель GP2W3270XPOF**
- Широкий угол по вертикали
- скорость передачи: 115,2 КБ/с
- дальность передачи: 0,2 м

# PROSOFT®

ПРОСОФТ — АКТИВНЫЙ КОМПОНЕНТ ВАШЕГО БИЗНЕСА

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

**Главный редактор**

Александр Майстренко

**Зам. главного редактора**

Татьяна Крюк

**Научный редактор**

Роберт Алексанян

**Дизайн и верстка**

Татьяна Крюк, Александр Либков,  
Дмитрий Юсим

**Web-мастер**

Дмитрий Романчук

**Служба распространения**

Ирина Самохина (circul@soel.ru)

**Служба рекламы**

Татьяна Кравченко (advert@soel.ru)

**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 13 000 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:

Полиграфический комплекс

«Пушкинская площадь»

www.pkpp.ru

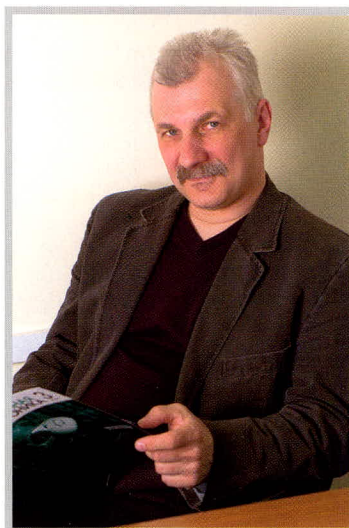
Перепечатка материалов допускается только с письменного разрешения редакции.

Ответственность за содержание рекламы несут рекламодатели.

Ответственность за содержание статей несут авторы.

Материалы, переданные редакции, не рецензируются и не возвращаются.

© СТА-ПРЕСС, 2006



## Уважаемые читатели!

Мы завершаем этот год журналом, посвящённым беспроводной связи.

Современные технологии беспроводной связи уверенно входят в нашу жизнь. Как ко всему удобному, мы быстро привыкаем к ним и перестаём их замечать. Ещё каких-нибудь 20 лет назад примитивный, с сегодняшней точки зрения, домашний радиотелефон был новинкой, а сегодня сотовый телефон есть почти у каждого ребенка.

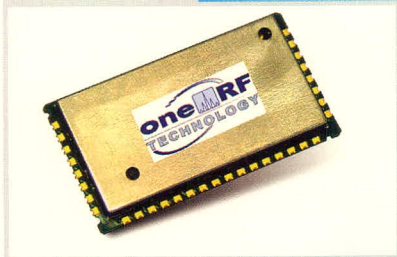
Возможно, вам приходилось, гуляя по лесу, отвечать на вызов сотового телефона и погружаться в обсуждение городских проблем. Меня в этой ситуации потрясает несоответствие окружающего спокойствия и напряжённого ритма городской жизни, рвущегося из мобильного. Невидимые и неосязаемые радиоволны связывают нас через громадные расстояния, позволяя оперативно решать многие задачи. Пройдёт ещё немного времени, и столь же привычным для нас станет повсеместный беспроводной доступ к широкополосным компьютерным сетям. Кстати, тем, кто идёт в лес не гулять, а в дальний поход, для ориентирования на местности пригодится GPS-приёмник – ещё одно детище беспроводных технологий.

Технологии беспроводной связи в России бурно развиваются и внедряются во все сферы жизни, и это свидетельствует о быстром темпе развития страны. Я не поклонник фантастической литературы и потому могу ошибаться, но, кажется, даже фантасты не предвидели такого развития возможностей беспроводной связи. Но в том, что реальность необычной вымысла, я убеждён.

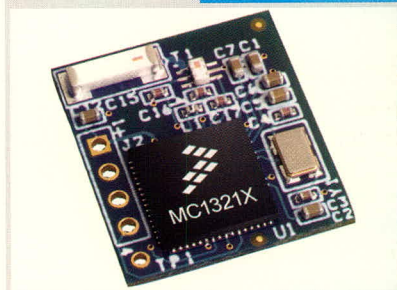
*С наилучшими пожеланиями,  
Александр Майстренко*

# Содержание 9

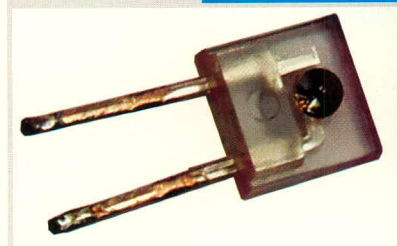
2006



стр. 24



стр. 28



стр. 48

## Рынок

- 4 Новости российского рынка
- 8 Проблемы тестирования электронных компонентов российского и западноевропейского производства  
*Юрий Урличич, Николай Данилин, Дмитрий Чернов, Сергей Белослудцев*

## Современные технологии

- 12 WiMax – воплощение идеи беспроводной широкополосной связи  
*Амит Дир*

## Компоненты

- 16 Микроконтроллеры семейства LPC2000 (ARM7TDMI-S) от Philips – ещё один шаг к идеальной платформе для встраиваемых приложений (часть 3)  
*Павел Редькин*

## Узлы и модули

- 24 Компоненты и решения для задач беспроводной телеметрии  
*Александр Стратиенко*
- 28 Аппаратные средства реализации беспроводных решений ZigBee/802.15.4  
*Михаил Соколов, Александр Гришин*

## Проекты

- 36 Разработка модуля беспроводной передачи телеметрических данных в диапазоне частот 2,4 ГГц  
*Александр Альй*
- 42 RIT35 – современные GSM-системы мониторинга  
*Александр Минаев, Юлия Ващенко*
- 44 Цифровой регулятор температуры с дистанционным управлением по GSM-каналу  
*Владимир Бартнев*
- 48 Микропроцессорный беспроводной измеритель расхода электроэнергии  
*Пётр Иванов*
- 52 DiSEqC-коммутатор на четырнадцать выходов с функцией мониторинга принимаемых команд  
*Александр Данилин*

## Проектирование и моделирование

- 56 Теоретические основы и моделирование корреляционного метода обнаружения источников шума, перспективного для современных поисковых систем  
*Владимир Болдырев*

## Программирование

- 60 Увеличение производительности USB в мобильных разработках  
*Стив Колоковски*
- 64 Средства проектирования встраиваемых микропроцессорных систем, реализуемых на основе ПЛИС фирмы Xilinx (часть 3)  
*Валерий Зотов*

## Оборудование

- 72 Обзор новинок производителя промышленной мебели «ГЕФЕСД»  
*Юрий Денисов*

## События

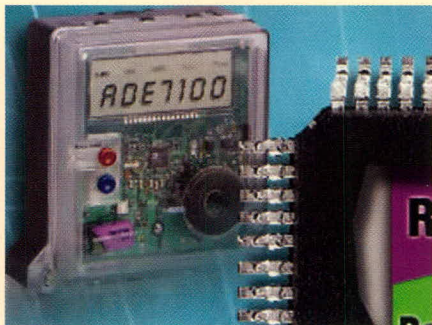
- 74 «ЭлектроТехноЭкспо-2006» – юбилейная выставка
- 76 Сводное содержание

## Новости российского рынка

### Компоненты

#### Интегральные схемы измерения энергии

Компания Analog Devices представляет ADE7100 и ADE7500, два SoC-семейства (System-on-Chip) для разработки счётчиков расхода энергии. Наряду с измерительным ядром фирмы Analog Devices схемы ADE7100 и ADE7500 содержат микропроцессор, Flash-память, схему управления ЖК-дисплеем, часы реального времени (RTC) и схемы для управления батареей. Измерительное ядро Analog Devices содержит функции расчёта эффективной, реактивной и кажущейся мощности, а также измерения эффективных значений напряжения и тока. Микропроцессор содержит часы ре-



ального времени с полным батарейным резервом и выбор интерфейсов UART, SPI или I<sup>2</sup>C. Четыре микросхемы: ADE7166, ADE7169 (семейство ADE7100) и ADE7566, ADE7569 (семейство ADE7500) проходят в настоящее время стадию опробования и в феврале 2007 должны выпускаться серийно. Элементы предлагаются в 64-контактных корпусах LQFP.

[www.argussoft.ru](http://www.argussoft.ru)  
Тел. (495) 221-0130

#### Новые силовые реле Omron выдерживают значительные перегрузки по току

Omron разработал новое силовое реле, способное выдерживать большие пусковые токи. Оно может применяться в бытовой электротехнике, промышленном оборудовании, в устройствах управления, осветительном оборудовании, в системах вентиляции и кондиционирования.

Реле G5RL-1A-EHR выполнено в компактном корпусе (29 × 12,7 × 15,7 мм) и способно выдерживать токовые выбросы до 100 А при переменном напряжении 240 В. Реле выпускается с номинальным напряжением катушки 5, 12, 14 и 48 В. Его контакты выдерживают 50 000 циклов сраба-



тывания при токе 16 А, переменном напряжении 250 В или постоянном 24 В с активной нагрузкой.

Реле имеет нормально-разомкнутые контакты, выполненные из золотого сплава. Этот материал обеспечивает высокую проводимость и надёжность контактов.

Реле G5RL-HR соответствует международным стандартам VDE (EN61816-1/En60255-23) и UL 508/CSA C22.2. и сертифицировано немецким союзом электротехников VDE.

Получить более подробную информацию и приобрести реле можно в ООО «Электронная индустрия».

[www.industry.su](http://www.industry.su)  
Тел. (495) 540-4530

#### IGBT-инвертор с жёстким переключением от компании Cree

Компания Cree объявила о своём новом гибридном приборе – IGBT-транзисторе с интегрированным антипараллельным SiC-диодом Шоттки (6 А, 600 В). Новый прибор CID150660 разработан для применений в мощной преобразовательной технике.

Во всех устройствах транзисторы инвертора работают в так называемом жёстком режиме, когда их переключение происходит при максимальных значениях токов и напряжений. Спецификой этого режима является необходимость установки антипараллельных диодов, характеристики обратного восстановления которых вносят значительный вклад в динамические потери.

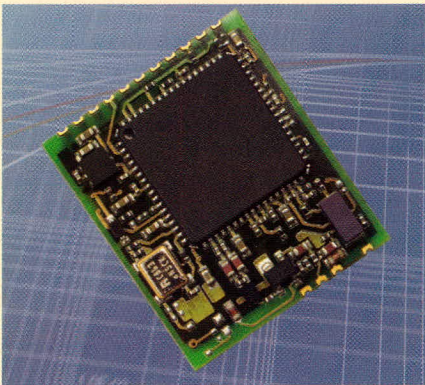
Снизить ток обратного восстановления и динамические потери в IGBT позволяет применение высоковольтных SiC-диодов с барьером Шоттки. Новый IGBT-транзистор с SiC-диодом Шоттки CID150660 позволит снизить полные динамические потери до 50%, а суммарные – до 25%. CID150660 доступен в корпусе TO-220-3.

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

### Узлы и модули

#### Новая модель GPS-приёмника от компании Tусо Electronics

Компания Tусо Electronics/GPS представила новую модель GPS-приёмника A1037A. Особенности данного модуля являются уникально низкая цена (менее \$20), миниатюрные размеры (16 × 19 × 3 мм) и высокая чувствительность в режиме сопровождения (-153 дБм). Модуль выполнен на чипсете STMicroelectronics STA2056 Palinuro. Образцы и демонстрационные киты уже доступны на складе MT-систем. За подробной технической



информацией обращайтесь к специалистам компании MT-систем.

<http://www.mt-system.ru/>  
Тел. (812) 325-36-85

#### Сертификация GSM-модемов SIMCOM

Компания MT-систем сертифицировала GSM/GPRS-модемы производства фирмы SIMCOM. Сертификаты получены на GSM/GPRS-модемы SIM300, SIM300C и SIM300D, а также на GSM/GPRS/GPS-совмещённый модуль SIM508. За подробной технической информацией обращайтесь к специалистам компании MT-систем.

<http://www.mt-system.ru/>  
Тел. (812) 325-36-85

## Новости российского рынка

### ЖК-дисплей Sharp серии Strong 2

Компания ПРОСОФТ предлагает со склада в Москве 10,4- и 12,1- дюймовые TFT ЖК-дисплеи LQ104V1DG61 и LQ121S1DG61 фирмы Sharp. Дисплеи поставляются в комплекте с инверторами, интерфейсными кабелями и кабелями для подключения инвертора к системе питания.

В ЖК-дисплеях Strong 2 компания Sharp достигла высокого контрастного отношения 600 : 1 при оптимальном угле наблюдения, оптимизировав траекторию разности потенциалов пикселей при включенном дисплее. Кроме того, увеличение яркости дисплея стало возможным благодаря использованию стеклянных пластин с улучшенным коэффициентом пропускания, новых ламп подсветки и оптимизированного покрытия на держателях подсветки для достижения более высокой эффективности светоизлучения.

Модули Strong 2 значительно устойчивее к воздействию механических ударов, чем стандартные дисплеи. В отличие от других дисплеев, электронные схемы как бы плавают внутри корпуса, а не жёстко прикреплены к раме. Корпус для системы подсветки также оптимизирован для обеспечения защиты светоизлучающих компонентов. В результате большинство механических ударов поглощаются непосредственно корпусом и изолирующим материалом. При вибрационных тестах новые упрочнённые TFT ЖК-дисплеи способны выдерживать ускорения до 19,6 м/с<sup>2</sup> в диапазоне частот 57...500 кГц как в рабочем режиме, так и в выключенном состоянии.

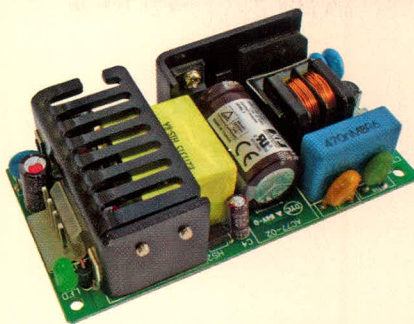
При стандартных тестах на ударные воздействия в выключенном состоянии дисплеи выдерживают удары при ускорениях до 490 м/с<sup>2</sup>.

При использовании в наружных установках и промышленных применениях дисплеи подвергаются воздействию резких изменений температур. Благодаря применению модернизированных поляризаторов и цветных фильтров дисплеи способны работать в диапазоне температур -30...+80°C.

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

### Новая серия компактных надёжных источников питания AC/DC от XP Power

Компания XP Power предлагает серию ACS компактных 40- и 60-ваттных источников электропитания AC/DC.



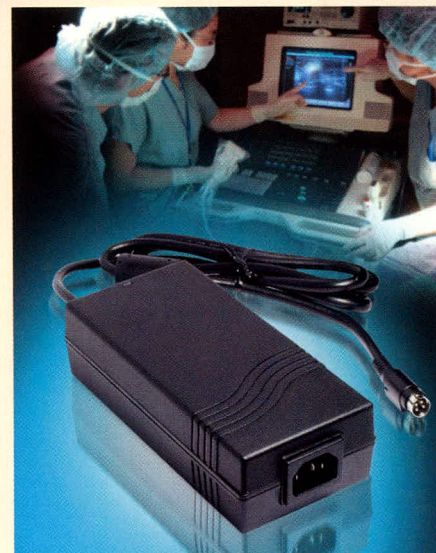
Источники питания способны работать как от сети переменного тока 90...264 В, 47...63 Гц, так и от сети постоянного тока 110...370 В. В составе серии одноканальные модели с выходными напряжениями 3,3; 5; 9; 12; 15; 24; 36; 48 В. Входные цепи снабжены средством подключения к защитному заземлению: защита от поражения электрическим током достигается применением усиленной изоляции и подключением к защитному заземлению (оборудование класса I). Источники питания могут комплектоваться защитными перфорированными крышками. Электрическая прочность гальванической развязки выходных цепей питания от шин источника входной электроэнергии 3000 В (действующее значение).

Модули питания серии ACS 40/60 обладают следующими сервисными функциями: защита от перенапряжения, перегрузки по току, подстройка выходного напряжения ±5% от номинального напряжения. Нестабильность по напряжению 0,5% (при полной нагрузке), нестабильность по току 1% при изменении тока нагрузки от 10- до 100-% значения. Пульсация выходного напряжения 1% (макс.) от пика до пика. Значение среднего времени между отказами (MTBF): 230 000 ч (рассчитан по MIL-HDBK-217F). Габариты: 101,6 × 50,8 × 30,48 мм.

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

### Компактные 120-ваттные внешние источники электропитания для переносных медицинских приборов

Компания XP Power сообщила о начале поставок компактных 120-ваттных источников электропитания для переносной медицинской техники и другого портативного оборудования, где требуется высокая электрическая прочность между первичными и вторичными цепями и небольшой ток утечки на землю. Источники питания серии AMM120 предлагаются в исполнениях с защитой от поражения электрическим током класса I (с подклю-



чением к защитному заземлению) и класса II (без подключения к защитному заземлению). Источники питания с габаритами 160 × 76,2 × 43,7 мм характеризуются высоким значением удельной мощности (3,69 Вт/дм<sup>3</sup> или 220 Вт/дм<sup>3</sup>) и являются одними из самых мощных доступных в настоящее время внешних источников питания, отвечающих требованиям медицинских стандартов (EN60601-1, UL60601-1). Они имеют универсальный вход 90...264 В переменного тока, номинальные значения выходного напряжения равны 12, 15, 18, 19, 20, 24, 30, 36 и 48 В. Типовое значение КПД составляет 85% при полной нагрузке, что исключает необходимость применения вентилятора. Источники питания AMM120 способны выдавать в нагрузку полную мощность при температуре окружающей среды +40°C и по крайней мере 50% мощности при температуре +60°C. Модули AMM120 поддерживают режим холостого хода и характеризуются суммарной нестабильностью ±5% от номинального напряжения. Пульсация выходного напряжения ограничена 2% (макс.) от номинального напряжения.

Сервисные функции: защита от перенапряжения, перегрева, перегрузки по току и короткого замыкания. В случае перегрузки обеспечивается автоматический выход на рабочий режим.

Источники питания этой серии отвечают требованиям всех основных международных стандартов электробезопасности и требованиям к электромагнитной совместимости для медицинских применений. Значение MTBF (рассчитан по MIL-HDBK-217F): более чем 175 000 часов.

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

## Новости российского рынка

### Приборы

#### Датчики тока, напряжения и мощности производства НИИЭМ

ФГУП НИИЭМ производит и предлагает для реализации серию приборов, позволяющих контролировать и, в конечном итоге, снизить потребление электроэнергии как на стационарных, так и на подвижных энергоёмких производствах и транспортных средствах.

Стационарные датчики измерения тока до 5...3000 А измеряют постоянные, переменные и импульсные токи с гальванической развязкой, с высокой точностью передают форму измеряемого тока. Датчики включены в Государственный Реестр средств измерений РФ и предназначены для замены ненадёжных шунтов, магнитных усилителей и трансформаторов тока. Разъёмные датчики



измерения тока до 10...1500 А позволяют производить мониторинг токовых цепей без разрыва токовой цепи и без остановки производства. Датчики ДБТ-25 предназначены для измерения больших токов до 25 000 А. Токовые клещи-пробники и клещи-мультиметры с цифровой индикацией или без неё предназначены для контроля постоянного и переменного токов в диапазоне до 5000 А. Помимо измерения тока, интеллектуальные клещи обладают функциями мультиметра, способны запоминать последнее значение измеряемого параметра, измеряют напряжение до 600 В.

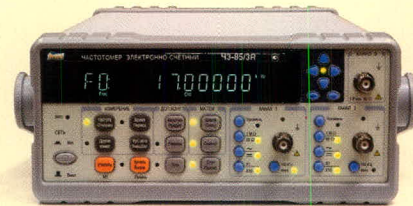
Предприятие предлагает также датчики измерения напряжения в одно- и трёхфазных сетях от 50 до 1000 В с гальванической развязкой и датчики измерения активной и реактивной мощности на 1, 20 и 200 кВт.

[www.niem.ru](http://www.niem.ru)  
Тел. (495) 994-5188

#### ЧЗ-85/3R – электронно-счётные частотомеры со встроенным рубидиевым опорным генератором

Особенности:

- встроенный опорный рубидиевый стандарт частоты;
- использование в качестве высокоточных калибраторов частоты;
- возможность использования в качестве компараторов частоты;



- синхронизация от внешних стандартов частоты с помощью импульсов 1 Гц (водородные стандарты или приёмники GPS/ГЛОНАСС);
  - измерение фазовых сдвигов и временных интервалов.
- Технические характеристики:
- частотный диапазон 0,14 мГц...500 МГц (в базовой комплектации);
  - расширение частотного диапазона до 9 ГГц (опции);
  - рубидиевый опорный генератор с погрешностью  $\pm 5 \times 10^{-10}$ ;
  - измерение частоты, периода, временного интервала, отношения частот, фазового сдвига между сигналами, длительности и скважности импульсов, счёт импульсов;
  - четыре математических и девять статистических функций для частотных измерений;
  - допусковой контроль;
  - высокое разрешение (12-разрядный индикатор);
  - память: 9 профилей настроек;
  - интерфейс RS-232C и LPT, опция GPIB (КОП).

[www.prist.ru](http://www.prist.ru)  
Тел. (495) 777-5591

### Программное обеспечение

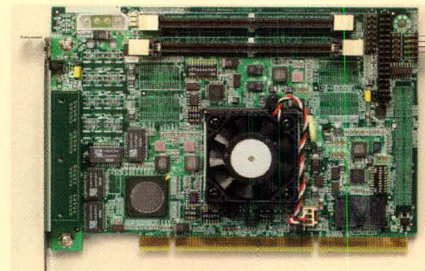
#### Операционные системы Wind River VxWorks и Linux для многоядерного MIPS64-микропроцессора Cavium Networks OSTEON

Компания Wind River, производитель средств разработки программного обеспечения встраиваемых микропроцессорных устройств, объявила о поддержке многоядерного микропроцессора Cavium Networks OSTEON, содержащего на кристалле до 16 процессорных ядер с архитектурой MIPS64.

Многоядерные системы на кристалле семейства OSTEON предназначены для применения в качестве процессоров сете-

вого оборудования и содержат от 1 до 16 процессорных ядер MIPS64, до 8 гигабитных портов SPI-4.2 или RGMII, контроллер шины PCI-X 64 бит/133 МГц, контроллер памяти DDR2 128/144 бит, контроллер памяти RDRAM2 и аппаратные акселераторы обработки пакетов, алгоритмов QoS, TCP-сжатия/декомпрессии и шифрования.

Многоядерные сетевые процессоры OSTEON будут поддерживаться как операционной системой реального времени Wind River VxWorks, так и операционной системой общего назначения Wind River Linux. Интегрированные пакеты для сетевого оборудования Wind River Platform for



Network Equipment (VxWorks Edition и Linux Edition) с поддержкой процессоров OSTEON и отладочных плат CN38XX-EVB-NIC4 будут доступны в IV квартале 2006 г.

Тел: (095) 148-9677  
[www.vxworks.ru](http://www.vxworks.ru)

## Тайваньские чипы для четверти телефонов в 2008 г.

Согласно исследованию компании ABI Research, рынок сотовых телефонов в 2008 г. преодолет отметку в 1 млрд. единиц (1,08 млрд.), причём 26% (281 млн.) всей продукции будет произведено тайваньскими компаниями. Данные цифры отражают тенденцию к наращиванию ODM-производства (производства систем собственной разработки) на этом острове. Особенно это касается телефонов для сегментов начального и среднего уровня.

Такие производители, как Motorola и Sony, уже сделали ставку на тайваньских производителей как на ключевой элемент производственной цепочки. Следует уточнить, что хоть ODM-компании и держат свои штаб-квартиры на Тайване, свои основные производственные мощности они размещают на материковом Китае. Таким образом они имеют возможность лучше оптимизировать структуру затрат и предложить клиентам более привлекательные цены на свои услуги. На Тайване располагаются крупные ODM-производители сотовых телефонов, такие как Compal Communications, Wistron Corp. и Arima Computer.

[www.3dnews.ru](http://www.3dnews.ru)

## Плоскопанельные дисплеи: итоги квартала и прогнозы на год

Доходы на рынке плоскопанельных дисплеев (FPD) всех размеров, как ожидается, вырастут в 2006 г. на 13% и достигнут 84,3 млрд. долл. В количественном измерении прирост поставок FPD прогнозируется на уровне 12% и составит 3,6 млрд. панелей, то есть 42,8 млн. кв. м видимой площади, достаточных для покрытия 5711 футбольных полей. Об этом говорится в отчёте, подготовленном исследовательской компанией DisplaySearch.

Локомотивом роста является бурно развивающийся рынок плоских телевизионных панелей с ростом доходов за год в 60% (29,6 млрд. долл.). При этом рынок ТВ, по прогнозам аналитиков, составит, по итогам текущего года, 35% в общей структуре доходов против 25% в 2005 г. и 16% в 2004 г. Примечательно, что, несмотря на то что в количественном выражении рынок плоскопанельных телевизионных приёмников составляет

всего лишь 19%, доходы от поставок такого рода устройств в текущем году составят 82% от всего объёма продаж ТВ-модулей, в то время как в 2005 г. их доля составляла 67%.

В структуре доходов от поставок плоскопанельных ТВ доля ЖК-панелей, как ожидается, вырастет с 66% в прошлом году до 71% в текущем году на фоне роста доходов в годовом исчислении на 73% (до 21,1 млрд. долл.). В то же время доля PDP (Plasma Display Panels) упадёт с 31 до 27%, несмотря на рост доходов в 2006 г. на 39% (до 7,9 млрд. долл.). Практически не изменится размер выручки от продаж микродисплеев – около 610 млн. долл. по итогам текущего года.

По данным аналитиков, общемировые поставки плоскопанельных дисплеев (Flat-Panel Displays, FPD) выросли, по итогам II квартала 2006 г., на 14% в годовом исчислении, составив 869,6 млн. штук. Совокупная величина площади поставленных FPD достигла 9,8 млн. кв. м, что на 7% больше, чем в первой четверти года, и на 52% больше, чем во II квартале прошлого года. Доходы от продаж FPD за период с апреля по июнь нынешнего года равнялись 19,4 млрд. долл., что на 17% выше, чем за тот же период годом ранее, но на 6% меньше, чем за период с января по март 2006 г., в то время как средняя цена за квадратный метр снизилась на 23% в годовом и на 12% в квартальном исчислении.

Поставки LCD-модулей (LCM) выросли, по итогам II квартала 2006 г., до 608 млн. штук, увеличившись на 21% по сравнению с тем же периодом прошлого года и на 3% по сравнению с кварталом ранее. LCD составляли 70% от общего числа проданных FPD (в денежном выражении – 87%). Стоимость одного квадратного метра площади ЖК-дисплеев упала за квартал на 14%, а за год – на 25%. Таким образом, в то время как совокупная видимая площадь LCD увеличилась в годовом исчислении на 53% (83% от всей площади FPD), доходы ЖК выросли за тот же период всего лишь на 15% и составили, по итогам второго квартала, 17 млрд. долл.

Продажи PDP увеличились на 3% в квартальном исчислении, но в годовом исчислении прирост был значительным и равнялся 73%. Всего же, по итогам II квартала, было поставлено 2,4 млн. единиц таких устройств. Плазменные

модули используются главным образом в телевизорах или публичных дисплеях, так что в количественном выражении их доля на рынке FDP равна всего лишь 0,3%, но из-за большого размера они составляют 13% от всей площади плоскопанельных дисплеев. Доходы от продаж модулей PDP выросли в годовом исчислении на 52% и составили 1,84 млрд. долл.

Доминирующей технологией производства плоскопанельных дисплеев осталась недорогая аморфно-кремниевая (a-Si) TFT LCD, занимающая 75% рынка. Как ожидается, доходы по итогам 2006 г. от продаж продуктов на основе этой технологии вырастут на 14% (до 63 млрд. долл.). Технология LTPS TFT LCD растёт не намного быстрее. Быстрее всех будут наращивать своё присутствие на рынке PDP, поскольку они применяются в плоскопанельных телевизионных приёмниках.

Аналитики DisplaySearch обращают также внимание на тот факт, что в первой половине текущего года продажи LCD ТВ превысили в денежном выражении продажи мониторов. Однако совокупный размер поставок панелей для ноутбуков и мониторов до конца 2008 г. будет превышать тот же показатель для ЖК-телевизоров.

[www.itware.com.ua](http://www.itware.com.ua)

## Intel и Micron совместно построят завод по выпуску флэш-памяти в Сингапуре

Компании Intel и Micron, которые в январе объявили о создании совместного предприятия IM Flash Technologies, которое займётся выпуском NAND флэш-памяти, сообщили, что работы идут с опережением графика.

Сегодня IM Flash уже производит продукцию на 300-мм линиях Intel в г. Манассас (штат Вирджиния) и Micron в г. Бойс (штат Айдахо), планируется, что к началу следующего года будет задействован завод Intel в г. Лехи (штат Юта).

И вот компании объявили, что намерены совместно построить новый завод в Сингапуре, который будет производить чипы по 50-нм технологиям с использованием 300-мм пластин. Предприятие начнёт выпуск продукции во второй половине 2008 г., а его строительство стартует в первом полугодии следующего года.

<http://itc.ua>

# Проблемы тестирования электронных компонентов российского и западноевропейского производства

Юрий Урличич, Николай Данилин, Дмитрий Чернов,  
Сергей Белослудцев (Москва)

Одной из важных задач взаимодействия в области космических информационных технологий является сравнение систем сертификации спутниковой электронной компонентной базы в России и Западной Европе. В статье авторы знакомят с результатами анализа этого сравнения, на основе которого созданы согласованные схемы сертификации и тестирования электронной компонентной базы.

## ВВЕДЕНИЕ

Главной задачей взаимодействия в области космических информационных технологий в региональном масштабе является сравнение систем сертификации (квалификации) спутниковой электронной компонентной базы (ЭКБ) в России и Западной Европе. На основе анализа этого сравнения создана согласованная схема сертификации (ССС) и тестирования ЭКБ. Согласованная схема сертификации и тестирования электронных компонентов (ЭК) должна стать основой процесса гармонизации технических требований в России и Западной Европе в преддверии вступления России в ВТО.

Российскими специалистами осуществлён детальный сравнительный анализ российских и западноевропейских стандартов в области сертификации и тестирования спутниковой ЭКБ. Эти результаты позволяют сформулировать основные рекомендации для гармонизации российских и западноевропейских требований к ЭКБ.

## ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ФОРМИРОВАНИЯ СОГЛАСОВАННОЙ СХЕМЫ СЕРТИФИКАЦИИ

В результате обсуждения согласованных рекомендаций рабочая группа проекта сформулировала следующие основные принципы, на которые опирается СССР:

- Максимальное использование инфраструктуры испытательного оборудования уже существующего в РФ Центра сертификации (ЦС),

фирм – изготовителей ЭКБ и других испытательных центров. Дополнительное испытательное оборудование, необходимое для ЦС, определено на основе СССР;

- Обязательства всех сторон, включенных в процесс сертификации, определены в соответствии с СССР;
- Действия по сертификации/квалификации в СССР оптимизированы с точки зрения передачи ЭКБ между различными сторонами полного процесса сертификации;
- СССР учитывает стоимость и эффективность сертификации, перечень компонентов в ЭКБ и количество необходимых средств;
- СССР учитывает эффективность сертификации соразмерно с потребностями проекта и планами.

## ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ СССР

Разработка СССР велась по следующим основным направлениям:

- общий подход к сертификации/квалификации;
- обязательства процесса сертификации;
- общие требования к сертификации/квалификации;
- требования к потокам испытаний для каждого семейства компонентов.

## Подход к сертификации/квалификации

ССС включает взаимодействие между следующими ключевыми организациями:

- Федеральное космическое агентство (Роскосмос);

- Центр сертификации;
- российские и западноевропейские фирмы – изготовители ЭКБ;
- российские и западноевропейские потребители ЭКБ;
- испытательные центры РФ.

ЦС несёт полную ответственность за сертификацию ЭКБ для космических приложений в России; ЦС действует от имени Роскосмоса и подотчётен непосредственно Роскосмосу.

Российские пользователи ЭК и фирмы – изготовители ЭКБ представляют на рассмотрение ЦС запросы на сертификацию российских и западноевропейских ЭК. ЦС должен оценить запрос, инициировать сертификацию и управлять потоком испытаний в соответствии с согласованными требованиями.

Испытания и проверки должны выполняться в фирмах-изготовителях, ЦС или в специальном испытательном центре. Полученные результаты испытаний и проверок должны быть проанализированы ЦС и переданы в Роскосмос для рассмотрения и утверждения. После утверждения в Роскосмосе ЦС выдаёт соответствующие сертификаты.

Главная цель ЦС состоит в сертификации ЭК, произведённых в РФ в соответствии со стандартами, методами, процедурами и практикой, сложившимися в европейской промышленности. Однако ввиду значительных потребностей российской космической промышленности имеется потребность в ЭК Западной Европы. Поэтому ЦС должен быть способен сертифицировать компоненты Европейского производства в соответствии с согласованными требованиями. Кроме того, возможно применение и российской ЭКБ в рамках европейских проектов [1], хотя ЦС пока не включен в процесс квалификации компонентов Западной Европы согласно требованиям ESA/SCC.

Имеются три потока испытаний, соответствующих ССС:

- полный поток испытаний для неквалифицированных компонентов РФ или Западной Европы,
- дельта-испытания для сертифицированных компонентов РФ,
- дельта-испытания для квалифицированных компонентов Западной Европы.

Важно учитывать, что в Западной Европе существует два подхода к сертификации/квалификации ЭК: универсальная сертификация ЭКБ для нескольких проектов и специфическая квалификация для конкретного проекта. Второй подход в РФ не применяется, и речь идёт только об универсальной сертификации.

### ОБЯЗАТЕЛЬСТВА ПРОЦЕССА СЕРТИФИКАЦИИ

В рамках Федеральной системы сертификации космической техники (ФСС КТ) ЦС объединяет нижеследующие обязательства *Полномочного органа по Сертификации ЭКБ и Испытательного Центра*.

#### Запрос на сертификацию

ЦС не имеет права отклонить запрос на сертификацию за исключением тех случаев, когда компонент не подходит для космического приложения и очевидно, что сертификация потерпит неудачу. В таком случае ЦС совместно с заказчиком должен выработать альтернативный подход.

ЦС должен предоставлять в Роскосмос полный список запросов на сертификацию на регулярной основе, информируя о компаниях, типах компонентов и фирмах-изготовителях.

#### Разработка программы оценки компонента

Программа оценки компонента (ПОК) должна быть подготовлена ЦС индивидуально для каждого типа ЭК. Для этой цели ЦС должен собрать и оценить всю доступную информацию о компоненте: качество, реквизиты надёжности, способность противостоять тепловым, механическим и электрическим воздействиям космической среды.

Для компонентов, уже квалифицированных согласно требованиям РФ или Западной Европы, оценка компонента не требуется. В этом случае

должны выполняться только дельта-испытания (рис. 1).

#### Эффективность ПОК

Все испытания и проверки, определённые в ПОК, должны быть выполнены в ЦС. ЦС должен подготовить отчёт, содержащий итоги оценки, и рекомендации, если процесс квалификации должен быть продолжен. Отчёт по оценке утверждается в Роскосмосе.

#### Оценка фирмы – изготовителя ЭКБ

В существующей российской системе квалификации процесс сертификации *системы обеспечения качества (СОК)* фирмы-изготовителя обычно выполняется отдельным полномочным органом. Этот подход не эффективен с точки зрения стоимости и времени. Поэтому за сертификацию СОК российской фирмы-изготовителя и сертификацию ЭКБ должен нести ответственность ЦС.

При оценке западной фирмы-изготовителя рекомендуется, чтобы ЦС вошёл в контакт с ESA для получения необходимой информации о фирме.

#### Подготовка программы сертификационных испытаний

После успешной оценки компонентов ЦС должен разработать *программу сертификационных испытаний* и определить те испытания и проверки, которые могут быть заранее исключены. Это особенно важно для ЭКБ, прошедшей квалификацию в западноевропейской или российской системе квалификации. Кроме того, ЦС должен определить испытательные средства, на которых должны выполняться все необходимые испытания.

#### Эффективность квалификационных испытаний

После завершения всех квалификационных испытаний и проверок ЦС должен подвести итоги результатов испытаний в «Отчёте по квалификационным испытаниям». Этот отчёт содержит требования к фирмам-изготовителям выполнить определённые коррекции компонента в процессе производства или проверки. После реализации фирмой-изготовителем всех необходимых коррекций ЦС должен подготовить «Заключительную оценку» компонента и со-

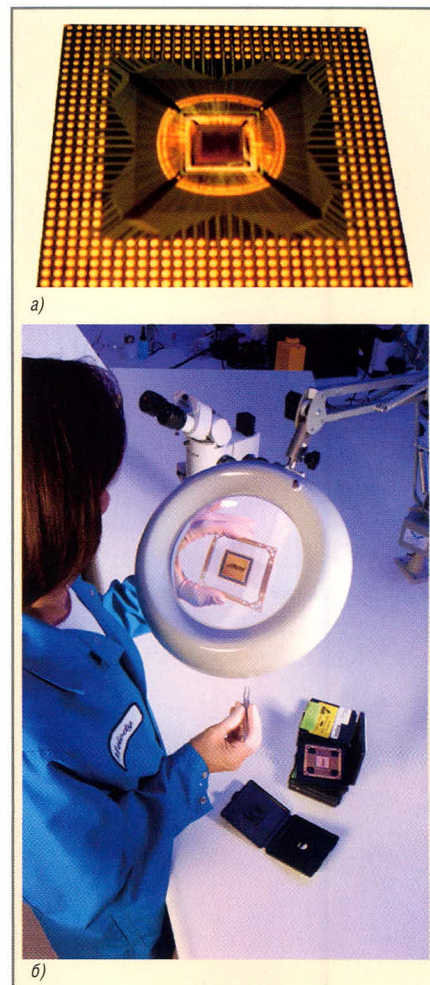


Рис. 1. Спутниковая электронная компонентная база (а) и визуальный неразрушающий контроль (б)

ответствия фирмы-изготовителя соответствующим требованиям. Эта оценка утверждается в Роскосмосе.

#### Анализ отказов

ЦС подготавливает «Отчёт анализа отказов», который при необходимости содержит рекомендации/требования для коррекций.

#### Выдача сертификата

После разрешения по указанию Роскосмоса ЦС выдаёт сертификат. Этот сертификат представляется в организацию, которая сделала запрос на сертификацию, а также фирме – изготовителю соответствующего компонента. Копия сертификата хранится в ЦС.

#### Перечень квалифицированных компонентов

ЦС принимает участие в подготовке и поддержке Перечня квалифицированных компонентов (аналог западноевропейского перечня QPL). Этот перечень регулярно модифицируется

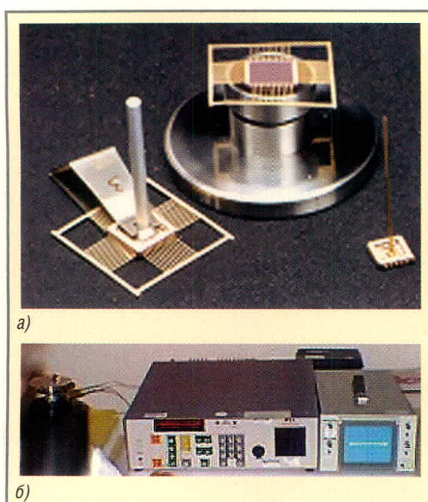


Рис. 2. Контактные устройства PIND-тестера (а) и блок аппаратуры для обнаружения инородных частиц внутри корпуса (б)



Рис. 3. Пустоты в металлизации (а), стереомикроскоп в составе автоматизированного рабочего места РФА (б) и стенд квалификационных испытаний (в)

(не менее двух раз в год). Он утверждается в Роскосмосе и содержит ЭК российского и иностранного производства, которые успешно прошли сертификацию/квалификацию в ЦС. Перечень QPL содержит ссылки на выданные сертификаты и дату истечения срока действия сертификатов.

#### Ежегодный отчёт

ЦС готовит ежегодный итоговый отчёт. Цель этого отчёта состоит в обеспечении Роскосмоса и других заинтересованных органов кратким обзором деятельности ЦС и итогами полученных запросов на сертификацию. Этот отчёт даёт возможность Роскосмосу определить актуальные проблемы российской космической промышленности в части ЭКБ.

#### ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СЕРТИФИКАЦИИ/КВАЛИФИКАЦИИ

Первым шагом при определении требований к сертификации/квалификации является согласование различных фаз сертификации/квалификации и общих требований систем РФ и Западной Европы.

При этом анализируются следующие фазы квалификации:

- оценка компонента;
- заключительные производственные испытания;
- отбраковка по результатам электротермотренировки;
- квалификационные испытания.

При реализации ССС для всех полупроводниковых приборов по результатам электротермотренировки выполняются следующие испытания:

- высокотемпературное обратное смещение,
- PIND-тест (обнаружение инородных частиц (рис. 2) в пространстве внутри корпуса),
- радиографический контроль.

#### ТРЕБОВАНИЯ К ПОТОКАМ ИСПЫТАНИЙ

Выполнение потоков испытаний идёт по двум направлениям: выполнение полного потока испытаний по ССС для неквалифицированных компонентов РФ или Западной Европы и выполнение дополнительных испытаний, которые не проводятся (или проводятся иначе) в рамках системы квалификации.

При этом полный поток испытаний применяется только к тем компо-

нентам, которые никогда не были сертифицированы. В случае же, если фирма-изготовитель обеспечивает уже сертифицированные компоненты, оценка фирмы-изготовителя может быть опущена.

Оценка компонента основывается на уже имеющихся данных. Неразрушающие и/или разрушающие физические испытания выполняются лишь в том случае, если доступные данные не позволяют судить о возможности компонента успешно пройти все квалификационные испытания (рис. 3). Однако оценку компонента можно пропустить, если компонент, представленный на сертификацию, подобен по конструкции, технологии, материалам и размерам уже сертифицированному компоненту от той же фирмы-изготовителя.

Если оценка компонента удовлетворительна или если предыдущие данные указывают, что фирма-изготовитель способна производить компоненты необходимого качества в соответствии с требованиями стандартов, то должны быть проведены квалификационные испытания.

После заключительных производственных испытаний, которые индивидуально определяются для каждого семейства ЭКБ, проводится электротермотренировка. Если оба этих вида испытаний прошли успешно, партия ЭКБ подвергается квалификационным испытаниям. Эти испытания включают в себя до пяти подгрупп испытаний, которые входят в состав следующих групп:

- электрические испытания;
- испытания на выносливость, включая срок службы и хранение;
- испытания на воздействие окружающей среды, включая тепловые и механические испытания.

#### СОГЛАСОВАННЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ИСПЫТАНИЯМ

В результате сравнительного анализа получен набор рекомендаций по гармонизации требований к испытаниям [2]. Эти рекомендации обеспечивают связь между результатами сравнительного анализа и ССС. Началом послужил запуск международного проекта обучения российских специалистов (Tasic) с целью обеспечения предприятий Роскосмоса оперативной информацией по применению ЭКБ в Европейском космическом агентстве.

Рекомендации включают в себя информацию от краткого обзора испытаний до согласования требований по сертификации активных и пассивных компонентов.

В системе ESA/SCC описано два уровня испытаний ЭКБ: уровни В и С. Квалификация компонентов всегда выполняется в соответствии с уровнем В. Для уровня С дополнительно должны быть включены следующие испытания: сериализация, измерение параметров дрейфа, радиографический контроль и PIND-тест. При этом для соединителей должны выполняться испытания только уровня В.

Также имеются два уровня испытаний в РФ. Это уровни «9» и «5». Однако уровень «5» требует дополнительных испытаний при использовании компонентов в космическом оборудовании. Следовательно, для сравнения с уровнем В системы ESA/SCC следует рассматривать требования только уровня «9».

Таким образом, CCC позволяет сертифицировать спутниковые ЭКБ Западной Европы и РФ для космического приложения в РФ и квалифициро-

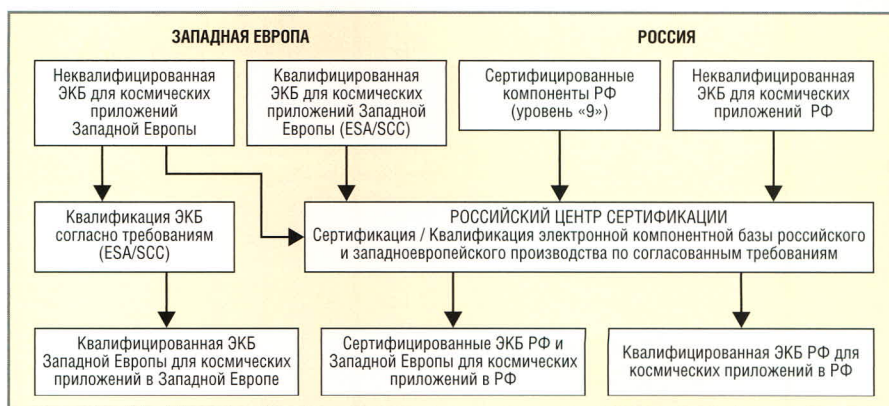


Рис. 4. Система взаимодействия организаций России и Западной Европы

вать ЭКБ РФ для приложений в Западной Европе.

### Выводы

Остаются некоторые небольшие различия между CCC и любой из существующих систем сертификации/квалификации. Они касаются ограничения параметров тестирования и применяемых методов испытаний (рис. 4).

Российские и западноевропейские эксперты сделали обзор и оценили остаточные различия в течение сравнительного анализа. Рабочая группа проекта пришла к выводу, что эти раз-

личия не подвергают опасности состояние сертификации/квалификации компонентов при использовании CCC как в Западной Европе, так и в РФ.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Данилин Н.С. Информационные технологии и сертификация элементной базы новых российских космических телекоммуникаций. М.: РТА ГТК, 2000.
2. Урличич Ю.М., Данилин Н.С., Белослудцев С.А. Многоплановые инженерно-физические исследования электронной компонентной базы для космоса. М.: МАКС Пресс, 2005.



## Новости мира News of the World Новости мира

### Winbond упрощает производство по нормам 90 нм

После увеличения прибыльности в III квартале 2006 г. компания Winbond Electronics планирует в IV квартале довести долю производства продукции по технологическому процессу 90 нм до 18%. Компания также увеличивает инвестиционные планы на 2007 г. для производства изделий по нормам 80 и 90 нм на 60%.

Высокая доходность производства по нормам 90 нм на фабрике по обработке подложек диаметром 300 мм подталкивает Winbond к усиленному финансированию этого направления. В III квартале на долю технологии 90 нм приходилось всего лишь 5% оборота компании. Доходность от производства чипов памяти DDR2 512 Мбит для Qimonda достигла 40%, поэтому энтузиазм руководителей Winbond можно понять.

Ускоренное освоение новых технологических горизонтов заставляет Winbond инвестировать больше запланированного ранее. В основном средства пойдут на развитие производства по нормам 90 и 80 нм. Увеличение производительности по перспективным техпроцессам не скажется на существующем производстве по нормам

110 нм. Напомним, что 2007 г. расценивается некоторыми аналитиками как «золотой» период для производителей памяти. Новая операционная система Windows Vista будет играть весомую роль в увеличении объема оперативной памяти среднестатистического компьютера. Не быть готовым к этому процессу означает остаться за бортом растущего рынка. Не удивительно, что производители памяти именно сейчас усиленно вкладывают в развитие производства.

[www.3dnews.ru](http://www.3dnews.ru)

### LCD-телевизоры становятся популярнее плазменных панелей

Общемировые поставки широкоформатных 37-дюймовых LCD-панелей в III квартале текущего года впервые за всё время превзошли этот показатель для плазменных панелей (PDP), а уже в следующем году могут обойти их и в сегменте экранов с диагональю 40 и более дюймов, – сообщает аналитическая компания DisplaySearch.

Так, согласно исследованию DisplaySearch, в III квартале 2006 г. продажи LCD-панелей с диагональю от 40 дюймов и больше выросли на 560% (до 2,4 млн. штук) по сравнению с предыдущим кварталом.

Рост рынка PDP, напротив, замедлился и составил всего лишь 17% по сравнению с предыдущим кварталом и 47% – по сравнению с аналогичным периодом 2005 г. Производители плазменных дисплеев ожидают дальнейшего снижения темпов роста в данном сегменте, и в IV квартале этот показатель может составить уже лишь 20%. При этом в количественном выражении объёмы их поставок снова достигли рекордной отметки – 2,8 млн. штук. Стимулом для столь бурного роста продаж широкоформатных LCD-панелей, как считают аналитики, является высокий спрос на LCD ТВ. С другой стороны, под давлением набирающей обороты популярности телевидения высокой чёткости (HDTV) и грядущего массового внедрения форматов Blu-ray и HD DVD, на рынке плазменных панелей наблюдается смещение приоритетов покупателей в сторону экранов с большими диагоналями – 50 дюймов и выше. Именно в этом сегменте, как полагают аналитики, и будут сосредоточены основные интересы производителей PDP на ближайшее время, а рынок дисплеев размером 37, 40 и 47 дюймов будет постепенно завоевываться LCD-панелями.

Ferra

# WiMax – воплощение идеи беспроводной широкополосной связи

Печатается с разрешения компании Xilinx (www.xilinx.com)

**Амит Дир (Amit Dhir) (США)**

Перевод Игоря Метина

**Стандарт WiMAX для широкополосной мобильной передачи данных позволяет поддерживать все виды связи: IP-телефонию, высокоскоростной доступ в Интернет, передачу данных, видеоконференции, а также оказывать другие услуги. Использование FPGA Virtex-4 FX и IP-ядер фирмы Xilinx позволяет разработчикам создавать эффективные WiMAX-системы и оптимизировать затраты на их разработку.**

Огромный интерес к стандарту WiMax в настоящее время объясняется как технологическими, так и коммерческими причинами. Промышленность стоит перед насущной потребностью уменьшения стоимости сотовой сети. Эту задачу можно решить, если использовать частотный диапазон сотовой связи с большей эффективностью, чем та, которую обеспечивают существующие мобильные сети. Большой эффективности можно достичь, применяя передовые технологии, позволяющие оперативно управлять трафиком пользователя, а также схемы кодирования в сочетании с усовершенствованными схемами коррекции ошибок и распределения трафика.

Стандарт WiMax определяет философию проектирования сетевого оборудования (аналогично Ethernet и WLAN), позволяет значительно снизить стоимость и увеличить эффективность эксплуатации этого оборудования. От WiMax ожидают доказательств его масштабируемости и применимости к глобальным сетям.

## ПОДРОБНО О ХАРАКТЕРИСТИКАХ

Стандарт IEEE 802.16 разработан для системы, состоящей из двух основных компонентов: терминала абонента (Subscriber Station – SS) или центрального обрабатывающего элемента (Customer Premises Equipment

– CPE), и базового терминала (Base Station – BS). BS и один или более CPE могут образовывать ячейку (соту) со структурой «точка – множество точек» (P2MP). При работе сети BS управляет процессами в ячейке, включая доступ к среде любого SS, распределение ресурсов для достижения качества и класса предоставляемых услуг передачи данных (QoS) и доступ к сети на основе механизмов безопасности сети.

Несколько BS могут быть скомпонованы таким образом, чтобы создать сотовую беспроводную сеть. При использовании ортогонального мультиплексированного деления частоты (OFDM), радиус ячейки может достигать до 30 миль. Однако это требует благоприятных для канала условий окружающей среды, и при этом достижима только самая низкая скорость передачи данных. Практически ячейки обычно имеют небольшой радиус – около 5 миль или меньше. Заметим, что стандарт WiMax можно также использовать в двухточечной (P2P) или решетчатой топологии, используя пары направленных антенн для увеличения зоны покрытия системы по сравнению с топологией P2MP.

Протокол управления доступом MAC 802.16 разработан специально для оборудования беспроводной сети со структурой «точка – множество точек» (P2MP). Он поддерживает различные протоколы передачи данных, такие как ATM, Ethernet и Internet Protocol (IP), и может быть использован в перспективных разработках, имеющих высокий уровень совместимости (см. рис. 1).

MAC также поддерживает очень высокую скорость обмена данными через физическую среду с ATM-совместимыми качеством и классами предоставляемых услуг передачи данных (QoS), такими как UGS, rtPS, nrtPS и Best Effort (BE) (см. таблицу).

Фреймовая структура протокола 802.16 позволяет в зависимости от

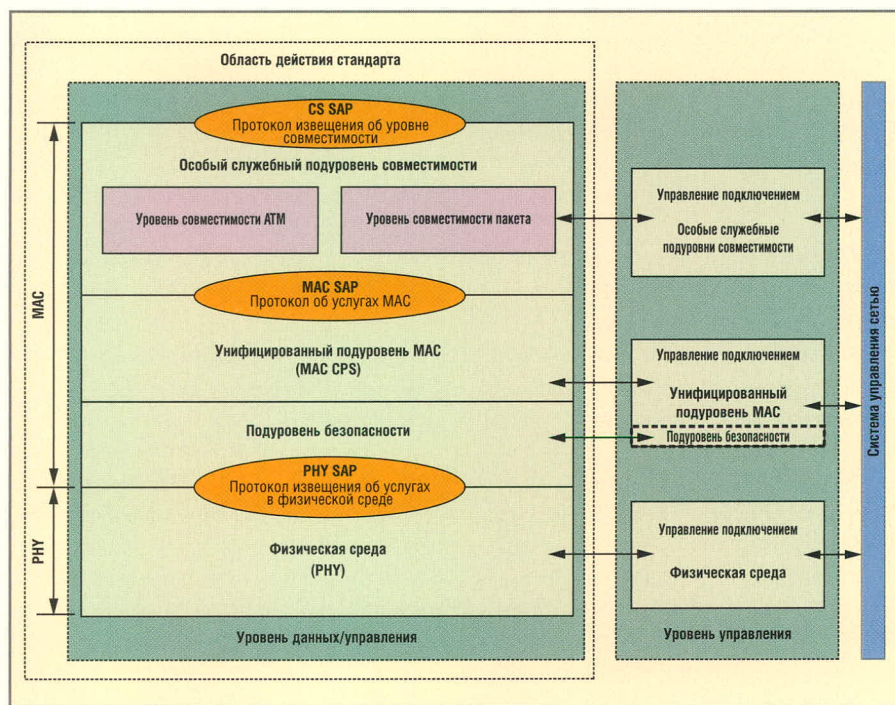


Рис. 1. Структура протокола управления доступом MAC 802.16

условий связи динамически назначать терминалам заданные пакетные профили передачи данных к локальному устройству и от локального устройства. За счёт этого в реальном времени можно достичь компромисса между пропускной способностью и надёжностью системы. Это также обеспечивает в среднем двукратное увеличение пропускной способности по сравнению с неадаптивными системами.

MAC 802.16 использует модуль данных протокола (Protocol Data Unit – PDU) переменной длины и другие инновации. Несколько модулей данных протокола (PDU) могут, например, быть связаны в один пакет, чтобы избежать потерь в физической среде (PHY). Несколько модулей служебных данных (Service Data Unit – SDU) также могут быть связаны в один модуль данных протокола (PDU) MAC, что позволяет добиться экономии за счёт объединения заголовков пакетов MAC. Разбиение на части даёт возможность передавать очень большие модули служебных данных (SDU), превышающие размеры фрейма, чтобы обеспечить качество и класс предоставляемых услуг передачи данных (QoS). Уменьшение объёма заголовка пакета можно использовать для уменьшения потерь, вызванных избыточностью контактов SDU.

MAC 802.16 использует самокорректирующую схему типа «запрос/ответ» для предоставления частотного ресурса, которая исключает какую-либо задержку подтверждения приёма, обеспечивая более высокое QoS, чем традиционные схемы подтверждения. В зависимости от QoS и

параметров трафика сервисов, терминалы имеют набор доступных опций для запроса частотного ресурса.

Уровень защищённости протокола 802.16 соответствует модели, принятой DOCSIS. Стандарт кодирования данных (Data Encryption Standard – DES) в режиме последовательной передачи блоков кода (Cipher Block Chaining – CBC) используется для распределения нагрузки на схемы передачи и вторичного управления. Протокол управления персональными данными (Personal Knowledge Management – PKM) обеспечивает авторизацию на основе сертификата SS и выполняет обмен ключами между BS и SS, используя метод открытого ключа RSA и стандарты x.509.

Сетевое подключение любого устройства включает решения ряда задач по удостоверению подлинности и синхронизации BS и SS. Когда сигнал к локальному устройству синхронизирован, используется дескриптор канала от локального устройства (Uplink Channel Descriptor – UCD), чтобы установить параметры синхронизации, и исходный диапазон частот при подсоединении. В процессе выбора SS диапазона частот, BS распределяет различные управляющие сообщения для выбранных условий с последующей регистрацией. Используя PKM, защищённое вторичное управляющее подсоединение подвергается авторизации. Теперь система готова управлять сквозным соединением, используя различные протоколы IP, путём развертывания различных сервисов MAC. Постоянный контроль над выбором диапазонов частот и состоянием канала позво-

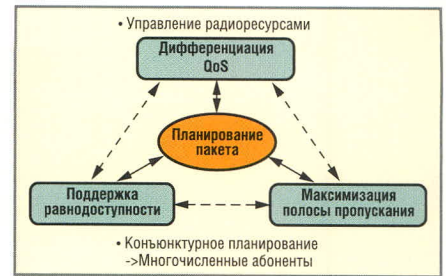


Рис. 2. Планировщик пакетов и его влияние на управление частотным ресурсом

ляет адекватно управлять ресурсами канала.

### QoS и ПЛАНИРОВАНИЕ

Высокий уровень поддержки QoS и планирования – одна из интересных особенностей стандарта WiMax. Эти особенности услуг провайдера особенно ценны из-за способности максимизировать количество связей между удалёнными объектами сети и увеличивать производительность системы, а также обеспечивать выполнение соглашения об уровне услуг (Service-Level Agreements – SLA) (рис. 2).

Инфраструктура для поддержки различных классов услуг определяется реализацией MAC. QoS разрешаются механизмом запроса и предоставления частотного ресурса различным терминалам абонента и базовым станциям. Для QoS выделено четыре категории служб (UGS, rtPS, nrtPS и BE), обеспечивающие классификацию по типу предоставляемых услуг для видео, аудио и данных, поскольку к перечисленным службам предъявляются различные требования QoS. Планировщик пакета обеспечивает планирование для

### Классы услуг QoS

Сервис	Определение	Применение	Обязательные параметры QoS
UGS	Информационный поток в реальном времени, содержащий пакеты данных фиксированной длины, передаваемые с периодическими интервалами	T1/E1 передача голоса по IP-протоколу (VoIP) без подавления пауз	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Максимальная средняя скорость передачи данных (минимальная скорость расхода зарезервированного трафика)</li> <li>● Максимальная латентность</li> <li>● Толерантное дрожание</li> <li>● Стратегия запроса/передачи</li> </ul>
rtPS	Информационный поток, периодически создающий пакеты данных переменной длины в реальном времени	Передача голоса по IP-протоколу (VoIP) с подавлением пауз	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Максимальная средняя скорость передачи данных</li> <li>● Минимальная скорость расхода зарезервированного трафика</li> <li>● Максимальная латентность</li> <li>● Стратегия запроса/передачи</li> </ul>
rtPS	Информационный поток в реальном времени, содержащий пакеты данных переменной длины, передаваемые с периодическими промежутками	MPEG-видео	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Максимальная средняя скорость передачи данных</li> <li>● Минимальная скорость расхода зарезервированного трафика</li> <li>● Максимальная латентность</li> <li>● Приоритет трафика</li> <li>● Стратегия запроса/передачи</li> </ul>
nrtPS	Толерантные к задержке информационные потоки, содержащие пакеты переменной длины, для которых требуется минимальный темп передачи данных	FTP	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Минимальная скорость расхода зарезервированного трафика</li> <li>● Максимальная средняя скорость передачи данных</li> <li>● Приоритет трафика</li> <li>● Стратегия запроса/передачи</li> </ul>
BE	Информационные потоки, для которых не требуется минимального служебного уровня, поэтому ими можно управлять на основе доступного пространства	HTTP	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Максимальная средняя скорость передачи данных</li> <li>● Приоритет трафика</li> <li>● Стратегия запроса/передачи</li> </ul>

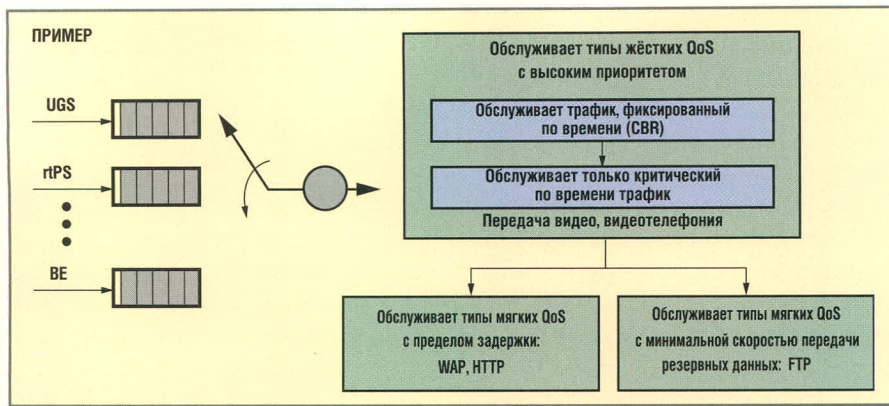


Рис. 3. Функциональная схема планировщика пакета

различных классов услуг для одного абонента. Это означает, что требования SLA будут удовлетворяться на уровне абонента. Абоненты могут иметь различный уровень приоритета, например, стандартный и повышенный (рис. 3).

### УПРАВЛЕНИЕ МОБИЛЬНОСТЬЮ для IEEE 802.16-2005

Переключения на высокой скорости и с небольшими потерями передаваемого пакета данных являются ключевым требованием к системам IEEE 802.16-2005. Хотя управление передачей данных может осуществляться на программном уровне, из-за необходимости повышения производительности часть выполняемых функций переводят на аппаратный уровень.

Чтобы идентифицировать соседнюю сеть и определить её характеристики по отношению к присоединённому мобильному терминалу абонента (Mobile Service Station – MSS), базовые станции периодически передают широковещательные управляющие сообщения для соседних сетей. Каждый MSS сканирует соседний BS и измеряет уровень сигнала. Затем он выбирает соседний BS и готовится к следующему переключению, выполняя процедуры выбора диапазона частот и соединения.

Выполнение переключения определяется скоростью опознания абонента, передвигающегося от одной ячейки сети к другой. Дифференциация происходит из-за быстрой адаптации к изменению требований QoS для мобильности. MSS могут быть стационарными или мобильными, и профиль QoS может меняться. SLA может также осуществлять различную политику для мобильного и стационарного вариантов использования.

### РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПОДКАНАЛА для ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ МАС/PHU

При увеличении числа абонентов затухание и потери при передаче становятся всё более значительными. OFDMA, основанный на OFDM, невосприимчив к межсимвольным помехам и частотно-избирательному замиранию. Достижение высокой скорости передачи зависит от способности системы широкополосного радиодоступа (Broadband Wireless Access – BWA) обеспечивать эффективное и гибкое распределение частотного ресурса. Производительность системы может быть значительно увеличена, если при распределении вспомогательной несущей использовать методики скачкообразной перестройки частоты и адаптивной модуляции с усилением канала в передатчике. Оптимальным решением является выделение абоненту лучшего канала в каждый момент времени. Само собой разумеется, что эта процедура не так проста, поскольку наилучшая вспомогательная несущая для одного абонента может быть также и наилучшей вспомогательной несущей для другого абонента, у которого нет другой дополнительной наилучшей вспомогательной несущей. Требование QoS определяется как достижение необходимой скорости передачи данных и потока ошибок (Bit Error Rate – BER) для каждого абонента при каждой передаче.

### МАСШТАБИРУЕМЫЙ OFDMA

Концепция масштабируемости была введена как часть режима физического уровня OFDMA радиостандарта MAN IEEE 802.16. Масштабируемый физический уровень позволяет основанным на стандарте системам оптимально функционировать в диапазоне частот полосы пропускания

1,25...20 МГц с фиксированным интервалом вспомогательной несущей как для стационарной, так и для портативной/мобильной модели. При этом стоимость таких систем сохраняется на достаточно низком уровне. Структура субканала с изменяющимися размерами FFT на полосу пропускания канала определяет возможность масштабируемости.

Стандарт WiMax также поддерживает передовые субканалы кодирования (AMC) и модуляцию, гибридный автоматический повторяющийся запрос (HARQ), высокоэффективные структуры подканалов к локальному устройству, систему со многими входами и выходами (MIMO), улучшенную защищённость каналов, различные распределения вспомогательной несущей и схемы диверсификации. WiMax MAC обеспечивает масштабируемость, используя обратную связь от CQI и запросы HARQ.

### ОСНОВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ РЕАЛИЗАЦИИ

Возможно, самой большой проблемой, возникающей при внедрении системы WiMax, является определение того, что должно выполняться на программном уровне процессором, а что на аппаратном уровне, в частности, с помощью акселератора на базе ПЛИС. Критерием для такого разделения между аппаратным и программным обеспечением является оптимальное соотношение между производительностью системы и требованиями к обработке данных – с одной стороны, и необходимым временем выхода системы на рынок – с другой.

К проектам на основе CPE WiMax следует применять подход, «основанный на процессорах», а для реализации функций MAC, таких как CRC и шифрование/дешифрование, логичнее использовать аппаратный акселератор. С другой стороны, при построении базовой станции потребуется перейти от более слабого акселератора MAC к обработке пакетов на основе подхода «медленная трасса/быстрая трасса». Таким образом, в базовой станции MAC более медленные функции управления и контроля реализуются с помощью процессора (встроенного в ПЛИС либо внешнего), а функции быстрой обработки данных реализуются на базе архитектуры ПЛИС в качестве аппаратного акселератора.

Критерием применения MAC служит обеспечение поддержки управления «тройной игрой» – голоса, данных и видео, используя подходящие методы организации очередей и планирования. Хотя сам стандарт IEEE 802.16 является эффективной основой для выполнения такой задачи, разница между конкурирующими решениями заключается в том, насколько хорошо этот стандарт реализуется в каждом конкретном случае. ПЛИС компании Xilinx обеспечивают разработчикам систем гибкую платформу, на базе которой могут быть реализованы новые функции MAC, что обеспечивает преимущество в конкурентной борьбе.

Современные семейства ПЛИС Virtex™-4 FX включают низковольтный вспомогательный интерфейс процессора (APU), который упрощает достижение компромисса между аппаратным и программным обеспечением, позволяя вводить в код программного обеспечения специальные команды, которые затем реализуются в логической структуре ПЛИС.

Передовые функции DSP, такие как высокоэффективные FEC, представ-

ляют ещё одну область, в которой ПЛИС могут обеспечить разработчикам преимущество и улучшенное функционирование разрабатываемой системы. С выпуском оптимизированного кода Turbo Convolutional и его включения в недорогой пакет WiMax FEC, Xilinx открывает разработчикам систем доступ к высокоэффективным ядрам ПЛИС, которые затем могут быть быстро развернуты как часть гибкого решения FEC для системы WiMax.

Безусловно, при разработке базовых станций WiMax существует много других областей, которые остались за рамками данной статьи и в которых технологии Xilinx могут принести реальную пользу. ПЛИС Xilinx широко используются для реализации алгоритмов коррекции DSP в карте RF, для уменьшения коэффициента амплитуды (Crest Factor Reduction – CFR), цифровой предварительной коррекции (Digital Predistortion – DPD) и цифрового перехода вверх/вниз (Digital Up/Down Conversion – DUC/DDC). Путём цифровой коррекции характеристик усилителя мощности (PA) можно существенно снизить стоимость разра-

батываемой базовой станции, используя более экономную аналоговую схему RF. Более подробную информацию об этом можно найти по ссылке [www.xilinx.com/esp/wireless](http://www.xilinx.com/esp/wireless).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Несмотря на продолжающиеся споры вокруг стандарта WiMax и обсуждения его преимуществ по сравнению с уже используемыми стандартами сотовой связи, современные тенденции подтверждают, что WiMax является идеальной платформой для передачи голоса, данных и видео по беспроводным линиям связи. Компания Xilinx на ранних этапах была вовлечена в процесс создания стандарта WiMax, поэтому воплотила в своей продукции набор уникальных свойств, которые помогают разработчикам систем в стандарте WiMax выпустить их на рынок раньше своих конкурентов.

Компания Xilinx также работает с рядом заказчиков систем управления ускоренным трафиком в беспроводных системах MAC. Каждая реализация такой системы может быть адаптирована к конкретной задаче. ©

## Новости мира News of the World Новости мира

### Лидеры индустрии создали консорциум WirelessHD

Крупнейшие компании в индустрии электроники (LG Electronics, Matsushita Electric Industrial, NEC, Samsung Electronics, SiBEAM, Sony и Toshiba) объявили о создании специальной рабочей группы WirelessHD, которая к весне следующего года должна разработать стандарт для беспроводной передачи видео высокой чёткости (WirelessHD или WiHD). Это решение обусловлено активным переходом индустрии к стандарту HD и желанием упростить для пользователей этот процесс. Согласно данным аналитиков, мировые продажи устройств, поддерживающих высокоскоростной A/V-интерфейс, вырастут с 60 млн. шт. в этом году до 495 млн. шт. к 2009 г.

Согласно планам консорциума WiHD для передачи данных между устройствами, находящимися на расстоянии до 10 м, будет использоваться частотный диапазон 60 ГГц, при этом скорость будет достигать 5 Гбит/с. Первые устройства с поддержкой WiHD появятся к концу 2007 г. либо в начале 2008 г.

[www.itc.ua](http://www.itc.ua)

### В 2008 г. Samsung перейдёт на LED-подсветку для ЖК-дисплеев

Все ЖК-мониторы, выпускаемые Samsung Electronics, в 2008 г. будут базироваться на LED, – об этом сообщила южнокорейская Digital Times.

Не так давно Samsung представила 20,1-дюймовый монитор на базе LED (SyncMaster XL20), цена которого в Южной Корее составляет 1,78 млн. вон (около \$1880). Как ожидается, поставки в США и Европу начнутся в ноябре и декабре текущего года соответственно. Кроме того, в следующем году компания намерена приступить к продажам 24-дюймового ЖК-дисплея на основе LED.

Общемировые поставки LCD-мониторов достигнут, по итогам 2006 г., 129 млн. шт., при этом 3% из их числа будут базироваться на модулях подсветки LED.

[www.itware.com.ua](http://www.itware.com.ua)

### Samsung строит из памяти «шестнадцатизатжки»

Южнокорейская Samsung Electronics снова опередила своих конкурентов. Компания объявила о разработке первого в от-

расли технологического процесса, позволяющего объединять 16 чипов памяти в так называемый «мультичип». Разработка нацелена на удовлетворение растущего спроса на микросхемы памяти высокой плотности для мультимедийных устройств. В качестве примера производитель указывает, что применение «шестнадцатизатжных» 8-Гб микросхем флэш-памяти типа NAND позволит выпускать 16-Гб накопители.

Чтобы соединить 16 чипов в один, необходимо было преодолеть серьёзное техническое препятствие: уменьшить толщину каждого из них на 96%. Другими словами, теперь чип имеет толщину 30 мкм. Примерно такую толщину имеют клетки человеческого тела. По сравнению с 10-этажными мультичипами, представленными около года назад, вдвое была уменьшена толщина связующих слоёв – с 60 до 20 мкм. В результате суммарная высота конструкции с учётом связующих слоёв составила 1,4 мм.

Кроме того, для разрезания пластин на отдельные чипы разработана новая технология лазерной резки. Новая технология позволяет устранить сколы и растрескивание кристалла.

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

# Микроконтроллеры семейства LPC2000 (ARM7TDMI-S) от Philips – ещё один шаг к идеальной платформе для встраиваемых приложений

(часть 3)

Павел Редькин (г. Ульяновск)

В третьей части автор продолжает знакомить с 16/32-разрядными встраиваемыми микроконтроллерами семейства LPC2000 фирмы Philips Semiconductors. Завершено начатое в части 2 описание аппаратных узлов и регистров блока управления системой. Приведены описания модуля акселератора памяти и контроллера векторов прерываний.

## Встроенная система ФАПЧ

МК семейства LPC2000 имеют встроенную систему ФАПЧ (PLL). Входной сигнал системы ФАПЧ может лежать в частотном диапазоне 10...25 МГц. Эта частота преобразуется, путём умножения на некоторую величину, в частоту cclk, лежащую в диапазоне 10...60 МГц, с использованием генератора, управляемого током (ССО). Множителем может быть целочисленное значение от 1 до 6. ССО работает в диапазоне 156...320 МГц, поэтому в составе системы ФАПЧ имеется дополнительный делитель, позволяющий ССО функционировать в заданном частотном диа-

пазоне, в то время как на выходе PLL получается частота cclk, лежащая в вышеуказанном диапазоне. Делитель выходной частоты может производить деление на 2, 4, 8 или 16.

Активация системы ФАПЧ производится через регистр PLLCON. Значения множителя ФАПЧ и выходного делителя задаются в регистре PLLCFG. Поскольку все операции, связанные с синхронизацией микроконтроллера, включая работу сторожевого таймера, зависят от ФАПЧ, любое случайное изменение параметров ФАПЧ может привести к непредсказуемому поведению устройства. Защита наст-

роек системы ФАПЧ обеспечивается необходимостью генерации специальной последовательности для доступа к ним.

По умолчанию после сброса МК, а также в режиме Power Down система ФАПЧ отключена, а её работа может быть разрешена программно. Программа должна сконфигурировать и активизировать ФАПЧ, дождаться замыкания петли ФАПЧ, а затем соединить выход ФАПЧ в качестве источника тактовой частоты МК.

Система ФАПЧ управляется нижеприведёнными регистрами.

**Регистр управления ФАПЧ (PLLCON – 0xE01FC080).** Битовая структура регистра PLLCON приведена в табл. 15. При включении ФАПЧ происходит замыкание её петли с текущими заданными значениями множителя и делителя. При подключении ФАПЧ к МК процессор и все встроенные функции начинают тактироваться выходными сигналами ФАПЧ. Изменения содержимого регистра PLLCON не вступают в силу, пока не будет выработана корректная последовательность ввода данных в ФАПЧ (см. описание регистра PLLFEED). Система ФАПЧ должна быть сконфигурирована и включена с замыканием петли обратной связи до того, как ФАПЧ станет использоваться в качестве источника синхронизации МК.

**Регистр конфигурации ФАПЧ (PLLCFG – 0xE01FC084).** Битовая структура регистра PLLCFG приведена в табл. 16. Изменения регистра PLLCFG не вступают в силу, пока не будет выработана корректная последовательность ввода данных в ФАПЧ (см. описание регистра PLLFEED).

**Регистр состояния ФАПЧ (PLLSTAT – 0xE01FC088).** Битовая структура регистра PLLSTAT приведена в табл. 17.

Таблица 15. Биты регистра управления ФАПЧ (PLLCON – 0xE01FC080)

Номер бита	Имя бита	Функция бита	Значение после сброса
0	PLLE	Бит включения ФАПЧ. Когда этот бит установлен и произведена выдача корректной последовательности ввода данных в ФАПЧ, активируется ФАПЧ и замыкается петля на требуемой частоте (см. описание регистра PLLSTAT)	0
1	PLLC	Бит подключения ФАПЧ к устройству. Когда биты PLLC и PLLE установлены и произведена выдача корректной последовательности ввода данных в ФАПЧ, система ФАПЧ подключается к МК и становится для него источником синхросигнала (см. описание регистра PLLSTAT)	0
7:2	Зарезервированы	Данные биты зарезервированы. Пользовательское программное обеспечение не должно производить запись в зарезервированные биты. Чтение зарезервированного бита возвращает неопределённое значение	NA

Таблица 16. Биты регистра конфигурации ФАПЧ (PLLCFG – 0xE01FC084)

Номер бита	Имя бита	Функция бита	Значение после сброса
4:0	MSEL4:0	Значение множителя частоты системы ФАПЧ. Соответствует величине «М» в формулах вычисления частоты ФАПЧ	0
6:5	PSEL1:0	Значение делителя частоты системы ФАПЧ. Соответствует величине «Р» в формулах вычисления частоты ФАПЧ	0
7	Зарезервирован	Данный бит зарезервирован. Пользовательское программное обеспечение не должно производить запись в зарезервированные биты. Чтение зарезервированного бита возвращает неопределённое значение	NA

Регистр PLLSTAT доступен только для чтения и при чтении возвращает фактические параметры ФАПЧ, которые являются действительными во время этого чтения, как и состояние ФАПЧ. Текущее прочитанное содержимое регистра PLLSTAT может не согласовываться со значениями, содержащимися в регистрах PLLCON и PLLCFG, потому что изменения содержимого этих регистров не вступают в силу, пока не будет выработана корректная последовательность ввода данных в ФАПЧ (см. описание регистра PLLFEED).

Бит PLOCK в регистре PLLSTAT связан с контроллером прерываний. Когда будет сгенерировано прерывание от ФАПЧ и автоматически установится бит PLOCK, программа может подключить ФАПЧ к МК и запретить прерывание от ФАПЧ. Возможные комбинации битов PLLE и PLLC, задающие режимы функционирования ФАПЧ, показаны в табл. 18.

**Регистр подачи ФАПЧ (PLLFEED – 0xE01FC08C).** Для вступления в силу модифицированных программой значений регистров PLLCON и PLLCFG должна быть выработана корректная последовательность ввода данных в ФАПЧ, которая должна быть записана в регистр PLLFEED:

- записать значение 0xAA в регистр PLLFEED;
- записать значение 0x55 в регистр PLLFEED.

Эти две процедуры записи должны следовать в указанной очередности и занимать последовательные шинные циклы VPB. На время проведения операции ввода данных в ФАПЧ все прерывания должны быть запрещены.

Формулы получения частоты системы ФАПЧ используют следующие параметры:

- $F_{OSC}$  – частота стабилизированного кварцем генератора;
- $F_{CCO}$  – частота генератора, управляемого током ФАПЧ;
- $cclk$  – выходная частота ФАПЧ, она же тактовая частота процессора;
- $M$  – множитель, задаваемый значениями битов MSEL регистра PLLCFG;
- $P$  – делитель, задаваемый значениями битов PSEL регистра PLLCFG.

Выходная частота ФАПЧ (когда ФАПЧ активна и подключена к МК) определяется по формуле  $cclk = MF_{OSC}$  или  $cclk = F_{CCO}/(2P)$ .

Частота CCO может быть вычислена по формуле  $F_{CCO} = 2Pcclk$  или  $F_{CCO} = 2PMF_{OSC}$ .

Входные сигналы и параметры настройки ФАПЧ должны удовлетворять следующим условиям:

- значение  $F_{OSC}$  должно находиться в диапазоне 10...25 МГц;
- значение  $cclk$  должно находиться в диапазоне 10 МГц... $F_{max}$ , где  $F_{max}$  – максимально допустимая тактовая частота для конкретного МК семейства LPC2000;
- значение  $F_{CCO}$  должно находиться в диапазоне 156...320 МГц.

Если конкретное приложение использует ФАПЧ, то её конфигурация может быть задана следующим образом:

- выбрать желаемую тактовую частоту процессора ( $cclk$ ) исходя из требуемой производительности приложения;
- выбрать частоту генератора ( $F_{OSC}$ ), причём частота  $cclk$  должна нацело делиться на  $F_{OSC}$ ;
- вычислить значение  $M$ , с тем чтобы сконфигурировать биты MSEL в соответствии с формулой  $M = cclk/F_{OSC}$ . Значение  $M$  должно лежать в диапазоне 1...32. Значение, записываемое в биты MSEL регистра PLLCFG, определяется как  $(M - 1)$ ;
- найти значение  $P$ , с тем чтобы сконфигурировать биты PSEL, причём оно должно быть таким, чтобы соответствующее ему значение

Таблица 17. Биты регистра состояния ФАПЧ (PLLSTAT – 0xE01FC088)

Номер бита	Имя бита	Функция бита	Значение после сброса
4:00	MSEL4:0	Считывание этого бита возвращает последнее записанное в ФАПЧ значение множителя. Это – значение, используемое ФАПЧ, на момент чтения	0
6:05	PSEL1:0	Считывание этого бита возвращает последнее записанное в ФАПЧ значение делителя. Это – значение, используемое ФАПЧ, на момент чтения	0
7	Зарезервирован	Данный бит зарезервирован. Пользовательское программное обеспечение не должно производить запись в зарезервированные биты. Чтение зарезервированного бита возвращает неопределённое значение	NA
8	PLLE	Считывание этого бита возвращает последнее записанное в ФАПЧ значение бита включения. Когда считывается высокий уровень, то это значит, что система ФАПЧ на момент чтения активирована. Когда считывается низкий уровень, это значит, что система ФАПЧ выключена. Этот бит автоматически сбрасывается, когда МК переходит в режим Power Down	0
9	PLLC	Считывание этого бита возвращает последнее записанное в ФАПЧ значение бита подключения ФАПЧ к МК. Когда биты PLLC и PLLE считываются в высоком уровне, ФАПЧ является источником синхронизации для МК. Когда бит PLLC или бит PLLE считывается в низком уровне, ФАПЧ не участвует в синхронизации МК и синхросигналы поступают в обход ФАПЧ непосредственно в МК. Этот бит автоматически сбрасывается, когда устройство переходит в режим Power Down	0
10	PLOCK	Этот бит отражает текущее состояние петли ФАПЧ. Когда считывается низкий уровень, петля ФАПЧ не замкнута. Когда считывается высокий уровень, петля ФАПЧ замкнута на требуемой частоте	0
15:11	Зарезервированы	Данные биты зарезервированы. Пользовательское программное обеспечение не должно производить запись в зарезервированные биты. Чтение зарезервированного бита возвращает неопределённое значение	NA

Таблица 18. Комбинации служебных битов ФАПЧ, задающих режим ФАПЧ

PLLC	PLLE	Функция
0	0	Система ФАПЧ выключена и отключена от МК. Синхронизация МК осуществляется непосредственно от входа синхронизации
0	1	Система ФАПЧ активна, но не подключена к МК. Система ФАПЧ может быть подключена к МК после того, как бит PLOCK установится
1	0	Случай, идентичный комбинации 00. Эта комбинация предотвращает возможность подключения ФАПЧ к МК, если она отключена
1	1	Система ФАПЧ активна и подключена к МК в качестве системного источника синхронизации

Таблица 19. Биты регистра управления потребляемой мощностью (PCON – 0xE01FC0C0)

Номер бита	Имя бита	Функция бита	Значение после сброса
0	IDL	МК переходит в режим Idle mode, когда этот бит установлен. Установка этого бита останавливает тактирование процессора, в то время как встроенные периферийные устройства остаются активными. Любое разрешённое прерывание от периферийного устройства или внешнее прерывание заставит процессор возобновить выполнение программы	0
1	PD	МК переходит в режим Power Down, когда этот бит установлен. Установка этого бита останавливает тактирование процессора и всех встроенных периферийных устройств. «Пробуждение» от внешнего прерывания перезапустит генератор, сбросит бит PD, и процессор возобновит выполнение программы	0
7:02	Зарезервированы	Данные биты зарезервированы. Пользовательское программное обеспечение не должно производить запись в зарезервированные биты. Чтение зарезервированного бита возвращает неопределённое значение	NA

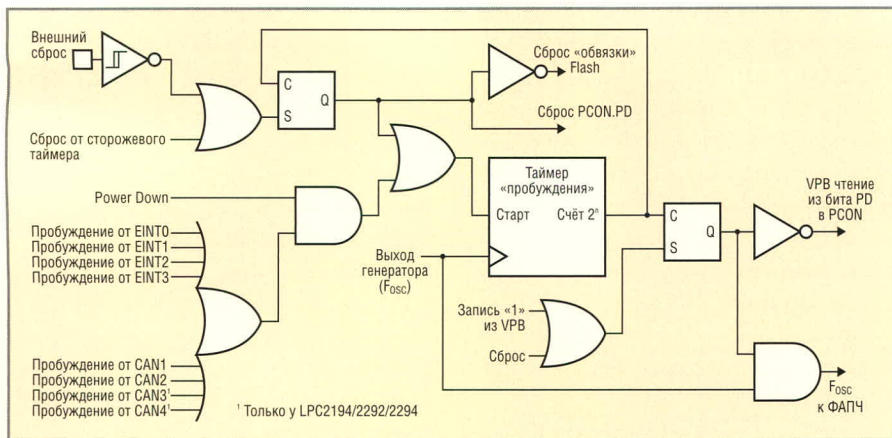


Рис. 11. Функциональная схема внутренней логики сброса

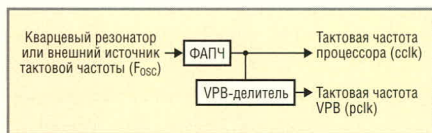


Рис. 12. Подключение делителя VPB к цепям тактирования процессора

$P = 1$ , равно 01 для  $P = 2$ , равно 10 для  $P = 4$  и равно 11 для  $P = 8$ .

Пусть для системы задано значение  $F_{OSC} = 10$  МГц и требуется производительность процессора, соответствующая значению  $clk = 60$  МГц. Вычисляем  $M = clk/F_{OSC} = 60/10 = 6$ . В биты PLLCFG 4:0 будет записано значение  $(M - 1) = 5$ . Значение  $P$  может быть получено как  $P = F_{CCO}/(2clk)$ , учитывая требование, что значение  $F_{CCO}$  должно лежать в диапазоне 156...320 МГц. Для

Таблица 20. Биты регистра управления потребляемой мощностью периферийных модулей (PCONP – 0xE01FC0C4)

Номер бита	Имя бита	Функция бита	Значение после сброса
0	Зарезервирован	Данный бит зарезервирован. Пользовательское программное обеспечение не должно производить запись в зарезервированные биты. Чтение зарезервированного бита возвращает неопределённое значение	0
1	PCTIM0	Когда этот бит установлен, разрешается работа TIMER0. Когда этот бит сброшен, TIMER0 заблокирован и не потребляет мощности	1
2	PCTIM1	Когда этот бит установлен, разрешается работа TIMER1. Когда этот бит сброшен, TIMER1 заблокирован и не потребляет мощности	1
3	PCURT0	Когда этот бит установлен, разрешается работа UART0. Когда этот бит сброшен, UART0 заблокирован и не потребляет мощности	1
4	PCURT1	Когда этот бит установлен, разрешается работа UART1. Когда этот бит сброшен, UART1 заблокирован и не потребляет мощности	1
5	PCPWM0	Когда этот бит установлен, разрешается работа PWM0. Когда этот бит сброшен, PWM0 заблокирован и не потребляет мощности	1
6	Зарезервирован	Данный бит зарезервирован. Пользовательское программное обеспечение не должно производить запись в зарезервированные биты. Чтение зарезервированного бита возвращает неопределённое значение	0
7	PCIC	Когда этот бит установлен, разрешается работа интерфейса I <sup>2</sup> C. Когда этот бит сброшен, интерфейс I <sup>2</sup> C заблокирован и не потребляет мощности	1
8	PCSPI0	Когда этот бит установлен, разрешается работа интерфейса SPI0. Когда этот бит сброшен, интерфейс SPI0 заблокирован и не потребляет мощности	1
9	PCRTC	Когда этот бит установлен, разрешается работа модуля реального времени RTC. Когда этот бит сброшен, модуль RTC заблокирован и не потребляет мощности	1
10	PCSPI1	Когда этот бит установлен, разрешается работа интерфейса SPI1. Когда этот бит сброшен, интерфейс SPI1 заблокирован и не потребляет мощности	1
11	Зарезервирован	Данный бит зарезервирован. Пользовательское программное обеспечение не должно производить запись в зарезервированные биты. Чтение зарезервированного бита возвращает неопределённое значение	1
12	PCAD	Когда этот бит установлен, разрешается работа модуля АЦП. Когда этот бит сброшен, модуль АЦП заблокирован и не потребляет мощности	1
13	PCCAN1	Когда этот бит установлен, разрешается работа контроллера CAN1. Когда этот бит сброшен, контроллер CAN1 заблокирован и не потребляет мощности	1
14	PCCAN2	Когда этот бит установлен, разрешается работа контроллера CAN2. Когда этот бит сброшен, контроллер CAN2 заблокирован и не потребляет мощности	1
7:15:00	Зарезервированы	Данные биты зарезервированы. Пользовательское программное обеспечение не должно производить запись в зарезервированные биты. Чтение зарезервированного бита возвращает неопределённое значение	NA

самого низкого разрешённого значения  $F_{CCO} = 156$  МГц имеем  $P = 156 \text{ МГц} / (2 \times 60 \text{ МГц}) = 1,3$ . Для самого высокого разрешённого значения  $F_{CCO}$  имеем  $P = 320 \text{ МГц} / (2 \times 60 \text{ МГц}) = 2,67$ . Единственное значение  $P$ , лежащее в полученном диапазоне, равно 2 (см. п. 4). В биты PLLCFG 6:5 будет записано значение  $(P - 1) = 1$ .

**Управление потребляемой мощностью**

МК семейства LPC2000 поддерживают два режима уменьшенной потребляемой мощности: режим Idle Mode и режим Power Down. В режиме Idle Mode выполнение команд приостановлено, однако сброс и прерывания происходят. Периферийные функции в режиме Idle Mode продолжают свои операции и могут генерировать прерывания, чтобы заставить процессор возобновить выполнение кода. Режим Idle Mode уменьшает до нуля мощность, используемую непосредственно процессором, а также системами памяти, связанными с ними контроллерами и внутренними шинами.

В режиме Power Down тактовый генератор остановлен и устройство не получает никаких сигналов синхронизации. Сохраняются неизменными состояние процессора, его регистров, периферийных регистров и содержимое памяти SRAM. Также сохраняются логические уровни на выводах МК. Выход из режима Power Down в режим нормального выполнения кода может быть произведён путём сброса или определённых прерываний, которые могут генерироваться в отсутствие сигнала синхронизации. Так как все динамические операции в устройстве приостановлены, режим Power Down уменьшает потребляемую МК мощность практически до нуля.

Управление потребляемой мощностью периферийных устройств МК LPC2000 организовано так, чтобы обеспечивать возможность индивидуального отключения периферийных устройств, если в них нет необходимости в данном приложении. Управление потребляемой мощностью осуществляется с помощью следующих двух регистров.

*Регистр управления потребляемой мощностью (PCON – 0xE01FC0C0).* Битовая структура регистра PCON приведена в табл. 19. Если установлены оба значащих бита регистра

PCON, то МК находится в режиме Power Down.

Регистр управления потребляемой мощностью периферийных устройств (PCONP – 0xE01FC0C4). Битовая структура регистра PCONP приведена в табл. 20. Некоторые периферийные функции не могут быть отключены, в т.ч. сторожевой таймер, GPIO, блок коммутации выводов и блок управления системой.

**Системный сброс**

МК семейства LPC2000 имеют два источника сброса: вход внешнего сброса RESET и сброс от сторожевого таймера. После сброса от любого из указанных источников сразу же запускается встроенный таймер «пробуждения». До окончания счёта этого таймера сигнал сброса должен удерживаться в активном уровне. Когда тактовый генератор выработает заданное количество тактовых импульсов подсчитанного таймером «пробуждения», сигнал сброса поступит в контроллер Flash-памяти, и будет произведена его инициализация. Функциональная схема внутренней логики сброса показана на рис. 11. Активный уровень сигнала сброса после включения питания устройства должен удерживаться на входе RESET не менее 10 мс. Для всех после дующих сбросов без отключения питания минимальная требуемая длительность сигнала сброса составляет 300 нс. Когда процедура внутреннего сброса завершается, процессор начинает выполнять код с адреса 0, на который отображён вектор сброса в загрузочном блоке. В этот момент сам процессор и периферийные регистры инициализируются установленными по умолчанию значениями.

Процедуры внешнего и внутреннего сброса имеют некоторые небольшие различия. При внешнем сбросе функции некоторых выводов автоматически изменяют свою конфигурацию. При внутреннем сбросе этого не происходит, так как внешние цепи МК, отвечающие за сброс, не могут отслеживать наступления состояния сброса и производить в этот момент переключивание функций выводов. При внешнем сбросе подвергаются переключиванию для различных целей следующие выходы: P1.20/TRACESYNC, P1.26/RTCK, BOOT1 и BOOT0. Вывод P0.14 используется для нужд встроенного загруз-

Таблица 21. Биты регистра делителя VPB (VPBDIV – 0xE01FC100)

Номер бита	Имя бита	Функция бита	Значение после сброса
1:0	VPBDIV	Частота синхросигнала VPB может принимать следующие значения, задаваемые этими битами: 00 – частота VPB равна одной четверти частоты тактового сигнала процессора; 01 – частота VPB равна частоте тактового сигнала процессора; 10 – частота VPB равна половине частоты тактового сигнала процессора; 11 – зарезервировано. Если это значение записывается в регистр VPBDIV, то это не производит никакого эффекта (предыдущее значение VPBDIV сохраняется)	0
3:2	Зарезервированы	Данные биты зарезервированы. Пользовательское программное обеспечение не должно производить запись в зарезервированные биты. Чтение зарезервированного бита возвращает неопределённое значение	0
5:4	XCLKDIV	В МК, имеющих 144-выводной корпус, эти биты управляют синхросигналом, который может внутри МК подаваться на вывод A23/XCLK. Они имеют такой же порядок кодирования, что и биты VPBDIV. Бит регистра PINSEL2 определяет, имеет ли этот вывод функцию A23 или работает как выход синхросигнала XCLK	0
7:6	Зарезервированы	Данные биты зарезервированы. Пользовательское программное обеспечение не должно производить запись в зарезервированные биты. Чтение зарезервированного бита возвращает неопределённое значение	0

чика при выполнении кода после завершения сброса.

**Делитель VPB**

VPB-делитель задаёт соотношение между тактовой частотой процессора (cclk) и частотой, используемой для тактирования периферийных устройств (pclk), как показано на рис. 12. Использование в МК VPB-делителя позволяет обеспечить периферийные устройства синхросигналом pclk требуемой частоты через шину VPB. Синхросигнал шины VPB может быть программно замедлен до значения одной половины или одной четверти тактовой частоты процессора. Заданное по умолчанию после сброса значение частоты синхросигнала шины VPB составляет одну четверть такто-

вой частоты процессора. Поскольку делитель VPB связан с выходом системы ФАПЧ, то система ФАПЧ должна оставаться активной (если она вообще используется) во время режима Idle mode.

Битовая структура регистра VPBDIV (VPBDIV – 0xE01FC100) приведена в табл. 21.

**Модуль акселератора памяти (МAM)**

Модуль акселератора памяти (МAM) введён производителем в состав МК семейства LPC2000 для ускорения выполнения программы в случае, если она выполняется во Flash-памяти. Модуль МAM обеспечивает возможность во время выполнения процессором программы произво-

**DECA<sup>®</sup>**  
SwitchLab

**ПЛАТАН**  
www.platan.ru

ЭЛЕКТРОННЫЕ КОМПОНЕНТЫ ОТ ВЕДУЩИХ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ

Индикаторные лампы



Кнопки экстренного выключения



**ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛИ**

Кнопки со звуковым сигналом



Селекторные переключатели



Поворотные переключатели запираемые замком





Москва, ул. Ивана Франко, д. 40, стр. 2  
Тел./факс: (495) 97-000-99

Почта: 121351, Москва, а/я 100  
E-mail: platan@aha.ru

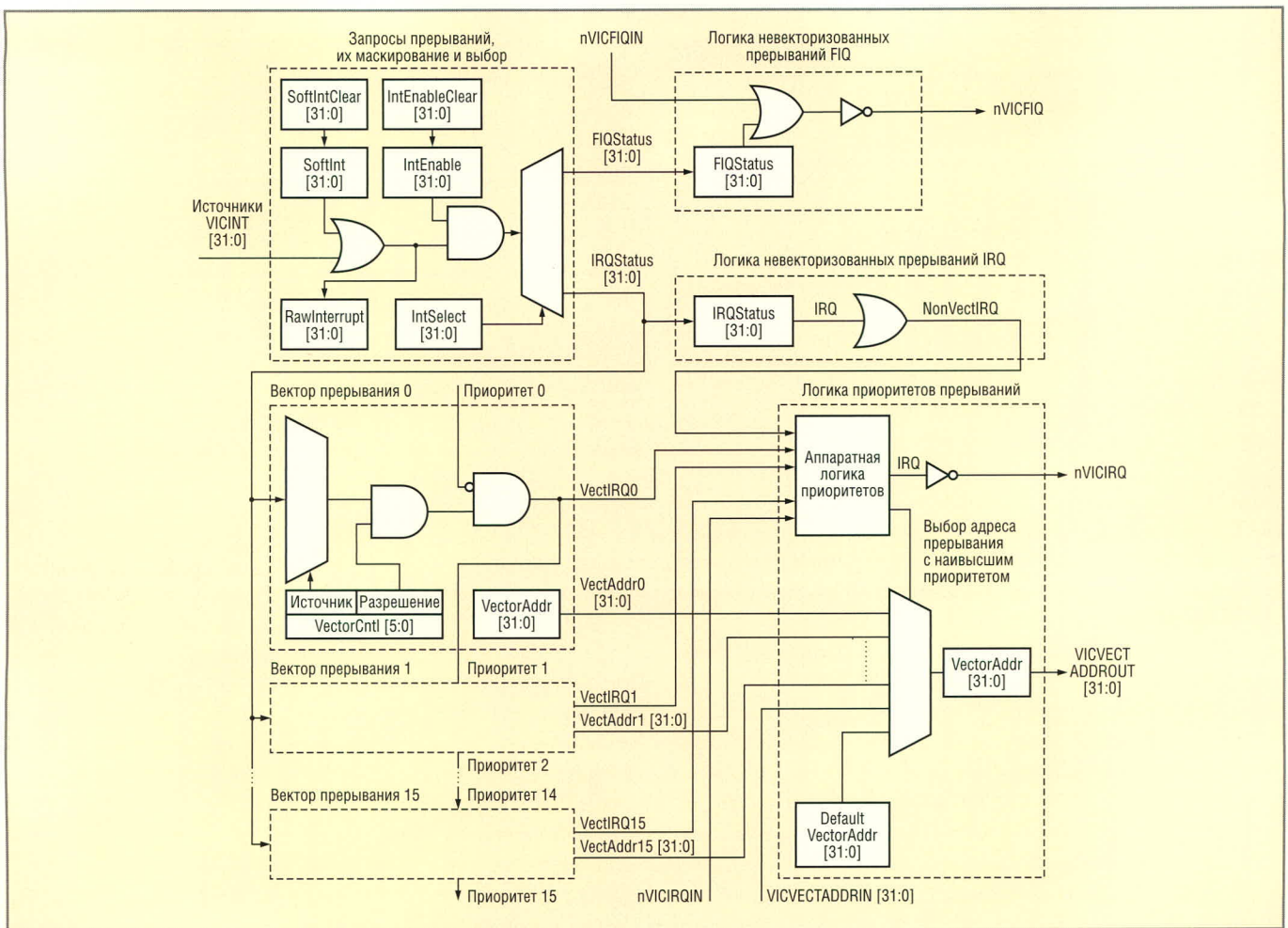


Рис. 13. Блок-схема контроллера векторов прерываний VIC

дить выборку следующей по порядку команды ARM при выполнении текущей команды. Используемый в MAM принцип состоит в применении бу-

феров (защёлок) выборки команды и буферов ветвления. Буферы ветвления захватывают небольшие порции кода из Flash-памяти, которые ис-

пользуются в случае, если выбранная команда не совпадает с содержимым ни одного буфера выборки, а является командой перехода. Операции доступа к коду и к данным обрабатываются модулем MAM отдельно.

Таблица 22. Биты регистра управления MAM (MAMCR – 0xE01FC000)

Номер бита	Имя бита	Функция бита	Значение после сброса
1:00	Управление режимом MAM	Эти биты определяют режим MAM следующим образом: 00 – MAM заблокирован; 01 – функции MAM частично реализуются; 10 – функции MAM полностью реализуются; 11 – зарезервировано	0
7:02	Зарезервированы	Данные биты зарезервированы. Пользовательское программное обеспечение не должно производить запись в зарезервированные биты. Чтение зарезервированного бита возвращает неопределённое значение	NA

Таблица 23. Биты регистра управления тактированием MAM (MAMTIM – 0xE01FC004)

Номер бита	Имя бита	Функция бита	Значение после сброса
2:0	Управление длительности цикла MAM	Эти биты устанавливают продолжительность операций выборки из Flash-памяти для MAM следующим образом: 000 = 0 – зарезервировано; 001 = 1 – цикл выборки MAM длится 1 период тактовой частоты процессора (cclk); 010 = 2 – цикл выборки MAM длится 2 периода тактовой частоты процессора (cclk); 011 = 3 – цикл выборки MAM длится 3 периода тактовой частоты процессора (cclk); 100 = 4 – цикл выборки MAM длится 4 периода тактовой частоты процессора (cclk); 101 = 5 – цикл выборки MAM длится 5 периодов тактовой частоты процессора (cclk); 110 = 6 – цикл выборки MAM длится 6 периодов тактовой частоты процессора (cclk); 111 = 7 – цикл выборки MAM длится 7 периодов тактовой частоты процессора (cclk); Некорректная установка этого значения может привести к неправильным операциям устройства	0x07
7:3	Зарезервированы	Данные биты зарезервированы. Пользовательское программное обеспечение не должно производить запись в зарезервированные биты. Чтение зарезервированного бита возвращает неопределённое значение	NA

MAM имеет три режима работы, различие между которыми заключается в степени предсказуемости модулем MAM поведения процессора ARM в плане его обращения к Flash-памяти. В режиме 0 MAM не используется. В режиме 1 MAM частично задействован. Последовательный доступ к командам выполняется через наборы защёлок, если эти команды в них имеются. Произвольный доступ к командам инициализирует операции чтения Flash-памяти. Это означает, что все ветвления программы вызывают выборки непосредственно из Flash-памяти. Все операции с данными вызывают чтение Flash-памяти.

В режиме 2 MAM полностью задействован. Любой запрос к памяти (кода или данных) для значения, которое содержится в одном из наборов защёлок, выполняется как чтение защёлки. Операции чтения Flash-памя-

Табл. 24. Описания регистров VIC и функции их битов

Имя регистра	Описание регистра	Вид доступа	Адрес регистра	Функции битов
VICIRQStatus	Регистр состояния запросов IRQ. При чтении этого регистра возвращается текущее состояние тех запросов прерываний, которые разрешены и классифицируются как запросы IRQ, причём они не дифференцируются на векторизованные и невекторизованные	RO	0xFFFF F000	1: запрос прерывания с этим разрядным номером разрешается, классифицируется как запрос IRQ и присутствует (имеет место)
VICFIQStatus	Регистр состояния запросов FIQ. При чтении этого регистра возвращается текущее состояние тех запросов прерываний, которые разрешены и классифицируются как запросы FIQ. Если более чем один запрос классифицирован как FIQ, то сервисная программа запросов FIQ может прочитать этот регистр, чтобы определить, какой из запросов является активным	RO	0xFFFF F004	1: запрос прерывания с этим разрядным номером разрешается, классифицируется как запрос FIQ и присутствует (имеет место)
VICRawIntr	Регистр состояния необработанных прерываний. При чтении этого регистра возвращается текущее состояние 32 запросов прерываний/программных прерываний вне зависимости от их разрешённости или их классификации	RO	0xFFFF F008	1 или 0: запрос на прерывание или программное прерывание с этим разрядным номером присутствует или отсутствует соответственно
VICIntSelect	Регистр выбора прерываний. Этот регистр классифицирует каждое из 32 запросов прерываний как запрос FIQ или запрос IRQ	R/W	0xFFFF F00C	1 или 0: запрос прерывания с этим разрядным номером назначен в категорию запросов FIQ или IRQ соответственно
VICIntEnable	Регистр разрешения прерываний. Этот регистр управляет разрешениями, которые даются каждому из 32 запросов прерываний и программным прерываниям как запросы FIQ или IRQ. При чтении или записи этого регистра единицы указывают, что соответствующие запросы прерывания или программные прерывания разрешены как запросы FIQ или IRQ	R/W	0xFFFF F010	Запись в этот регистр нулей не имеет никакого эффекта (для запрета прерываний см. описание регистра VICIntEnClear)
VICIntEnClr	Регистр разрешения сброса разрешённых прерываний. Этот регистр разрешает программному обеспечению сбрасывать один или более битов в регистре разрешения прерываний, если отсутствует необходимость чтения последнего	WO	0xFFFF F014	1: запись 1 сбрасывает соответствующий бит в регистре разрешения прерывания VICIntEnable, запрещая прерывание для этого запроса 0: запись 0 оставляет соответствующий бит в регистре VICIntEnable неизменным
VICSoftInt	Регистр программных прерываний. Содержимое этого регистра побитно объединяется по функции OR с сигналами 32 запросов прерываний от различных периферийных устройств и функций до того, как эти сигналы поступают на любую другую внутреннюю логику	R/W	0xFFFF F018	1 или 0: генерировать или не генерировать (соответственно) запрос прерывания с этим разрядным (порядковым) номером Запись нулей в биты регистра VICSoftInt не имеет никакого эффекта (см. описание регистра VICSoftIntClear)
VICSoftIntClear	Регистр сброса программных прерываний. Этот регистр разрешает программному обеспечению сбрасывать один или более битов в регистре программных прерываний VICSoftInt, если отсутствует необходимость чтения последнего	WO	0xFFFF F01C	1: запись 1 сбрасывает соответствующий бит в регистре программных прерываний VICSoftInt и таким образом производит сброс соответствующего запроса 0: запись 0 оставляет соответствующий бит в регистре VICSoftInt неизменным
VICProtection	Регистр разрешения защиты. Этот однобитовый регистр позволяет ограничивать доступ к регистрам VIC для программного обеспечения, выполняющегося в пользовательском режиме	R/W	0xFFFF F020	1 в бите 0: к регистрам VIC можно обращаться только в привилегированном режиме 0 в бите 0: к регистрам VIC можно обращаться в пользовательском или привилегированном режимах
VICVectAddr	Регистр адреса вектора. Когда происходит запрос IRQ, сервисная подпрограмма обслуживания запросов IRQ может прочитать этот регистр и передать управление по прочитанному значению адреса. Когда один или более запросов прерываний (или программных прерываний) разрешены, классифицированы как запросы IRQ, присутствуют (имеют место) и назначены на включённый векторный слот запроса IRQ, то чтение этого регистра возвратит значение адреса, хранящегося в регистре адреса вектора для слота с самым высоким приоритетом (самым меньшим по номеру). В ином случае чтение возвращает значение адреса, хранящегося в заданном по умолчанию регистре адреса вектора	R/W	0xFFFF F030	Запись в этот регистр не задаёт значение для его будущих чтений. В этот регистр должна быть произведена запись в конце сервисной подпрограммы обработки прерывания, с тем чтобы обновить состояние аппаратных средств VIC
VICDefVectAddr	Заданный по умолчанию регистр адреса вектора. Этот регистр содержит адрес для сервисной подпрограммы обработки прерываний (ISR), которая обрабатывает невекторизованные запросы прерываний	R/W	0xFFFF F034	Когда сервисная подпрограмма запроса IRQ читает регистр адреса вектора (VICVectAddr) и никакой слот IRQ не отвечает, чтение возвращает адрес, содержащийся в регистре VICDefVectAddr
VICVectAddr0-15	Регистры адреса векторов 0 – 15. Регистры адреса векторов 0 – 15 содержат адреса для сервисных подпрограмм обработки прерываний для 16-векторных слотов IRQ	R/W	0xFFFF F100-13C	Когда один или более запросов прерываний или программных прерываний разрешены, классифицированы как запросы IRQ, присутствуют (имеют место) и назначены на включённый векторный слот запроса IRQ, то в этом регистре сервисная подпрограмма обработки запросов IRQ для слота с самым высоким приоритетом прочитает адрес вектора (VICVectAddr)
VICVectAddr0	Регистр адреса вектора 0	R/W	0xFFFF F100	
VICVectAddr1	Регистр адреса вектора 1	R/W	0xFFFF F104	
VICVectAddr2	Регистр адреса вектора 2	R/W	0xFFFF F108	
VICVectAddr3	Регистр адреса вектора 3	R/W	0xFFFF F10C	
VICVectAddr4	Регистр адреса вектора 4	R/W	0xFFFF F110	
VICVectAddr5	Регистр адреса вектора 5	R/W	0xFFFF F114	
VICVectAddr6	Регистр адреса вектора 6	R/W	0xFFFF F118	
VICVectAddr7	Регистр адреса вектора 7	R/W	0xFFFF F11C	
VICVectAddr8	Регистр адреса вектора 8	R/W	0xFFFF F120	
VICVectAddr9	Регистр адреса вектора 9	R/W	0xFFFF F124	
VICVectAddr10	Регистр адреса вектора 10	R/W	0xFFFF F128	
VICVectAddr11	Регистр адреса вектора 11	R/W	0xFFFF F12C	
VICVectAddr12	Регистр адреса вектора 12	R/W	0xFFFF F130	
VICVectAddr13	Регистр адреса вектора 13	R/W	0xFFFF F134	
VICVectAddr14	Регистр адреса вектора 14	R/W	0xFFFF F138	
VICVectAddr15	Регистр адреса вектора 15	R/W	0xFFFF F13C	
VICVectCnt0-15	Регистры управления векторами 0 – 15. Каждый из регистров управления векторами 0 – 15 управляет одним из 16 векторных слотов IRQ. Слот 0 имеет самый высокий приоритет, а слот 15 – наиболее низкий. Отключение слота запроса IRQ в одном из регистров VICVectCntl не отключает соответствующее прерывание непосредственно, а просто приводит к замене его формы на невекторизованную	R/W	0xFFFF F200-23C	1 в бите 5: векторный слот запроса IRQ включен и может производить уникальный адрес сервисной подпрограммы обработки прерывания (ISR), когда разрешен назначенный запрос прерывания или программного прерывания, который классифицируется как запрос IRQ и присутствует (имеет место). В битах 4:0 номер запроса прерывания или программного прерывания, назначенного на этот векторный слот запроса IRQ
VICVectCntl0	Регистр управления вектором 0	R/W	0xFFFF F200	
VICVectCntl1	Регистр управления вектором 1	R/W	0xFFFF F204	
VICVectCntl2	Регистр управления вектором 2	R/W	0xFFFF F208	
VICVectCntl3	Регистр управления вектором 3	R/W	0xFFFF F20C	
VICVectCntl4	Регистр управления вектором 4	R/W	0xFFFF F210	
VICVectCntl5	Регистр управления вектором 5	R/W	0xFFFF F214	
VICVectCntl6	Регистр управления вектором 6	R/W	0xFFFF F218	
VICVectCntl7	Регистр управления вектором 7	R/W	0xFFFF F21C	
VICVectCntl8	Регистр управления вектором 8	R/W	0xFFFF F220	
VICVectCntl9	Регистр управления вектором 9	R/W	0xFFFF F224	
VICVectCntl10	Регистр управления вектором 10	R/W	0xFFFF F228	
VICVectCntl11	Регистр управления вектором 11	R/W	0xFFFF F22C	
VICVectCntl12	Регистр управления вектором 12	R/W	0xFFFF F230	
VICVectCntl13	Регистр управления вектором 13	R/W	0xFFFF F234	
VICVectCntl14	Регистр управления вектором 14	R/W	0xFFFF F238	
VICVectCntl15	Регистр управления вектором 15	R/W	0xFFFF F23C	

ти для доступа к коду или данным производится только в том случае, если при текущем содержимом наборов защёлки нельзя осуществить операции выборки кода или данных. После сброса по умолчанию модуль MAM отключен.

**Регистр управления MAM (MAMCR – 0xE01FC000).** Битовая структура регистра MAMCR приведена в табл. 22. Два бита конфигурации этого регист-

ра задают три возможных режима MAM, как показано в таблице.

**Регистр управления тактирования MAM (MAMTIM – 0xE01FC004).** Битовая структура регистра MAMTIM приведена в табл. 23.

Для системной тактовой частоты, меньшей 20 МГц, значение MAMTIM может быть равным 1. Для системной тактовой частоты, лежащей в диапазоне от 20 до 40 МГц, рекомендуется значение MAMTIM, равное 2 (2 периода cclk), а для системной тактовой частоты, большей 40 МГц, рекомендуется значение MAMTIM, равное 3 (3 периода cclk).

**Таблица 25. Связь источников прерываний МК с контроллером векторов прерываний VIC**

Блок	Флаги	Канал VIC #
WDT	Прерывание от сторожевого таймера (WDINT)	0
-	Зарезервирован только для программных прерываний	1
Ядро ARM	Встроенный ICE, DbgCommRx	2
	Встроенный ICE, DbgCommTx	3
TIMER0	Совпадение 0 – 3 (MR0, MR1, MR2, MR3)	4
	Захват 0 – 3 (CR0, CR1, CR2, CR3)	
TIMER1	Совпадение 0 – 3 (MR0, MR1, MR2, MR3)	5
	Захват 0 – 3 (CR0, CR1, CR2, CR3)	
UART0	Состояние линии Rx (RLS)	6
	Регистр передачи пуст (THRE)	
	Принятые данные доступны (RDA)	
	Индикатор тайм-аута (CTI)	
UART1	Состояние линии Rx (RLS)	7
	Регистр передачи пуст (THRE)	
	Принятые данные доступны (RDA)	
	Индикатор тайм-аута (CTI)	
	Прерывание по состоянию модема (MSI)	
PWM0	Совпадение 0 – 6 (MR0, MR1, MR2, MR3, MR4, MR5, MR6)	8
I <sup>2</sup> C	SI (смена состояния)	9
SPI0	Флаг прерывания от SPI (SPIF)	10
	Режим ошибки (MODF)	
SPI1	Флаг прерывания от SPI (SPIF)	11
	Режим ошибки (MODF)	
PLL	Петля ФАПЧ замкнута (PLOCK)	12
RTC	Счетчик инкрементирован (RTCCIF)	13
	Тревога (RTCALF)	
Управление системой	Внешнее прерывание 0 (EINT0)	14
	Внешнее прерывание 1 (EINT1)	15
	Внешнее прерывание 2 (EINT2)	16
	Внешнее прерывание 3 (EINT3)	17
A/D	АЦП	18
CAN	CAN и фильтр приема	19
	CAN1 Tx	20
	CAN2 Tx	21
	CAN3 Tx*	22
	CAN4 Tx*	23
	Зарезервированы	24, 25
	CAN1 Rx	26
	CAN2 Rx	27
	CAN3 Rx*	28
	CAN4 Rx*	29
	Зарезервированы	30, 31

\* Только у LPC2194/2292/2294, иначе зарезервирован.

### КОНТРОЛЛЕР ВЕКТОРОВ ПРЕРЫВАНИЙ (VIC)

Входящий в состав всех устройств семейства LPC2000 контроллер векторов прерываний (VIC) имеет следующие особенности:

- архитектура ARM PrimeCell™;
- 32 входа запросов прерываний;
- 16 векторов прерываний (IRQ);
- 16 уровней приоритета, динамически назначаемых запросам прерываний;
- генерация программного прерывания.

Контроллер (VIC) обслуживает 32 входа запросов прерываний, которые он может назначать для обслуживания в трёх категориях: быстрый запрос прерывания (FIQ), векторизованный запрос прерывания (IRQ) и невекторизованный запрос прерывания (IRQ). Эти назначения могут быть запрограммированы. Это значит, что приоритеты прерываний от различных периферийных устройств могут динамически назначаться и корректироваться программно.

Запрос FIQ имеет самый высокий приоритет. Если в данный момент времени поступил более чем один запрос FIQ, то контроллер векторов прерываний подаёт на процессор ARM сигналы запросов FIQ, объединённые в соответствии с логической функцией OR. Если в текущий момент времени имеется более чем один запрос FIQ, то сервисная программа сначала читает слово из контроллера векторов прерываний, которое идентифицирует источники, запросившие прерывания.

Векторизованные запросы IRQ имеют средний приоритет. Только 16 из 32 возможных запросов могут быть назначены контроллером в

эту категорию. Любой из 32 запросов может быть назначен на любой из 16 слотов векторизованных запросов прерываний, среди которых слот 0 имеет самый высокий приоритет, а слот 15 – самый низкий. Невекторизованные запросы прерываний имеют самый низкий приоритет.

VIC объединяет в соответствии с логической функцией OR сигналы от всех векторизованных и невекторизованных запросов прерываний (IRQ) для их подачи на процессор ARM. Сервисная программа обслуживания запроса прерывания (IRQ) читает регистр из VIC и производит переход на требуемый вектор. Если поступает любой из векторизованных запросов прерывания, то VIC выделяет для него адрес с самым высоким приоритетом, соответствующий сервисной программе обслуживания запросов прерываний. В ином случае VIC по умолчанию выделяет для запроса адрес подпрограммы, которая обслуживает все невекторизованные запросы прерываний. Эта выделяемая по умолчанию подпрограмма читает другой регистр VIC, чтобы видеть, какие запросы прерываний в данный момент являются активными. Все регистры контроллера векторов прерываний имеют размер слова.

Блок-схема VIC приведена на рис. 13. Описания регистров VIC и функции их битов приведены в табл. 24. Все регистры (кроме VICProtection и VICVectCntl0) состоят из 32 битов, которые имеют одинаковые функции. Регистр VICProtection – однобитовый, а регистры VICVectCntl0 – VICVectCnt15 – 5-битовые. Значения всех битов регистров после сброса равны «0». Это значение относится к данным, содержащимся только в используемых битах, и не включает содержимое зарезервированных битов.

### Источники прерываний

В табл. 25 приведён список источников прерываний для каждого периферийного устройства для МК LPC2119/2129/2194/2292/2294. К каждому периферийному устройству подключена одна линия прерывания, связанная с контроллером векторов прерываний. Кроме того, каждое периферийное устройство может иметь несколько внутренних флагов прерываний. Индивидуаль-

ные флаги прерываний могут представлять более одного источника прерываний.

#### Примечания к использованию VIC

Несмотря на то что в качестве генераторов запросов FIQ могут быть выбраны многие источники (VICIntSelect), для обслуживания всех доступных/существующих запросов FIQ должна быть выделена только одна сервисная подпрограмма обработки прерывания.

После завершения сервисной подпрограммы обработки прерывания сброс флага прерывания на уровне периферии сведётся к изменению состояний некоторого множества битов в регистрах VIC (VICRawIntr, VICFIQStatus и VICIRQStatus). Также прежде, чем может быть обслужено следующее прерывание, необходимо, чтобы была выполнена запись в регистр VICVectAddr до возвращения из прерывания. Эта запись сбрасывает соответствующий флаг прерывания во внутренней аппаратной логике VIC.

Чтобы запретить прерывание в VIC, необходимо сбросить соответствующий бит в регистре VICIntEnClr, который, в свою очередь, сбрасывает связанный с ним бит в регистре VICIntEnable. Также производится обращение к регистрам VICSoftInt и VICSoftIntClear. Биты регистра VICSoftIntClear будут сбрасывать соответствующие им биты в регистре VICSoftInt. Например, если VICSoftInt = 0x0000 0005 и бит 0 должен быть сброшен, то значение регистра VICSoftIntClear = 0x0000 0001 выполнит эту задачу. Перед новой операцией сброса того же самого бита в регистре VICSoftInt, для проведения которой предназначен соответствующий бит регистра VICSoftIntClear, необходимо предварительно задать VICSoftIntClear = 0x0000 0000. Другими словами, запись 1 в любой бит регистра с суффиксом Clear будет иметь одноразовый эффект для соответствующего бита регистра, которым он управляет.

Если разрешено прерывание от сторожевого таймера при антипереполнении или недействительной (инва-

лидной) последовательности счёта, то нет никакого способа сбросить это прерывание. Единственный способ возврата из такого прерывания заключается в его запрещении в VIC.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Редькин П.П. Микроконтроллеры ARM7. Семейство LPC2000 компании Philips: полное руководство пользователя. М.: Додэка-XXI, 2006 (готовится к выпуску).
2. LPC2119/2129/2194/2292/2294 USER MANUAL. Feb. 2004. Philips Semiconductors ([www.LPC2000.com](http://www.LPC2000.com)).
3. ARM 7TDMI Data Sheet. Document Number: ARM DDI 0029E. August 1995. Copyright Advanced RISC Machines Ltd (ARM) 1995 ([www.arm.com](http://www.arm.com)).
4. ARM7TDMI-S Technical Reference Manual (Rev 4) Copyright © ARM Limited. ARM DDI 0234A ([www.arm.com](http://www.arm.com)).
5. ARM Instruction Set. Quick Reference Card ([www.arm.com](http://www.arm.com)).
6. Thumb Instruction Set. Quick Reference Card ([www.arm.com](http://www.arm.com)).



Продолжение следует

## Новости мира News of the World Новости мира

### Delta-Sigma АЦП для приложений измерительной техники

Cirrus Logic расширяет семейство продуктов CS5531/32/33/34 интегрированных Delta-Sigma АЦП новым элементом CS5530. Имея маломощный измерительный усилитель и разрешение 24 разряда, преобразователь является идеальным решением для научно-технических приложений, связанных с измерениями, и управления производственными процессами. АЦП имеет дифференциальный вход, фиксированный коэффициент усиления 64, шумы 12 нВ/Гц<sup>1/2</sup>. Цифровое масштабирование обеспечивает дополнительное усиление со значением коэффициента до 40. Трёхпроводной SPI- и Microwire-совместимый последовательный интерфейс даёт возможность подключения к распространённым микроконтроллерам. CS5530 предлагается в 20-контактном корпусе TSSOP.

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

### 8-разрядные микроконтроллеры с Flash-памятью и АЦП с разрешением 12 разрядов от Microchip

Microchip представляет семейство PIC18F4523, состоящее из четырёх 8-раз-

рядных микроконтроллеров с Flash-памятью и АЦП с разрешением 12 разрядов, содержащих до 13 каналов. PIC18F4523 и PIC18F4423 поставляются в 44-контактном корпусе QFN или TQFP и 40-контактном корпусе PDIP, PIC182523 и PIC18F2423 поставляются в 28-контактном корпусе QFN, SOIC и SPDIP и соответствуют директивам RoHS.

Характеристики семейства PIC18F4523:

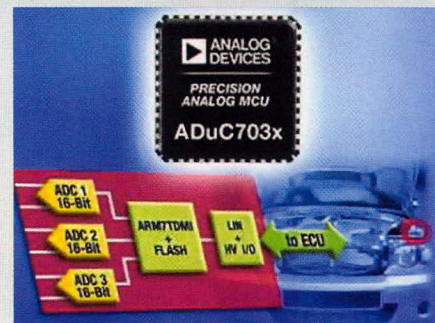
- производительность 10 MIPS;
- Flash-память программ 16 или 32 Кб;
- EEPROM-память данных 256 байт;
- 2 аналоговых компаратора с входным мультиплексором;
- 1 или 2 Capture/Compare/ШИМ-модуля;
- I<sup>2</sup>C- и SPI-модули связи;
- USART-модуль с поддержкой RS-485, RS-232 и LIN;
- один 8-разрядный и три 16-разрядных таймера;
- внутренний генератор 32 МГц.

Семейство PIC18F4523 поддерживает свободно предоставляемым матобеспечением.

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

### Микросхема контроля автомобильных аккумуляторов

Фирма Analog Devices представляет ADuC703x, семейство микросхем конт-



роля автомобильных аккумуляторов. Представители семейства измеряют такие физические параметры аккумулятора, как напряжение, ток и температуру, и по этим значениям определяют степень заряда, а также общее состояние батареи. Микросхемы питаются непосредственно от автомобильного аккумулятора и содержат до трёх 16-разрядных АЦП, микроконтроллер типа ARM7, LIN-трансивер, Flash-память, PGA, дополнительные сопротивления для прямого измерения напряжения батареи, а также внешние или встроенные датчики температуры. Семейство обеспечивает непрерывное определение состояния батареи даже при выключенном двигателе, потребляет 300 мкА в Low-Power-режиме и менее 10 мА в нормальном режиме работы.

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

# Компоненты и решения для задач беспроводной телеметрии

Александр Стратиенко (Москва)

**В статье дан обзор функционально завершённых модулей и модемов для реализации сетей беспроводной передачи данных в нелицензируемом ISM-диапазоне, как в режиме «точка-точка», так и для построения сетей ZigBee на основе стандарта IEEE 802.15.4.**

Беспроводная передача данных – очень актуальная в настоящее время область техники как для компаний – производителей электронных компонентов, так и для разработчиков оборудования и системных интеграторов. За последние 5 – 6 лет прочно утвердились и пережили несколько обновлений стандарты беспроводных соединений, такие как WiFi, Bluetooth, ZigBee. Наряду с ними развиваются многочисленные внутрифирменные протоколы. Совсем недавно стало известно, что Nokia представила новую технологию – Wibree, рассчитанную на устойчивую беспроводную передачу данных в радиусе до десяти метров. Wibree-чипы отличаются минимальным энергопотреблением. В среднем Wibree-устройство будет потреблять в 10 раз меньше энергии, чем Bluetooth, что делает такие чипы вполне пригодными для установки в часы, беспроводные сенсоры и клавиатуры, игрушки и мобильные телефоны. Заявлено также, что к середине 2007 г. Wibree станет отраслевым стандартом.

При решении практических задач, возникающих перед разработчиками, наиболее важными являются следующие моменты:

- наличие готового компонента или решения, наиболее подходящего для данной задачи;
- достижение возможно большей дальности и устойчивости связи;
- возможно меньшее потребление энергии для автономной работы;
- использование частотных диапазонов, свободных от лицензирования и не требующих разрешения на их использование;
- цена решения и время выхода разработки на рынок.

Очевидно, что для задач системного интегрирования, наиболее характер-

ных для АСУ ТП, самым эффективным решением является выбор готовых беспроводных модулей. Это позволяет избежать потерь времени на разработку высокочастотной схемотехники трансиверов. Более того, часто оказывается, что разработанный из дискретных компонентов трансивер, прекрасно работающий на столе в лаборатории, неустойчиво работает в реальных условиях. Причина – наличие помех на выбранном частотном канале. Применение в модулях DSSS-модуляции, обеспечивающей высокую защищённость от шумов в диапазоне 2,4 ГГц, позволяет существенно повысить надёжность передачи информации и ускорить выход на рынок со своей разработкой.

Что же касается дальности и нелицензированного диапазона, то здесь выбор очевиден – ISM (Industrial Scientific Medical) диапазон. В России использование этого диапазона регулируется Постановлением Правительства РФ № 539 от 12.10.2004. Максимальное значение изотропно излучаемой мощности передатчика не должно превышать 10 мВт в диапазоне 433 МГц и 2,5 мВт в диапазоне 2,4 ГГц. При выборе компонентов для разработки необходимо учитывать так называемый потенциал канала связи (link budget), который при прочих равных условиях определяет дальность. Пренебрегая потерями в фидере, потенциал канала связи можно описать следующим выражением:

$$RxP = TxP + TxG + RxG - SRx - FSL, (1)$$

где RxP – принятая мощность (дБм), TxP – излучаемая мощность (дБм), TxG – коэффициент усиления передающей антенны (дБ), RxG – коэффициент усиления передающей ан-

тенны (дБ), Sr<sub>x</sub> – чувствительность приёмника (дБ), FSL – потери на распространение в свободном пространстве.

При одинаковых условиях приёма и применяемых антеннах потенциал канала связи зависит от разности излучаемой мощности и чувствительности приёмника. Так, например, имея передатчик мощностью 3 мВт и приёмник с чувствительностью –100 дБ, link budget составит  $3 - (-100) = 103$  дБ. Эта величина определяет дальность связи при прямой видимости. Необходимо также отметить, что в АСУ ТП имеются задачи, где беспроводная телеметрия непригодна в принципе из-за высокого уровня электромагнитного излучения самого оборудования.

Имея ограничение по мощности и чувствительности, не всегда возможно достичь необходимой дальности между двумя устройствами в режиме «точка-точка». В этих случаях единственным решением является беспроводная сеть, позволяющая реализовать топологии типа «звезда» или «узловая сеть» (например, можно создать сеть в виде вытянутого кластера, когда передача данных будет вестись от одного оконечного устройства к другому, которые находятся вне радиовидимости друг друга). Наиболее подходящим решением для беспроводной телеметрии с микропотребляющими устройствами является сеть ZigBee, базирующаяся на стандарте IEEE 802.15.4 (IEEE 802.15.4b) [1]. О том, что такое сети ZigBee, написано немало статей, основные материалы и полезные ссылки можно найти на сайте [www.zigbee.org](http://www.zigbee.org) альянса компаний Radiocrafts, Ember, Nanotron, MaxStream и др.

Следует отметить, что IEEE 802.15.4 (b) определяет физический уровень (PHY) – частоты 868,915 или 2400 МГц, тип модуляции – DSSS, а также часть уровня MAC (Medium Access Control) – предотвращение коллизий, подсчёт контрольной суммы пакета и т.д. Эти функции реализованы аппаратно в микросхемах трансиверов. В рамках стандарта IEEE 802.15.4 (b) возможно

организовать связь либо между двумя объектами («точка-точка»), либо построить «звезду», так как трансиверы позволяют «слушать» эфир и фильтровать пакеты с определённым MAC-адресом.

Сети более сложной конфигурации строятся с использованием стека протоколов, реализующего канальный, сетевой подуровни поддержки приложений, уровень профилей, который распространяется только среди членов или «адептов» ZigBee-альянса. Здесь начинаются трудности. Во-первых, единственным принятым профилем до недавнего времени являлся профиль управления удалённой нагрузкой (NCL, Home Control Lightning), который для задач телеметрии не годится. Во-вторых, многим компаниям под силу приобрести и освоить стек протоколов ZigBee, а часто это и нецелесообразно. Чтобы ускорить продвижение ZigBee-технологий на рынок, многие компании – члены альянса – предлагают разработчикам готовые модули со стеком протоколов, имеющие аналоговые и цифровые порты ввода-вывода (профиль, называемый SPPIO, Serial Port Profile and I/O mapping). Это позволяет строить сети ZigBee, абстрагируясь от деталей функционирования сети, используя эти модули как шлюзы. Рассмотрим основные предложения по функционально завершённым радиомодулям, имеющимся на рынке.

Норвежская компания Radiocrafts ([www.radiocrafts.com](http://www.radiocrafts.com)) предлагает обширную линейку радиомодулей ISM-диапазона в малогабаритных корпусах, предназначенных для поверхностного монтажа (рис. 1). Модули работают в диапазонах 433, 868, 915 и 2400 МГц. Их можно разделить на два класса: модули RC10x0 и RC12x0 (дальность связи до 2...4 км при выходной мощности передатчика 10 мВт), работающие по собственному протоколу RC232™ (не путать с RS-232), и модули RC2000 и RC2100, работающие как с ЧМ-модуляцией, так и с DSSS-модуляцией (высокоскоростные, до 1 Мбит/с).

На этих модулях можно строить сети типа «звезда» с числом модулей до 64К (256 кластеров по 256 модулей в каждом). Командный интерфейс позволяет сконфигурировать модуль для работы в сети (рис. 2), задав ему индивидуальный адрес (UID) и адрес

модуля-визави (DID). В случае широковещательной посылки, которую принимают все модули в зоне, устанавливается UID = 0xFF (рис. 3). Модули RC22xx, RC23xx и RC2200AT-SPPIO предназначены для построения сетей ZigBee на основе стандарта IEEE 802.15.4.

Особо стоит отметить модули типа ZigBee со стеком – RC2200AT-SPPIO. Они имеют полный стек протоколов ZigBee и являются полностью законченными устройствами, не требующими каких-либо затрат на разработку ПО, поддерживающего работу сети. В них реализован ZigBee-профиль входов-выходов общего назначения и последовательного порта. Такие модули являются оптимальным решением для случаев, когда требуется в кратчайшие сроки решить задачу построения сети беспроводной телеметрии.

Модуль предоставляет пользователю до 16 входов и выходов, в т.ч. до восьми аналоговых. Каждый модуль может быть сконфигурирован как координатор, узел-маршрутизатор либо оконечное устройство. Управление работой осуществляется через универсальный асинхронный приёмопередатчик (UART) с помощью AT-команд. Во многих случаях достаточно сконфигурировать модуль AT-командами и установить его в целевое устройство с минимальным количеством дополнительных внешних компонентов (формирование входных и выходных сигналов с помощью делителей напряжения, преобразование сигналов от токовой петли 4...20 мА и др.). Такой вариант применения показан на рис. 4. Аналоговые и бинарные входы и выходы у модулей, обменивающихся информацией, должны быть настроены комплементарно – аналоговый вход одного модуля должен соответствовать аналоговому выходу модуля-визави (так называемый binding). Доступно также ПО верхнего

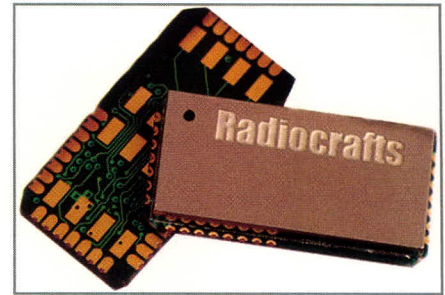


Рис. 1. Модули RC10x0

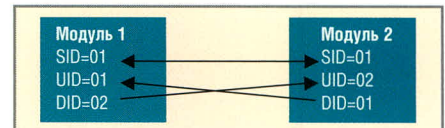


Рис. 2. Принцип адресации модулей для передачи данных в конфигурации «точка-точка»

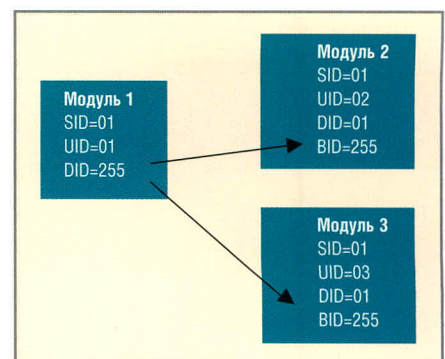


Рис. 3. Принцип адресации модулей при широковещательной посылке

уровня от компании Airbee для отображения состояния сети и передаваемых пакетов в двух версиях – ZNMS (ZigBee Network Management System) и ZNMS Lite.

В более сложных случаях может понадобиться внешний микроконтроллер для приёма и передачи данных через UART, поскольку SPPIO-модуль не позволяет встраивать в него пользовательское ПО.

Британская компания Flexipanel ([www.flexipanel.com](http://www.flexipanel.com)) предлагает аппаратные платформы, в различной степени приближённые к созданию законченного ZigBee-решения. Однако это не полностью готовый модуль

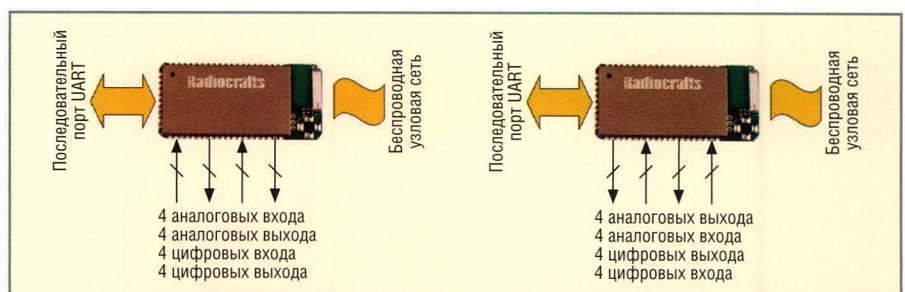


Рис. 4. Применение RC2200AT-SPPIO для передачи данных – комплементарное конфигурирование входов и выходов (binding)

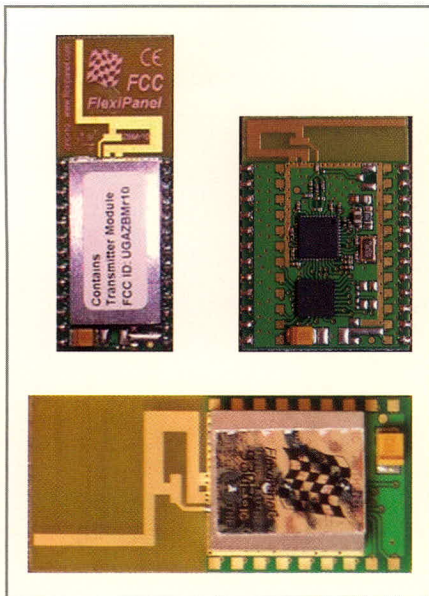


Рис. 5. Модули семейства Pixie

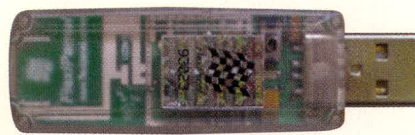


Рис. 6. Модуль UZBee

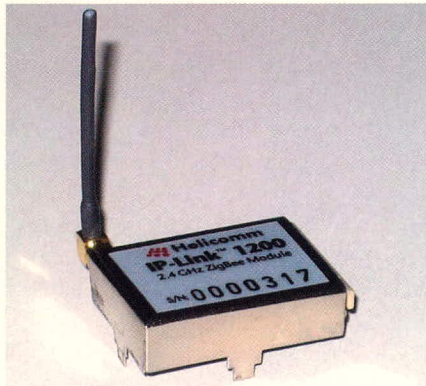


Рис. 7. Модем IP-Link 1200

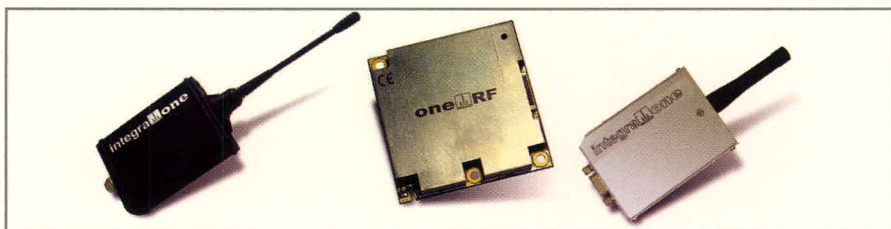


Рис. 8. Модем IntegraOne

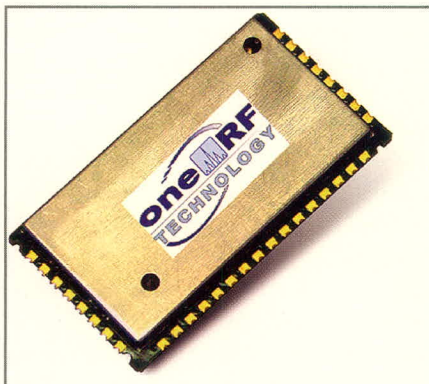


Рис. 9. Модуль TinyOne

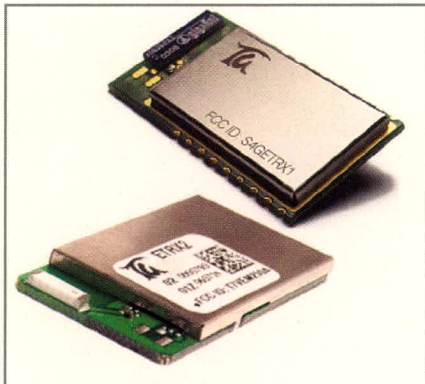


Рис. 10. Модули ETRX1 и ETRX2

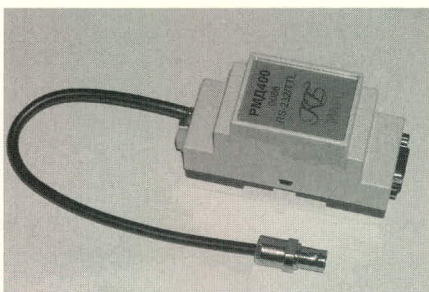


Рис. 11. Внешний вид радиомодема PMD400-PRO

(рис. 5). Вся продукция ориентирована на связку PIC-контроллера с трансивером CC2420 компании Chipcon. Схемотехника модулей максимально приближена к комплексу разработчика Picdem-Z, с которым поставляется стек от Microchip. Пользователь

Компания One-RF, Франция ([www.one-rf.com](http://www.one-rf.com)), производит как модули, так и законченные радиомодемы IntegraOne в исполнениях IP41, IP65, IP67 (рис. 8), работающие в диапазонах 433 и 868 МГц. Радиомодемы обеспечивают дальность связи до 1000 м при мощности 10 мВт и до 8 км при мощности 500 мВт. Модули TinyOne также являются «сырой» аппаратной платформой (рис. 9). Её следует разрабатывать для конкретного решения. Но зато на их основе производятся корпусные модемы ZigBee со стекком протоколов. Более того, физический радиоканал в этих модемах охватывает весь выделенный диапазон: 868, 915 и 2400 МГц.

Английская компания Telegesis ([www.telegesis.com](http://www.telegesis.com)) предлагает разработчику как готовые модули с AT-командным интерфейсом ETRX1 и ETRX2 (рис. 10), так и возможность выполнить разработку собственного приложения, перепрограммировав микроконтроллер внутри модуля. Для разработки собственного приложения предлагается библиотека EmberZNet от компании Ember. В неё входят скомпилированные API-функции, которые вызываются контроллером. Известно, что разработка собственного приложения – задача крайне сложная. Доля же стоимости стека в готовом модуле составляет обычно не более 5 долларов. Модем ETRX1 собран на трансивере EM2420 (это клон уже знакомого CC2420) и контроллере ATmega128, а ETRX2 содержит новый трансивер от Ember – EM250.

Наконец, представим и отечественное изделие. Новосибирское КБ радиосвязи «Марс» предлагает уникальное изделие – радиомодем РМД400. Выпускается радиомодем в различных конструктивных исполнениях: встраиваемом (имеет суффикс OEM) в виде платы с выводами для монтажа на плату и для монтажа на DIN-рейку (рис. 11), в пылевлагозащищённом корпусе. Мощность передатчика модема не превышает 10 мВт, а дальность связи достигает нескольких километров. Модем предназначен для соединения «точка-точка».

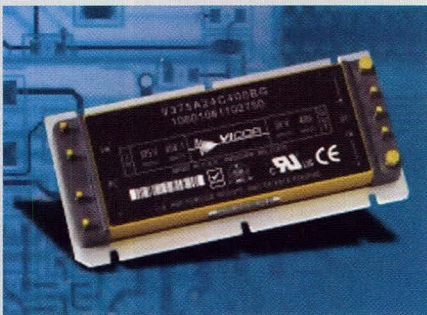
## ЛИТЕРАТУРА

1. IEEE Standard, Part 15.4: Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for Low-Rate Wireless Personal Area Networks (LR-WPANs). ©

# Новости мира News of the World Новости мира

## Модули питания с входным напряжением 375 В

Фирма Vicor представляет восемь модулей питания с входным напряжением 375 В: 200 и 300 Вт с выходным напряжением 3,3 и 5 В соответственно и 400 Вт с выходными напряжениями 12, 15, 24, 28, 36 и 48 В. Модули, по данным производителя, предназначены для использования в промышленных или технологических

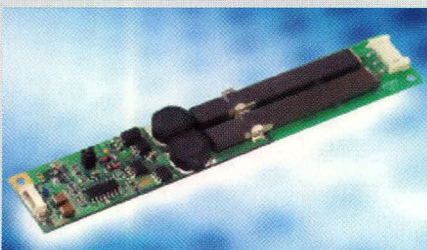


системах управления, распределённых архитектурах преобразования мощности, в медицинской технике, а также в технике коммуникаций. Преобразователи работают от входного номинального напряжения 375 В в диапазоне входных напряжений 250...425 В. При высоких выходных напряжениях КПД составляет 89%. Имеются модели в пяти различных климатических исполнениях, с шестью различными вариантами подключения и тремя различными базовыми платами. По требованию могут поставляться модели, соответствующие директивам RoHS. Размер модулей 117 × 56 × 12,7 мм.

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

## Инверторы для TFT LCD, использующие пьезоэлектрический принцип

Новейшие инверторы для TFT используют пьезоэлектрический принцип. В противоположность обычным инверторам, у которых выходное напряжение производится за счёт индукции, эти инверторы используют пьезоэффект. При инверсном пьезоэффекте приложенное напряжение деформирует кристаллы керамического элемента и вырабатыва-



ет механическую энергию, которая за счёт пьезоэффекта преобразуется обратно в электрическую энергию. Пьезоэлектрический преобразователь работает с определённой резонансной частотой. Она определяется внешними размерами керамического элемента и проявляется в форме почти синусоидальных волн с малой долей высших гармоник. Они имеют преимущества по сравнению с обычными инверторами. Диапазон рабочих температур в стандартном варианте лежит в пределах -30...+80°C, эффективность составляет 90%. Инвертор практически не выделяет тепла. Гарантируется длительный срок службы люминесцентной лампы CFL и высокая надёжность. Пьезоинвертор универсален: одноламповый инвертор может применяться для всех TFT с одной лампой, двухламповый инвертор – для всех TFT с двумя лампами. Пьезоинвертор имеет лучшие характеристики в отношении электромагнитной совместимости, т.к., в отличие от обмоточных инверторов, электрическая энергия не преобразуется в электромагнитную и не возникает поток рассеяния.

[www.data-modul.com](http://www.data-modul.com)

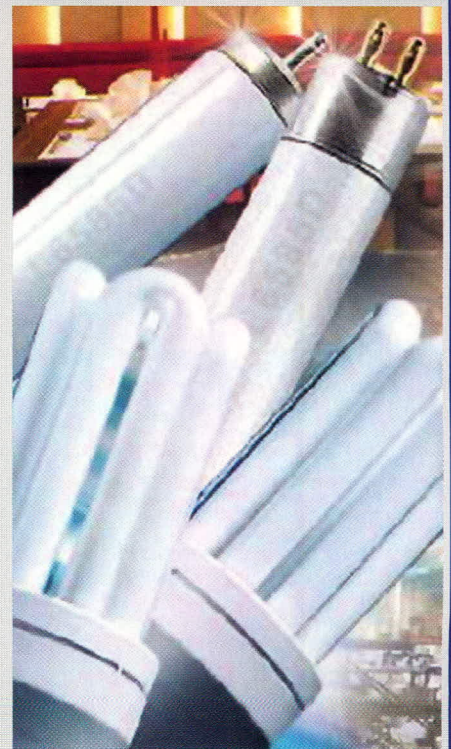
## WiMAX Mini-PCI-модуль

Фирмы RF Magic и Wavesat представляют WiMAX Mini-PCI-модуль совместной разработки. Он позволяет разрабатывать оконечные WiMAX-устройства клиентов. При этом стоимость элементов не должна превышать 100 долл. WiMAX Mini-PCI-модуль уже сейчас может поставляться крупными партиями. Он содержит Basisband-чипсет DM256 фирмы Wavesat, интерфейсы, все внешние фильтры и элементы, а также необходимое программное обеспечение. Кроме того, он содержит чипсет многодиапазонного трансивера Magic Max фирмы RF Magic. Модуль является комплексным Plug-&Play-решением для Lower-Layer-интерфейса, а также для критичных по времени Low-Level MAC-функций.

Основные технические характеристики модуля следующие:

- адаптивная модуляция: BPSK, QPSK, 16-QAM & 64-QAM,
- ВЧ-интерфейс 3,5 ГГц,
- скорость передачи данных 37,5 Мбит/с,
- поддержка TDD и HFDD,
- ширина полосы канала 3,5 и 7 МГц.

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



## Пускорегулирующее устройство люминесцентной лампы

Combo IC компании STMicroelectronics является одночипным решением, объединяющим в себе PFC-схему (Power Factor Corrector) с полумостовым контроллером, а также функции управления и логики. Схема предназначена для электронных пускорегулирующих устройств люминесцентных ламп. Микросхема L6585 способен определять окончание срока службы, если пускорегулирующее устройство включено в конфигурации Lamp-to-Ground или Block Capacitor-to-Ground. Интегральная схема позволяет осуществить программирование времени предварительного разогрева и розжига, а также частоту коммутации полумоста во всех рабочих фазах. Она работает с различными типами ламп. Combo IC ограничивает напряжение на лампе, лимитирует силу тока в фазе зажигания и при нормальной работе. За счёт защиты от перегрузки устраняется емкостная нагрузка полумоста. Линейный умножитель обеспечивает работу в широком диапазоне напряжений сети. Управление лампами облегчается благодаря автоматической функции, предупреждающей о замене ламп.

Элемент L6585 размещён в корпусе ECOPACK SO20. Его опробование уже началось, а серийное производство, по предварительным данным, должно начаться в январе 2007 г.

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

# Аппаратные средства реализации беспроводных решений ZigBee/802.15.4

Михаил Соколов, Александр Гришин (Москва)

В статье рассмотрены преимущества технологии ZigBee в сравнении с беспроводными решениями субгигагерцового диапазона и Bluetooth. Приведены варианты аппаратной реализации беспроводных ZigBee-устройств и представлены семейства микроконтроллеров, отдельных радиоприёмопередатчиков и интегрированных однокорпусных решений для применения в беспроводных устройствах ZigBee/802.15.4. Повышенное внимание уделено особенностям использования периферии приёмопередатчиков и микроконтроллеров для задач оптимизации энергопотребления, минимизации себестоимости решения и создания шлюзов различных интерфейсов. Приведён обзор усилительных микросхем диапазона 2,4 ГГц для создания входных малошумящих и выходных усилителей мощности.

## ZIGBEE ИЛИ BLUETOOTH? Конечно, ZIGBEE!

Беспроводная технология ZigBee уже достаточно широко известна на российском рынке, и всё большее число производителей ориентируются на её применение.

Решения ZigBee заняли ранее пустовавшую нишу радиоинтерфейсов (рис. 1), которую заполняли более дорогие устройства и технологии с более высокими техническими характеристиками либо решения, не имеющие под собой стандартизованной базы.

Наиболее близкой к ZigBee по своим возможностям и параметрам является технология Bluetooth. Тот же частотный диапазон, сравнимые скорости

передачи данных, схожий принцип построения беспроводного решения. Однако данные технологии не могут конкурировать друг с другом по ряду существенных причин. Во-первых, технология Bluetooth ориентирована на передачу не только данных, но и голосового и мультимедийного трафика. Во-вторых, Bluetooth обладает меньшей дальностью при прочих равных условиях, потребляет значительно больше электроэнергии и обладает крайне слабыми сетевыми возможностями (рис. 2). Технология ZigBee, напротив, предназначена для передачи небольших объёмов данных – порядка десятков или сотен байт за сеанс связи. При этом связь в ZigBee-систе-

мах осуществляется с прерываниями (эпизодически), за счёт чего обеспечивается длительная работа элементов питания и длительные периоды свободного эфира. Обладая многими функциями и режимами работы, присущими другим современным сетевым технологиям беспроводных ZigBee-систем, устройства могут объединяться в сети с различной топологией (от «точка-точка» до сложных сетевых структур), обеспечивая приемлемое время доставки сообщений, надёжность системы и устойчивость к разнообразным сбоям.

Технология ZigBee подразумевает использование как специализированной аппаратной части, так и ПО, реализованного по принципу стека протоколов (рис. 3). Два нижних уровня, физический уровень PHY и уровень доступа к среде MAC определяются стандартом IEEE 802.15.4. Все остальные верхние уровни определяются спецификацией стека, которую вырабатывает альянс ZigBee [1, 2].

С точки зрения аппаратной части, беспроводное решение состоит из двух составляющих – микроконтроллера (МК) и радиоприёмопередатчика (в дальнейшем – приёмопередатчика) стандарта IEEE 802.15.4. В структуре стека протоколов, представленной на рис. 3, нижний, физический уровень PHY и частично уровень MAC реализованы в приёмопередатчике аппаратно. Остальные уровни являются исключительно программной надстройкой, реализуемой в МК. Основное внимание в статье будет уделено аппаратной реализации беспроводного решения ZigBee на компонентах компании Freescale Semiconductor. Программные уровни стека протоколов ZigBee заслуживают отдельного внимания и выходят за рамки данного материала.

Беспроводной стандарт IEEE 802.15.4, лежащий в основе технологии ZigBee, был окончательно принят в его нынешнем виде институтом IEEE в 2001 г. Спецификация стандарта на-

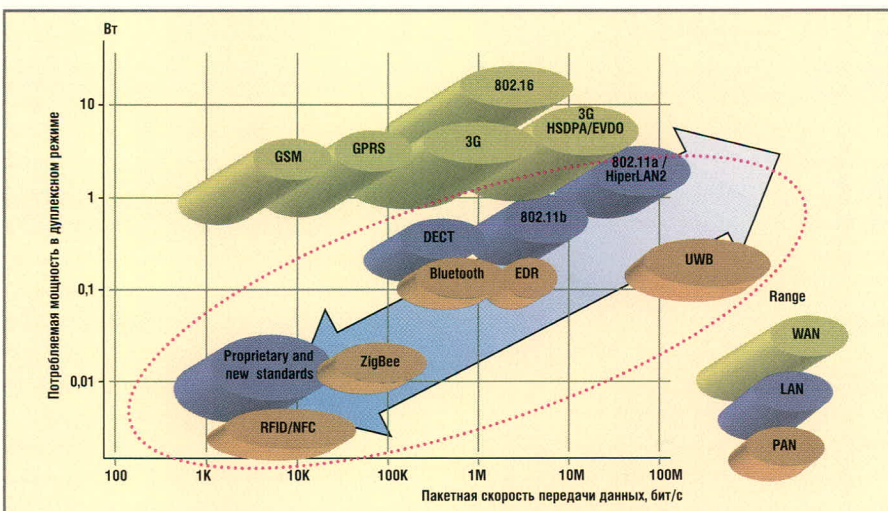


Рис. 1. Классификация беспроводных стандартов малого и среднего радиуса действия

ходится в открытом доступе на сайте этой организации. Она подразумевает использование трёх частотных диапазонов: 868, 915 и 2400 МГц (рис. 4). Подавляющее большинство поставщиков решений для технологии ZigBee выбрали в качестве базового диапазона именно 2,4 ГГц. На рис. 4 видно, что диапазон 2,4 ГГц предоставляет наибольшую скорость передачи данных и наибольшее число частотных каналов по сравнению с диапазонами 868 и 915 МГц. К тому же диапазон 2,4 ГГц является нелицензируемым во всём мире, в отличие от субгигагерцовых диапазонов стандарта IEEE 802.15.4.

В чём основные преимущества новой элементной базы по сравнению, например, с решениями диапазонов 315...915 МГц? Помимо более высоких скоростей передачи (250 Кбит/с), компоненты обладают широким набором энерго-сберегающих режимов и крайне низким энергопотреблением, что особенно актуально в автономных устройствах с большим сроком службы элементов питания. Кроме того, микросхемы стандарта, независимо от производителя, всегда совмещают в едином корпусе приёмную и передающую части. Это делается для организации двухсторонней полудуплексной беспроводной связи. Нет необходимости в передаче избыточного трафика для обеспечения надёжной связи, весь сеанс связи по передаче сотни байт данных укладывается в единицы, редко десятки миллисекунд (шифрование, переповторы и т.п.).

На принимающей стороне управляющий МК сообщит в приёмопередатчик команду на приём и перейдёт в режим ожидания либо продолжит выполнять основную программу. Практически всю обработку принимаемого пакета данных (обработка преамбулы, CRC (проверка целостности), проверка длины пакета, определение мощности принимаемого сигнала, запись

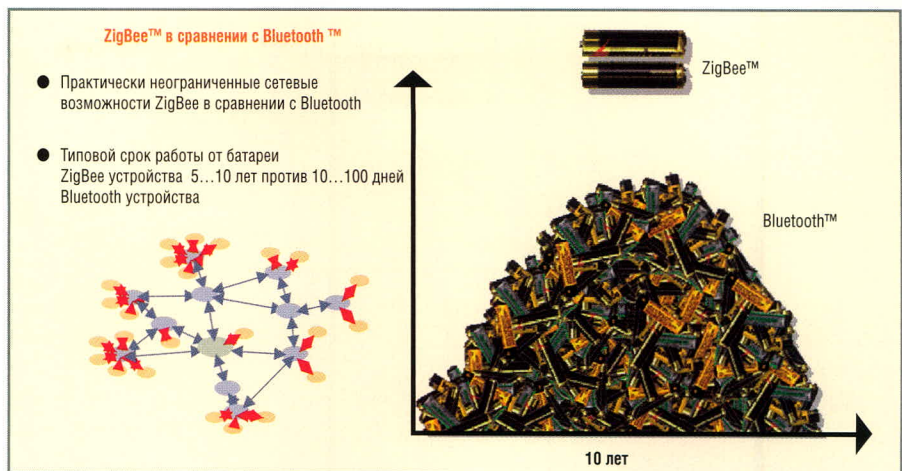


Рис. 2. ZigBee в сравнении с Bluetooth: похожие технологии – различные применения

данных в буфер приёма и формирования прерывания для МК) приёмопередатчик выполняет самостоятельно. Во время передачи данных МК необходимо также записать данные в передающий буфер микросхемы по последовательному интерфейсу (например, SPI), передать команду на отправку и ждать подтверждения операции. Всё остальное микросхема приёмопередатчика сделает самостоятельно: добавит преамбулу, CRC, сформирует пакет и выдаст его в эфир. Подтверждением может служить, например, сообщение от адресата об успешной доставке.

С точки зрения сетевых задач, стандарт 802.15.4 предоставляет гораздо больше возможностей по созданию беспроводных сетей практически любой сложности и любой топологии в сравнении с аппаратно-программными решениями диапазонов 315...915 МГц. Точнее сказать, он и создавался изначально под сетевые приложения, для которых важны надёжность передачи, малое потребление электроэнергии, простота организации сетей, возможность объединения в сеть от сотен до тысяч уст-

ройств, малое время задержки при передаче небольших объёмов данных. Благодаря скорости в 250 Кбит/с, передача пакета с подтверждением в среднем занимает 5...7 мс. Соответственно, время на ретрансляцию сообщения (с подтверждениями о приёме и передаче) составляет 10...15 мс. Конечно, чем сложнее протокол передачи, чем больше заложено различных возможностей по обработке данных (шифрование и т.п.), тем больше длительность сеанса связи. Однако это время в подавляющем большинстве задач не превышает нескольких десятков миллисекунд при передаче десятков или сотен байт данных. В результате за 1 с можно опросить порядка 100 беспроводных устройств.

Стандарт IEEE 802.15.4 определяет беспроводную передачу данных в двух режимах: пакетном и потоковом. При использовании пакетного режима задействуются внутренние буферы приёмопередатчика, отдельные на приём и передачу. Длина этих буферов составляет, как правило, 128 байт. Поточковый режим предполагает использование внутренних 2-байтных

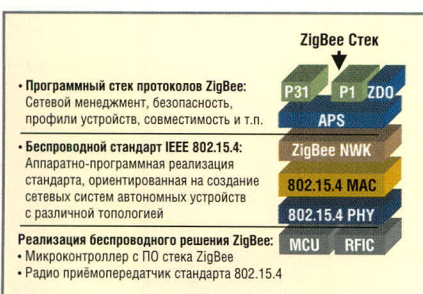


Рис. 3. Структура стека протоколов ZigBee на базе стандарта IEEE 802.15.4

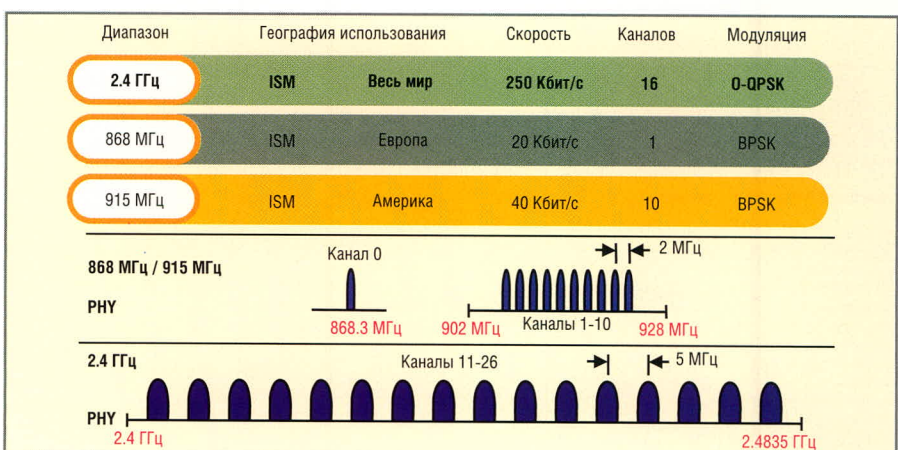


Рис. 4. Частотные диапазоны стандарта IEEE 802.15.4

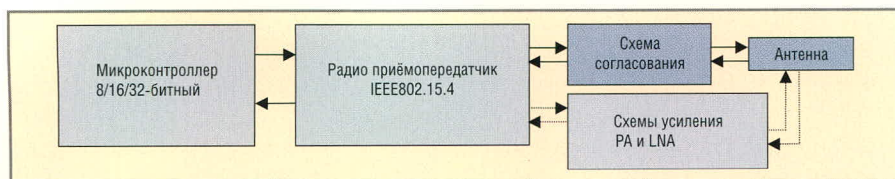


Рис. 5. Структурная схема ZigBee-устройства

буферов. В этом случае необходимо каждые 64 мкс загружать по 2 байта данных в передающий буфер либо вычитать по 2 байта из приёмного буфера (в частотном диапазоне 2,4 ГГц при скорости передачи 250 Кбит/с). В данном режиме основную нагрузку по обработке и приёму данных несёт МК. Он позволяет варьировать длину передаваемого пакета и начинать обработку принимаемого пакета, не дожидаясь его окончания. Другими особенностями стандарта являются:

- функция шифрования передаваемых данных по алгоритму AES128,
- механизм множественного доступа в эфир с предотвращением коллизий,
- оценка уровня мощности сигнала в радиоэфире,
- возможность работы приёмопередатчика в диапазоне 2,4 ГГц на одном из 16 радиочастотных каналов,
- регулировка выходной мощности передатчика в широких пределах.

Детальное описание стандарта приведено на сайте [3].

### ПОЛНОЕ РЕШЕНИЕ ZIGBEE/802.15.4 КОМПАНИИ FREESCALE SEMICONDUCTOR

Компания Freescale Semiconductor является одним из лидеров в области решений для беспроводной технологии ZigBee на российском рынке. Её отличает широкая гамма предлагаемых продуктов:

- различные линейки микросхем приёмопередатчиков и интегрированных решений для стандарта IEEE 802.15.4/ZigBee,
- наборы ПО (SMAC, MAC, ZigBee-стек),

- средства проектирования (ПО BeeKit, Reference designs, отладочные комплекты, демонстрационные платы),
- различные микросхемы, в т.ч. специализированные, для построения входных малошумящих усилителей (LNA) и выходных усилителей мощности (PA).

Типовая структура аппаратной части беспроводного решения ZigBee/802.15.4 включает в себя микроконтроллер, приёмопередатчик, схему согласования и приёмопередающую антенну (рис. 5).

Как отмечалось ранее, уровень PHY и частично уровень MAC реализуются аппаратно в приёмопередатчике. Микросхема приёмопередатчика осуществляет полное кодирование/декодирование сигналов в соответствии со стандартом IEEE 802.15.4. Для управления микросхемой и обмена данными используется последовательный интерфейс SPI. На сегодняшний день доступны два семейства приёмопередатчиков Freescale: MC1319x и MC1320x. Их характеристики и отличительные особенности подробно представлены в соответствующем разделе настоящей статьи.

В зависимости от задач и функций проектируемой системы, а также от требований по обеспечению совместимости с устройствами других производителей на уровне стека ZigBee, разработчик беспроводного решения может выбрать один из нескольких вариантов базового ПО: Simple MAC (SMAC), 802.15.4 MAC или BeeStack [1], в соответствии с чем выбирается МК. Принимается во внима-

ние производительность, наличие той или иной периферии, объём внутренней Flash- и RAM-памяти и т.п.

Для реализации беспроводных решений ZigBee/802.15.4 обычно применяют 8-разрядные МК семейства HCS08 [1]. В случае, если их ресурсов недостаточно, можно использовать 16-разрядные МК семейства HCS12 или 32-разрядные МК ColdFire. Под все перечисленные семейства МК существуют программные библиотеки SMAC, MAC и ZigBee. Ключевые параметры МК применительно к беспроводным устройствам приведены ниже.

Чтобы обеспечить надёжную беспроводную связь на достаточно больших расстояниях между устройствами в сети, необходима схема усиления аналоговых сигналов приёмопередатчика. Основными элементами схемы являются усилитель мощности в выходном радиотракте (PA) и малошумящий усилитель в входном радиотракте (LNA). Компания Freescale Semiconductor рекомендует линейку недорогих малошумящих входных усилителей с коэффициентом шума от 1 до 1,9 дБ и усилением от 10 до 15 дБ (табл. 1). Для задач усиления выходного радиосигнала предлагается линейка усилителей с максимальной выходной мощностью от 10 дБм (10 мВт) до 27 дБм (500 мВт) с усилением от 12 до 28 дБ (табл. 2).

### 8-РАЗРЯДНЫЕ МК СЕМЕЙСТВА HCS08

Базовыми для беспроводных решений ZigBee/802.15.4 являются МК линейки HCS08GBxx/GTxx. Именно на этих МК выполнены все отладочные комплекты и Reference Designs по ZigBee. Чип MC9S08GTxx интегрирован в однокорпусное решение ZigBee – MC1321x. Модели этого семейства (MC13211, MC13212 и MC13213) включают в себя МК семейства HCS08 и приёмопередатчик 2,4 ГГц, размещённые внутри 64-выводного корпуса типа QFN. Такое решение на 47% снижает количество внешних компонентов по сравнению с предыдущими поколениями приборов. Отметим, что МК являются наиболее производительными из семейства HCS08 и это первое в мире ZigBee-совместимое решение в одном корпусе. Они специально спроектированы для беспроводных малопотребляющих решений, приложений с автоном-

Таблица 1. Перечень микросхем специализированных входных малошумящих усилителей диапазона 2,4 ГГц для радиоустройств ZigBee/802.15.4

Компонент	Коеффициент шума, дБ	Усиление, дБ	Питающее напряжение, В	Корпус
MBC13720NT1	1,5	12	2.3...3	SOT363
MBC13916NT1	1,9	10	2.7...5	SOT343
MC13820 / MC13821	1	15	2.7...3	QFN12
MC13770FC (со смесителем)	1,5	15	2.7...3	QFN12
MBC13900NT1*	1	14	2...7	SOT343

\*Усилитель общего назначения.

ным питанием и длительным сроком работы от батарей. Высокая производительность МК обеспечивается благодаря частоте ядра (до 40 МГц) и частоте внутренней шины (до 20 МГц). Модели семейства отличаются конфигурацией памяти. Каждый прибор содержит встроенную Flash-память, 10-разрядный АЦП, LVD- и клавиатурные прерывания.

Пользователи вполне смогут оценить достоинства малых размеров микросхем и встроенного переключателя Tx/Rx, позволяющие снизить габариты платы и общее количество компонентов. Новое решение поддерживает простой MAC (SMAC) фирмы Freescale, MAC IEEE 802.15.4 и стек протокола ZigBee. Примеры применений на основе ZigBee-совместимых решений уже были продемонстрированы фирмой Freescale в мае 2005 г.

В семейство MC1320x входят три совместимых по выводам автономных радиочастотных приёмопередатчика диапазона 2,4 ГГц со встроенным на чип приёмопередатчиком, обеспечившим минимизацию площади платы. Использование MC1320x предоставляет определённую гибкость, позволяя использовать дифференциальную или несимметричную антенну. Для повышения рабочих характеристик достаточно просто интегрировать внешние усилители. Микросхемы семейства MC1320x совместимы с такими семействами процессоров фирмы Freescale, как HCS08, HC12, Coldfire и контроллеры цифровых сигналов.

Приборы семейств MC1320x и MC1321x поддерживают конфигурации сети «точка-точка» и простой «звезды», а также ZigBee-совместимые сети, используя беспроводный Z-стек. Модели семейства MC1321X совместимы по выводам, что расширяет возможности заказчиков при выборе приборов.

МК функционируют в широком диапазоне напряжений 1,8...3,6 В, поддерживают разнообразные режимы энергосбережения с крайне низкими токами потребления (до 20 нА), обладают тремя типами последовательных интерфейсов SPI, SCI и I<sup>2</sup>C, а также однопроводным BDM-интерфейсом для программирования и внутрисхемной отладки в реальном времени с тремя аппаратными независимыми точками останова. Широкий набор периферии включает Flash-память 16...60 Кб, способную работать в режиме эмуляции EEPROM во всём рабочем диапазоне

напряжений питания, 1...4 Кб RAM, 16/8-канальный 10-битный АЦП, 8/4-канальные 16-битные модули таймеров/ШИМ, модуль контроля уровня питающего напряжения, внутреннего тактирования, обработки внешних прерываний и т.д. Тактирование МК может осуществляться от встроенного или внешнего генератора (например, от генератора микросхемы радиомодема, что уменьшает стоимость решения за счёт использования в системе только одного кварцевого резонатора). МК MC9S08GB/GT доступны в корпусах 42SDIP, 44QFP, 48QFN и 64LQFP. Они включают до 56 портов ввода/вывода (до 36 для GT).

В случае, если функции МК HCS08GB/GT избыточны, компания Freescale Semiconductor предлагает МК с различной комбинацией периферийных модулей (включая аналоговый компаратор с внутренним источником опорного напряжения), оптимизированные по стоимости за счёт меньшего объёма внутренней Flash-памяти, набора периферийных модулей, корпусов с меньшим числом выводов. К ним относятся МК линеек HCS08AWxx, HCS08QGx/QDx, HCS08RC/RD/RE/RG. По основным техническим параметрам, таким как низкое энергопотребление, высокая производительность во всём диапазоне рабочих напряжений, МК семейства HCS08 идентичны.

С точки зрения программного обеспечения реализации беспроводных приложений, для МК семейства HCS08 доступны следующие программные библиотеки: SMAC, 802.15.4MAC и стек ZigBee – BeeStack (табл. 3). Основной средой разработки ПО для МК является Metrowerks CodeWarrior версий 3.1 либо 5.x и старше. При создании ПО для реализации беспроводного канала на базе перечисленных выше библиотек удобно использовать среду разработки BeeKit Wireless Connectivity Toolkit [4].

## 16-РАЗРЯДНЫЕ МК СЕМЕЙСТВА HCS12(X)

Следующим по производительности является семейство 16-разрядных МК HCS12(X). Для реализации беспроводных решений на базе данных МК доступно ПО SMAC (табл. 3).

Семейство HCS12(X) включает в себя множество различных линеек, которые могут быть использованы в приложениях ZigBee. В настоящей статье модели МК перечислять не будем, а выделит лишь наиболее значимые параметры: частота внутренней шины МК лежит в пределах 20...40 МГц, напряжение питания – 3,0...5,5 В. Объём внутренней Flash-памяти, в зависимости от модели, составляет 32...1000 Кб, RAM – 2...32 Кб, EEPROM – 1...4 Кб. Периферийные модули включают в себя 10-разрядные АЦП (до 24 каналов), 16-разрядные модули таймеров/ШИМ, мо-

**Таблица 2. Перечень микросхем выходных усилителей мощности диапазона 2,4 ГГц для радиоприборов ZigBee/802.15.4**

Компонент	Максимальная выходная мощность, дБм	Усиление, дБ	Напряжение питания, В	Корпус
<b>Специализированные усилители</b>				
MMG2401NR2	27	28	3...5	QFN 3x3
MBC13720NT1	15	12	2.3...3	SOT363
<b>Усилители общего назначения</b>				
MBC13900NT1	10	14	2...7	SOT343
MMG3001	18	20	5.6	SOT89
MMG3002	21	20	5.2	SOT89
MMG3003	24	20	6.2	SOT89
MMG3007	16	19	5	SOT89
MMG3008	15	18.5	5	SOT89
MMG3009	18	15	5	SOT89
MMG3010	17	15	5	SOT89
MMG3011	15	15	5	SOT89
MMG3012	18.5	19	5	SOT89
MMG3013	20.5	20	5	SOT89
MMG3014	24	20	5	SOT89
MMH3101	21.5	15	5	SOT89
MMH3107	18	14	4.5	SOT89

дуль контроля уровня питающего напряжения, внутреннего тактирования. МК данного семейства обладают различным набором интерфейсов, включая SPI, SCI, I<sup>2</sup>C, USB, CAN, Ethernet, а также однопроводной BDM-интерфейс для программирования и внутрисхемной отладки в реальном времени с тремя независимыми точками останова. Микросхемы выпускаются в различных корпусах с числом выводов от 64 до 144, обеспечивая в рамках одного типа корпуса совместимость по выводам между моделями и МК различных семейств.

Отметим следующие модели МК семейства HCS12(X): MC9S12NE64, MC9S12UF32 и MC9S12XA/XD/XDT/XDP. Все эти модели МК идеально подходят для организации сетевых координаторов, ретрансляторов, а также шлюзов между радиоинтерфейсом IEEE 802.15.4 и другими проводными и беспроводными интерфейсами. МК MC9S12NE64 помимо стандартного набора последовательных интерфейсов имеет встроенный Ethernet-контроллер (драйвер физического уровня PHY и Ethernet 10/100 Мбит/с MAC-контроллер). Модель MC9S12UF32 включает в себя полноценный USB2.0-интерфейс, поддерживающий скорости до 480 Мбит/с. В МК HCS12(X) встроен интегрированный сопроцессор управления периферией и обработкой прерываний X-gate, позволяющий разгрузить центральный процессор для выполнения основной прикладной программы. За счёт этого производительность МК увеличивается в 3...5 раз. X-gate может целиком брать на себя функции управления, например, приёмом/передачей данных через какой-либо последовательный интерфейс, при этом таких интерфейсов в одном МК может быть до 16, включая SCI, SPI, I<sup>2</sup>C, CAN.

Стоит отметить, что ПО SMAC также доступно и для 16-разрядных цифровых сигнальных контроллеров DSP/DSC семейства DSP56F8xx и 56F8xxx (табл. 3).

## 32-РАЗРЯДНЫЕ МК СЕМЕЙСТВА COLDFIRE

Наиболее производительными МК, рекомендованными компанией Freescale Semiconductor для использования в ZigBee-системах, являются 32-разрядные МК семейства ColdFire. Производительность моделей MCF5474 и MCF5475 может достигать 410 MIPS и более. Диапазон напряжений питания составляет 1,5...3,3 В. Набор периферийных модулей включает в себя Flash-память 128...512 Кб, SRAM 8...96 Кб, 4...32 Кб Cache, 12/10-разрядный АЦП, 8/4/2-канальные 32/16-разрядные модули таймеров, модули шифрования и другие модули. МК могут иметь до 142 портов ввода/вывода и обладают широким набором внешних интерфейсов: SPI, SCI, I<sup>2</sup>C, CAN, USB, Ethernet. Для некоторых семейств МК Freescale Semiconductor предлагает следующие отладочные платы с ZigBee-модулями и приёмопередатчиком MC13192:

- M5282ZIGBEE – отладочный комплект для МК MCF5282;
- M5213EVB – отладочная плата для МК MCF5213;
- M5208EVB – отладочная плата для МК MCF5208;
- M52235EVB – отладочная плата для МК серии MCF5223 с возможностью подключения дочерних плат ZigBee 13192RFC (на базе MC13192) и 1320xRFC (на базе MC13202).

Особый интерес представляют МК серии ColdFire V1. Частота внутренней шины МК может достигать 50 МГц. Особенность ColdFire V1 заключается в том, что они совместимы как с 8-разрядными, так и с 32-разрядными устройствами. Периферийные модули МК, такие как модуль тактирования (OSC), модуль АЦП, внешние интерфейсы I<sup>2</sup>C и SCI, могут работать в 8- и 32-разрядном режиме. При этом все МК ColdFire V1 совместимы по выводам с 8-разрядными МК семейства HCS08 с аналогичной периферией,

что делает их идеальным «мостом» между простыми и недорогими 8-разрядными и 32-разрядными высокопроизводительными устройствами.

Для МК семейства ColdFire будет доступен весь набор ПО: SMAC, 802.15.4 MAC, BeeStack (табл. 3).

## 32-РАЗРЯДНОЕ ИНТЕГРИРОВАННОЕ ОДНОКРИСТАЛЬНОЕ ZIGBEE-РЕШЕНИЕ НА БАЗЕ ЯДРА ARM

В ближайшее время компания Freescale планирует выпуск специализированного однокристалльного ZigBee/802.15.4-решения на базе ARM-ядра с интегрированным аппаратным MAC-ускорителем MC1322x. Выпуск серийных изделий намечен на I квартал 2007 г. По предварительной информации, новая микросхема будет лидером по энергопотреблению не только в энергосберегающих режимах, но и в режимах приёма и передачи. Встроенная периферия включает в себя 12-разрядный модуль АЦП, набор интерфейсных модулей UART/SCI, SSI/i2S, SPI, I<sup>2</sup>C, модуль аппаратного шифрования, модули таймеров/ШИМ и обработки внешних прерываний и др. Для работы микросхемы необходимо минимально возможное число внешних компонентов (антенна 50 Ом, кварцевый резонатор). Интегрированный приёмопередатчик микросхемы помимо полноценного режима работы согласно стандарту IEEE 802.15.4 будет иметь уникальный режим увеличения скорости обмена до нескольких мегабит в секунду.

## ДВА ПОКОЛЕНИЯ ПРИЁМОПЕРЕДАТЧИКОВ: MC1319x И MC1320x

Первыми в линейке приёмопередатчиков компании Freescale Semiconductor появились микросхемы MC1319x. Микросхемы этого семейства, представленные в 2004 г., обладают широким набором энергосберегающих режимов и всей необходимой периферией для работы в составе автономных радиоустройств. Семейство MC1319x включает в себя три микросхемы приёмопередатчиков: MC13191, MC13192 и MC13193. Основные технические характеристики радиомодемов и их внутренняя структура представлены в табл. 4 и на рис. 6 (подробное описание см. [1]).

Таблица 3. Программное обеспечение и модели микросхем, используемые для беспроводных приложений по стандарту ZigBee/802.15.4

Программное обеспечение	MC1319x/20x + HCS08	MC1321x	MC1319x/20x + S12(X)	MC1319x/20x + DSC/DSP	MC1319x/20x + ColdFire	MC1322x
BeeStack	+	+	-	-	+	+
802.15.4 MAC	+	+	-	-	+	+
SMAC	+	+	+	+	+	+

\* Начало выпуска – IV квартал 2006 г.

\*\* Начало выпуска – I квартал 2007 г.

Остановимся более подробно на одной особенности этих приёмопередатчиков – встроенном 2- или 4-канальном таймере событий (Event Timer) в микросхемах MC13191 и MC13192/3 соответственно. Таймер состоит из делителя частоты и 24-разрядного счётчика, который инкрементируется с каждым импульсом датчиков. Делитель обеспечивает частоту на входе счётчика в диапазоне 15,625...2000 кГц. Модуль таймера способен генерировать прерывания для МК в моменты равенства текущего времени таймера и значений в определённых регистрах радиомодема. Запись данных в регистры осуществляется через интерфейс SPI. Модуль таймера выполняет следующие функции: генерация системного времени, генерация прерываний при сравнении текущего времени со значением регистров сравнения, выход из энергосберегающего режима Normal Doze Mode по окончании заданной временной задержки, «защёлкивание» времени начала приёма данных в режиме пакетной передачи. Текущее значение таймера может быть считано по интерфейсу SPI. Модуль таймера работает при активированном модуле тактирования радиомодема.

В 2006 г. компания Freescale Semiconductor представила второе

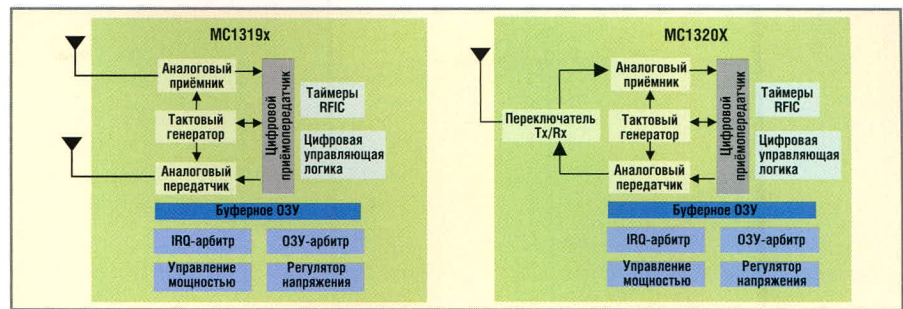


Рис. 6. Структурные схемы радиомодемов MC1319x и MC1320x

поколение приёмопередатчиков MC1320x. Структурная схема радиомодемов и основные технические характеристики также представлены на рис. 6 и в табл. 4. Основным отличием микросхем является наличие интегрированного Rx/Tx-переключателя, что позволяет в большинстве приложений сократить число внешних элементов и уменьшить себестоимость решения. Они способны работать как с внешним Rx/Tx-переключателем, когда используются LNA- и PA-усилители, так и с внутренним переключателем, что предоставляет разработчикам гибкость решения при проектировании беспроводных устройств. Кроме того, у радиомодемов семейства MC1320x расширен диапазон регулировки выходной мощности (табл. 4). Микросхемы MC1320x совместимы по выводам с MC1319x, и по остальным параметрам радиомодемы между собой схожи.

Внутренний Rx/Tx-переключатель позволяет использовать радиомодем в однопортовом (Single Port Mode) режиме, в котором выводы микросхемы RFIN\_P и RFIN\_M работают как на приём, так и на передачу (рис. 7). Во время приёма и передачи на выводе ST\_Bias формируется опорное напряжение, равное нулю при приёме и уровню встроенного регулятора напряжения VDDA при передаче. Этот сигнал может быть использован для формирования опорного напряжения смещения на согласующем трансформаторе. Последний конвертирует 50-омный сигнал от антенны в двунаправленный балансный интерфейс радиомодема.

Внешний Rx/Tx-переключатель позволяет использовать радиомодем в двухпортовом (Dual Port Mode) режиме благодаря выводам микросхемы PAO\_P и PAO\_N. При этом использу-

Таблица 4. Сравнение характеристик микросхем приёмопередатчиков семейств MC1319x и MC1320x

Параметр	MC13191	MC13192/3	MC13201	MC13202/3
Способ передачи	Пакетная	Пакетная, потоковая	Пакетная	Пакетная, потоковая
Соответствие стандарту IEEE 802.15.4	Частичное	Полное	Частичное	Полное
Поддержка сетевых топологий	«Точка-точка», «звезда»	«Точка-точка», «звезда», кластерное дерево, многоячейковая сеть, ZigBee	«Точка-точка», «звезда»	«Точка-точка», «звезда», кластерное дерево, многоячейковая сеть, ZigBee
Программное обеспечение	SMAC	SMAC, 802.15.4MAC, BeeStack	SMAC	SMAC, 802.15.4MAC, BeeStack
Рабочий частотный диапазон, ГГц	2,405...2,480			
Скорость передачи, Кбит/с	250			
Модуляция	O-QPSK			
Число каналов, шаг	16 каналов с шагом 5 МГц			
Выходная мощность радиопередатчика, настраиваемая программно, дБм	-16...+4		-28,7...+4	
Чувствительность в диапазоне -40...+85°C, дБм (1% PER)	-91	-92	-91	-92
Наличие встроенного Rx- или Tx-переключателя	Нет		Да	
Возможность подключения внешних усилителей PA и LNA	Да			
Настраиваемая частота тактирования внешнего МК, кГц	16,393...16 000			
Интерфейс с МК	4-проводной SPI			
Встроенные таймеры	2/4 канала 24-битного таймера событий			
Энергосберегающие режимы	Off (0.2мкА), Hibernate (2.3 мкА), Doze (35 мкА), Idle (500 мкА)		Off (0.2мкА), Hibernate (1 мкА), Doze (35 мкА), Idle (500 мкА)	
Напряжение питания, В	2.0...3.4			
Диапазон рабочих температур, °C	-40°C...+85			
Корпус	5 × 5 мм QFN32, PB-free, совместимость по выводам			

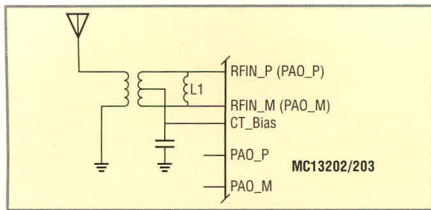


Рис. 7. Однопортовый режим работы радиоприёмопередатчиков MC1320x

ются два балансных интерфейса, отдельно на приём и отдельно на передачу, где линии RFIN\_P и RFIN\_N работают только на вход (рис. 8). Сигнал CT\_Bias может использоваться внешним МК для диагностирования режима, в котором находится радиомодем, либо для управления внешним Rx/Tx-переключателем, который коммутирует входной и выходной радиотракты. В этом режиме к радиомодему можно подключать дополнительные внешние усилители LNA и PA.

### ИНТЕГРИРОВАННОЕ ОДНОКОРПУСНОЕ РЕШЕНИЕ MC1321x

Однокорпусное решение было представлено в 2006 г. Микросхемы семейства MC1321x сочетают в одном корпусе размером 9 × 9 мм два чипа: чип МК семейства HCS08GТхх и чип радиомодема второго поколения MC13202. Структура интегрированного реше-

ния показана на рис. 9. Семейство микросхем, как отмечалось выше, включает в себя три модели – MC13211, MC13212 и MC13213/4, и различаются они только объёмом внутренней Flash- и RAM-памяти МК. Остальные технические характеристики микросхем семейства MC1321x идентичны упомянутому радиомодему и МК. Отличия заключаются в меньшем числе портов ввода/вывода МК и наличии внутренних связей чипов, продублированных дополнительными выводами корпуса. Внешний вид микросхемы и радиомодеуля на её базе показаны на рис. 10.

Основными достоинствами интегрированного решения являются сокращение стоимости компонентов и занимаемой радиотрактом площади. При переходе от двухкорпусного решения к однокорпусному площадь платы радиотракта без учёта антенны сокращается с 300 до 200 мм<sup>2</sup>, на 40% сокращается число внешних компонентов, а стоимость элементной базы уменьшается более чем на 30%.

### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ РЕЖИМОВ ПРИЁМОПЕРЕДАТЧИКОВ MC1321x/20x/19x

Благодаря использованию набора энергосберегающих режимов ток по-

требления микросхемы радиомодема в состоянии покоя может составлять менее 0,2 мкА (табл. 3). Основным режимом работы радиомодема является режим ожидания Idle. Переход микросхемы в другие режимы работы возможен только из режима Idle. Используются следующие энергосберегающие режимы: Off, Hibernate и Doze.

В энергосберегающем режиме Off радиомодем потребляет минимальное количество электроэнергии. Выход из режима осуществляется только при аппаратном сбросе микросхемы радиомодема через вывод RST либо отключением и последующим включением питающего напряжения. В режиме Off все функции радиомодема отключены, цифровые выводы (включая IRQ) находятся в высокоимпедансном состоянии. Все данные, находившиеся в памяти приёмопередатчика до входа в режим Off, теряются.

В энергосберегающем режиме Hibernate все внутренние модули радиомодема, как и в режиме Off, отключаются (в т.ч. SPI-интерфейс и таймеры). Но, в отличие от режима Off, в режиме Hibernate все настройки и данные в радиомодеме сохраняются. Важным моментом является то, что, начиная с момента входа радиомодема в режим Hibernate, на выводе CLKO микросхемы сохраняется частота тактирования МК в течение 128 циклов. Это позволяет МК (МК использует частоту CLKO) также перейти в энергосберегающий режим до момента потери тактовой частоты. При выходе радиомодема из режима Hibernate сигнал на выводе CLKO восстановится с прежним значением частоты.

Энергосберегающий режим Doze может использоваться в двух вариантах: Normal Doze Mode и Acoma Doze Mode. В режиме Normal Doze Mode все

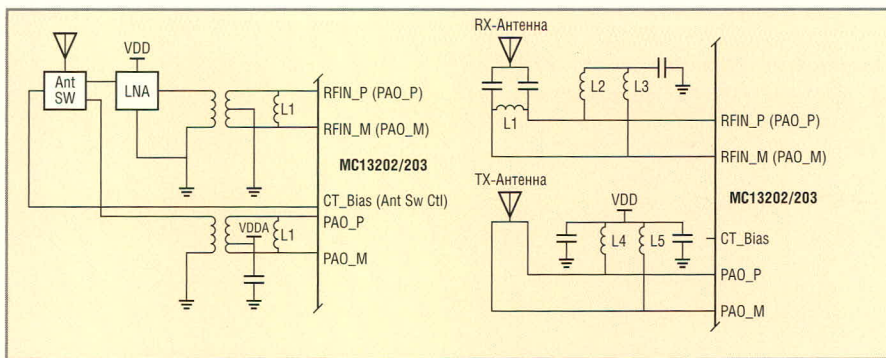


Рис. 8. Двухпортовые режимы работы радиоприёмопередатчиков MC1320x

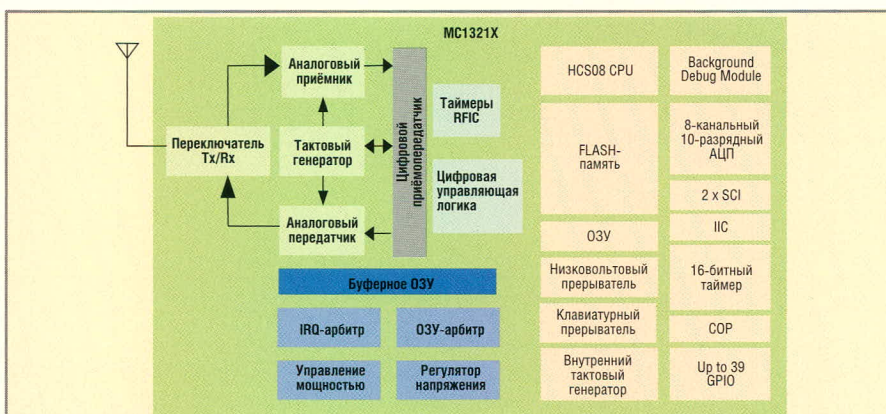


Рис. 9. Структурная схема микросхемы MC1321x

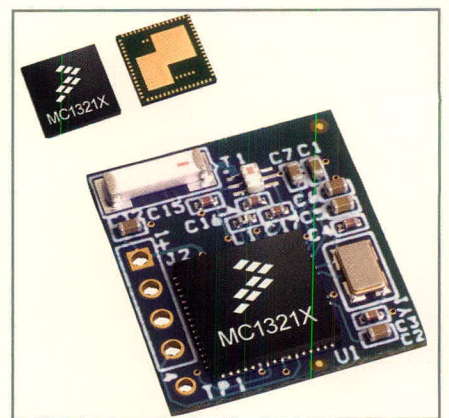


Рис. 10. Внешний вид микросхемы MC1321x и радиомодуля на её базе

модули радиомодема отключены (в т.ч. SPI-интерфейс), кроме модуля тактирования и модуля таймера (Event Timer). В этом режиме также может быть активен сигнал на выводе CLKO, но выходная частота не может превышать 1 МГц. Особенностью данного режима является то, что радиомодем выходит из него по истечении некоторого времени, которое отсчитывает таймер Event Timer. Если сигнал на выводе CLKO был активен до входа в режим Doze и был отключён при входе в данный режим, то при выходе обратно в режим Idle сигнал CLKO восстановится с прежним значением частоты, за исключением двух низших частот. Частоты 16,393 и 32,786 кГц не восстанавливаются на выводе CLKO при выходе из режима Doze. Радиомодем может быть выведен из режима Doze до окончания временного таймаута, отсчитываемого таймером, также как и из режима Hibernate. В таком случае отсчёт таймера необходимо запретить после входа в режим Idle. Вторым вариантом режима Doze является Asoma Doze Mode. Отличием данного режима от предыдущего является то, что таймер Event Timer не

работает, а частота на выводе CLKO остаётся активной.

### Радиосуилители LNA и PA диапазона 2,4 ГГц

Сравнивая дальность передачи в условиях прямой видимости без дополнительных усилителей с устройствами, использующими усилители LNA/PA, можно говорить о расстояниях порядка 200...300 м (без дополнительных усилителей) и нескольких километров (с дополнительными усилителями) соответственно. Естественно, такие показатели достигаются благодаря квалифицированной и качественной проработке антенной системы, схем и топологии радиотракта. Если не прибегать к услугам опытных инженеров, вполне реально обеспечить дальность порядка 100...200 м без усилителей и до километра с усилителями. Не стоит забывать также и о влиянии на дальность передачи используемого протокола, длины передаваемых пакетов и типа применяемой антенны.

Для создания эффективных высокочувствительных схем радиомодемов, работающих на большие расстояния,

компания Freescale Semiconductor предлагает усилители общего назначения и ряд специализированных усилителей (табл. 1 и 2). При использовании широкополосных усилителей мощностью более 10 мВт рекомендуется использовать дополнительные внешние фильтры, блокирующие все радиочастотные сигналы, за исключением полосы 2,4...2,5 ГГц. Подобные фильтры выпускают множество компаний. Большинство фильтров доступны на российском рынке. Перечисленные в табл. 1 и 2 усилители отличаются малой стоимостью и стабильностью характеристик. Кроме того, для некоторых из них доступны Reference Designs, что поможет облегчить задачу проектирования усилительных каскадов радиотракта.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Соколов М. Программно-аппаратное обеспечение беспроводных сетей на основе технологии ZigBee/802.15.4. Электронные компоненты. 2004. № 11.
2. [www.zigbee.org](http://www.zigbee.org).
3. [www.grouper.ieee.org/groups/802/15/pub/TG4.html](http://www.grouper.ieee.org/groups/802/15/pub/TG4.html).
4. [www.freescale.com/zigbee](http://www.freescale.com/zigbee).



## Коммерческие источники питания для военной техники – зачем платить больше?

Низкая стоимость и короткие сроки поставки при соответствии военным стандартам

### Основные характеристики DC/DC-преобразователей серии MTC:

- Диапазон входных напряжений 10...50 В
- Выходные напряжения от 3,3 до 28 В
- Выходные мощности от 5 до 35 Вт
- Диапазон рабочих температур от -55 до +100°C (основание корпуса)
- Электромагнитные помехи соответствуют требованиям MIL-STD 461E
- Импульсное перенапряжение и помехоустойчивость в соответствии с MIL-STD 1275A/B/C, 704A-F
- Стойкость к внешним воздействующим факторам в соответствии с требованиями MIL-STD 810F
- Сервисные функции: синхронизация частоты преобразования, дистанционное включение/выключение, регулировка выходного напряжения, внешняя обратная связь



THE X P E R T S I N P O W E R

Более подробная информация на сайте: [www.xp-military.com](http://www.xp-military.com)

PROSOFT®

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

# Разработка модуля беспроводной передачи телеметрических данных в диапазоне частот 2,4 ГГц

(часть 1)

**Александр Алый (Москва)**

Диапазон частот в районе 2,4 ГГц становится очень популярным. Этот диапазон разрешён для использования без лицензии во многих странах мира. Для него производится большой спектр быстро дешевеющих чипов, и нет недостатка в средствах разработки и демонстрационных примерах. Для всех самых распространённых способов использования радиосвязи в этом диапазоне разработано множество стандартов. Статья представляет собой открытый проект по созданию дешёвого, экономичного встраиваемого телеметрического радиомодуля в упомянутом диапазоне.

На сегодняшний день диапазон частот 2,4 ГГц делят между собой множество стандартов передачи данных: Wi-Fi, Wi-MAX, Bluetooth, Wireless USB, ZigBee, Home RF и т.д., под каждый из которых производятся чипы. Принимая во внимание такие критерии чипов, как их стоимость, скорость освоения технологии разработки, энергопотребление, помехоустойчивость, можно сказать, что стандарт ZigBee является среди них лучшим выбором. Чипы для ZigBee выпускают такие известные фирмы, как Texas Instruments, Freescale, Atmel, STMicroelectronics, OKI и др., и это гарантирует низкие цены комплектующих.

## ЧТО ТАКОЕ ZIGBEE?

ZigBee – это технология, заполняющая нишу низкоскоростных беспроводных сетей с малым энергопотреблением, предназначенную для систем управления с большим количеством узлов, таких как системы освещения зданий, наблюдения за парком промышленного оборудования и т.п.

По сравнению с ZigBee устройства Wi-Fi, например, имеют гораздо худшие параметры по энергопотреблению, технология Bluetooth имеет большее потребление, и в ней не развита сетевая структура, а решения на простейших радиочипах и радиомодемах не поддерживаются общепризнанными спецификациями и стандартами.

Как ни странно, ZigBee ориентирован на применение там, где есть мощ-

ные источники энергии. Это объясняется тем, что ключевые звенья ZigBee-сетей – координатор сети и роутеры – не предназначены для работы от автономных источников. А экономичность ZigBee специалисты склонны рассматривать не в контексте отсутствия постоянных внешних источников энергии, а в том, что планируемая взрывная экспансия интеллектуальных приёмопередатчиков во все возможные сферы хозяйства может вызвать огромный рост потребления электроэнергии, если не уделить должного внимания экономичности.

К примеру, предполагается, что в характерном доме недалёкого будущего будет размещаться до ста беспроводных датчиков и исполнительных устройств. При количестве домов в городе 50 000 и использовании технологии Wi-Fi энергопотребление такого города выросло бы на 3,3 МВт. При использовании ZigBee с передатчиками до 3 дБм и циклом работы в 0,1% от общего времени потребление выросло бы всего на 150 Вт!

Спецификация ZigBee обеспечивает стандартизацию организации беспроводной связи между устройствами разных производителей в различных областях применения. Кроме того, спецификация предлагает методы, способствующие быстрому развёртыванию и запуску распределённых беспроводных систем управления и наблюдения. Эти методы очень напоминают те, что хорошо извест-

ны в проводных промышленных сетях, и построены они на концепции профилей устройств.

Дилемма беспроводных сетей – обеспечение надёжности связи и предсказуемого времени доставки сообщений. В ZigBee не то чтобы решается эта дилемма, но предлагаются варианты с предпочтением в пользу одного или другого критерия. Для предсказуемого времени доставки спецификация описывает работу сетей типа «звезда» или «иерархическое дерево» с синхронизацией по сигнальному пакету. Для полного использования всех имеющихся узлов сети для доставки сообщения на максимальное расстояние спецификация описывает бесструктурные сети со сложной несимметричной маршрутизацией.

Одна из интересных проблем, решаемая стандартом, – это обеспечение живучести сетей в условиях постоянно изменяющегося качества связи между узлами.

Стандарт ZigBee определяет многоуровневую структуру построения программного обеспечения, в обиходе называемую стеком протоколов ZigBee. Несмотря на декларируемую простоту, такой стек не намного проще стека протоколов TCP/IP для встраиваемых устройств малого класса.

Приобрести стек в исходных текстах очень накладно. Чаще его предлагают в виде скомпилированных библиотек и за солидные суммы. Есть варианты с бесплатным стеком в виде скомпилированных библиотек, но для довольно специфических и не самых дешёвых чипов. Наконец, есть сильно упрощённые версии стека ZigBee в исходных текстах. Самая известная из них предлагается фирмой Microchip, она ориентирована на микроконтроллеры серии PIC18 и радиомодемы фирмы Texas Instruments.

Спецификация ZigBee постоянно развивается, в 2006 г. альянс ZigBee

поставил крест на совместимости старых устройств с текущей спецификацией, выпустив спецификацию ZigBee 2006.

Те, кто приобретал стек ZigBee, основываясь на заверениях в его абсолютном соответствии спецификации, а потому в совместимости с продуктами третьих фирм, подсчитывают убытки. Однако требование совместимости не очень актуально для инновационных разработок, а потому, не углубляясь в верхний уровень спецификации ZigBee, рассмотрим свойства предлагаемого физического канала и уровень доступа к среде передачи.

### Что такое IEEE 802.15.4?

Сложное для запоминания буквенно-цифровое сочетание не способствует его широкому применению, когда производители рекламируют свои чипы для технологии ZigBee. А между тем именно стандарт IEEE 802.15.4 и определяет все физические характеристики канала передачи, применяемого в ZigBee.

Чтобы понять структуру и работу аппаратной части чипов ZigBee, достаточно изучить стандарт IEEE 802.15.4. Стандарт определяет физические параметры канала передачи: модуляцию, частоты, полосы и т.д. и методы работы со средой передачи: формат пакетов, адресацию, уведомления, противодействие коллизиям и т.д. Стандарт самодостаточен и никак не ассоциирует себя с ZigBee. Такого термина нет у него даже в списке акронимов и аббревиатур. Приведём основные технические характеристики, устанавливаемые стандартом IEEE 802.15.4:

- Типы физического уровня .....2,4 ГГц и 868/915 МГц
- Максимальная скорость битового потока в сети .....250 Кбит/с в диапазоне 2,4 ГГц
- Длина адреса в режиме с расширенной адресацией.....64 бит
- Длина адреса в режиме с укороченной адресацией .....16 бит
- Рекомендуемый цикл работы передатчика устройства .....не более 0,1% от общего времени
- Рекомендуемое расстояние между узлами .....10 м
- Механизмы повышения надёжности передачи .....множественный доступ с прослушиванием несущей и уклонением от конфликтов, контроль

целостности кадров с помощью контрольной суммы, подтверждение приёма кадра

Поддерживаемые топологии сети.....«Точка-точка», «звезда»

В табл. 1 приведена зависимость физических уровней, полос частот, количества каналов и параметров расширения спектра и потока данных стандарта IEEE 802.15.4. В выделенных частотных полосах может быть от одного до нескольких каналов передачи. Каналы по стандарту нумеруются последовательно, начиная с низшего частотного диапазона и кончая высшим. Таким образом, существует 27 каналов. На диапазон частот 2,4 ГГц приходятся каналы с 11-го по 26-й. Их центральные частоты рассчитываются по следующей формуле:

$$F_c = 2405 + 5(k - 11), \text{ МГц,}$$

где  $k = 11, 12, \dots, 26$ .

В стандарте IEEE 802.15.4 при передаче применяется расширение спектра сигнала методом прямой последовательности. Для диапазона частот 2,4 ГГц это будет выглядеть как подстановка вместо каждых четырёх битов данных 32 битов кодовой последовательности. В стандарте приведены значения всех 16 необходимых кодовых последовательностей, причём они подобраны так, чтобы иметь минимальную взаимную корреляцию. При скорости входного двоичного потока данных в 250 Кбит/с скорость выходного потока данных составляет 2000 Кбит/с для физического уровня 2,4 ГГц. В модуляторе O-QPSK используется квадратурная фазовая манипуляция, где чётные биты модулируются основной несущей, а нечётные – сдвинутой на 90° несущей. Такая техника кодирования и модуляции позволяет снизить требования к минимальному соотношению сигнал/шум для принимаемого

сигнала. В результате при соотношении сигнал/шум, равном 5...6 дБ, уровень потери пакетов не превышает 1%. Помехоустойчивость метода передачи по стандарту IEEE 802.15.4 заметно превосходит известных конкурентов в диапазоне 2,4 ГГц (Bluetooth и Wi-Fi). Помимо модуляции IEEE 802.15.4 определяет и структуру пакетов, которыми обмениваются узлы сети, различные виды адресации, роли, выполняемые узлами в сети, и т.д., но это уже не находит отражения в аппаратной реализации чипов.

### Выбор аппаратной платформы

Аппаратная платформа для радиомодуля включает в себя чип приёмопередатчика и микроконтроллер. От оптимального выбора обоих зависит стоимость, энергопотребление, трудозатраты при разработке и жизненный цикл конечного изделия. На рынке в последнее время всё шире распространяются чипы с интегрированным микроконтроллером и приёмопередатчиком в одном корпусе. Это оптимальное решение с точки зрения соотношения стоимости и функциональных возможностей. Но здесь возможны различные варианты, которые следует тщательно анализировать.

Во-первых, предлагаются решения с уже запрограммированным стеком ZigBee во встроенный микроконтроллер. В условиях неустоявшейся спецификации надо понимать, что это будет не тот действующий полнофункциональный ZigBee, а по сути частное решение отдельного производителя со многими ограничениями (не всегда документированными).

Во-вторых, спецификация на встроенный микроконтроллер может быть закрыта от пользователя, а вместо неё предоставляется некое API (прикладной интерфейс программирования) и скомпилированные библиотеки стека ZigBee под опре-

Таблица 1. Таблица зависимости некоторых параметров стандарта IEEE 802.15.4

Тип физического уровня, МГц	Полоса частот, МГц	Количество каналов	Параметры расширения спектра		Параметры потока данных		
			скорость передачи кодовой последовательности, Кбит/с	модуляция	битовая скорость, Кбит/с	скорость передачи символов, Ксимвол/с	количество битов в символе
868/915	868...868,6	1	300	BPSK	20	20	1
	902...928	10	600	BPSK	40	40	1
2450	2400...2483,5	16	2000	O-QPSK	250	62,5	4

делённый компилятор. К ZigBee здесь относится то же замечание, что было сделано выше, за исключением лишь того, что можно легче сделать обновление библиотек. А для оценки реализуемости поставленной задачи требуется тщательный анализ возможностей API. Но, как минимум, очевидно, что слой API значительно затрудняет оптимизацию скорости выполнения программы пользователя.

В-третьих, выпускаются чипы с интегрированным хорошо описанным и известным контроллером. Стек ZigBee, как правило, достаточно дорог для таких решений, но существуют бесплатные библиотеки в исходных текстах для реализации более простых протоколов передачи данных.

В табл. 2 приведена сравнительная характеристика чипов от двух разных производителей с открытой архитектурой. По ряду характеристик чипы CC243x превосходят MC1321x, но на момент написания статьи они находились ещё на стадии прототипа. Семейство же MC1321x построено на базе RF-чипов MC13191 от Freescale, уже хорошо зарекомендовавших себя в известных модулях MaxStream, Panasonic и т.п. Стоимость чипов семейства MC1321x также во многих случаях ниже стоимости аналогичных чипов конкурентов. Немаловажно и то, что выполнить разработку на MC1321x можно с минимальными вложениями.

Компания Freescale предоставляет бесплатную версию компилятора CodeWarrior для серии микроконтроллеров HCS08, достаточное количество демонстрационных примеров

с использованием MC1321x и всяческие инструменты, облегчающие создание рабочих программ. На сайте компании можно найти документацию по всем важным аспектам применения чипов ZigBee, таким как выбор и конструкции антенн, тесты на максимально достижимую дальность связи, рекомендации по разработке дополнительных входных и выходных усилителей и выполнению топологии печатных плат.

Микроконтроллеры HCS08 снабжены интерфейсом внутрисхемной отладки. Эффективный внутрисхемный отладчик с функцией программатора для MC1321x стоит не более \$100.

### ХАРАКТЕРИСТИКИ СЕМЕЙСТВА MC1321x

Семейство MC1321x состоит из четырёх чипов: MC13211, MC13212, MC13213, MC13214. Они отличаются только объёмом памяти, в последнем же интегрирован ZigBee Z-стек фирмы Figure 8. Приведём некоторые параметры имеющего максимальный объём памяти чипа MC13213. Чип состоит из двух частей – радиомодема 802.15.4 и микроконтроллера MC9S08GB60.

Характеристики радиомодема 802.15.4:

- полностью совместим со стандартом IEEE 802.15.4;
- может работать на любом из 16 каналов в диапазоне частот 2,4 ГГц;
- номинальная выходная мощность 0 дБм с возможностью регулирования от -27 до +3 дБм;
- чувствительность приёмника не хуже -92 дБм при количестве оши-

бочно принятых пакетов не более 1% и длине пакетов 20 байт;

- интегрированный автоматический переключатель Приём/Передача;
- возможна конфигурация с отдельными внешними выводами приёмника и передатчика для поддержки внешних усилителей на приём и передачу;
- три режима пониженного потребления;
- программируемый выход тактовой частоты для тактирования микроконтроллера;
- программно подстраиваемый генератор на 16 МГц с подключаемым внешним кварцевым резонатором;
- 24-разрядный таймер с четырьмя 24-разрядными регистрами сравнения и с генерацией прерывания по каждому;
- поддержка пакетного и побайтового режимов приёма/передачи;
- семь внешних произвольно программируемых сигналов ввода/вывода.

Характеристики микроконтроллера:

- частота ядра 40 МГц;
- частота цикла инструкции 20 МГц;
- объём Flash-памяти программ 60 Кб;
- объём ОЗУ 4 Кб;
- несколько режимов пониженного потребления;
- SPI-интерфейс со скоростью до 8 МГц с внутренним подключением к радиомодему 802.15.4;
- два таймера: один с 4-канальной, а другой с 2-канальной схемой захвата/сравнения/PWM;
- восьмибитовый порт подключения клавиатуры с генерацией прерывания по каждой линии;
- восьмиканальный десятибитовый АЦП;
- два последовательных асинхронных канала с двойной буферизацией и возможностью работы в режимах RS485 или однопроводного полудуплексного канала;
- несколько источников тактирования: внутренний генератор на 8 МГц, внутренний генератор на 243 кГц, схема для подключения внешнего осциллятора или резонатора, умножитель частоты;
- интерфейс шины I<sup>2</sup>C до 100 Кбит/с с режимом «мультимастер»;
- возможность внутрисхемной отладки через однопроводный интерфейс;
- наличие прерывания при снижении напряжения питания;

Таблица 2. Сравнительная характеристика двух чипов с открытой архитектурой

Название семейства	Производитель	Ядро микроконтроллера	Основные характеристики
MC1321x	Freescale	HCS08, 8 бит, 40 МГц, 2 такта на 1 цикл инструкции	Питание: 2,0...3,4 В
			Чувствительность приёмника: -92 дБм
			Максимальная мощность передатчика: +3 дБм
			Связь с RF-чипом по шине SPI
CC243x	Texas Instruments	8051, 8 бит, 32 МГц, 1 такт на 1 цикл инструкции	Питание: 2,0...3,6 В
			Чувствительность приёмника: -94 дБм
			Максимальная мощность передатчика: 0 дБм
			Связь с RF-чипом по параллельной шине
			Дополнительные особенности: аппаратный шифратор AES и генератор случайных чисел наличие DMA наличие CSMA-CA сопроцессора

- сторожевой таймер;
- функция детектирования недопустимого кода операции.

Характеристики чипа говорят о том, что он предназначен для довольно развитых приложений. В частности, с такими параметрами в чипе можно разместить малую операционную систему реального времени (RTOS), полный стек ZigBee, упрощённый стек TCP/IP, включая PPP, протоколы полевых шин, таких как MODBUS, обработку сигналов сложных сенсоров и т.п.

Интересна конструкция корпуса чипа (рис. 1). Корпус называется 71-pin LGA и имеет выводы в центральной части нижней поверхности, на которые выходят сигналы линий, соединяющих модем с микроконтроллером, в частности, прерывания и SPI-шины. Эти выводы можно не использовать, но они дают важную информацию о работе модема.

Бесплатная среда разработки, предоставляемая фирмой Freescale для микроконтроллеров серии HCS08, обладает эффективным компилятором языка C и совершенно избавляет от необходимости изучения языка Ассемблера для этих микроконтроллеров. Компилятор комплектуется полным набором стандартных C-библиотек, включая даже операции с 64-битовыми числами с плавающей точкой, что для таких восьмиразрядных микроконтроллеров, как HCS08, в общем-то, не характерно. А между тем числа с длинной мантиссой необходимы для некоторых GPS-приложений, очень удобны для построения эффективных БИХ-фильтров в разного типа сенсорах и т.п.

Готовые шаблоны, идущие в комплекте со средой разработки, также из-

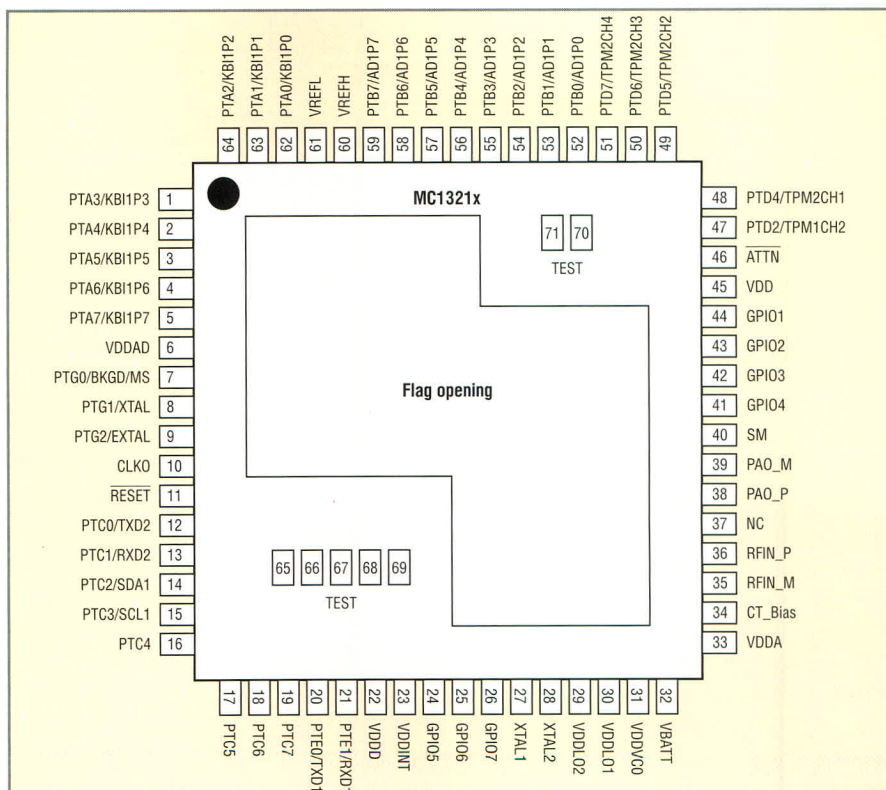


Рис. 1. Корпус чипа MC13213

бавляют от необходимости настройки распределения памяти, написания процедур инициализации при старте программы и опций компиляции и отладки. Для специалистов, не имевших дела с микроконтроллерами HCS08, на освоение нового чипа достаточно будет нескольких дней.

Ограничения, вводимые бесплатной версией среды разработки, такие: размер кода не должен превышать 16 Кб и количество файлов в проекте не должно превышать определённой величины. Это не очень сильное ограничение: в такой размер можно вместить весьма функциональный код приёмопередатчика, а количеством файлов можно управлять.

Как видно из структурной схемы (рис. 2), радиомодем и микроконтроллер в чипе связаны довольно небольшим количеством сигналов. Это может значительно облегчить отладку работы протокола обмена при определённых ситуациях.

Отправить или получить пакет данных в чипе MC1321x очень просто. Для этого надо проинициализировать несколько регистров: инициализировать сигналы ввода/вывода в неконфликтное состояние, установить мощность передатчика, установить канал передачи, разрешить сигналы уведомления о событиях в модеме и после этого (в случае отправки пакета) записать данные пакета в буфер-



**ЦИФРОВЫЕ МЕГАОММЕТРЫ Е6-24, Е6-24/1**

- Измерение сопротивления изоляции до 10 ГОм
- Испытательные напряжения 100, 250, 500, 1000, 2500 В
- Измерение переменного напряжения
- Автоматический расчет коэффициента абсорбции
- Программируемое время измерения
- Высокая помехоустойчивость
- Работа в жестких климатических условиях (от -30°C)

**ЧАСТОТОМЕРЫ ЭЛЕКТРОННО-СЧЕТНЫЕ С МИКРОПРОЦЕССОРНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ ЧЗ-83, ЧЗ-83/1**

- Измерение временных характеристик синусоидальных и импульсных сигналов в диапазоне частот до 2,4 ГГц.
- Возможность сравнения исследуемого сигнала с эталоном по двум параллельным каналам.
- Измерение ухода частоты за период измерения.
- Измерение длительности и скважности импульсов.
- Подсчет количества импульсов за период измерения.
- Выдача высокостабильного сигнала опорной частоты.

- Высокая точность измерений.
- Высокоинформативный графический дисплей.
- Интерфейс RS-232C.
- Программное обеспечение позволяет создавать массивы данных для последующего анализа.



**РАДИО-СЕРВИС**  
научно-производственная фирма

внесены в ГОСРЕЕСТРЫ СИ России, Казахстана и Узбекистана



426033, г. Ижевск, а/я 4579, ул. Пушкинская, 268, тел.: (3412) 43-91-44  
факс: (3412) 43-92-63, e-mail: office@radio-service.ru, www.radio-service.ru

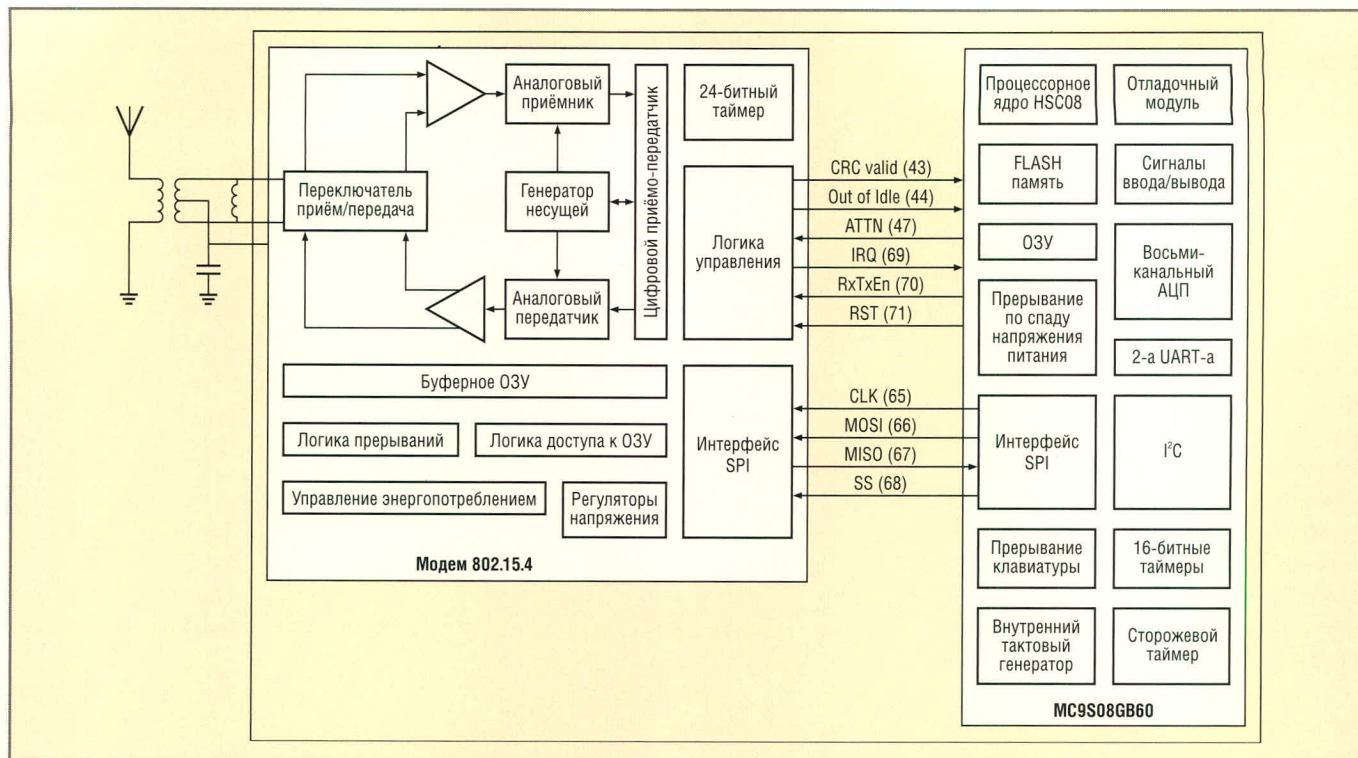


Рис. 2. Структурная схема чипа MC13213 и связи его частей

ное ОЗУ модема, установить режим передачи и дать сигнал отправки (RxTxEn). Остальное модем проделает автоматически: сформирует полный пакет с преамбулой и контрольной суммой, запустит кодирование и модуляцию, передаст пакет в эфир, выключит режим передачи, выставит сигнал прерывания и флаг в регистре статуса о завершении передачи.

Как видно, процесс гораздо проще, чем при работе с обычными однокристалльными чипами приёмопередатчиков.

При приёме всё происходит так же просто: надо установить нужный канал и режим приёма и ждать сигнала прерывания, уведомляющего о том, что пакет принят. По сигналу прерывания считывают те регистры состояния, где модемом устанавливается флаг правильности контрольной суммы. Если контрольная сумма пра-

вильная, считывают длину принятого пакета и сами данные пакета из буферного ОЗУ модема.

### ОТКРЫТОЕ ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Компания Freescale за определённую плату предлагает полный стек ZigBee в виде скомпилированных библиотек, бесплатную реализацию протокола IEEE 802.15.4 в виде скомпилированных библиотек и реализацию простого протокола обмена SMAC в виде исходных текстов. Для собственной разработки, разумеется, лучше всё иметь в виде исходных текстов. Поэтому рассмотрим особенности SMAC.

В сущности, SMAC позволяет отправить и получить пакеты таким же образом, как было описано выше, но делает это несколько сложнее из-за стремления к послойной архитектуре, декларируемой принципами ISO. В SMAC нет механизмов адресации, уведомления о приёме и других атрибутов, характерных для сетевого взаимодействия. Пакеты SMAC почти полностью совпадают с физическим пакетом IEEE 802.15.4 и отличаются лишь тем, что в начало отправляемых пакетов вставляется два байта, которые не позволяют спутать пакеты SMAC с пакетами MAC-уровня, описанными в стандарте IEEE 802.15.4.

Другой особенностью SMAC является принцип всей обработки поступающих и передаваемых данных в процедуре обслуживания прерывания, включая длинные обмены по SPI с программным опросом (полингом). Такой принцип предполагает, что пользователь SMAC в свою очередь тоже перенесёт все важные процедуры своего приложения в обработчики прерываний. Разработчики SMAC при этом указывают, что их протокол использует прерывание с низким приоритетом.

Такой принцип хорош для простых приложений, но для более сложных характерно применение RTOS, где выполнение длинных процедур в обработчиках прерываний крайне нежелательно. Базируясь на исходных текстах SMAC, автор разработал свой вариант библиотеки работы с чипом на физическом уровне и уровне передачи пакетов SMAC. На рис. 3 показан внешний вид комплекта разработки и отладки программного обеспечения для чипа MC13213.

В дополнительных материалах к статье на сайте журнала можно найти простой тестовый проект, позволяющий тестировать качество и дальность связи, а также сканировать частотные каналы IEEE 802.15.4 на предмет наличия посторонних помех.

*Продолжение следует*

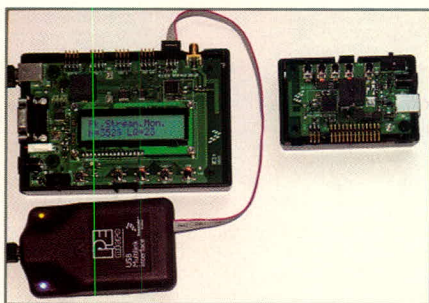


Рис. 3. Комплект разработки и отладки программного обеспечения для MC13213 фирмы Freescale

### Высоковольтные интегральные схемы стабилизаторов для регулирования тока светодиодов

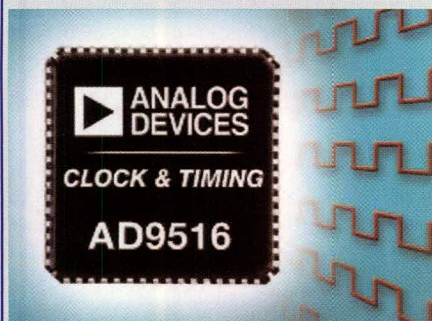
Высоковольтная интегральная схема стабилизатора для неизолированных AC/DC-приложений, в которых требуется несколько светодиодов в одной схеме, создана фирмой International Rectifier. Микросхема может применяться в системах сигнализации в зданиях и на улице, а также для архитектурной декоративной подсветки. Микросхемы семейства IRS254x на номинальное напряжение 200 или 600 В содержат постоянно работающий понижающий стабилизатор с временной задержкой для регулирования среднего тока нагрузки с допуском 5% и источник опорного напряжения. Рабочая частота понижающего стабилизатора до 500 кГц, пусковой ток менее 500 мА. Предусмотрена схема управления во вторичной цепи для варианта с синхронным выпрямлением. К дополнительным функциям относятся автоматический повторный запуск и безопасное отключение. Элемент размещён в 8-контактном корпусе DIP или в 8-контактном корпусе SOIC.

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

### Интегральные схемы распределителей тактовых импульсов с 14 каналами

Компания Analog Devices представляет интегральные микросхемы синхронизации AD9516, распределяющие тактовые импульсы по 14 каналам с фазовыми флуктуациями менее 1 пс. Микросхемы содержат синтезатор, два опорных входа, ГУН, программируемые делители, регулируемые линии задержки и 14 делителей тактовой частоты с уровнями LVPECL, LVDS и CMOS. ГУН микросхемы AD9516-0 работает в диапазоне 2,60...2,95 ГГц, ГУН других вариантов микросхемы (например, AD9516-4) работают в диапазоне 1,50...1,90 ГГц.

Все представители семейства AD9516 могут использоваться и в сочетании с внешним ГУН до частоты 2,4 ГГц. Помимо

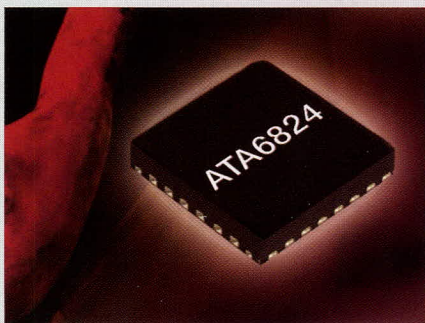


этого все модели содержат шесть LVPECL-выходов, работающих вплоть до максимальной частоты ГУН, а также выходы, которые могут программироваться на уровень LVDS (до 4 выходов) или CMOS (до 8 выходов). В режиме LVDS выходы работают до частоты 1 ГГц, а в режиме CMOS возможна работа до 250 МГц. Элементы AD9516-0/1/2/3/4 предлагаются в 64-контактном корпусе LFCSP размером 9 × 9 мм.

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

### Семейство управляющих интегральных схем для высокотемпературных приложений

Фирма Atmel сообщила о наличии трёх управляющих интегральных микросхем для высокотемпературных приложений (AECQ100, Grade 0). Интегральные микросхемы предназначены для использования в мостовых схемах управления моторами постоянными тока. ATA6824, ATA6827 и ATA6832 могут выдерживать исключительно высокие температуры до 200°C и окружающие температуры до 150°C. ATA6827 является полностью защищённой строеной полумостовой управляющей схемой с интегрированными мощными каскадами с выходным током до 1 А. Режимы работы «вперед», «назад», «торможение» и «стоп» управляются через интерфейс SPI. Благодаря рабочей частоте 25 кГц микросхемы ATA6832 управление двигателями постоянного тока не сопровождается характерным акустическим шумом.



Если требуются более высокие выходные токи, рекомендуется микросхема ATA6824. В дополнение к функции мостовой схемы управления, микросхемы содержат стабилизатор напряжения для питания микроконтроллера, Window-Watchdog и последовательный интерфейс. ATA6824 содержит логику управления двигателями, микроконтроллером должны вырабатываться только команда направления и ШИМ-сигнал частоты оборотов. Все микросхемы имеют несколько функций защиты.

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

### Интегральная схема управления питания с кнопками включения/выключения

Компания Linear Technology представляет LTC2952, интегральную схему управления питанием с кнопками включения/выключения. Функция управления питанием реализуется двумя PowerPath-контроллерами для приложений, в которых требуется идеальная диодная схема ИЛИ для распределения нагрузки или автоматического переключения двух источников входного напряжения. Коммутация с малыми потерями происходит под управлением двух внешних р-канальных МОП-транзисторов с напряжением в открытом состоянии 20 мВ и может подстраиваться под соответствующее приложение.

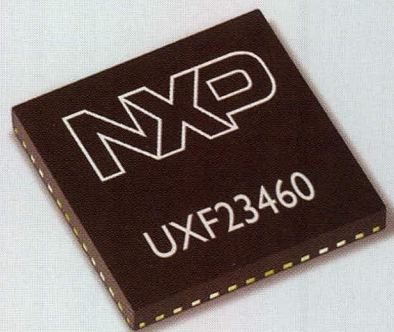
Контроллер кнопок обеспечивает включение/отключение DC/DC-преобразователей, поддерживает логику прерываний процессора и обеспечивает регулируемую задержку включения и выключения для подавления дребезга. При выключении LTC2952 посылает на системный процессор прерывание, чтобы мягко отключить систему. Чип работает от напряжения 2,7...28 В. Элемент специфицирован для коммерческого и промышленного температурного диапазона, предлагается в 20-контактном корпусе TSSOP и в корпусе QFN размером 4 × 4 мм.

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

### WiMAX-трансиверы

Фирма NXP Semiconductors объявляет о полностью интегрированном семействе WiMAX-трансиверов для мобильных и портативных приложений. Версия UXF23480 (2,3...2,4 ГГц) нацелена на северо-американский и австралийский рынки, UXF23460 (2,5...2,7 ГГц) предназначена для использования на Тайване, в Японии, в Северной Америке и Европе. Трансиверы совместимы через стандартные аналоговые входы/выходы и последовательные интерфейсы со множеством базовых чипов.

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



# RIT35 – современные GSM-системы мониторинга

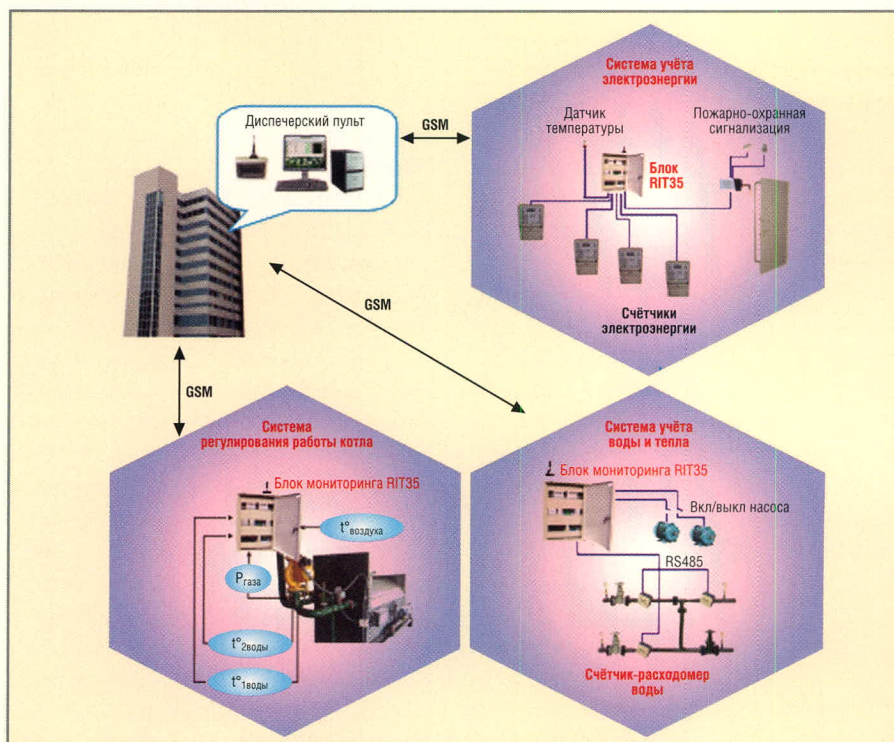
Александр Минаев, Юлия Ващенко (г. Харьков, Украина)

В статье описаны системы мониторинга различных объектов, построенные на базе унифицированных блоков RIT35 с гибким набором модулей и использованием GSM-связи.

Вопросы энергосбережения, учёта и контроля потребления электроэнергии, тепла, воды и газа сейчас находятся в фокусе интересов субъектов рынка энергоресурсов. Решить эту задачу быстро и эффективно можно на основе беспроводных технологий. Наиболее универсальным является использование каналов сотовой GSM-связи.

Аппаратура, расположенная на объектах, должна обладать гибкостью и обеспечивать связь с самыми разнообразными датчиками, счётчиками и другими устройствами. Опыт разработки систем мониторинга объектов электроэнергетики, отопления, водоснабжения и водоочистки привёл к созданию унифицированного гибкого комплекта технических средств RIT35 (см. рисунок).

Комплект RIT35 включает в себя GSM-модемы на базе модулей Siemens, Sony Ericsson, Wavcom, Telit, Piml и Simcom, контроллеры с модулями расширений и гибким количеством дискретных и аналоговых входов, релейных и транзисторных выходов, а также с разнооб-



Унифицированный комплект технических средств RIT35

разными интерфейсами: RS232, RS485 и «токовая петля». Выносные измерительные модули высокой точности позволяют контролировать напряжения, токи, температуру и другие параметры на расстоянии до 100 м от установленного блока системы мониторинга RIT35.

Работа системы происходит следующим образом. При срабатывании какого-либо датчика или при выходе контролируемого аналогового параметра за установленные пределы формируется тревожное сообщение. При этом создаётся текст SMS-сообщения, в котором заложена информация о состоянии всех входов и выходов, а также значения аналоговых параметров и показания счётчиков.

SMS-сообщение отсылается на 1, 2 или 3 различных номера, заранее выбранных диспетчером. Затем устанавливается соединение в режиме CSD на номер модема, установленного на диспетчерском пульте. SMS-сообщение доходит за 4...8 с, а среднее время дозвона составляет 15...25 с. При неудач-

ном соединении дозвон будет производиться до тех пор, пока программное обеспечение пульта не опросит состояние блока мониторинга, сигнализирующего об аварии, поэтому CSD является гарантированным дублирующим каналом. При отсутствии аварийных событий информация о блоках обновляется при периодическом опросе со стороны диспетчерского пульта либо при режиме периодических отправок SMS со стороны блока.

Преимуществом CSD-режима является возможность изменения настроек и управление оборудованием в диалоговом режиме, при этом временные задержки оказываются меньше, чем при использовании GPRS.

Использование комплекта технических средств RIT35 позволяет снизить затраты и сократить время на создание системы мониторинга, достичь оперативности обработки всех аварийных ситуаций и точности работы с оборудованием учёта электроэнергии, газа, воды и теплоносителей. ©

**RIT35**

**GSM модемы, контроллеры, системы мониторинга, учёта**

**Электроэнергии**  
**Газа**  
**Тепла**  
**Воды**

**ООО "RIT"**  
г. Харьков тел. +38(057)755-22-35  
e-mail: rit35@mail.ru www.rit35.com.ua  
г. Москва тел. 789-88-40

# Новости мира News of the World Новости мира

## 64-Кбит FRAM с часами реального времени

Фирма Ramtron представляет микросхему FM3130. Она питается от источника 2,7...3,6 В и содержит FRAM на 64 Кбит, генератор тактовых импульсов и календарь реального времени. Доступ к памяти и управление генератором тактовых импульсов осуществляются по двухпроводной шине. Микросхема выпускается в 8-контактный корпусе TDFN (Thin Dual Flat No-Lead), совместимом с корпусом TSSOP8, или в стандартном корпусе SOIC. Температурный диапазон составляет  $-40...+85^{\circ}\text{C}$ . В настоящее время предлагаются образцы FM3130 в 8-контактном корпусе SOIC.

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

## Схема защиты полупроводников

Схема защиты полупроводников HDMIULC6-4SC6 фирмы STMicroelectronics обеспечивает защиту четырёх линий данных без какого-либо влияния на целостность сигналов в полосе более



5 ГГц. Новый элемент совместим с интерфейсами IEEE 1394a/b и USB2.0 и предназначен для Ethernet-соединений и видеолиний. Формат HDMIULC6-4SC6 совместим с элементами защиты от электростатических разрядов USBLC6-4SC6 и DVIULC6-4SC6 фирмы ST для USB 2.0 и DVI соответственно. HDMIULC6-4SC6 уже производится серийно в корпусах SO23-6L.

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

## Трёхосные акселерометры

Компания STMicroelectronics представляет два акселерометра класса Low-g для решений по защите жёстких дисков или для интерфейсов человек-машина в потребительских приложениях. Датчики типа LIS302 в пластмассовом корпусе размером  $3 \times 5 \times 0,9$  мм устойчивы по отношению к вибрациям и выдержи-

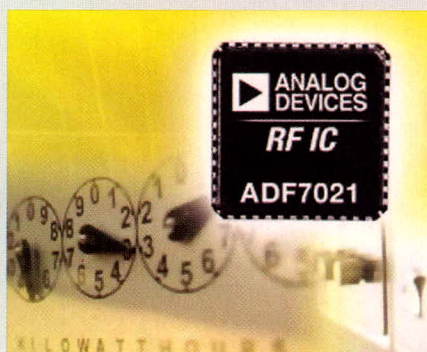


ют удары до 10.000 g. LIS302DL имеет цифровой интерфейс SPI/I2C и два независимых программируемых входа прерываний. Наличие двух отдельных сигналов позволяет контролировать падения и движения оконечного устройства с высокими значениями g. Альтернативно могут использоваться оба сигнала для контроля одного из двух параметров с двумя предельными значениями, чтобы, например, отличать свободное падение от опрокидывания. Второй элемент (LIS302ALB) является датчиком с аналоговым выходом, который выдаёт отдельные значения ускорений по трём осям X, Y и Z, а также выдаёт мультиплексированный сигнал. Датчики LIS302DL и LIS302ALB должны появиться на всех рынках до конца 2006 г. Оба элемента соответствуют директиве RoHS. Корпус имеет размеры  $3 \times 5 \times 0,9$  мм.

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

## Интегральная схема узкополосного трансивера

Компания Analog Devices представляет ADF7021, интегральную микросхему узкополосного трансивера. Микросхема ADF7021 разработана для работы в нескольких частотных диапазонах от 80 до 940 МГц и соответствует стандартам ETSI-300-220 для Европы, FCC Part 15, Part 90 и Part 95 для Северной Америки,



а также ARIB STD-T67 для Японии. Элемент имеет чувствительность приёмника  $-123$  дБм при 1 Кбит/с и содержит такие интегрированные функции, как T/R-Switch, VCO-Tank и HF/ZF-фильтр, полностью автоматическую регулировку частоты (AFC) и АЦП. С помощью ADIsmLINK разработчики могут передавать данные между многими блоками (Slave Nodes) и Master Node (еще один ADF702x) без необходимости разработки для этого специальной собственной протокольной программы. Микросхема ADF7021 с ноября 2006 г. сможет поставляться партиями из серийного производства. Элемент предлагается в 48-контактном корпусе CSP.

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

## Процессор видеосигналов 3 Мпикс./с с разрешением 16 разрядов

Фирма C&D Technologies выпустила на рынок процессор видеосигналов ADCDS-1603 для ПЗС-фотодетекторов, имеющий разрешение 16 разрядов и скорость обработки 3 Мпикс./с. ADCDS-1603 характеризуется отношением сигнал-шум 85 дБ при 3 МГц без задержки



преобразованных данных. Корпус TDIP с 40 выводами содержит конфигурируемый пользователем входной усилитель, коррелированный двойной дискретизатор и 16-разрядный Sampling-АЦП. К характеристикам решения относятся также управление фронтами, возможность выставления коэффициента усиления и смещения, прецизионное опорное напряжение  $+2,0$  В, а также программируемая функция аналоговой ширины полос. Типичное потребление мощности составляет около 500 мВт. ADCDS-1603 предназначен для коммерческого применения и рассчитан на работу в температурном диапазоне от 0 до  $+70^{\circ}\text{C}$ . Температурный диапазон микросхемы ADCDS-1603EX лежит в пределах от  $-55$  до  $+125^{\circ}\text{C}$ .

[www.cd4power.com](http://www.cd4power.com)

# Цифровой регулятор температуры с дистанционным управлением по GSM-каналу

Владимир Бартнев (Москва)

**В статье дано описание цифрового устройства, которое может использоваться как приставка к сотовому телефону и в качестве дистанционно управляемого регулятора температуры. Наличие последовательного интерфейса у данного устройства позволяет реализовать с его помощью более сложные энергосберегающие алгоритмы регулирования температуры.**

Дистанционное измерение и регулирование температуры с помощью пультов дистанционного управления находит всё большее применение в различных измерительных, отопительных и кондиционерных системах. Широко распространено дистанционное управление по инфракрасному каналу. В настоящее время широко используется дистанционное управление по радиоканалу, например, технологии Bluetooth или Zigbee. Однако управление по этим каналам осуществляется на небольших расстояниях: не более 12 и 100 м соответственно. Инфракрасный канал ограничен уровнем чувствительности приёмника и требует прямой видимости, а радиопередатчики, используемые в нерегистрируемых радиоканалах, должны иметь ограниченную излучаемую мощность (как правило, не более 10 мВт).

А как быть, если, находясь на работе, вы хотите узнать температуру в загородном доме или изменить там режим отопления в связи с резким похолоданием? Или другой вариант: находясь в центральном офисе необходимо контролировать температуру на удалённом объекте, например, на складе. Для этого можно воспользоваться устройством дистанционного управления, описание которого приведено в данной статье. Дистанционное управление осуществляется с помощью сотового телефона, к которому подключается через микроконтроллер (МК) цифровой датчик температуры [1]. Одновременно МК выполняет и функцию регулятора температуры, задавая её на любом рас-

стоянии от контролируемого объекта в виде специального SMS-сообщения. Важно лишь, чтобы этот объект находился в зоне действия какой-либо ближайшей к нему сотовой станции.

Поясним принцип дистанционного измерения и регулирования температуры с использованием средств сотовой связи. Оператор, находясь на большом удалении от объекта, где контролируется температура, передаёт запрос на объект в виде SMS-сообщения ( $T = ?$ ) и в ответ получает SMS-сообщение с измеренной температурой. Если необходимо изменить параметры регулирования, то оператор передаёт сообщение другого типа ( $T = XX$ , где  $XX$  есть значение температурной уставки) и в ответ получает подтверждение об изменении регулируемой температуры в виде соответствующего SMS-сообщения (OKXX). Кроме того, в регуляторе температуры имеются фиксированные температурные уставки, выход за пределы которых также приводит к передаче соответствующего SMS-сообщения ( $T = H$  (Temperature High) или  $T = L$  (Temperature Low)). Могут быть переданы важные и тревожные SMS-сообщения, например, при отключении на объекте сети переменного тока 220 В ( $U = 0$ ). В этом случае регулятор температуры переходит на питание от аккумулятора сотового телефона, к которому он подключен. При снижении напряжения аккумулятора ниже критического уровня передаётся SMS-сообщение  $U = L$ . О неисправности цифрового датчика температуры передаются два SMS-сообщения – ER0 и ER1 при коротком замыкании или обрыве/отсутствии датчика соответственно.

Цифровой регулятор температуры выполнен на базе микросхемы DS2436 [2]. Она отслеживает температуру встроенным узлом температурного датчика с 13-битным разрешением (погрешность преобразования в диапазоне  $-40...85^{\circ}\text{C}$  составляет  $\pm 2^{\circ}\text{C}$ ), формируя на выходе 13-битный код, и контролирует напряжение питания регулятора температуры (напряжение аккумуляторной батареи) с помощью встроенного 10-битного АЦП (погрешность преобразования не более  $\pm 10$  мВ). Эта доступная и недорогая микросхема работает с интерфейсом типа 1-Wire (MicroLan). Микросхема выполнена в транзисторном трёхвыводном корпусе TO-92 (DS2436), удобном для монтажа, или в 8-контактном корпусе SOIC для монтажа на поверхность (DS2436Z).

Регулятор температуры состоит из цифрового блока управления с МК, подключаемого по последовательному интерфейсу к сотовому телефону, из датчика температуры DS2436, устанавливаемого в телефонной коробке для настенного крепежа на удалении до 30 м от МК, и блока питания 5 В, который одновременно используется как зарядное устройство аккумулятора сотового телефона. На рис. 1 приведена электрическая схема регулятора. В выборе сотового телефона предпочтение отдано телефонам фирмы Sony Ericsson, т.к. эта фирма для интерфейса применяет длительное время один и тот же тип разъёма. Это позволяет использовать для регулятора как устаревшие (T28, R520), так и совсем новые модели (T290, T630, J300i). Кроме того, AT-команды, с помощью которых МК управляет приёмом и передачей SMS-сообщений через GSM-модем сотового телефона, доступны на сайте производителя [3].

В регуляторе был применён самый доступный и недорогой МК фирмы Microchip PIC16C622A (можно использовать любой МК этой фирмы). На транзисторе VT1 выполнена схема

контроля напряжения 5 В, при пропадании которого на входе RB7 МК формируется «лог. 0». Кварцевая стабилизация частоты МК на Z1 обеспечивает устойчивое согласование сигналов последовательного интерфейса с сотовым телефоном в широком диапазоне температур. На транзисторе VT2 обеспечивается согласование низких логических уровней сотового телефона с более высокими логическими уровнями МК на приём, а на передачу эта же задача решается делителем R9-R10.

Порт RA3 формирует сигналы однопроводного интерфейса MicroLan и именно к нему подключен средним выводом датчик температуры и напряжения микросхемы DS2436. Порт RA2 также выполняет функции последовательного однопроводного интерфейса для передачи данных в виде трёх байт: байт измеряемой температуры, байт температурной уставки и байт состояния регулятора температуры. Эта информация по прерыванию может передаваться в другой МК для её индикации, сохранения или регулирования по другим алгоритмам. Например, это могут быть энергосберегающие алгоритмы с другими температурными уставками с их привязкой ко времени суток и дням недели.

На выходе порта RA0 появляется «лог. 1» при неисправностях регулятора (ошибки датчика, разряд аккумулятора), а на выходе RA1 «лог. 1» появляется при неисправностях сотового телефона. Если телефон не отвечает на AT-команду, то «лог. 1» прореживается «лог. 0», если же телефон исправен, но в его память не занесён телефонный номер, на который будут передаваться SMS-сообщения, то «лог. 1» сохраняется до устранения указанной ошибки. На выходе RB3 формируется сигнал в виде «лог. 0» длительностью 2 мс, являющийся признаком передачи по последовательному интерфейсу новой температурной уставки, полученной по GSM-каналу. Порт RB6 является выходом регулятора, к которому можно подключить управляющий транзистор или оптронный семистор.

Внешний вид регулятора в модульном исполнении с установкой на DIN-рейку с сотовым телефоном T630 показан на рис. 2. А на рис. 3 показан энергосберегающий регулятор температуры, собранный на двух МК, с часами реального времени. Первый, ведущий МК, измеряет температуру и осуществляет работу с сотовым телефоном

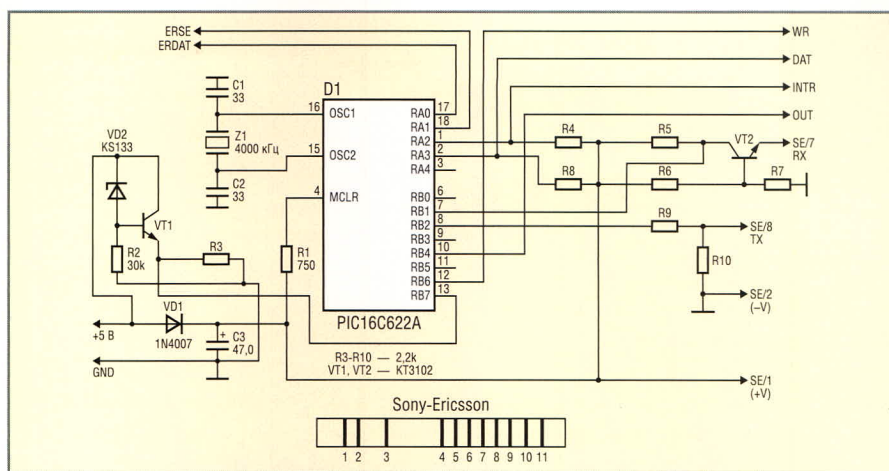


Рис. 1. Принципиальная электрическая схема регулятора температуры

**Выводы регулятора:** DAT – данные датчика DS2436, INTR – передача данных регулятора, OUT – выход регулятора, ERSE – ошибки сотового телефона, ERDAT – ошибки регулятора, WR – признак смены температурной уставки.  
**Выводы разъёма сотового телефона:** SE/2 – общий провод, SE/1 – плюс питания, SE/8 – передача данных интерфейсу, SE/7 – приём данных по интерфейсу.

по вышеописанному алгоритму. Второй, ведомый МК, принимает данные от первого МК, управляет LCD-индикатором, опрашивает клавиатуру и, учитывая данные от часов реального времени, получаемые по интерфейсу от микросхемы DS1302, регулирует температуру по четырём задаваемым программам: суточной, с одной температурной уставкой, суточной с двумя температурными уставками, недельной и комбинированной суточно-недельной. На базе этого регулятора может быть реализована более сложная распределённая отопительная система с дистанционным регулированием температуры от удалённого компьютера [4].

Рассмотрим алгоритм работы регулятора. Процесс регулирования температуры ведётся по температурной уставке T, которая может задаваться дистанционно в диапазоне значений от 5 до 37°C с дискретом 1 градус. Значения 5 и 37 градусов выбраны как крайние значения диапазона. Регулятор температуры сохраняет свою работоспособность и без сотового телефона, но в этом случае используется начальная фиксированная температурная уставка T = 21°C. При подключении блока питания к регулятору температуры происходит начальная инициализация МК и считывание исходной температурной уставки T = 21°C из ПЗУ МК. Далее, первой AT-командой производится проверка сотового телефона на отклик. Эта команда передаётся в сотовый телефон по последовательному интерфейсу в виде ASC-кодов в формате 8N1 со скоростью 9600 бит/с. На

рис. 4 показана временная диаграмма кода AT, передаваемого в телефон.

Для реализации последовательного интерфейса можно было бы воспользоваться аппаратной реализацией порта USART, входящего в состав некоторых МК. В данном случае предпочтение было отдано программной



Рис. 2. Регулятор температуры с сотовым телефоном T630 (модуль устанавливается на DIN-рейку)



Рис. 3. Энергосберегающий регулятор температуры на базе двух микроконтроллеров с часами реального времени

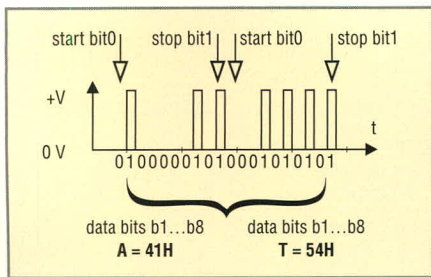


Рис. 4. Временная диаграмма кода команды AT, передаваемого в телефон

реализации последовательного интерфейса (позволяет расширить выбор МК). Отклик телефона на переданную команду должен быть «ОК». Если этого отклика нет, то формируется признак ошибки «Нет интерфейса» и регулятор работает автономно, обрабатывая температурную уставку 21°C. Если же отклик получен, производится проверка наличия в памяти телефона (в телефонной книжке) номера телефона, на который будут передаваться SMS-сообщения. Если это не удаётся сделать, то формируется признак ошибки «Нет номера». При этом регулятор продолжает работать автономно. При считывании номера

телефона параметры номера сохраняются в памяти МК и в дальнейшем используются для формирования SMS-сообщений. После этого МК переходит в режим ожидания SMS-сообщения. Одновременно контролируются исправность датчика, измеряемая температура, наличие сетевого напряжения и величина напряжения аккумулятора.

Если возникает какая-то критическая ситуация, то МК формирует соответствующее тревожное SMS-сообщение и передаёт его на сохранённый номер. Если ситуация не изменяется, такие SMS-сообщения передаются через каждые 15 мин. Полученное SMS-сообщение дешифруется и удаляется из памяти, если не соответствует формату типа T = ? или T = XX. Если же SMS-сообщение имеет вид T = ?, то в ответ на запрос передаётся SMS-сообщение +XX или -XX, где XX – измеренная температура в градусах. Если же принятое SMS-сообщение имеет вид T = XX, то значение XX как новая температурная уставка записывается в память МК и обрабатывается регулятором температуры. После этого МК в

ответ передаёт подтверждение об изменении температурной уставки OKXX.

Все SMS-сообщения формируются в формате PDU (Protocol Data Unit), который подробно описан в документах стандарта ETSI 03.38 (кодировка) и ETSI 03.40 (структура).

Высокая надёжность регулятора, низкая стоимость, возможность использования устаревших, но имеющих большой ресурс сотовых телефонов делает перспективным использование регулятора в низкобюджетных энергосберегающих проектах реформы ЖКХ.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Бартнев В.Г. Регулятор температуры с дистанционным управлением по GSM-каналу. Патент № 55162 от 07.03.06.
2. Бартнев В.Г. Цифровые датчики температуры и их применение. Датчики и системы. 2004. № 12.
3. www.sonyericsson.com.
4. Бартнев В.Г., Бартнев М.В. Энергосберегающая модульная АСУ ТП для распределенных объектов «СИНТАЛ ТЕЛЕТЕРМ». Датчики и системы. 2005. № 2.



## Новости мира News of the World Новости мира

### 8-разрядные микроконтроллеры с интегрированным Ethernet

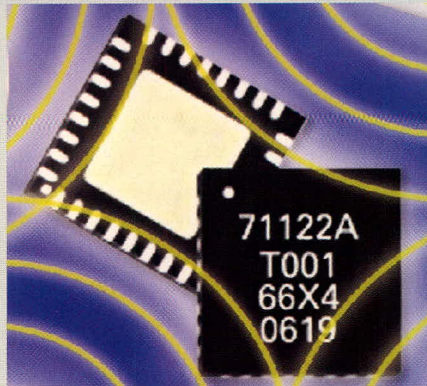
Компания Microchip представляет семейство 8-разрядных микроконтроллеров с интегрированной периферией Ethernet-связи, в соответствии с IEEE 802.3 (10BASE-T). Семейство PIC18F97J60 имеет на чипе Medium Access Controller (MAC) и Physical Layer Device (PHY). Компания, кроме того, предлагает свободный TCP/IP-Software-стек. Характеристиками семейства являются специальный Ethernet-буфер на 8 и 128 Кб Flash-памяти, а также 4 Кб SRAM. Для поддержки разработки имеется PIC18F97J60 PICDEM.net 2 Development Board. В дополнение к этому может быть скачана последняя версия свободного PIC18 TCP/IP Ethernet стека фирмы Microchip. 100-контактные PIC18F97J60/96J65/96J60, 80-контактные PIC18F87J60/86J65/86J60 и 64-контактные PIC18F67J90/66J65/66J60 предлагаются в соответствии с директивами RoHS в корпусах TQFP.

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

### Чип многоканального ресивера на 300...930 МГц

Фирма Melexis представляет чип многоканального ресивера на 300...930 МГц.

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



MLX71122 спроектирован для применения в безлицензионном ISM-диапазоне (Industrial-Scientific-Medical) и в SRD-диапазоне (Short Range Devices). С программируемым ФАПЧ-синтезатором без модификаций высокочастотных схем возможны также и значительно большие частотные перекрытия диапазонов различных регионов (например, американский диапазон 315 МГц, европейский диапазон 433 МГц).

Модель MLX71122 может работать при напряжении питания от 3 до 5,5 В и потребляет 11 мА. В режиме Standby потребляемый ток снижается до 50 нА. Чувствительность на входе приёмника составляет при AM-сигналах 112 дБм, при ЧМ-сигналах 107 дБм.

### Комбинация ZigBee-радиотрансивера и 16-разрядного микроконтроллера

Компания STMicroelectronics объявила о сетевом беспроводном решении в Single-Chip-исполнении на базе стандарта ZigBee. Элемент SN250 сочетает в себе работающий на частоте 2,4 ГГц, соответствующий IEEE 802.15.4 радиотрансивер и 16-разрядный микроконтроллер с EmberZNet Software-Stack. Помимо этого чип содержит аппаратно поддерживаемую функцию отладки для сетевого уровня.

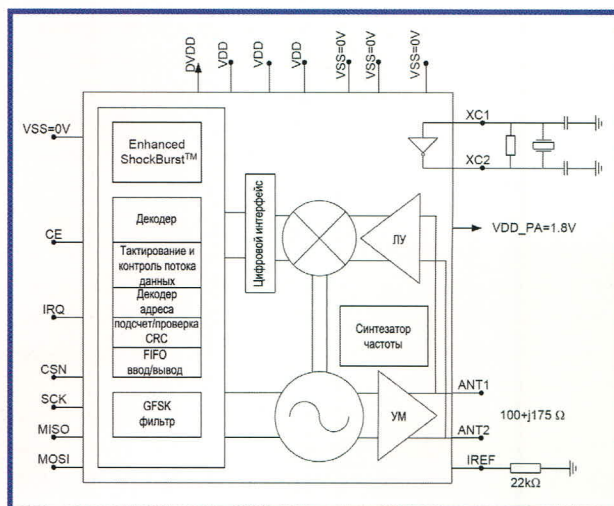
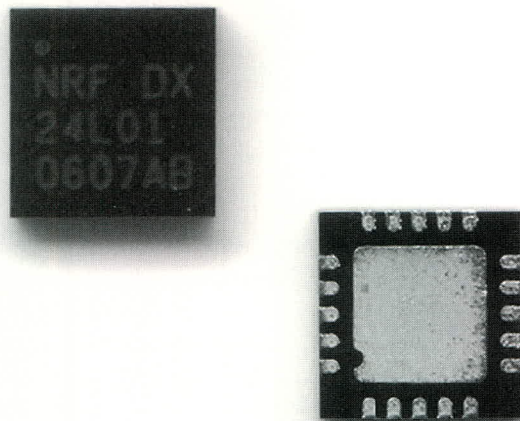
Интегрированный в чипе EmberZNet Software-Stack разработан Ember Corporation. Интерфейс антенны допускает подключение антенны с внешним усилителем мощности и без него. Ядро 16-разрядного RISC-процессора содержит 128 Кб Flash-памяти и 5 Кб SRAM и аппаратный кодирующий блок с генератором случайных чисел. Палитра периферийных функций включает два последовательных контроллера с DMA (I<sup>2</sup>C Master, SPI Master/Slave и UART), два 16-разрядных многоцелевых таймера, один 16-разрядный Sleep-таймер, один Watchdog-таймер и Power-on-Reset-схему.

[www-us.mastek.com.ua](http://www-us.mastek.com.ua)

# Твой шаг в мир без проводов:



**однокристалльный трансивер nRF24L01  
Nordic Semiconductor с пропускной способностью 2 Мбит/с  
и аппаратной поддержкой протокола Enhanced Shock Burst**



## Краткие характеристики nRF24AP1

Параметр	Значение
Минимальное питающее напряжение	1,9 В
Максимальная выходная мощность	0 дБм
Максимальная скорость передачи (радиоканал)	2 МБод
Рабочий температурный диапазон	-40...+85°C
Чувствительность при скорости 1 МБод	-85 дБм
Средний ток потребления при мощности -6 дБм	0,05 мА
Пиковое потребление при передаче на -0 дБм	11,3 мА
Пиковое потребление при приеме	22 мА / 600 мкс
Максимальное число одновременных подключений*	6
Количество частотных каналов	125

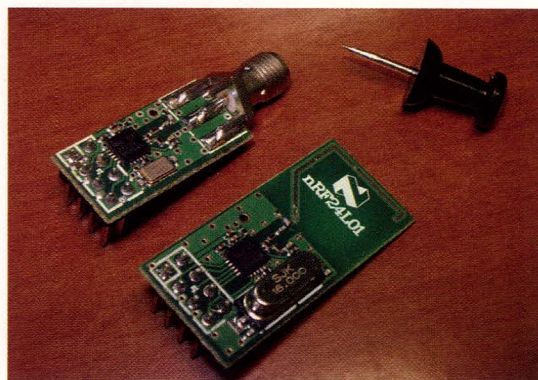
\*Режим работы в качестве принимающей стороны

## Основные достоинства

- Высокая скорость передачи данных
- Простое подключение к внешнему микроконтроллеру по последовательной шине
- Минимум внешних компонентов
- Минимальный ток потребления
- Компактность
- Низкая стоимость
- Встроенный аппаратный протокол передачи данных с автоматическим подтверждением приёма пакета



Доступен набор для разработки



Доступны модули с трансиверами

# Микропроцессорный беспроводной измеритель расхода электроэнергии

Пётр Иванов (Москва)

В статье описывается несложное устройство для «Умного дома», которое значительно облегчает съём показаний счётчика расхода электроэнергии. Использование радиоканала позволяет разместить измерительное устройство в любом удобном месте. Применение батарейного питания и бесконтактный метод подключения измерительного устройства гарантируют полную электробезопасность при эксплуатации устройства.

## ВВЕДЕНИЕ

Вопросы экономного потребления электроэнергии актуальны сегодня как никогда. С ростом экономики в крупных городах ощущается нехватка энергии в периоды пикового потребления – в сильную жару и при крайне низкой температуре. Экономия электроэнергии – это бережное расходование природных ресурсов, сохранение окружающей среды и, учитывая парниковый эффект, сохранение нашей планеты. Для многих это уже не просто «громкие слова». Для прожжённых прагматиков это, в конце концов, экономия денег в собственном кармане. Простая истина: когда мы платим за что-то «по счётчику», мы относимся к этому гораздо бережливее. Практика показывает, что при установке счётчиков расхода воды или газа затраты семьи на оплату этих услуг снижаются. Кроме удобств конечного пользователя, автоматизированный съём показаний приборов учёта очень важен и для эксплуатирующих организаций.

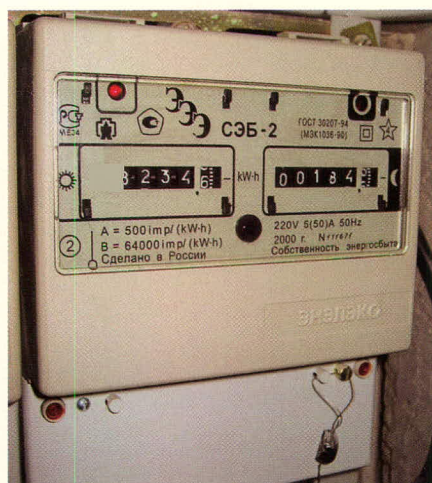


Рис. 1. Электросчётчик с импульсным выходом

Этой теме посвящено множество публикаций, некоторые отечественные заводы уже выпускают или готовятся к выпуску электросчётчиков с дистанционным съёмом показаний.

В Европе инвестиции в приборы учёта с автоматизированными средствами измерений (AMR, Automatic Meter Reading) к 2010 г. составят 3,5 миллиарда долларов! В повышенном интересе к теме AMR не последнюю роль играют и небывало высокие цены на энергоносители. В Швеции, где потребление электроэнергии на одну семью примерно в 3 раза превышает средневропейский показатель, планируется принятие закона, по которому к 2009 г. интеллектуальные измерители должны быть у каждого потребителя. Около 35% от 3,4 млн. «умных» приборов учёта будут подключены к сети GPRS для дистанционного съёма показаний.

Большие надежды в области автоматизированного сбора данных возлагаются на технологию ZigBee. Однако для наших квартир всё это, возможно, и не очень далекое, но всё же будущее. В большинстве старых домов стоят обычные счётчики с механическими индикаторами, в новостройках широко распространены счётчики воды и электричества с импульсными выходами, которые, к сожалению, никуда не подключены. При этом счётчики располагают в не очень удобных местах. Меня, например, раздражает необходимость залезать с головой в сантехнический шкаф, чтобы списать в квитанцию цифры со счётчиков воды. Чтобы рассмотреть показания электросчётчика через мутное окошко электрошкафа, на лестничную площадку приходится выходить с фонариком. При наличии в доме двух компьютеров, вы-

деленной линии Интернет, Wi-Fi-сети и спутниковой тарелки такой съём показаний является явным анахронизмом.

Выходом из ситуаций, описанных выше, явилось создание микропроцессорного измерителя для счётчика электроэнергии, передающего данные по радиоканалу и отображающего результаты измерений на автономном устройстве с ЖКИ. Дистанционный измеритель снимает показания с импульсного выхода электросчётчика СЭБ-2 (рис. 1), вычисляет текущую потребляемую электроэнергию, суммарное потребление электроэнергии за месяц и необходимую для оплаты сумму. В данной статье описывается упрощённая, но полностью работоспособная версия такого прибора.

## МЕТОДИКА ИЗМЕРЕНИЯ ПОТРЕБЛЯЕМОЙ МОЩНОСТИ

Электросчётчик СЭБ-2 в принципе является микропроцессорным прибором и накапливает в своей памяти множество данных. Однако пользователю доступны лишь показания механического счётчика. Во-первых, протокол выдачи информации производителем не раскрывается. Во-вторых, электросчётчик является опломбированным прибором и доступ к клеммам встроенного интерфейса RS-485 и контактам импульсного выхода закрыт. Для преодоления этих препятствий съём первичной информации осуществляется оптическим методом. Говоря проще, измеритель считывает вспышки встроенного красного светодиода, расположенного на лицевой поверхности счётчика. Число вспышек с некоторым коэффициентом соответствует суммарной потреблённой мощности, частота вспышек обратно пропорциональна текущей потребляемой мощности. Как видно из надписи на передней панели счётчика, 1 кВтч соответствует 500 световым импульсам. Исходя из этого соотношения, можно рассчитать текущую потребляемую мощность как функцию времени между двумя импульсами по формуле:  $P = A/NT$ , где  $A$  – время, соответствующее потребляемой мощности 1 кВтч,

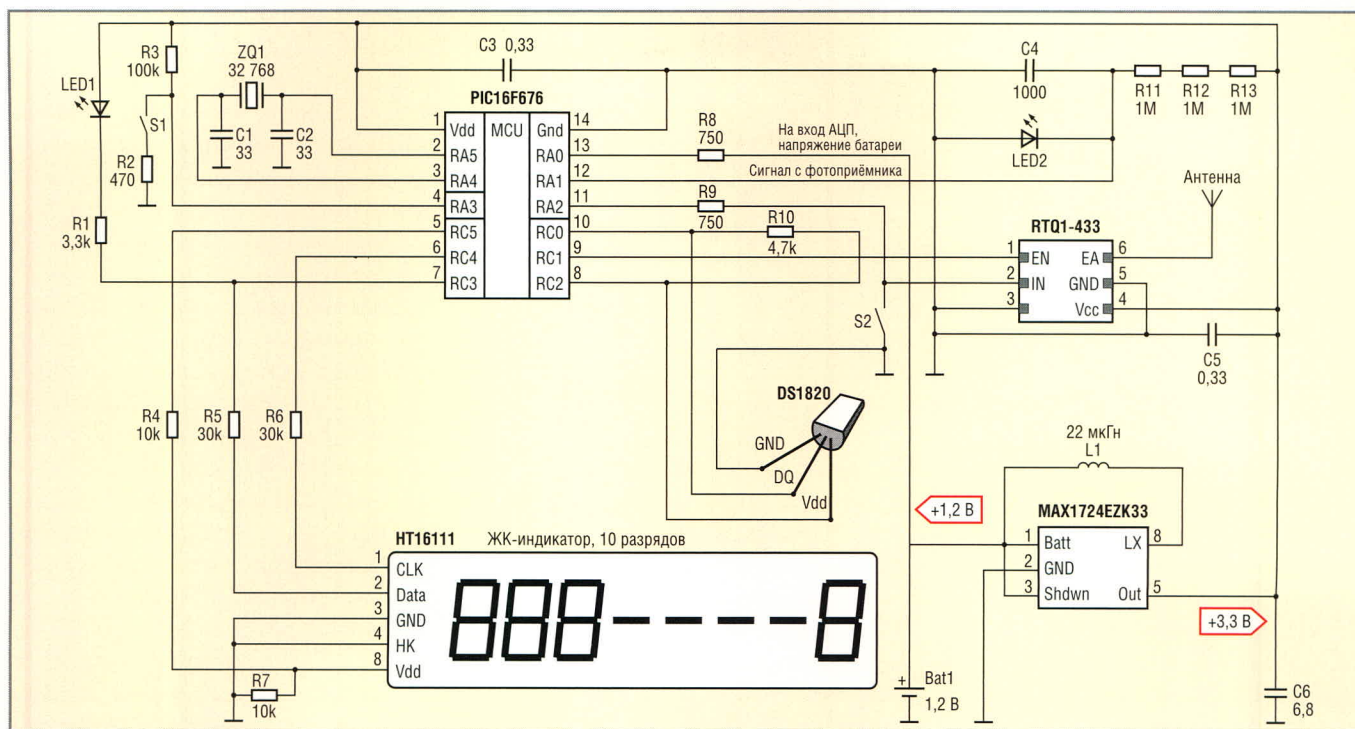


Рис. 2. Принципиальная электрическая схема передающей части измерительного устройства

$N$  – число вспышек (импульсов) светодиода, соответствующее  $1 \text{ кВтч}$ , а  $T$  – период следования световых импульсов.

В качестве знаменателя используется 24-битная константа (6DDD00 Hex), а измеренный период следования импульсов сохраняется в 16-битной переменной. Минимальное измеряемое значение мощности ограничивается разрядностью знаменателя и при максимальной величине  $65\,535$  будет примерно равно  $110 \text{ Вт}$ . Для снижения минимально измеряемой мощности до  $11 \text{ Вт}$  можно измерять период в миллисекундах. В этом случае необходимо двухбайтовую переменную увеличивать на 1 каждые 10 мс в течение времени между началами двух последовательных вспышек светодиода.

### ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ СХЕМА ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО УСТРОЙСТВА

Принципиальная электрическая схема передающей части измерительного устройства приведена на рис. 2. В качестве вычислительного устройства использован 8-разрядный микроконтроллер PIC16F676 (программа TX\_PIC16F676.HEX) компании Microchip. Микроконтроллер работает от внутреннего RC-генератора с частотой  $4 \text{ МГц}$ . В качестве времязадающего элемента используется кварцевый резонатор ZQ1. Это часовой кварц ( $32768 \text{ Гц}$ ), подключенный к осцилятору 16-битного таймера TMR1 (регистры TMR1H, TMR1L). Применение независимого ос-

циллятора для таймера позволяет производить измерение периода в спящем режиме. Таймер работает в паре с делителем, имеющем коэффициент деления 0,5. Переполнения таймера накапливаются в 8-битной переменной TMR1U. В этом случае мы не привязываемся к измерению периода в величинах, кратных 10, поэтому формула для расчёта мощности упрощается до вида:  $P = B/N$ , где  $P$  – текущая потребляемая мощность в Вт,  $B = 460\,800$  (070800 Hex),  $N$  – значение в 16-битной переменной TMR1U, TMR1H.

Минимальная измеряемая мощность, обусловленная максимально возможным значением переменной  $N$ , составляет около  $7 \text{ Вт}$ . Для вычислений используется подпрограмма деления 24/16 бит. В качестве оптического датчика для съёма показаний используется фотоприёмник из обычной компьютерной мышки (рис. 3). Данный фотоприёмник необходимо закрепить напротив светодиода электросчётчика, например, обычным прозрачным скотчем (рис. 4).

Резисторы R2 – R4 задают необходимый ток смещения. Их суммарное значение подбирается следующим образом. При включенном светодиоде электросчётчика на входе RA1 должно быть напряжение не более  $0,5...0,7 \text{ В}$ , а при выключенном светодиоде напряжение должно превышать  $2,2 \text{ В}$ . Вычисленное значение потребляемой мощности передается по радиоканалу

с помощью передатчика RTQ1-433 (фирмы Telecontrolli, но можно применить передающий модуль и любого другого производителя). Передатчик работает на частоте  $433,92 \text{ МГц}$  с ампл-

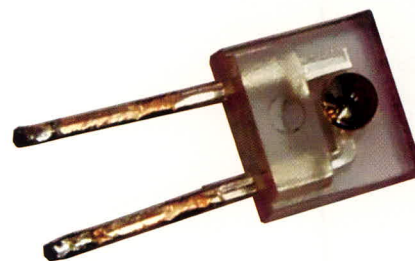


Рис. 3. Внешний вид фотодатчика

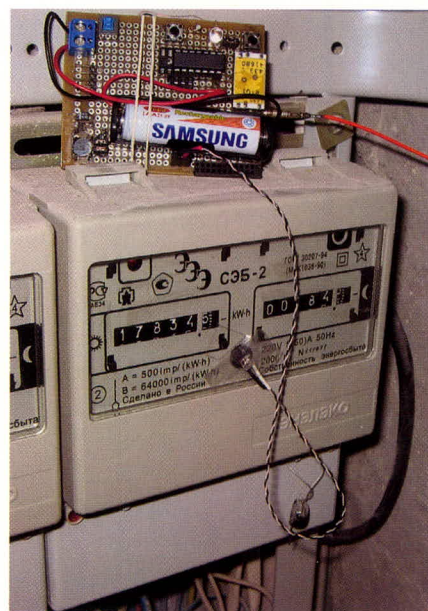


Рис. 4. Внешний вид измерительного устройства, подключённого к счётчику

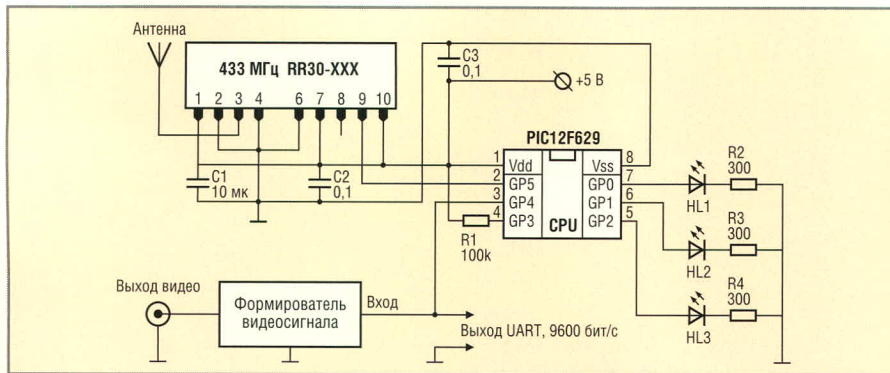


Рис. 5. Принципиальная электрическая схема приемной части измерительного устройства

литудной манипуляцией (ООК) и с выходной мощностью не более 10 мВт. Микроконтроллер передаёт пакет данных при каждой вспышке светодиода электросчётчика. Пакет состоит из нескольких байт данных (до 10), двух стартовых байт и байта контрольной суммы (CRC8). Перед посылкой каждого пакета формируется преамбула в виде потока 1, необходимая для лучшей работы приёмника. Кодировка «0» и «1» осуществляется следующим образом: сначала формируется стартовый импульс («1») длительностью  $T$ , далее следует передаваемый уровень («1» или «0») длительностью  $T$ , завершает посылку нулевой импульс с той же длительностью  $T$ . Таким образом, время передачи бита всегда равно  $3T$ .

Передаваемые данные подаются на вход модуляции передатчика In (вывод 2 модуля RTQ1-433). Подача «1» на этот вход включает несущую частоту, подача уровня «1» выключает передатчик. Для снижения потребляемой мощности в паузах между передачей пакета данных передатчик также управляется по линии Ep (вывод 1 модуля RTQ1-433). Общая длительность пакета не превышает нескольких сотен миллисекунд. Пакет состоит из набора следующих данных:

- номер отсылаемого пакета – 3 байта,
- напряжение батареи – 1 байт,
- текущая потребляемая мощность – 2 байта,



Рис. 6. Приёмная часть измерительного устройства с отображением информации на ЖКИ

- температура – 1 байт.

Номер каждого отсылаемого пакета увеличивается на единицу. Если взять количество отосланных пакетов за месяц и поделить на 500, то мы получим потреблённую мощность за этот период в кВтч.

Измерительное устройство может питаться от батареи напряжением 1,5 В (батарейное питание применяется из соображений безопасности). Для получения рабочего напряжения 3,3 В используется микросхема повышающего (Step-Up) DC/DC-преобразователя MAX1724, имеющего низкий ток потребления и высокий КПД. Микроконтроллер большую часть времени находится в спящем режиме с включенным таймером TMR1. Ток потребления от батареи в этом случае не превышает 100 мкА. Время работы устройства будет зависеть от измеряемой потребляемой мощности, т.к. при большой потребляемой мощности светодиод электросчётчика и, соответственно, передатчик включаются чаще (грубый расчёт показывает, что при использовании батареи типоразмера D можно ожидать автономной работы устройства не менее 1 года).

В качестве конденсатора C4 необходимо применять танталовый конденсатор. Светодиод LED2 используется как дублёр светодиода электросчётчика и полезен лишь при настройке тока смещения фотодатчика. Индикатор HT1611 отображает передаваемые по радиоканалу данные: номер отсылаемого пакета и текущую потребляемую мощность. Он используется только на этапе настройки измерителя и в рабочий вариант устройства не устанавливается. Температурный датчик DS1820 контролирует температуру в шкафу, где расположен счётчик. Измерение напряжения батареи происходит с помощью встроенного в микроконтроллер АЦП. Напряжение батареи измеря-

ется до передачи каждого пакета. При этом следует иметь в виду, что ток потребления самого АЦП, постоянно подключённого к батарее питания, составляет 50 мкА (из 100 мкА) даже в спящем режиме. С помощью кнопки S1 можно выполнить сброс устройства.

Принципиальная электрическая схема приёмной части измерительного устройства приведена на рис. 5. В качестве приёмного модуля использован сверхрегенеративный приёмник RR30-433 (фирмы Telecontrolli). Для декодирования входных пакетов использован микроконтроллер PIC12F629 (программа RX\_PIC16F629.HEX). Светодиоды HL1 – HL3 отображают процесс декодирования пакета. Светодиоды HL1 и HL2 загораются последовательно при правильном приёме синхрослова. Светодиод HL3 индицирует совпадение контрольной суммы по факту приёма всего пакета. По характеру мигания и яркости светодиодов легко оценить радиус действия измерительного устройства и наличие помех. При постепенном увеличении дистанции от передатчика первым перестанет загораться светодиод HL3. Если при выключенном передатчике периодически вспыхивает светодиод HL1, то это говорит о наличии помех на данной частоте. Следует заметить, что в крупных городах частота 433,92 МГц довольно зашумлена и пропуски пакетов могут наблюдаться даже на дистанции устойчивой связи.

Принятая информация о текущей потребляемой мощности, температуре и текущем номере пакета выводится на дисплей по линии GP4 микроконтроллера в текстовом виде по последовательному протоколу со скоростью 9600 бит/с в кодировке КОИ-8. В качестве дисплея может быть использовано любое устройство отображения информации. В нашем измерительном устройстве данные выводятся на ЖКИ (рис. 6). На этапе отладки устройства оказалось удобным применение телевизионного монитора. В последнем случае в качестве устройства преобразования последовательных данных в стандартный видеосигнал использовано устройство «Видеотекст», схему и описание которого можно найти по адресу: [www.telesys.ru/projects/proj069/index.shtml](http://www.telesys.ru/projects/proj069/index.shtml).

На сайте журнала выложены прошивки для микроконтроллеров приёмника (RX\_PIC16F629.HEX) и передатчика (TX\_PIC16F676.HEX) с упрощённой рабочей версией программы.



### Интерфейсный элемент для емкостных тактильных датчиков

Компания Cypress представляет семейство PSoC-элементов (Programmable System-on-Chip), разработанных специально для использования в качестве интерфейса для емкостных тактильных датчиков. Имеются три варианта новых CapSense-разработанных элементов: CY8C20234 (в корпусе QFN-16), CY8C20334 (QFN-24) и CY8C20434 (QFN-32). Принцип действия CapSense, емко-



стной тактильной технологии Cypress, базируется на том, что палец пользователя на элементе управления изменяет ёмкость встроенного датчика. PSoC-элемент с помощью сенсоров может определять положение пальца и формировать по результатам различные функции управления системой. При этом сенсором является просто медная поверхность на печатной плате, а не какой-либо элемент. Все схемы управления сенсором находятся в PSoC-элементе. PSoC-элементы являются конфигурируемыми массивами смешанных сигналов, которые наряду с 8-разрядным микроконтроллером содержат многочисленные функции периферии типичных Embedded-решений. С помощью PSoC-комплекта разработчик может выбрать конфигурируемые, жёстко описанные элементы библиотек.

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

### Синхронный повышающий преобразователь

Фирма Austriamicrosystems представляет AS1322, синхронный повышающий преобразователь, размещённый в корпусе TSOT23 с шестью выводами. Чип работает от входного напряжения 0,85 В, а выходное напряжение может выставляться



внешними резисторами в диапазоне от 2,5 до 5 В. С элементом типа AA схема выдаёт при выходном напряжении 3,3 В ток 150 мА. Модуль AS1322 имеется в двух версиях: экономичный по току вариант (AS1322A) и вариант с фиксированной частотой (AS1322B). При пониженной нагрузке AS1322A автоматически переходит в энергосберегающий режим. При этом, когда выходное напряжение находится в пределах допуска, элемент переключается в режим покоя. За счёт этого потребляемый ток AS1322A снижается до 30 мкА. К тому же в прерывистом режиме схема Anti-Ringing-контроля снижает путём демпфирования катушки электромагнитную интерференцию (EMI). В отличие от этого AS1322B остаётся при низких нагрузках в режиме фиксированной частоты.

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

### FPGA с интегрированной функцией PCI-Express

Фирма Xilinx начала поставки Virtex-5 LXT FPGAs. Вторая из четырёх платформ семейства Virtex-5, разработанных для определённых областей применения, включает в себя FPGAs, жёстко смонтированный конечный пункт PCI Express и функциональные Tri-Mode-Ethernet-MAC-блоки. Virtex-5-LXT-платформа содержит 65-нм трансивер с потребляемой мощностью менее 100 мВт в каждом канале при 3,2 Гбит/с. По данным Xilinx, мультистан-



дартные интерфейсы PCI Express и Gigabit-Ethernet отвечают ведущим на рынке стандартам интерфейсов, управляемых FPGAs, от которых ожидается, что в 2009 г. они будут составлять свыше 80% поставок.

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

### 32-разрядный микроконтроллер с интегрированными USB-Host и Flash-памятью 512 Кб

Фирма Toshiba Electronics Europe (TEE) представляет 32-разрядный микроконтроллер, который должен упростить подключение USB- и SD-Card (например, для аудиоустройств), которым требуется интерфейс USB. TMP92FD28FG содержит контроллер USB-2.0, 512 Кб Flash-памяти, 32 Кб RAM, а также возможности последовательных соединений. Чип работает на тактовой частоте до 20 МГц и базируется на 32-битном CPU-ядре TLCS-900/H1 компании Toshiba. Интегрированный контроллер USB-2.0 обладает возможностью Full-Speed-работы со скоростью 12 Мбит/с. Другими возможностями подключения является контроллер UART/SPI, обеспечивающий SPI-коммуникацию с SD- и MMC-Memory-Cards; последовательный интерфейс, обеспечивающий скорости до 10 Мбит/с; I<sup>2</sup>C-интерфейсы и интерфейс IrDA (версия 1.0).



Наряду с этим TMP92FD28FG имеет Memory- и Interrupt-контроллер, а также real time and RTC-, Watchdog-, 8-разрядный (6-канальный)- и 16-разрядный (2-канальный) таймер. Микроконтроллер может поставляться в двух 100-контактных корпусах QFP размерами 14 × 14 мм или 14 × 20 мм. Диапазон рабочего напряжения от 3,0 до 3,6 В для внешних I/O и от 1,4 до 1,6 В для внутренних.

[www.toshiba-components.com](http://www.toshiba-components.com)

# DiSEqC-коммутатор на четырнадцать выходов с функцией мониторинга принимаемых команд

Александр Данилин (Брянская обл.)

В статье описан стандарт управления спутниковым коммутатором, позволяющим подключить к спутниковому ресиверу более одного конвертора, а также устройство-зонд, предназначенное для мониторинга команд, передаваемых от ресивера к подчинённым устройствам.

## НАЗНАЧЕНИЕ ПРИБОРА

Информация – основа современного бытия. Значительную часть информации мы получаем с помощью телевидения. В больших городах имеется кабельное телевидение с множеством каналов, а вот в малых городах и сёлах чаще всего принима-

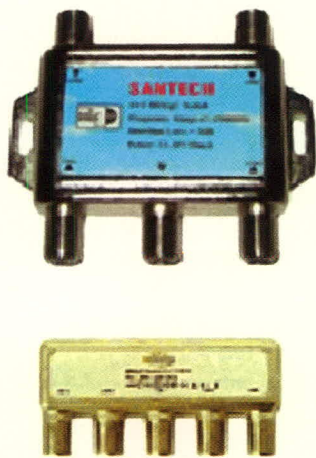


Рис. 1. Внешний вид современного DiSEqC-коммутатора

ется не более 1 – 3 каналов. Прогресс не стоит на месте, и всё чаще на домах даже в самых дальних посёлках можно встретить спутниковую «тарелку». Высокое качество изображения и звука, весьма неплохой выбор каналов на разные вкусы привлекает многих. Но каналы «разбросаны» по разным спутникам, и принять их все на одну антенну нет возможности. Поэтому часто приходится устанавливать несколько антенн. Если же спутники расположены на небольшом угловом расстоянии друг от друга, то приём можно вести на одну антенну с несколькими приёмными конверторами (1 градус углового расстояния соответствует примерно 700 км для геостационарной орбиты радиусом 36 500 км). Но спутниковый ресивер может работать только с одним конвертором, одновременная работа нескольких конверторов невозможна. Для поочередного подключения различных конверторов к одному ресиверу используется специальное устройство – DiSEqC-коммутатор, внешний вид которого показан на рис. 1.

## Немного истории

Инженерная задача коммутации конверторов в разное время решалась по-разному. Некоторые компании использовали реле, на которое команды управления подавались по отдельному кабелю. Решение было простое, но не давало возможность подключать к ресиверу больше двух конверторов. Другие разработчики применяли частотные методы, посылая сигналы управления коммутатором по кабелю, через который подавалось и питание.

При этом использовались различные частоты – от 50 Гц до десятков кГц, что приводило к несовместимости оборудования различных производителей. Например, ресивер фирмы Nokia мог управлять коммутаторами только этой компании.

Одним из самых распространённых решений в области управления коммутационными устройствами стал метод частотных пачек Tone Burst. По штатному кабелю в течение определённого времени ресивером передаются пачки импульсов с частотой 22 кГц. Если нужно подключить другой конвертор, то передаётся непрерывный сигнал с той же частотой (рис. 2). При таком простом и надёжном аналоговом решении отпала необходимость в дополнительном кабеле, но всё равно, к ресиверу можно было подключить только два конвертора. Позднее эта проблема была красиво решена компанией Eutelsat, которая разработала полнофункциональный стандарт управления различным оборудованием для спутникового приёма, который назвали DiSEqC (Digital Satellite Equipment Control). За основу был взят частотный метод управления со следующими параметрами: частота сигнала – 22 кГц, амплитуда сигнала – 0,6 В (рис. 3). Стандарт DiSEqC постоянно совершенствуется. На данный момент существует несколько версий стандарта: 1.0, 1.1 и 1.2. Более полно они описаны в [1 – 8]. Версия 1.0 предусматривает четыре подключаемых конвертора, а версия 1.1 – шестнадцать.

Многие ресиверы до сих пор поддерживают режим Tone Burst, и некоторые умельцы умудряются подключать к ресиверу пять конверторов, четыре из которых работают в стандарте DiSEqC 1.0, а один – в Tone Burst. При этом самое трудное – найти DiSEqC-коммутатор, поддерживающий режим Tone Burst.

Для того чтобы избавиться от нескольких антенн, многие пользовате-

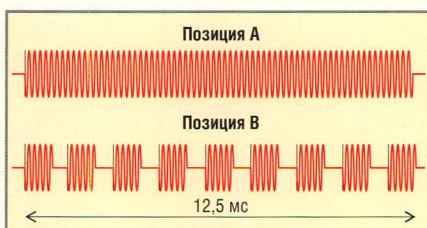


Рис. 2. Тонально-импульсное управление Tone Burst

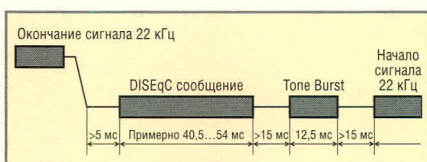


Рис. 3. Управляющая последовательность передачи DiSEqC-сообщения

ли устанавливаются всевозможные мотоподвесы, так называемые «моторы», которые направляют антенну на разные спутники. Но, опять-таки, долгое время каждый изготовитель использовал разные, часто несовместимые между собой методы управления двигателями мотоподвесов. В стандарте DiSEqC 1.2 предусмотрены команды для управления моторами: «Двигайся влево», «Двигайся вправо», «Влево на шаг», «Вправо на шаг», «Запомни позицию как номер X», «Перейди на позицию номер X» и другие специфические команды.

Недавно разработчики заявили о появлении новой версии стандарта – DiSEqC 2.x, отличающейся от версий DiSEqC 1.x наличием обратной связи ведомого устройства и ресивера. Однако автор пока не встречал подобных приборов. Многие фирмы-продавцы громко заявляют о поддержке их оборудованием новой версии стандарта, печатая на корпусе своих изделий логотип «2.0» или «2.1», но это не соответствует действительности. Внутри подобных изделий нет ничего, что напоминало бы о реализации функции обратной связи.

Разные ресиверы выдают команды DiSEqC по-разному. В некоторых ресиверах команды на включение соответствующего входа повторяются до появления сигнала, который ресивер может правильно расшифровать. Если сигнал пропал, то ресивер передаёт команду повторно. Так работают ресиверы Golden Interstar (проверялось на моделях 7700, 8001, 8005, 8500), команды которых повторяются примерно один раз в секунду. В ресиверах BigSat-6500, DRE-4000 и большинстве «арионоподобных» ресиверах скорость повтора команд выше и составляет примерно 3 – 5 раз в секунду. В ресиверах OpenBox (модели F-300, F-600/610/620 и F-820) команда на включение необходимого входа подаётся один раз при переключении на новый канал и больше не повторяется.

Команды для «мотора» DiSEqC 1.2 большинство ресиверов передают только один раз, чаще всего при переходе на новый спутник. То есть если программы ретранслируются одним спутником, то команда для мотоподвеса «Перейти в позицию xx» не повторяется. Но есть и исключения.

Если во время работы одновременно выбраны режимы «1.0» и «1.1», то у

некоторых ресиверов первой может передаваться команда версии 1.0, затем команда версии 1.1, а у других ресиверов – наоборот.

Если выбран режим «1.0» и «1.2» и если нужно на одной антенне разместить несколько типов конвертеров по схеме «мотоподвес + DiSEqC-коммутатор», то первой передаётся команда 1.0, а затем команда мотоподвесу 1.2. В этом случае единственно правильной схемой подключения является следующая. Кабель от ресивера подключается к мотоподвесу, а уже от него соединение идёт на DiSEqC-коммутатор и к конвертерам. Попытка подключить мотоподвес на выход DiSEqC-коммутатора заканчивается выходом последнего из строя, так как его максимальный выходной ток не превышает 300...400 мА, а двигатель мотоподвеса в момент пуска потребляет до 1 А.

### СТРУКТУРА СТАНДАРТА DiSEqC

Рассмотрим стандарт DiSEqC более подробно. Ресивер выдаёт конвертору сигналы управления DiSEqC. Это пакеты частотой 22 кГц и амплитудой 0,6 В. При этом приёмное устройство должно надёжно распознавать сигнал амплитудой 0,3...0,8 В. Биты информации кодируются пакетами разной длительности. Логической единице соответствует пакет в 0,5 мс, а логическому нулю – пакет в 1 мс, т.е. 11 и 22 тактов частоты 22 кГц соответственно. Пауза между битами составляет 0,5 мс, а один байт занимает 1,5 мс. Между байтами паузы нет. Каждый девятый бит – бит чётности, но многие ресиверы и DiSEqC-приёмники его игнорируют (рис. 4).

В командах количество байт может быть разным, но не менее 3 и не более 6. С развитием стандарта эти цифры могут измениться.

Первый, стартовый байт равен 224 (11100000) или 225 (11100001). Единица в младшем бите – признак повторной передачи команды ресивером. По крайней мере, ресиверы GS-70XX, DRE-4000 и некоторые «арионоподобные» этот бит устанавливают.

Второй байт – адрес устройства, с которым мы собираемся работать.

Например, 56 – адрес для переключения выходов LNBx (DiSEqC 1.0), 57 – для переключения выходов LNBxx (DiSEqC 1.1), 49 – для полярной подвески, 50 – для двухкоординатной азимутально-угломестной подвески.

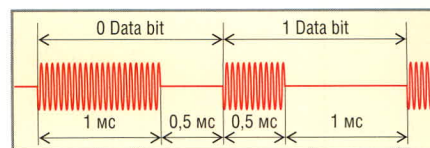


Рис. 4. Передача бита сообщения стандарта DiSEqC

Третий байт – команда для ранее выбранного устройства. Четвёртый и последующие байты – данные для команд.

### Команды для мотоподвеса

Команда «96» – немедленная остановка перемещения антенны.

Команда «99» – перемещение антенны по полной траектории движения запад-восток с ограничением концевыми выключателями.

Команды «102», «103» – установка текущей позиции антенны, как восточный или западный лимит. Рекомендуется перед этой командой выполнить команду «99» и переместить антенну в допустимое крайнее восточное или западное положение. Если необходимо изменить только один лимит, то до выполнения команды «102» или «103» следует выполнить инструкцию «106» – включить установленные ранее лимиты.

Команды «104», «105». Параметром команды служит следующий за ней байт данных, содержащий значение величины перемещения или длительность процесса поворота антенны. Значение этого байта «00» предписывает непрерывное перемещение антенны в заданном направлении. Значения от «01» до «127» задают временной интервал (в секундах), в течение которого предписано движение антенны. Значения от «128» до «255» определяют число «шагов», на которое следует переместить антенну. Шаг, составляющий 5...10% от ширины диаграммы направленности антенны, – это интервал между поступлением импульсов датчика актюатора.

Команда «106». Следующий за байтом команды параметр – номер спутниковой позиции, которому следует приписать текущее положение антенны. Максимальное значение этого параметра не регламентируется, минимальное – 8. Значение параметра «00» определяется как «текущая» позиция, которая используется при настройке и не может быть сохранена как спутниковая позиция.

Команда «107». Последовательность «107 xx» вызывает перемеще-

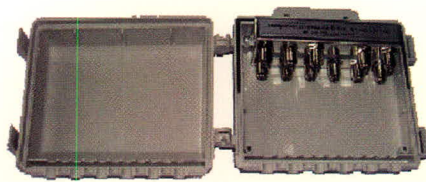


Рис. 5. Коммутатор DiSEqC-SW101D на 10 входов

ние антенны на одну из сохранённых командой «106 xx» спутниковых позиций «xx». Команда с параметром «00» используется в процессе настройки антенны как «Переход на текущую позицию».

### КОММУТАТОР С ФУНКЦИЕЙ МОНИТОРИНГА КОМАНД

Иногда клиент хочет установить несколько спутниковых антенн, при этом часто возникает необходимость подключить к ресиверу больше четырёх конверторов. Но прокладывать лишней кабель, чтобы подключить известный установщикам переключатель «0/12В» для дополнительного коммутатора 1\*4, не всегда приемлемо, а приобретение клиентом коммутатора DiSEqC-SW101D, рассчитанного на 10 входов, не всегда возможно из-за высокой стоимости последнего (рис. 5).

Автором было разработано устройство на микроконтроллере AVR ATtiny2313, позволяющее отслеживать все команды, которые ресивер передаёт на подчиненные устройства: мотоподвесы, коммутаторы и др. Схема устройства приведена на рис. 6.

Все данные выдаются микроконтроллером на COM-порт компьютера (Baud=9600, n, 8, 1) и доступны для просмотра в любой терминальной программе. Микроконтроллер расшифровывает полученные от ресивера команды и выдаёт их в понятном для компьютера виде, например, «1.0 LNB1» или «1.2 Motor GOTO4». Если микроконтроллер не смог по какой-либо причине расшифровать приня-

тые данные, то в компьютер выдаются принятые байты.

Перед использованием устройство необходимо настроить. На сайте журнала можно свободно скачать программу с поддержкой версии DiSEqC 1.1, при этом никакой настройки производить не нужно.

Если перед программированием подключить устройство к COM-порту компьютера и запустить терминальную программу, то процесс настройки намного упростится, т.к., все выполняемые устройством команды отобразятся на экране компьютера.

Для программирования устройства необходимо:

- выключить режим «LNB» (положение «None»);
- включить режим программирования, для чего в ресивере следует войти в режим управления мотоподвесом, нажав три раза кнопку «Сохранить» (Store). В окне терминальной программы отобразится надпись: Setup DiSEqC. Это будет означать, что устройство вошло в режим программирования, в котором оно останется до выключения питания ресивера (дежурный режим).

Устройство имеет два режима работы: поддержка версий стандарта «1.1» и «1.2 Motor». Для переключения режимов «1» и «2» необходимо в ресивере выбрать команду «Перейти в 0» (GOTO 0). При переключении режимов работы на экране терминальной программы отобразится следующее: 1.2 Motor GOTO 0 >> 1.1 или 1.2 Motor GOTO 0 >> 1.2.

В режиме «1.1» никакой настройки устройства не требуется, оно готово к работе сразу после включения питания. При поступлении команды «1.1 LNB xx» будет подключен соответствующий выход «xx».

В режиме версии «1.2 Motor» необходимо запрограммировать устройство указанным ниже способом.

Кнопками «Восток» (MOVE EAST) или «Запад» (MOVE WEST) подбираем один из 14 конверторов. При каждом нажатии кнопки «Восток» (MOVE EAST) выход коммутатора переключается на следующий в сторону увеличения, при каждом нажатии кнопки «Запад» (MOVE WEST) выход коммутатора переключается на следующий в сторону уменьшения. Подобранный конвертер (когда приёмник настроился на нужную программу), нажимаем кнопку «Сохранить» (Store), и устройство запоминает введённые настройки. Если приёмник показывает приемлемый уровень сигнала от нескольких конверторов, лучше всего переключить приёмник на другой транспондер. Затем следует переключить приёмник на другую программу на другом спутнике и повторить подборку конвертора. Так для всех спутников подбираем нужные конверторы, как при настройке позиции спутников при программировании мотоподвеса. Закончив программирование коммутатора, желательно переключить ресивер в дежурный режим, чтобы коммутатор вышел из режима программирования.

Если нет необходимости коммутировать большое количество конверторов, то для работы с версией 1.1 достаточно переделать любой DiSEqC-коммутатор 1\*4 с поддержкой версии 1.0. Для этого нужно аккуратно выпаять имеющийся в коммутаторе микроконтроллер. Далее необходимо изменить схему питания микроконтроллера, выпаяв резистор и стабилизатор 78L05, как показано на рис. 6. Затем необходимо аккуратно, гибкими проводами выполнить необходимый монтаж нового микроконтроллера, имеющего соответствующие выводы управления транзисторными ключами коммутации конвертеров «А» – «D».

После переделки на каждый выход коммутатора с поддержкой версии 1.1 можно подключить до четырёх конверторов версии 1.0 и получить до 16 коммутируемых конвертеров.

Однако заметим, что эта схема будет успешно работать, только если ресивер первыми выдаёт команды управления версии 1.1, а только затем команды версии 1.0. Если же первой выдаются команды версии 1.0, то работающей схемой будет следующая: коммутатор 1.0 и четыре конвертора 1.1.

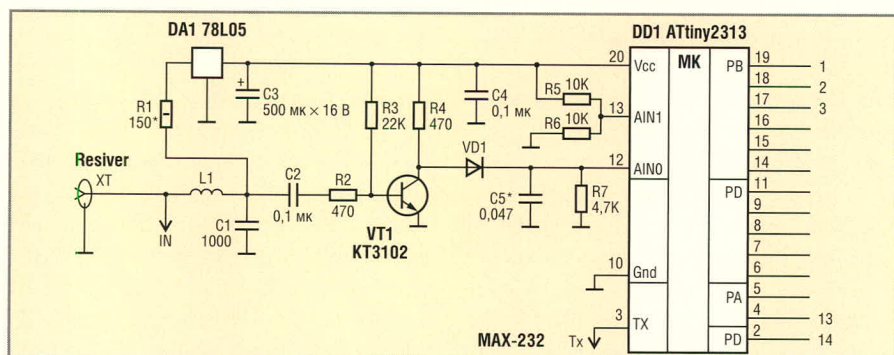


Рис. 6. DiSEqC-коммутатор на 14 выходов (1.1/1.2)

Так как чаще всего нужно коммутировать не более восьми конверторов, то в любом случае достаточно одного конвертора 1.1 и одного версии 1.0 В заключение нужно соответствующим образом настроить ПО ресивера. Более подробно о создании таких каскадов подключения конверторов 1.0 и 1.2 см. [2, 7]

Описанное устройство было изготовлено в двадцати экземплярах. Все коммутаторы успешно работают уже более полугода в обычных уличных условиях.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Теле-Спутник. 1998. №5 (31).
2. Теле-Спутник. 2004. №10 (108).

3. <http://www.telesputnik.ru/archive/number31.html>.
4. <http://www.telesputnik.ru/dialog/literature.html>.
5. <http://www.eutelsat.org>.
6. <http://www.sat.su/satxpress/Equip/DiSEqCmdm.htm>.
7. <http://www.sat-forum.org>.
8. <http://k2.stcnet.ru>.



## Новости мира News of the World Новости мира

### Сдвоенный операционный усилитель

Фирма Analog Devices представляет сдвоенный операционный усилитель AD8599, который, по данным производителя, был разработан для медицинских приложений, измерительных устройств, систем АСК и других промышленных при-



ложений, в которых требуются малые шумы без влияния на точность. Для сдвоенного операционного усилителя специфицированы шумы напряжения  $1 \text{ нВ/Гц}^{-1/2}$  при  $1 \text{ кГц}$  по всему диапазону напряжения питания до  $36 \text{ В}$ . Сверх того, AD8599 имеет токовые шумы  $3,5 \text{ пА/Гц}^{-1/2}$ , а также искажение менее  $0,001\%$ .

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

### Элемент защиты: полупроводниковый стабилитрон плюс полимерный предохранитель

Фирма Raychem Circuit Protection предлагает PolyZen, так называемые микромодули, состоящие из прецизионного полупроводникового стабилитрона и полимерного предохранителя. Продукт предназначен для защиты от перегрузки и повышения напряжения переносных устройств, питание которых осуществляется через Barrel Jacks. Он защищает чувствительную электронику от повреждений, причиной которых являются пики напряжений индуктивной природы, кратковременные броски напряжения, а также неправильно подклю-

ченные по полярности источники питания. Он обеспечивает ту же защиту, что и полупроводниковый стабилитрон, но в случае нарушений в работе может выдержать крупные энергетические воздействия.

Микромодули содержат полупроводниковый стабилитрон для прецизионной стабилизации напряжения, а также PPTC-слой (Polymer Positive Temperature Coefficient) с нелинейной резистивной характеристикой. Этот слой реагирует как на разогрев диода, так и на перегрузки, переходя в высокоомное состояние. Продукты, соответствующие требованиям RoHS, выдерживают в корпусе  $4 \text{ мм}$  до  $100 \text{ Вт}$  и обеспечивают защиту легко перепутываемых контактов стандартных источников питания постоянного напряжения переносных электронных устройств и систем. Элементы обеспечивают восстанавливаемую защиту при мощности в несколько ватт и потребляют  $0,7 \text{ Вт}$ . В случае нарушения работы в течение длительного времени срабатывает PPTC-элемент, который ограничивает ток и вызывает снижение напряжения. Эта функция защищает не только внутренний полупроводниковый стабилитрон, но и последующую электронику.

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

### Литий-ионные элементы с нанофосфатным катодом

У американского производителя A123 Systems имеется литий-ионный элемент, построенный с нанофосфатом. Элемент ANR26650M1 может заряжаться в десять раз быстрее, чем аналогичные литий-ионные аккумуляторы. Для зарядки на  $90\%$  достаточно около  $5 \text{ мин}$ . Удельная энергия составляет  $3000 \text{ Вт/кг}$ . Элемент, использующий в качестве катода нанофосфат, имеет ёмкость  $2,3 \text{ Ач}$  при  $3,3 \text{ В}$ . Импеданс (ACR) равен  $8 \text{ мОм}$ . Ток разряда в длительном режиме составляет  $70 \text{ А}$ , при импульсных токах длительностью до  $10 \text{ с}$  –  $120 \text{ А}$  на один элемент. При рабочем температурном диапазоне от  $-30$  до  $+60^\circ\text{C}$  элемент может эксплуатироваться в тяжелых окружающих условиях.

[www.a123systems.com](http://www.a123systems.com)

### Сtereo ЦАП со встроенным усилителем класса D

Фирма Wolfson Microelectronics выпускает на рынок стерео ЦАП WM8956 со встроенным усилителем класса D  $1 \text{ Вт}$  с выходом на динамики и наушники. Основным достоинством WM8956 согласно производителю является КПД его усилителя класса D, который при полной мощности достигает  $87\%$ . Клир-фактор (THD) составляет  $0,03\%$  при  $1 \text{ Вт}$  на каждый канал при нагрузке  $8 \text{ Ом}$ . Мощность, потребляемая ЦАП, составляет  $10 \text{ мВт}$  при отношении сигнал-шум  $98 \text{ дБ}$ .

Для дополнительной экономии тока возможно программное отключение неиспользуемых функций. Технология Pop and Click Suppression обеспечивает возможность прямого подключения батареи к динамикам. WM8956 поддерживает дифференциальные микрофонные и линейные входы, а также 3D Audio Enhancement для усиления трёхмерного звучания.

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

### Спектральные анализаторы

Компания Tektronix объявляет о выпуске серии RSA6100A спектральных анализаторов реального времени. Первые представители этой серии с частотой сканирования  $6,2$  и  $14 \text{ ГГц}$  обеспечивают ширину полосы в реальном времени  $110 \text{ ГГц}$



и бесперебойный динамический диапазон  $73 \text{ дБ}$ . Анализаторы имеют дисплей с диагональю  $10,4 \text{ дюйма}$ , мышь или клавиатуру, обычные элементы управления на передней панели и работают под MS Windows XP.

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

# Теоретические основы и моделирование корреляционного метода обнаружения источников шума

(часть 1)

**Владимир Болдырев (Краснодарский край)**

**В статье анализируется корреляционный метод обнаружения источников шума в воде, воздухе и на суше, перспективного для современных поисковых систем. Анализируются энергетические соотношения при корреляционной обработке данных от двух датчиков (акселерометров, гидрофонов или микрофонов).**

## ВВЕДЕНИЕ

Современная электроника достигла такого уровня развития, что мы уже не удивляемся возможности поговорить с друзьями, находящимися на другой стороне Земли. Не удивляемся тому, что играющийся на другом континенте футбольный матч телевидение показывает нам в прямом эфире. Большинство фантастических событий, происходящих в сказках, сегодня стали реальностью благодаря современной электронике и различным методикам. Возможности одной из методик – корреляционного метода обнаружения источника шума – будут продемонстрированы в данной статье.

Однажды произошёл такой случай. Человек заблудился в тайге и месяц безуспешно блуждал по ней. Спасать его помог звук «колота» (огромная деревянная кувалда), сбивающего кедровые шишки с могучих деревьев, т.к. звук ударов разносился на десятки километров вокруг. Но в данной статье речь пойдёт не об этом обычном методе обнаружения источника, когда амплитуда сигнала превышает уровень шума при приёме. Речь пойдёт о методе, когда уровень сигнала в сотни и тысячи раз слабее шума на входе приёмника. Уверенно выделить такой слабый сигнал можно корреляционным методом, когда по двум или нескольким каналам приёма

отыскивается один и тот же сигнал, обладающий в каждом из каналов одинаковыми корреляционными свойствами (проще говоря, имеющих одинаковую форму). Если входные датчики (акселерометры, гидрофоны или микрофоны) каждого из каналов разнесены в пространстве друг от друга, то по задержке прихода полезного сигнала можно в принципе определить дальность и даже направление на источник звука.

Самым удивительным свойством корреляционного метода является возможность обнаружить исключительно слабый сигнал на огромных расстояниях. Причём при увеличении длительности сигнала и длительности его обработки можно значительно увеличить дальность обнаружения (в идеале до бесконечности при бесконечно длительном сигнале).

Попробуем же детально разобраться в основополагающих закономерностях этого метода и определить параметры, необходимые для проектирования системы, реализующей корреляционный метод обнаружения источника шума.

## Постановка задачи

Источник шумового сигнала, как правило, имеет неизвестные параметры по спектру, корреляционным свойствам, времени появления, длительности и форме огибающей

шумового сигнала. Это могут быть шумы механических устройств или утечек из трубопроводов, сейсмические колебания или шаги людей по поверхности. Такая неопределённость значительно усложняет задачу теоретического анализа по сравнению с вариантами выделения сигнала с известными параметрами, когда сигнал сначала формируется, излучается, а потом принимается и проходит корреляционную обработку относительно известной модели сформированного сигнала. Поэтому результаты исследований при известных сигналах, которые получены в большинстве теоретических работ [1], посвящённых корреляционным методам обработки сигналов, лишь частично могут быть использованы для проектирования систем обнаружения неизвестных источников шумового сигнала.

Наряду с неизвестными параметрами источника, нередко недостаточно полно известны параметры распространения звука в сложной среде. Кроме неопределённости параметров источника и среды, всё усложняется необходимостью рационального выбора параметров, связанных с датчиками, внешними помехами, усилителями, аналого-цифровыми преобразователями (АЦП) и с цифровой корреляционной обработкой данных.

Такая неопределённость исходных данных является характерной чертой проектирования так называемых «больших сложных систем». Другой особенностью этих систем является большое количество факторов и разнообразие их природы, влияющее на конечный результат функционирования сис-

тем. С этими особенностями проектирования встретились разработчики космических систем связи, навигации и локации, в результате чего были выработаны принципы, позволяющие преодолевать упомянутые проблемы множественной неопределённости и многофакторности.

Некоторые принципы проектирования «больших сложных систем» могут быть использованы и при теоретических исследованиях системы обнаружения источников шума.

Создание универсальной модели обнаружения источника шумового сигнала для любой среды весьма громоздко. Более рационален подход создания разных моделей для каждой из сред. При этом различие может коснуться геометрии и особенностей распространения в среде. Общие принципы построения этих моделей могут быть схожими.

В настоящей статье приведены исследования корреляционного метода обнаружения источников шумового сигнала и пример моделирования на протяжённой линейной структуре, например, на трубопроводе. Насущность контроля и обнаружения утечек из трубопроводов понятна и не требует пояснений.

## Метод решения

В условиях неопределённости при системном подходе целесообразно разделять канал, по которому передаётся полезный сигнал, на относительно «независимые» фрагменты, учитывая при этом необходимость решения общей задачи. Для каждого из фрагментов канала должен быть найден комплексный параметр (желательно, один).

Например, для источника сигнала это может быть произведение энергии излучённого сигнала на коэффициент усиления излучающей антенны в направлении на приёмник. Назовём его условно *потенциалом излучения*. Физический смысл потенциала излучения состоит в том, что его увеличение, например, за счёт улучшения направленности, приводит к пропорциональному увеличению уровня сигнала в месте приёма.

Для среды распространения – это комплексный *параметр ослабления* сигнала в среде с учётом её частот-

ных свойств, направления, дальности, поглощения, рассеяния и аномалий распространения.

Для приёмной части – это комплексный параметр, тесно связанный с достижимым отношением сигнал/шум и учитывающий направленность на излучатель, внешние помехи на месте приёма, собственные шумы аппаратуры и особенности обработки сигнала. Назовём его условно *потенциалом приёма*. Физический смысл потенциала приёма состоит в том, что его увеличение, например, за счёт улучшения направленности, приводит к пропорциональному увеличению принимаемого сигнала и достижимого отношения сигнал/шум.

Поскольку параметры источника шумового сигнала неопределённые и не могут быть учтены в явном виде, полезно ввести комплексный параметр *потенциала обнаружения* как произведения потенциала приёма и параметра ослабления в среде. Физический смысл потенциала обнаружения состоит в том, что его увеличение, например, за счёт улучшения направленности при приёме или уменьшения собственных шумов приёмной аппаратуры и ослабления в среде, приводит к пропорциональному увеличению принимаемого сигнала и достижимого отношения сигнал/шум. Этот комплексный параметр характеризует потенциальную способность системы обнаруживать сигнал. Чем он выше, тем более слабый сигнал может быть обнаружен или тем больше расстояние, на котором может быть обнаружен тот же сигнал. Потенциал обнаружения включает в себя зависимость ослабления среды от расстояния, и поэтому из потенциала может быть определена дальность обнаружения сигнала.

Обратите внимание, что потенциалы приёма и обнаружения не требуют конкретизации потенциала излучения, но требуют учитывать следующие положения:

- ширина спектра при приёме может значительно отличаться от ширины спектра шумового сигнала источника (иногда в несколько раз);
- длительность приёма может значительно отличаться от длительности сигнала (иногда в несколько раз).

Поскольку параметры источника сигнала неизвестны, а основной задачей является увеличение дальности обнаружения, естественно полагать, что в приёмной части аппаратуры целесообразно использовать высококачественные малошумящие усилители и АЦП с широким динамическим диапазоном [2 – 3], что позволяет создать систему, обнаруживающую наименее слабые источники на наибольшем расстоянии, достижимом на современном этапе развития электроники.

При анализе рассматриваемой системы обнаружения всё же потребуются конкретизировать тип шумового сигнала источника, поскольку без этого невозможно определить параметры обработки и отношение сигнал/шум на выходе коррелятора при приёме. Поэтому принимается следующее условное положение: источник шума излучает так называемый сложный сигнал, производство длительности которого на ширину его спектра частот значительно больше единицы. Типичными сложными сигналами являются «розовый» шум случайного происхождения или сигнал с линейной частотной модуляцией с равномерными спектрами в ограниченной полосе частот и постоянными интенсивностями во времени. Такие сигналы имеют узкий пик функции неопределённости и взаимокорреляционной функции (ВКФ) и позволяют достичь наилучшего разрешения по дальности обнаружения. Реально источник может излучать сигнал с корреляционными параметрами, несколько худшими, чем у упомянутых сигналов, т.е. дальнейшее исследование и моделирование дают максимально благоприятные оценки.

Следует подчеркнуть, что простые сигналы, например, тональный сигнал на фиксированной частоте, имеют широкий пик ВКФ по длительности, превышающий длительность сигнала почти в 2 раза, и поэтому практически неэффективны при корреляционном методе обнаружения. Для таких сигналов больше подходит обычный амплитудный метод обнаружения, когда амплитуда сигнала превышает уровень шума при приёме.

Такой подход позволяет начать исследование системы обнаружения не

с параметров источника, а с приёмной части, поскольку достижимые на современном этапе параметры достаточно хорошо известны специалистам по проектированию приёмной аппаратуры. Затем переходят к учёту среды и лишь на заключительном этапе – к определению дальности обнаружения гипотетических источников.

Таким методом может быть решена поставленная задача по выявлению целого класса обнаруживаемых источников, оценены их параметры и расстояние, на котором они могут быть обнаружены.

### Принципы, положенные в основу исследований корреляционного метода обнаружения

Для проектантов электронных систем с простыми сигналами специфической корреляционных методов приёма сигналов является необходимость перехода от привычных и понятных амплитудных или эффективных значений напряжения и мощности к понятию энергии сигнала и шумов. То есть для корреляционных методов важны не только напряжение или мощность, но и время действия сигналов и шумов. Это не значит, что при простых сигналах энергия не является основополагающим фактором при выделении сигналов. Но в обычно применяемых формулах расчёта каналов этот параметр скрыт за параметрами напряжения, мощности, полосы пропускания и длительности импульсов простых и импульсных сигналов.

Такая специфика проистекает из особенностей операции «сжатия» сложного сигнала по времени (в некоторых ситуациях и по спектру), когда в ходе корреляционной обработки распределённый по времени длительный сигнал на входе коррелятора сжимается до короткого простого импульса на его выходе. Мощность импульса на выходе при этом возрастает в сотни и тысячи раз по сравнению с мощностью на входе коррелятора. Это происходит строго в соответствии с законом сохранения энергии, при котором энергия сигнала на входе коррелятора должна быть равна энергии на его выходе.

Выразим энергию сигнала на входе  $E_{in}$  и на выходе  $E_{out}$  согласованного фильтра, которым является корреля-

тор, через мощности  $P_{in}$  и  $P_{out}$  и длительности  $T$  и  $T_{out}$  сигнала на входе и выходе в виде [1]:  $E_{in} = P_{in}T$ ,  $E_{out} = P_{out}T_{out}$ . Так как справедлив закон сохранения энергии, то  $P_{out}/P_{in} = T/T_{out}$ .

При сжатии сигнала по времени без изменения ширины полосы частот  $F$  сжатый импульс на выходе будет простым, для которого произведение ширины полосы сигнала  $F$  на его длительность  $T_{out}$  сравнимо с единицей, что характерно для простых сигналов. Тогда, умножив и разделив полученное выражение на  $F$ , получим:

$$P_{out}/P_{in} = TF/T_{out}F = TF/1 = TF = B. \quad (1)$$

Видно, что мощность на выходе согласованного фильтра возрастает в  $TF$  раз. Произведение  $B = TF$  называется *базой сигнала*, и для «хороших» сложных сигналов оно может достигать сотен и тысяч единиц, а при «плохих» приближаться к единице, т.е. приближаться к базе простых сигналов. Это позволяет при малых мощностях источника «хороших» сложных сигналов получить большое отношение сигнал/шум после приёма и корреляционной обработки при соответствующем увеличении длительности и ширины полосы частот, занимаемой сигналом источника. Предположим, сложный сигнал имеет длительность одну секунду и ширину полосы частот 5000 Гц. Тогда база этого сигнала составит величину  $B = TF = 1 \times 5000 = 5000$  единиц – во столько раз увеличивается мощность на выходе коррелятора по сравнению с мощностью на его входе.

Следует подчеркнуть, что при уверенном приёме с большим отношением сигнал/шум на выходе коррелятора для сложных сигналов типичное отношение сигнал/шум на входе приёмника может быть в сотни и тысячи раз меньше единицы, т.е. сложные сигналы могут быть скрыты глубоко в шумах.

Однако в случае источника сигнала с неизвестными параметрами приходится, как указывалось ранее, расширять полосу частот при приёме, чтобы обеспечить приём любого возможного сигнала не только с желаемой максимальной, но и с меньшей шириной полосы. Аналогично приходится увеличивать и

длительность при приёме, чтобы сохранить вероятность приёма наиболее длительного сигнала, поскольку большая длительность увеличивает дальность обнаружения. То есть возникает ситуация, не характерная для оптимального фильтра (коррелятора) при известных параметрах сигнала. Рассмотрим, что происходит при этом с энергиями сигнала и шумов при неоптимальных условиях приёма.

### Шумы и помехи при приёме

Энергия шумов и помех  $E_{inn}$  на входе приёмника равна энергии за время приёма  $T_{in}P_{inn}$ :

$$E_{inn} = T_{in}P_{inn} = T_{in}P_{inn}(U_{inn})^2/R,$$

где  $P_{inn}$  – эффективная мощность шумов и помех, приведённых к входу приёмника ( $Вт$ ),  $U_{inn}$  – эффективное напряжение шумов и помех, приведённых к входу приёмника ( $В$ ),  $R$  – эквивалентное сопротивление на входе приёмника ( $Ом$ ).

Под интервалом времени  $T_{in}$  здесь понимается длительность одного блока отсчётов данных от АЦП, поступающих на коррелятор для корреляционной обработки.

Предположим, на входе приёмника подключен датчик-акселерометр, имеющий собственную спектральную плотность шума ускорения  $gn$  (в единицах Гал/ $\sqrt{Гц}$ ), т.е. в единицах СГС ускорения  $см/с^2$  в полосе 1 Гц), а также коэффициент преобразования  $S$  (в единицах  $В/г$ , т.е. вольт на Гал).

Кроме того, предположим, что в зоне установки датчика действуют внешние шумы и помехи, в а раз превышающие  $gn$ .

Обозначим спектральную плотность напряжения собственного шума усилителя, приведённую к входу приёмника, величиной  $inn$  (в единицах  $В/\sqrt{Гц}$ ).

Ширину полосы частот приёма обозначим как  $f_{high} - f_{down}$  (в герцах).

Тогда приведённое к входу приёмника эффективное напряжение шумов и помех в вольтах можно оценить по формуле:

$$(U_{inn})^2 = (f_{high} - f_{down})(1 + a^2)(gnS)^2 + (f_{high} - f_{down})(inn)^2.$$

Пусть коэффициент усиления приёмного тракта по напряжению

от входа приёмника до АЦП составляет  $K$ .

Максимальное эффективное синусоидальное напряжение на входе АЦП, при котором начинается ограничение АЦП, обозначим величиной  $V_{adc}$  в вольтах, а динамический диапазон АЦП, приведённый к полосе частот приёма  $f_{high} - f_{down}$ , обозначим величиной  $D_{adc}$  в децибелах.

Тогда эффективное напряжение  $U_{adc}$  шумов и помех в вольтах, приведённое к входу АЦП, можно определить по формуле:

$$(U_{adc})^2 = (f_{high} - f_{down}) \times (1 + a^2)(gnSK)^2 + (f_{high} - f_{down}) \times (innK)^2 + [V_{adc}(10^{-0,05D_{adc}})]^2.$$

Соответственно, суммарная мощность  $P_n$  шумов и помех на входе и на выходе коррелятора от двух приёмных трактов двух датчиков составит (на условном сопротивлении  $R_k$ ):

$$P_n = 2(U_{adc})^2/R_k,$$

поскольку мощность некоррелированных между собой шумов и помех от двух одинаковых приёмных каналов суммируется (удваивается).

Следует обратить внимание, что мощность некоррелированных шумов и помех на входе коррелятора остаётся примерно равной мощности на его выходе, поскольку при некоррелированности «сжатие» по времени практически отсутствует.

### Сигнал при приёме

На каждом из двух входов приёмника энергия  $E_{ins}$  шумового сигнала источника за время приёма  $T_{rpm}$  равна сумме энергий за время существования сигнала  $T$  и за время паузы  $(T_{rpm} - T)$ . Но в промежутке  $(T_{rpm} - T)$  энергия сигнала равна нулю, поскольку длительность сигнала составляет  $T$  секунд. Поэтому энергию сигнала на входе приёмника можно представить выражением:  $E_{ins} = TP_{ins} = T(U_{ins})^2/R$ , где  $P_{ins}$  – эффективная мощность сигнала на входе приёмника (Вт),  $U_{ins}$  – эффективное напряжение сигнала на входе приёмника (В).

Поскольку величина сигнала, входящего от источника, неизвестна, условно зададим, что сигнал на обоих входах одинаковый по величине и может быть обнаружен, если на вхо-

дах приёмника спектральная плотность сигнала равна суммарной спектральной плотности шумов и помех. Тогда на входе приёмника эффективное напряжение сигнала в вольтах можно оценить по формуле:  $(U_{ins})^2 = F(1 + a^2)(gnS)^2 + F(inn)^2$ , где  $F$  – ширина полосы частот шумового сигнала в герцах. При таком условии эффективное напряжение сигнала в вольтах, приведённое к входу АЦП, можно определить по формуле:

$$(U_{adc})^2 = K^2(U_{ins})^2 + [V_{adc}(10^{-0,05D_{adc}})]^2 \times [F/(f_{high} - f_{down})]$$

или

$$(U_{adc})^2 = F(1 + a^2)(gnSK)^2 + F(innK)^2 + [V_{adc}(10^{-0,05D_{adc}})]^2[F/(f_{high} - f_{down})].$$

В результате корреляционной обработки мощность сигнала на выходе коррелятора возрастает в  $B = TF$  раз, и во столько же раз возрастает  $(U_{adc})^2$ , т.е. после коррелятора эффективное напряжение сигнала составляет:  $(U_s)^2 = FT(U_{adc})^2$ .

Соответственно, на условном сопротивлении  $R_k$  суммарная мощность  $P_s$  сигнала на выходе коррелятора от двух приёмных трактов двух датчиков составит:

$$P_s = (U_s)^2/R_k = TF(U_{adc})^2/R_k.$$

### Отношение сигнал/шум на выходе коррелятора

Отношение сигнал/шум на выходе коррелятора равно отношению мощности шумового сигнала источника к мощности шума и помехи на выходе коррелятора:

$$sn = P_s/P_n = TF(U_{adc})^2/2(U_{adc})^2$$

или после преобразований

$$sn = 0,5TF^2/(f_{high} - f_{down}) = 0,5B[F/(f_{high} - f_{down})]. \quad (2)$$

Из полученного выражения видно, что сигнал/шум после корреляционной обработки возрастает пропорционально базе сложного сигнала и пропорционально отношению ширины полосы сигнала к полосе приёма. То есть если ширина полосы сигнала совпадает с шириной полосы приёма, то отношение сигнал/шум становится равным половине базы сигнала.

Всё это говорит о больших возможностях корреляционного метода обнаружения источников по сравнению с обычными некорреляционными методами. Например, при базе сигнала  $B = 2000$  и совпадении ширины полосы шумового сигнала с полосой приёма преимущество корреляционного метода составляет 1000 раз или 30 дБ по сравнению с некорреляционным методом.

Отличие полученной формулы (2) при неизвестном источнике от формулы (1) при известном сигнале состоит в том, что постоянный множитель 0,5 уменьшает в 2 раза отношение сигнал/шум на выходе коррелятора из-за поступления помех не по одному (при известном сигнале), а по двум одинаковым каналам приёма. Кроме того, расширение ширины полосы частот при приёме  $(f_{high} - f_{down})$  по сравнению с реальной полосой  $F$  шумового сигнала также пропорционально уменьшает отношение сигнал/шум.

Это подтверждает высказанное в начале статьи положение, что результаты исследований при известных сигналах, которые получены в большинстве теоретических работ [1], посвящённых корреляционным методам обработки сигналов, лишь частично могут быть использованы при проектировании систем обнаружения неизвестных источников шума.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Тузов Г.И. Статистическая теория приёма сложных сигналов. М.: Сов. радио, 1977.
2. Болдырев В.А. Высококачественный широкополосный приёмный тракт. Моделирование в среде MATLAB. Оптимизация динамического диапазона и чувствительности. Современная электроника. 2006. № 2, 3.
3. Патент на полезную модель № 51751 «Предварительный усилитель для аналого-цифрового преобразователя». Приоритет от 22.08.2005. Патентообладатель ООО «Компания ИНКОМТЕХ». Автор В.А. Болдырев.
4. Барник В., Вендт, Каблов Г.П., Яковлев А.Н. Гидролокационные системы вертикального зондирования дна. Под ред. А.Н. Яковлева. Новосибирск: Изд. Новосибирского унив, 1992.
5. Гидроакустическая энциклопедия. Под общ. ред. В.Н. Тимошенко. Таганрог: Изд. ТРТУ, 1999.

# Увеличение производительности USB в мобильных разработках

Печатается с разрешения фирмы Cypress Semiconductor ([www.cypress.com](http://www.cypress.com))

**Стив Колоковски (Steve Kolokowsky) (США)**

Перевод Дмитрия Чекунова

**Простой переход с интерфейса USB 1.1 на USB 2.0 не гарантирует улучшение производительности ИТ-систем. Оптимизация разработки – вот путь к максимальной производительности.**

Многие системные разработчики стремятся добавить высокоскоростной (high-speed) интерфейс USB во все мобильные портативные устройства. Однако очень скоро они разочаровываются, поскольку получают лишь незначительное увеличение производительности по сравнению с полноскоростным (full-speed) USB-интерфейсом. Применение высокоскоростного USB-интерфейса в портативных или любых других устройствах с многозадачной операционной системой вызывает ряд неза-

метных на первый взгляд проблем, оказывающих влияние на производительность.

Для достижения максимальной производительности любого устройства при его проектировании должны соблюдаться следующие требования:

- правильная расстановка приоритетов. Только определив приоритет, следует переходить к дальнейшим шагам. Это может показаться очевидным, но в начале необходимо определить, что важнее – запись информации, её считывание, или, что характерно для портативных мобильных устройств, оба процесса одинаково важны;
- достоверность информации (не имея должной информации, можно потратить много времени, решая несуществующую задачу);
- параллельность и оптимизация обработки данных. Простейший способ увеличить эффективность работы системы – использовать параллельные операции. Когда все предыдущие шаги сделаны, можно перейти к оптимизации. Многие инженеры ошибочно начинают разработку с этого шага и часто решают не ту проблему.

Поскольку в мобильных портативных устройствах требуются быстрое чтение и запись, то приоритет понятен. А так как все названные требования в равной степени относятся и к чтению, и к записи, то далее будем рассматривать только процесс записи. Пройдёмся по цепочке USB-записи: данные передаются по USB в буфер интерфейсной микросхемы, далее по информаци-

онной шине (memory bus) – в буфер запоминающего устройства (рис. 1). Из буфера памяти осуществляется выборка данных и последующая запись на носитель информации (обычно через интерфейс SD/MMC во флэш-память или на жёсткий диск).

Теоретическая скорость каждого канала передачи данных, использующихся в системе, достаточно высока. Максимальная теоретическая скорость для USB составляет 53 Мб/с. Однако возможности хоста при передаче данных ограничены значением 32 Мб/с, а при приёме – 40 Мб/с. Информационная шина может работать со скоростью свыше 100 Мб/с, а для самой быстрой карты SD/MMC заявлена скорость 133X, что эквивалентно 23 Мб/с. Теоретическая максимальная скорость всей системы в целом ограничена минимальной скоростью рассмотренных интерфейсов, что составляет 23 Мб/с. Однако применение высокоскоростного USB, что называется, «в лоб» чаще всего едва позволяет достичь скорости передачи данных 1 Мб/с.

В неоптимизированной портативной разработке, где поток данных по отношению ко времени не соответствует производительности 23 Мб/с, сценарий работы примерно следующий: система ждёт USB-пакет, выполняет переключение задачи, копирует данные в память и далее переключается на задачу MMC, где осуществляется запись данных в карту MMC. Даже если операционная система (ОС), встраиваемая в разрабатываемое устройство, имеет малое время переключения задач, скажем, 100 мкс, то на приём и обработку пакета размером 512 байт потребуются два переключения задач, которые замедлят системные реакции.

В этом случае производительность в среднем зависит от длины передаваемого пакета, и её можно



Рис. 1. Диаграмма следования данных в USB-записи

представить следующим равенством:

$$512 \text{ байт}/100\text{мкс} \times 2 + \\ + \text{время\_обслуживания\_памяти} + \\ + \text{время\_обслуживания\_флэш} = \\ = \text{производительность (байт/с)}.$$

Самое интересное в этом равенстве то, что в нём не учитывается фактор USB. Связано это с тем, что USB-обмен осуществляется параллельно с передачей во флэш-память. В лучшем случае скорость передачи будет 23 Мб/с (20 мкс/пакет) для MMC и примерно 100 Мб/с (5 мкс/пакет) для шины памяти. Тогда наша производительность составит:  $512 \text{ байт}/(200 \text{ мкс} + 5 \text{ мкс} + 20 \text{ мкс}) = 2,3 \text{ Мб/с}$ . Наша первая оптимизация будет исключать «накладные расходы», связанные с переключением задач.

### Понижение влияния ОС

Существует два способа понижения «накладных расходов» ОС: ограничить реакцию на момент начала передачи потока данных, а потом не освобождать центральный процессор (ЦП) до завершения передачи. Решить первую задачу для USB-потока можно с помощью прерывания INT от USB или с помощью установки флага FIFO. Когда подпрограмма обслуживания ISR начнёт работать, она должна запустить фоновую задачу для дальнейшего переноса данных и запретить повторное прерывание до тех пор, пока передача потока не будет завершена. Фоновая задача должна продолжать работу, даже если поступление потока данных приостанавливается. Возможны случаи, когда фоновая задача будет опережать поток USB-данных, но не следует «возвращать» ЦП операционной системе до тех пор, пока передача не завершится или не возникнет короткий тайм-аут (примерно 100 мкс). Пусть это звучит неубедительно, но вышеизложенные меры помогают повысить производительность. Для последующих входящих пакетов прерывание не нужно, поскольку встроенной ОС известно о поступлении первого пакета.

Передача данных со стороны USB уже запараллелена с работой ЦП, потому что осуществляется внешней аппаратной частью. Если ваша система позволяет использовать режим прямого доступа к памяти

(ДДП) для передачи данных в USB или в SD/MMC, вы получите значительный прирост производительности.

Передача данных большими блоками уменьшает влияние переключения задач на производительность, но формирование слишком больших блоков приведёт к обратному результату. Оценить сказанное можно проанализировав рисунок 2, который отражает следующие условия:

- блоки, передаваемые по USB, имеют размер 64 Кбит (такой размер используется ОС Windows для операций с устройствами накопления информации);
- операции с USB-памятью и SD/MMC-картой могут выполняться параллельно;
- время переключения задач составляет 200 мкс;
- в микрофрейме передаётся три USB-пакета;
- производительность SD/MMC – 66X (54 мкс/пакет);
- в случае одного переключения используется буфер размером 64 Кбит; для двух переключений – 32-килобитный буфер; для трёх переключений – 22-килобитный буфер и т.д.

### Понимание потока данных USB

Зачем ускорять работу USB, если USB и так быстрее всех остальных интерфейсов вашей системы?

Одна причина в том, что USB – разделяемая шина. Остальные устройства могут затребовать огромное количество ресурсов шины. Такое возможно даже если устройства подключены напрямую к хосту. Вторая причина – в спецификации USB. По требованиям стандарта USB, хост должен посылать маркер SOF (Start Of Frame) каждые 125 мкс. Поскольку этот маркер появляется точно через 125 мкс, то хост не может начать передачу пакета около конца фрейма. Большинство контроллеров хоста следуют 80%-норме, предложенной в EHCI-спецификации, где отправляемые транзакции не планируются хостом в последние 25 мкс фрейма (спецификация доступна по адресу

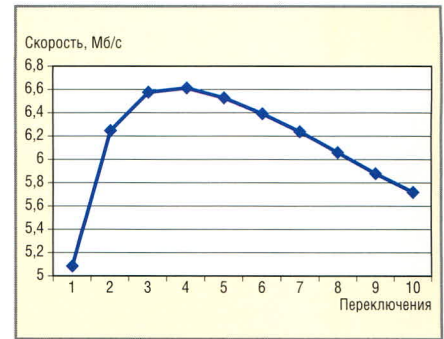


Рис. 2. Зависимость скорости передачи от числа переключения задач

[www.intel.com/technology/usb/ehci-spec.htm](http://www.intel.com/technology/usb/ehci-spec.htm)). Так как неопределённое состояние для отправляемых пакетов занимает почти 12 мкс от ресурса шины и иногда контроллеру хоста требуется 12 мкс для «зашёлкивания» данных, то вы сможете передать двойной буфер лишь изредка и только в случае, если данные для отправки будут готовиться со скоростью большей, чем  $1024 \text{ байт}/50 \text{ мкс} = 20 \text{ Мб/с}$ .

### Анализ USB-трафика

Эффективные измерения решают всё. Без правильных данных о системе можно потратить много времени, пытаясь решить задачи, не имеющие отношения к производительности. Анализ USB-шины обычно осуществляется с помощью CATC (CATC – аппаратно-программная система, предназначенная для захвата и анализа трафика USB. Подключение устройств к хосту осуществляется посредством аппаратного анализатора, информация с которого поступает в ПК для последующего анализа. – Прим. переводчика) или другого похожего анализатора шины. Анализ обслуживания MMC и информационной ши-

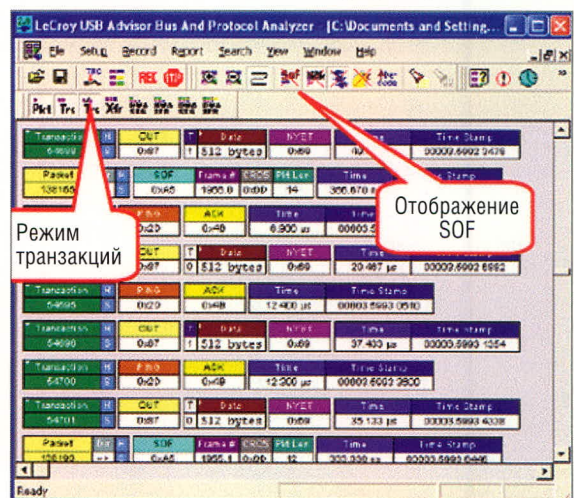


Рис. 3. CATC показывает три пакета на микрофрейм

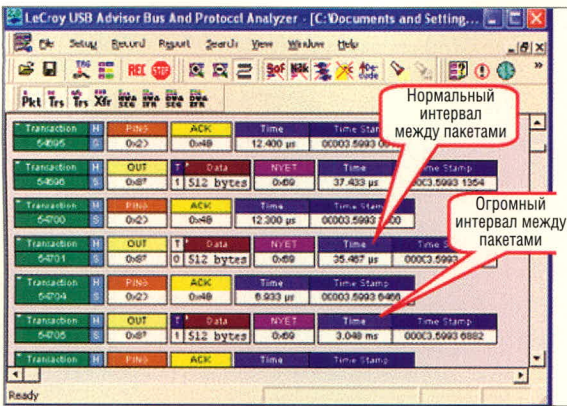


Рис. 4. SATC показывает длинную паузу

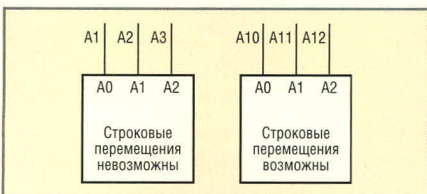


Рис. 5. Правильная аппаратная конфигурация, требуемая для разрешения строковых

перемещения (memory bus) возможен с помощью осциллографа или логического анализатора. Использование SATC совместно с осциллографом или логическим анализатором может дать впечатляющие результаты.

USB-трафик прерывается каждые 125 мкс маркером SOF. Когда SATC настроен для отображения режима транзакций и показа SOF, то можно видеть, что система записывает три USB-пакета между микрофреймами (рис. 3). Это означает, что данные поступают в систему со скоростью 12 Мб/с. Однако далее появляются ещё несколько маркеров SOF до начала последующей передачи данных. Скромное отображение SOF, теперь мы видим огромный (3 мс) временной зазор в трафике через каждые 16 пакетов (рис. 4). Дальнейшее исследование показывает, что ограничения быстродействия вызваны подсистемой флэш.

Промежуток времени, занимаемый тремя пакетами на микрофрейм, составляет меньше половины возможностей хоста. Трёхмиллисекундная задержка работы системы на каждые 16 пакетов вызывает большое беспокойство, потому что это означает, что есть четыре микрофрейма с USB-трафиком и 24 микрофрейма без USB-трафика. Такая пауза возникает из-за неоптимизированного кода SD/MMC. При использовании USB 1.1-интерфейса 8 Кб за 3 мкс были достаточной скоростью, но чтобы реализо-

вать скоростные возможности интерфейса USB 2.0, код SD/MMC подлежит оптимизации (спецификация USB 2.0 доступна на сайте <http://www.usb.org>)

### ОПТИМИЗАЦИЯ АППАРАТНОЙ ЧАСТИ

Команды строковых перемещений часто выполняются на порядок быстрее, чем команды, использующие указатели для «ручного» перемещения данных. Многие компиляторы автоматически используют строковые перемещения в вызовах функций типа memmove или memstr. Однако аппаратная часть для этого должна быть настроена корректно. Так, если USB для адресации FIFO использует несколько адресных выводов, то остаётся неиспользованным достаточное адресное пространство, и нижние девять (или больше) адресных линий лучше оставить неподключенными (рис. 5). Это означает, что обращение по адресу 0x0000 по-прежнему, как и 0x01FF, будет адресовать микросхему USB, однако благодаря свободным младшим адресным линиям возможны строковые перемещения.

Результат сравнения производительности 8-битного интерфейса с производительностью 16-битного может показаться очевидным. Однако если вы имеете выбор между 16 битами без ПДП и 8 битами с ПДП, то выбор становится менее явным. Если передача 8 бит даёт вам возможность выполнять операции передачи из USB в память и из памяти в SD/MMC параллельно, то вы получите лучшую производительность, чем обеспечивает 16-битный интерфейс без параллельной передачи, потому что устройство SD/MMC является самой медленной частью системы.

### ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

В то время как все системы имеют свои неповторимые особенности, у них существует достаточно много общего. Это позволяет сделать некоторые практические рекомендации. Так, если ваша аппаратная часть не поддерживает строковые перемещения, то вы можете улучшить произво-

дительность правильным кодированием программы:

```
// передача данных направления
// OUT (чтение из микросхемы USB)
// Неоптимизированная версия
Memmove_out (unsigned char
*dest, unsigned char *src, len)
{
    while (len--)
        *dest++ = *src;
}
// Оптимизированная версия
// для 512-байтной передачи
// -- Перемещения типа DWORD -
// не байтами (требуется
// выравнивание буфера
// по типу DWORD)
// -- Уменьшается количество
// условных переходов
memmove_out_512 (unsigned char
*dest, unsigned char *src)
{
    unsigned char *endPtr =
    dest+512;
    DWORD *dwdest = (DWORD *)
    dest; DWORD *dwsrc =
    (DWORD *) src;
    while (dwdest < endPtr)
    {
        dwdest[0] = *dwsrc;
// копируем 16 байт
        dwdest[1] = *dwsrc;
        dwdest[2] = *dwsrc;
        dwdest[3] = *dwsrc;
        dwdest[4] = *dwsrc;
// копируем 16 байт
        dwdest[5] = *dwsrc;
        dwdest[6] = *dwsrc;
        dwdest[7] = *dwsrc;
        dwdest += 8;
    }
}
```

Вместо использования классического перемещения строк из K в R, вы можете создать свою версию длинной блочной передачи, что даст возможность использовать некоторые ускоряющие трюки:

- развёртывание цикла в memmove\_out\_512;
- использование относительной адресации вместо инкремента (если это поддерживает ЦП);
- использование передачи данных длинными словами – DWORD (если поддерживает ЦП и структура буфера).

# Новости мира News of the World Новости мира

## Старт-комплект для Cyclone II FPGA

Старт-комплект Cyclone II FPGA фирмы Altera предлагает за 150 долл. аппаратные и программные ресурсы для разработки систем на базе FPGA в объёмных приложениях. Сюда относятся программное обеспечение разработки, базовые решения, соединительные кабели и программируемое аппаратное обеспечение. Старт-комплект поставляется с программным пакетом проектирования Quartus II Web Edition фирмы Altera geliefert. Старт-комплект включает в себя также Embedded процессор Nios II для Embedded-Designs с демонстрационными примерами и базовыми решениями.

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

## Трассировщик печатных плат

Фирма Mentor Graphics предлагает технологию трассировки, которая следует данным инженера по трассировке топологии шин и автоматически воспринимает ручной ввод АРМ-дизайнера, чтобы образовать чёткие структуры шин. Технология трассировки топологий интегрирована в ряды продуктов Expedition Enterprise и Board Station и состоит из двух приложений. Первое приложение (Topology Planner) применяется инженером для планирования и оптимизации шинной системы и системных соединений на печатной плате. Topology Planner дополняет размещение компонентов и обеспечивает планирование логических цепей, данных для оптимизации характеристик и размещения.

Во втором приложении (Topology Router) производится автоматическая трассировка шинных соединений, при этом точно следуя трактам, заданным инженером. Так как шинные структуры постоянно запоминаются в банке данных проекта, печатная плата может многократно модифицироваться или использоваться в будущих проектах без необходимости проведения повторных вводов и новой трассировки шин.

Технология трассировки топологий с IV квартала 2006 г. будет предоставляться как опция Expedition-Enterprise и Board-Station-Flow.

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

## Power-Management-схемы с четырьмя выходными напряжениями

Компания National Semiconductor выпустила на рынок две микросхемы – LP3906

и LP3905 – для управления питанием с двумя интегрированными понижающими импульсными стабилизаторами и двумя Low-Dropout-стабилизаторами напряжения (LDO). Элементы, согласно производителю, разработаны для питания Low-Power-FPGA, микропроцессоров и DSP средней производительности, которым требуется четыре напряжения. Элемент LP3906 предлагается в корпусе LLP-24 (4 × 5 мм) с тепловой защитой. Наряду с двумя понижающими импульсными стабилизаторами 1,5 А интегрировано два линейных стабилизатора 300 мА. Программирование возможно через I<sup>2</sup>C-совместимый интерфейс. Оба понижающих стабилизатора могут динамически программироваться и перекрывают диапазон выходных напряжений от 0,8 до 3,5 В при КПД до 96%. Оба линейных стабилизатора поддерживают также программируемый диапазон напряжений от 1,0 до 3,5 В.

Последовательный интерфейс для независимого управления функциями и установками элемента обеспечивает такие характеристики, как, например, динамическое управление напряжением, а также предварительную установку последовательности включения. Корпус LLP-14 микросхемы LP3905 имеет размеры 4 × 4 мм. Элемент располагает двумя интегрированными понижающими импульсными стабилизаторами 600 мА и двумя линейными стабилизаторами 150 мА. Оба типа стабилизаторов имеют либо жёсткий, либо программируемый диапазон выходных напряжений с пределами 1,0 и 3,3 В и работают, по данным производителя, с КПД до 90%. В режиме ШИМ оба стабилизатора работают с частотой коммутации 2 МГц. Диапазон выходных напряжений стабилизаторов составляет от 1,5 до 3,3 В.

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

## CMOS-формирователь видеосигналов с разрешением 2400 dpi

Фирма AMI Semiconductor заявляет о CMOS-формирователе видеосигналов с максимальным разрешением 2400 dpi. AMIS-722402 позволяет выбирать разрешения 2400, 1200, 600 или 300 dpi. Созданный на базе собственной технологии CMOS-формирователей видеосигналов фирмы AMI Semiconductors отдельный формирователь содержит точно 1376 активных пикселей, выходной усилитель, Power-Down-схемы и обладает способностью параллельной передачи. Формирователи могут без ограничений наращиваться

на печатной плате, образуя модуль формирования видеосигналов. AMIS-722402 обладает рядом особых характеристик: содержит схемы компенсации смещения от пиксела к пикселу, которая снижает Fixed Pattern Noise (FPN) и смещения усилителей, и одновременно улучшает оптическую линейность, а также снижает чувствительность к шумам. Параллельный контур интегрирования, передачи и останова оптимизирует характеристики реагирования формирователя, когда считывание датчика происходит одновременно с падением света. AMIS-722402 работает с напряжением питания 3,3 В и содержит Power-Down-схему, которая минимизирует потребляемый ток при каскадном включении нескольких формирователей в массив обработки изображений.

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

## Первый в мире вдвойный 14-разрядный АЦП со скоростью 105 MSps

Корпорация National Semiconductor недавно анонсировала свой новый АЦП ADC14DS105, который, по словам представителей компании, является первым в мире серийным 14-разрядным вдвойным АЦП с входной полосой пропускания 1 ГГц и последовательными LVDS-выходами. Он был разработан для использования в различных измерительных приборах, а также для работы с изображениями.

Обеспечивая скорость 105 MSps, этот преобразователь возглавляет новое семейство микросхем, включающее 16- и 12-разрядные АЦП. Разработанное с применением конвейерной архитектуры и 0,18-микронной КМОП-технологии, это семейство характеризуется низкими погрешностями и шумом при частоте 240 МГц и более высоких промежуточных частотах. При 240 МГц соотношение между уровнями сигнала и шума составляет в среднем 72 дБ, а SFDR 83 дБ.

Устройства нового семейства АЦП со скоростями от 65 до 105 MSps могут иметь параллельные КМОП или последовательные LVDS выходы. Выходы LVDS уменьшают шум системы, сокращая количество контактов ввода-вывода.

Сдвоенные модели АЦП оснащены бесвинцовыми 60-контактными безвыводными корпусами LLP, а одиночные – 32-контактными корпусами.

Пока доступны только опытные образцы микросхем. Массовое производство должно начаться в 2007 г.

[www.e7e.ru](http://www.e7e.ru)

# Средства проектирования встраиваемых микропроцессорных систем, реализуемых на основе ПЛИС фирмы Xilinx

(часть 3)

Валерий Зотов (Москва)

Третья часть статьи завершает обзор средств проектирования встраиваемых микропроцессорных систем, реализуемых на основе ПЛИС фирмы Xilinx. Она знакомит с инструментами отладки ПО встраиваемых 8-разрядных микропроцессорных систем на основе ядер семейства PicoBlaze. Рассматриваются возможности, особенности и структура последней версии комплекса средств автоматизированного проектирования Xilinx Embedded Development Kit™ (EDK), предназначенного для создания и отладки встраиваемых 32-разрядных микропроцессорных систем на основе ядер семейств MicroBlaze и PowerPC, реализуемых в ПЛИС серий FPGA фирмы Xilinx. Приводится краткая информация о средствах внутрикристалльной отладки 8- и 32-разрядных встраиваемых систем ChipScope™ Pro.

## УПРАВЛЯЮЩАЯ ОБОЛОЧКА САПР СЕРИИ XILINX ISE

Выбор средств моделирования разрабатываемой микропроцессорной системы, так же как и общее управление процессом её проектирования, осуществляется с помощью графической оболочки пакетов ISE Foundation и ISE WebPACK Project Navigator.

Структура основного окна управляющей оболочки, кроме стандартных элементов управления (главного меню команд и оперативной панели, содержащей кнопки быстрого доступа), включает следующие элементы:

- встроенное окно модулей исходных описаний встраиваемой микропроцессорной системы Sources Window, в котором отражается иерархическая структура разрабатываемого проекта;
- встроенное окно процессов Processes Window, содержащее интерактивный список процедур, с помощью которых выполняются соответствующие этапы проектирования;
- рабочую область Workspace, внутри которой отображается полная информация о состоянии текущего проекта, в том числе сведения о ре-

зультатах выполнения каждого этапа проектирования, а также размещаются рабочие окна программ создания и редактирования модулей исходного описания проектируемой системы (в частности, схемотехнического и текстового редакторов);

- встроенное окно консольных сообщений Transcript Window, в которое выводятся уведомления о запуске соответствующих программ пакета и результатах их выполнения, а также предупреждения и сообщения об ошибках.

Пользовательский интерфейс Project Navigator предоставляет разработчику наряду с традиционными способами управления (с помощью команд меню или кнопок оперативной панели) возможность ускоренного запуска всех необходимых процедур с помощью встроенного окна процессов Processes Window.

Запись конфигурационной последовательности разработанной микропроцессорной системы в кристалл и программирование конфигурационного ППЗУ в САПР серии Xilinx ISE осуществляется с помощью загрузочного кабеля. В настоящее время фир-

ма Xilinx выпускает загрузочные кабели трёх типов:

- JTAG-кабель, подключаемый к параллельному порту (LPT) персонального компьютера (Parallel Download Cable IV);
- загрузочный кабель Platform USB Cable, подключаемый к последовательной шине USB персонального компьютера;
- кабель, входящий в состав комплекса MultiPro Desktop Tool™.

Кроме того, можно использовать загрузочные кабели, производимые «третьими» фирмами (например, Parallel Download Cable III, выпускаемый фирмой Digilent Inc®). Данный кабель отличается низкой стоимостью и простой принципиальной схемой, приведённой в документации средств проектирования и отладочных модулей и позволяющей изготовить его самостоятельно.

Для получения новой версии программного обеспечения ISE WebPACK и ModelSim XE III Starter необходимо открыть страницу [www.xilinx.com/ise/logic\\_design\\_prod/webpack.htm](http://www.xilinx.com/ise/logic_design_prod/webpack.htm) или [www.xilinx.com/xlnx/xil\\_entry2.jsp?sMode=login&group=swreg4&SWR\\_PRODUCT\\_ID=WP82](http://www.xilinx.com/xlnx/xil_entry2.jsp?sMode=login&group=swreg4&SWR_PRODUCT_ID=WP82) и выполнить процедуру бесплатной регистрации, если до этого она не производилась. Если эта процедура уже однажды выполнялась, то при осуществлении процесса копирования новых версий пакета САПР или его обновлений достаточно воспользоваться уже имеющимися идентификационным кодом (UserID) и паролем (Password). При этом следует учитывать, что объём копируемых средств проектирования на несколько порядков превосходит размер архивов файлов микропроцессорных ядер семейства PicoBlaze. Например, суммарный объём САПР WebPACK ISE

версии 8.2i, ModelSim XE III Starter и пакета обновления Service Pack2 превышает 2 Гб. Поэтому за получением этих средств проектирования рекомендуется обратиться к официальному дистрибьютору фирмы Xilinx в России, Беларуси и Украине – ЗАО «КТИ InlineGROUP» ([www.plis.ru](http://www.plis.ru)), который бесплатно предоставляет соответствующие дистрибутивы на DVD- или CD-носителях.

### АСЕМБЛЕР КАК СРЕДСТВО РАЗРАБОТКИ ПО

Единственным средством разработки программного обеспечения для встраиваемых систем на основе ядер семейства PicoBlaze, предоставляемым непосредственно фирмой Xilinx, является ассемблер. Ассемблер осуществляет преобразование исходного текста разработанной микропроцессорной программы в исполняемый код, который должен быть затем записан в программную память встраиваемой системы. Программный модуль ассемблера для микропроцессорных ядер семейства PicoBlaze выполнен в форме DOS-приложения, которое функционирует в консольном режиме. Поэтому для его запуска рекомендуется активизировать сеанс DOS (режим командной строки) и установить в качестве текущего раздела каталог, в котором располагаются ассемблер и транслируемая микропрограмма. Для быстрого выполнения этих операций целесообразно воспользоваться какой-либо программой управления файлами, например, управляющей оболочкой Windows Commander (Total Commander), которая позволяет быстро установить требуемый текущий раздел диска и запустить сеанс DOS. Для каждой модификации микропроцессорного ядра семейства PicoBlaze предоставляется соответствующая версия ассемблера, учитывающая особенности её архитектуры и системы команд. Базовый вариант ядра, предназначенный для использования в кристаллах семейств Spartan-II, Spartan-IIe, Virtex и Virtex-E, комплектуется ассемблером KCPSM.EXE. Для ядра, применяемого в ПЛИС серий Virtex-II, Virtex-II Pro и Virtex-4, предназначен ассемблер KCPSM2.EXE. Версии микропроцессорного ядра, используемой для реализации на основе кристаллов семейств Spartan-3, Spartan-3E, Spartan-3L, Virtex-II, Virtex-II Pro, Virtex-4 и

Virtex-5, соответствует ассемблер KCPSM3.EXE. Для самого компактного варианта ядра PicoBlaze, предназначенного для применения в ПЛИС CoolRunner™-II, разработан ассемблер ASM.EXE.

При использовании штатного ассемблера ядра семейства PicoBlaze процесс подготовки исходного текста микропрограммы на языке ассемблера может осуществляться с помощью любого универсального редактора текста, поддерживающего стандартный текстовый формат. Например, для этой цели могут использоваться программы редактирования текста Notepad™ и Wordpad™, которые входят в ОС Windows™. Кроме того, исходный файл разрабатываемой микропрограммы может быть подготовлен с помощью встроенного текстового редактора САПР серии Xilinx ISE.

Для выполнения трансляции, помимо основного исходного файла, содержащего текст программы на языке ассемблера, необходимы файлы шаблонов ROM\_form.vhd и ROM\_form.coe, а также для версии ассемблера KCPSM3 файл ROM\_form.v. Эти файлы представляют собой шаблоны описания содержимого программной памяти на языках VHDL, Verilog и в формате, воспринимаемом генератором ядер Xilinx CORE Generator соответственно. Процесс трансляции выполняется в автоматическом режиме. Он включает в себя несколько последовательных проходов (фаз). Информация о ходе и результатах выполнения каждой фазы трансляции отображается в окне DOS-приложения. В этом же окне отображаются сообщения о возможных ошибках, обнаруженных в транслируемой программе.

При успешном завершении процесса трансляции ассемблер автоматически формирует набор файлов, среди которых основными являются файлы описания содержимого программной памяти, представленного в различных форматах. Для последующего использования в САПР серии Xilinx ISE необходим файл описания содержимого ППЗУ микропрограмм на языке VHDL или Verilog (только для ядра PicoBlaze, реализуемого на основе кристаллов семейств Spartan-3, Spartan-3E, Spartan-3L, Virtex-II, Virtex-II Pro, Virtex-4 и Virtex-5). Этот файл включается в состав проекта и используется на этапах синтеза и моделирования разрабатываемой микро-

процессорной системы. Кроме того, ассемблер создаёт несколько вспомогательных файлов, содержащих отладочную информацию и отчёты о ходе и результатах трансляции микропроцессорной программы. Состав этой группы файлов зависит от конкретного варианта ассемблера.

### ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СРЕДСТВ ОТЛАДКИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ВСТРАИВАЕМЫХ МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ СИСТЕМ, ВЫПОЛНЯЕМЫХ НА ОСНОВЕ ЯДЕР СЕМЕЙСТВА PICOBLAZE

Фирмой Xilinx не предусмотрено специальных отладочных средств для разработки ПО 8-разрядных встраиваемых систем, проектируемых на основе микропроцессорных ядер семейства PicoBlaze. Ассемблер предоставляет возможность обнаружения и устранения, в основном, только синтаксических ошибок в микропроцессорной программе, но не позволяет оценить соответствие процесса её функционирования требуемому алгоритму. Использование в качестве инструментов отладки микропрограмм в САПР серии Xilinx ISE средств моделирования ISE Simulator™ или системы ModelSim™ не является достаточно эффективным по следующим причинам:

- с целью минимизации суммарного времени разработки системы рекомендуется отладить микропрограмму до выполнения основных этапов процесса проектирования аппаратной платформы;
- форма представления результатов моделирования в системах ISE Simulator и ModelSim не обладает достаточной наглядностью для выполнения отладки разрабатываемой микропрограммы;
- в указанных системах отсутствует диагностика критических ошибок, возникающих во время выполнения микропроцессорных программ.

Поэтому рекомендуется в процессе разработки программного обеспечения для встраиваемых микропроцессорных систем, проектируемых на основе ядер семейства PicoBlaze, использовать специальные отладочные инструменты других фирм, наиболее доступным из которых является свободно распространяемая в Интернете система

pBlaze IDE™ (Integrated Development Environment). Система предоставляется фирмой Mediatronix®. Это интегрированная среда разработки и отладки микропроцессорных программ, которые предназначены для встраиваемых систем, выполняемых на базе 8-разрядных ядер семейства PicoBlaze. Система pBlaze IDE достаточно компактна. Выполнена она в виде одного программного модуля pBlazIDE.exe, объём которого не превосходит 1,5 Мб. Этот модуль является обычным Windows-приложением, который не требует предварительной установки и может быть активизирован непосредственно из рабочего каталога проекта встраиваемой микропроцессорной системы.

Для загрузки системы с адресов [www.mediatronix.com/tools](http://www.mediatronix.com/tools) или [www.mediatronix.com/pBlazeIDE.htm](http://www.mediatronix.com/pBlazeIDE.htm) от пользователя не требуется какой-либо регистрации. Далее, используя один из пунктов Download, расположенного на открывшейся странице, надо выполнить процедуру копирования архива, который соответствует требуемой версии. Последними версиями интегрированной среды, представленными на указанных Web-страницах к моменту подготовки данной публикации, были рабочая версия 3.6 и бета-версия 3.74.

Средства pBlazIDE в полном объёме поддерживают системы команд и директив ассемблера для всех версий микропроцессорных ядер семейства PicoBlaze, рассмотренных в первой части настоящей статьи. Кроме того, предусмотрено наличие специальных директив, которые предназначены для управления процессами отладки микропрограмм и формирования результирующих файлов. Формат этих директив подробно рассмотрен [11]. Выбор используемого типа микропроцессорного ядра осуществляется, как правило, перед началом создания исходного текста новой микропроцессорной программы. Его можно изменить как в процессе подготовки текста микропрограммы, так и после его завершения. Для этого предназначено соответствующее всплывающее меню команд.

В интегрированной среде разработки и отладки ПО для встраиваемых 8-разрядных микропроцессорных систем pBlaze IDE предусмотрено два режима работы: редактирования исходного текста микропрограмм на

языке ассемблера и моделирования процесса их выполнения. При этом поддерживается многооконный режим работы, обеспечивающий возможность одновременного создания, редактирования и отладки нескольких микропроцессорных программ. Выбор текущей отлаживаемой микропрограммы осуществляется щелчком кнопки мыши на закладке соответствующего рабочего окна редактирования. В составе рассматриваемых отладочных средств используется интеллектуальный текстовый редактор. В процессе набора исходного текста микропроцессорной программы мнемонические обозначения инструкций микропроцессорного ядра автоматически выделяются полужирным шрифтом. Таким образом, разработчику предоставляется возможность оперативного контроля синтаксиса команд непосредственно в процессе ввода исходного текста ассемблерной программы. Тем самым уменьшается общее время разработки и отладки программного обеспечения за счёт более раннего обнаружения и коррекции части синтаксических ошибок ещё на этапе редактирования, до выполнения трансляции создаваемой микропрограммы.

### Режимы отладки ПО в интегрированной среде PBLAZE IDE

Система pBlaze IDE предоставляет разработчику возможность осуществлять моделирование отлаживаемой микропроцессорной программы в непрерывном и пошаговом режиме, а также эффективно совмещать эти режимы. В пошаговом режиме эмуляция исполнения каждой команды микропрограммы поочередно иницируется разработчиком. На каждом шаге осуществляется моделирование выполнения только одной (текущей) инструкции, в строке которой в окне отладчика установлен указатель очередной выполняемой команды. Пошаговый режим позволяет контролировать содержимое регистров общего назначения, оперативной памяти, состояние флагов регистра статуса и портов ввода-вывода после выполнения каждой инструкции отлаживаемой микропроцессорной программы. При этом пользователю предоставляется также возможность интерактивного изменения содержимого внутренних регистров

общего назначения и флагов регистра состояния микропроцессорного ядра. Пошаговый режим требует достаточно большого количества времени для полной отладки микропроцессорной программы. Поэтому данный режим моделирования рекомендуется использовать при небольшом количестве команд в разрабатываемой микропрограмме и отсутствии в ней циклических конструкций.

В непрерывном режиме процесс выполнения отлаживаемой микропрограммы моделируется в полном объёме, от начала до конца, без вмешательства со стороны разработчика. Данный режим позволяет быстро оценить конечный результат выполнения разрабатываемой микропроцессорной программы, но предоставляет крайне ограниченные возможности внешнего управления ходом этого процесса. Можно только временно приостановить его выполнение, но при этом трудно зафиксировать точно момент остановки моделирования отлаживаемой микропрограммы (инструкцию, после которой нужно сделать паузу). Для решения этой проблемы следует воспользоваться возможностью установки контрольных точек (точек останова) в ходе эмуляции выполнения разрабатываемой микропрограммы. При этом процесс моделирования исполнения микропроцессорной программы автоматически приостанавливается перед исполнением команды, которая отмечена как точка останова. Во время образовавшейся паузы разработчику предоставляется возможность контроля содержимого регистров общего назначения, ячеек оперативной памяти, состояния портов ввода-вывода и флагов регистра статуса, а также их принудительного изменения. Кроме того, при остановке процесса моделирования можно также сформировать сигнал запроса прерывания. Во время остановки в контрольной точке текущее содержимое программного счётчика и указателя стека не изменяется. После внесения всех необходимых изменений процесс моделирования может быть продолжен в непрерывном режиме.

Совместить преимущества пошагового и непрерывного режимов отладки микропрограммы позволяет применение смешанного режима моделирования. При использовании такого метода отладки ПО вначале за-

пускается процесс моделирования в непрерывном режиме с указанием точек останова. Затем, при необходимости, после остановки в контрольной точке моделирование возобновляется в пошаговом режиме. Закончив пошаговую отладку требуемого фрагмента микропрограммы, можно вновь переключиться в непрерывный режим моделирования. Количество точек останова, устанавливаемых в процессе моделирования для изменения режима отладки, определяется разработчиком в соответствии с особенностями разрабатываемой микропроцессорной программы. Интегрированная среда rBlaze IDE позволяет разработчику при необходимости изменять последовательность выполнения программы, оказывая принудительные воздействия на содержимое регистров общего назначения, состояние флагов регистра статуса и портов ввода-вывода во время моделирования.

При обнаружении критических ошибок в процессе моделирования выполнения отлаживаемой микропрограммы система rBlaze IDE формирует соответствующие диагностические сообщения и предупреждения. Подробная информация о возможных сообщениях приведена в статье [11].

### **ОСОБЕННОСТИ ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКОГО ИНТЕРФЕЙСА ИНТЕГРИРОВАННОЙ СРЕДЫ РАЗРАБОТКИ И ОТЛАДКИ МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ ПРОГРАММ rBLAZE IDE**

Интуитивный пользовательский интерфейс интегрированной среды разработки и отладки ПО rBlaze IDE обеспечивает все необходимые удобства в процессе редактирования исходного текста микропроцессорных программ и наглядность процесса их отладки. Управление процессами подготовки исходного текста микропрограмм и последующим моделированием осуществляется с помощью команд основного и всплывающих меню, а также с помощью кнопок быстрого доступа, расположенных на оперативной панели. Быстрое переключение из режима моделирования в режим редактирования исходного текста микропрограммы и обратно выполняется нажатием одной кнопки. Независимо от используемого режима структура основного окна интегрированной

среды rBlaze IDE включает в себя следующие элементы:

- заголовок окна,
- главное меню,
- оперативную панель управления,
- рабочую область,
- встроенное окно журнала регистрации сообщений (Log Pane),
- строку состояния.

Некоторые из перечисленных элементов могут находиться в выключенном состоянии в соответствии с установленной настройкой основного окна. Конфигурация рабочей области основного окна отладочных средств зависит от текущего режима их функционирования. В режиме редактирования в ней отображаются только открытые окна интегрированного тестового редактора. При переходе в режим моделирования текущее активное окно редактирования преобразуется в окно отладчика. При этом в левой части рабочей области основного окна отладочных средств автоматически появляется встроенная панель, предназначенная для отображения текущего состояния регистров общего назначения и регистра состояния микропроцессорного ядра PicoBlaze. Кроме того, в этой же панели отражается информация о прерываниях. Содержимое оставшейся свободной части рабочей области окна автоматически настраивается в соответствии с особенностями отлаживаемой микропрограммы.

В правой части этой области в наглядной форме отображается текущее состояние только тех портов ввода-вывода, которые используются в отлаживаемой микропрограмме и описаны с помощью соответствующих директив [11]. Информация о значениях данных, которые поступают в порты ввода-вывода, описанные с помощью директив интегрированной среды rBlaze IDE, выводится в двоичном представлении в форме линейки индикаторов. Эти индикаторы располагаются во встроенных панелях, заголовки которых совпадают с идентификаторами портов, указанными в соответствующих директивах. Значение адреса каждого отображаемого порта ввода-вывода в шестнадцатеричном формате приводится слева от линейки индикаторов. Состояние каждого из этих индикаторов определяет значение соответствующего двоичного разряда байта данных. Вид этих индикаторов зависит

от типа соответствующего порта ввода-вывода (входной, выходной или двунаправленный). В нижней части рабочей области может открываться дополнительная встроенная панель. В этой панели в наглядной форме отображается информация, хранящаяся в ячейках ОЗУ, СОЗУ или ПЗУ с указанными адресами. При этом автоматически отображаются состояние только тех ячеек оперативной и постоянной памяти, которые описаны в соответствующих директивах интегрированной среды. Максимальное число ячеек оперативной или постоянной памяти, отображаемых в этой панели, определяется соответствующими параметрами настройки системы отладки rBlaze IDE.

Для отладки процедур обработки прерываний необходимо в процессе моделирования выполнения микропроцессорной программы сформировать соответствующий запрос. Отладочные средства rBlaze IDE позволяют моделировать выполнение прерываний, вызываемых фронтом сигнала, который поступает на вход INTERRUPT микропроцессорного ядра, или постоянным уровнем этого сигнала. Выбор типа запроса прерывания осуществляется с помощью индикаторов состояния, расположенных в соответствующей встроенной панели рабочей области.

Более подробно элементы пользовательского интерфейса отладочных средств rBlaze IDE, а также выполнение процесса разработки и отладки микропроцессорной программы с помощью данного инструмента рассмотрены в [9 – 13].

### **ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СРЕДСТВ РАЗРАБОТКИ И ОТЛАДКИ 32-РАЗРЯДНЫХ МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ ЯДЕР СЕМЕЙСТВ MICROBLAZE И POWERPC**

Основным инструментом создания и отладки встраиваемых 32-разрядных микропроцессорных систем, реализуемых в ПЛИС серий FPGA фирмы Xilinx [1–4], является комплекс средств автоматизированного проектирования Xilinx Embedded Development Kit™ (EDK). Данный комплекс САПР позволяет реализовать полный цикл разработки встраиваемых микропроцессорных систем на основе конфигурируемого 32-

разрядного ядра с RISC-архитектурой MicroBlaze [5] или аппаратного микропроцессорного модуля PowerPC [5 – 8].

Система автоматизированного проектирования Xilinx EDK поддерживается следующими операционными системами:

- Windows 2000 (Service Pack 2 и выше);
- Windows XP (Service Pack 1 и выше);
- Solaris 2.8/2.9;
- Linux Red Hat Enterprise 3.0.

Пакет Xilinx EDK рассчитан на совместную работу с соответствующей версией стандартных средств разработки проектов и программирования ПЛИС серии ISE в любой конфигурации, в т.ч. и свободно распространяемой версии ISE WebPack. В сентябре 2006 г. выпущена новая версия комплекса автоматизированного проектирования Xilinx EDK 8.2, которая предназначена для сопряжения с аналогичной версией САПР серии ISE, вышедшей несколько ранее. Последняя версия комплекса Xilinx EDK позволяет осуществлять разработку встраиваемых 32-разрядных систем на основе ПЛИС с архитектурой FPGA следующих семейств:

- Spartan-II (чипы с объёмом 50 000 системных вентилях (XC2S50) или более);
- Spartan-III;
- Spartan-3;
- Spartan-3L;
- Spartan-3E;
- Virtex/E (чипы с объёмом 50 000 системных вентилях (XCV50) или более);
- Virtex-II (чипы с объёмом 250 000 системных вентилях (XC2V250) или более);
- Virtex-II Pro;
- Virtex-4;
- Virtex-5.

Для ускорения процесса разработки и аппаратной отладки встраиваемых микропроцессорных систем, проектируемых на базе ядра MicroBlaze или модуля PowerPC, могут использоваться инструментальные комплекты и демонстрационные платы на основе соответствующих ПЛИС, выпускаемые различными производителями. В пакете Xilinx EDK предусмотрена поддержка широкого набора инструментальных комплексов и отладочных плат, в том числе:

- Xilinx Virtex-II Multimedia FF896 Development Board;

- Xilinx Virtex-II Pro ML300 Evaluation Platform;
- Xilinx Virtex-II Pro ML310 Embedded Development Platform;
- Xilinx Virtex-4 ML401/2/3/5/10 Embedded Development Platform;
- Xilinx AFX Virtex-II Pro FG456 Proto Board;
- Xilinx Spartan-3/3E Starter Kit.

Кроме указанных отладочных плат в средствах проектирования Xilinx EDK реализован механизм поддержки других аппаратных модулей, выпускаемых различными фирмами. Для работы с такими инструментальными модулями следует загрузить соответствующие файлы, которые описывают их конфигурацию. Как правило, такие файлы можно скопировать непосредственно с Web-страницы фирмы – производителя используемого инструментального модуля.

Комплекс средств проектирования Xilinx EDK является самостоятельным программным продуктом, приобретаемым в комплекте с аналогичной версией САПР серии ISE. Для изучения процесса разработки встраиваемых 32-разрядных микропроцессорных систем и начала практической работы рекомендуется воспользоваться оценочной 60-дневной бесплатной версией этого комплекса, которую можно запросить у официального дистрибьютора фирмы Xilinx.

### ОТЛИЧИТЕЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ И СОСТАВ КОМПЛЕКСА СРЕДСТВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ XILINX EMBEDDED DEVELOPMENT KIT

Отличительными особенностями комплекса средств проектирования встраиваемых микропроцессорных систем Xilinx Embedded Development Kit являются:

- возможность совместной разработки и отладки программной и аппаратной части микропроцессорной системы в рамках одного пакета;
- поддержка различных способов описания аппаратной части разрабатываемой системы;
- единая среда разработки и отладки встраиваемых микропроцессорных систем, выполняемых на основе ядер семейств MicroBlaze и PowerPC;
- тесная интеграция САПР со стандартными средствами разработки проектов и программирования ПЛИС серии Xilinx ISE: ISE WebPack и ISE Foundation;

- возможность применения разнообразных средств отладки программной и аппаратной частей создаваемых систем;
  - наличие обширной библиотеки компонентов периферийных модулей микропроцессорных систем, представленных в виде Intellectual Property IP-ядер, которые позволяют значительно ускорить и упростить процесс разработки систем на кристалле;
  - поддержка сопроцессоров для микропроцессорных ядер семейств MicroBlaze и PowerPC, реализованных в ПЛИС серии Virtex-4;
  - возможность формирования моделей аппаратной части для последующей верификации в среде пакета ModelSim XE и NcSim;
  - наличие шаблонов для разработки оригинальных пользовательских ядер;
  - возможность использования «мастера» создания новых системных платформ Base System Build Wizard™, позволяющего ускорить процесс разработки и избежать потенциальных ошибок;
  - поддержка «мастером» BSB Wizard как серийно выпускаемых отладочных плат, так и инструментальных модулей, проектируемых разработчиком;
  - наличие «мастера» Create and Import Peripheral Wizard™, который существенно облегчает включение в состав новых проектов ядер периферийных модулей, не только входящих в комплект пакета, но и разработанных пользователем;
  - усовершенствованный пользовательский интерфейс, отличающийся высокой степенью доступности и наглядности, повышающей эффективность процесса разработки.
- В состав комплекса Xilinx Embedded Development Kit входят:
- средства разработки встраиваемых микропроцессорных систем Xilinx Embedded System Tools (EST), основу которых составляет интегрированная среда Xilinx Platform Studio (XPS);
  - библиотека IP-компонентов встраиваемых микропроцессорных систем, включающая микропроцессорные ядра и периферийные модули;
  - комплект драйверов и библиотек для средств разработки ПО проектируемых систем;

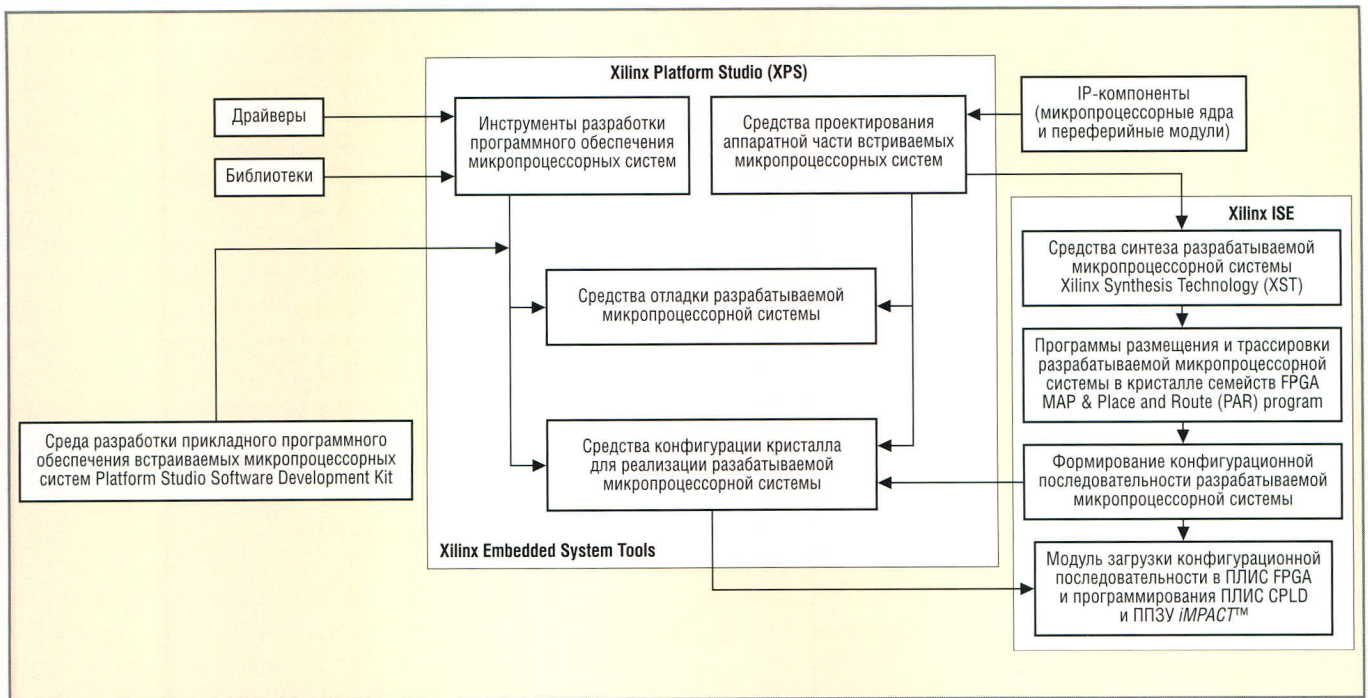


Рис. 5. Обобщённая структура комплекса средств проектирования Xilinx EDK и его взаимодействие с САПР серии Xilinx ISE

- компилятор исходного текста микропроцессорных программ, написанных на языке C, и средства отладки микропрограммного обеспечения;
- дополнительные средства разработки прикладного ПО встраиваемых микропроцессорных систем Platform Studio Software Development Kit (SDK);
- примеры проектов;
- документация.

Обобщённая структура САПР Xilinx EDK и её взаимодействие со стандартными средствами разработки проектов и программирования ПЛИС серии Xilinx ISE показаны на рис. 5.

### СТРУКТУРА СРЕДСТВ РАЗРАБОТКИ ВСТРАИВАЕМЫХ МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ СИСТЕМ XILINX EMBEDDED SYSTEM TOOLS

Средства разработки Xilinx EST представляют собой комплекс инструментов, выполненных в виде программных модулей, которые предназначены для осуществления соответствующих этапов проектирования встраиваемых микропроцессорных систем. Эти программные модули могут активизироваться как автономно, так и в составе интегрированной среды Xilinx Platform Studio. Запуск отдельных модулей пакета Xilinx EST в автономном режиме может осуществляться с помощью соответствующей командной строки.

В структуре средств разработки встраиваемых микропроцессорных систем можно выделить четыре группы программ и интегрированную среду Xilinx Platform Studio. К первой группе программ относятся инструменты, необходимые для проектирования аппаратной части встраиваемых микропроцессорных систем. В состав данной группы входят программы, выполняющие следующие функции:

- создание и редактирование спецификаций аппаратной части разрабатываемой микропроцессорной системы;
- формирование HDL-описаний и списка соединений проектируемой аппаратной платформы.

В эту же группу можно включить модули, которые используются в качестве инструментов пакета Xilinx EST, но являются самостоятельными программами или принадлежат другим системам проектирования. Такими инструментами являются программы размещения и трассировки проекта в кристаллах семейств FPGA, которые входят в состав САПР серии Xilinx ISE.

Ко второй группе относятся инструменты разработки программных компонентов встраиваемых микропроцессорных систем. В этой группе представлены программы, которые предназначены для выполнения следующих процессов:

- создание и редактирование спецификаций программной платфор-

мы, которая содержит библиотеки, драйверы и процедуры обслуживания прерываний компонентов разрабатываемой системы;

- формирование модулей программной платформы проектируемой системы;
- создание и редактирование исходных модулей прикладных программ (приложений) для разрабатываемой микропроцессорной системы;
- компиляция исходных модулей прикладных программ.

Третью группу инструментов образуют средства верификации разрабатываемой встраиваемой микропроцессорной системы. К этой группе относятся программы, которые выполняют следующие функции:

- создание и редактирование спецификаций моделей компонентов, включенных в состав аппаратной платформы разрабатываемой микропроцессорной системы;
- генерация моделей компонентов аппаратной платформы для последующей верификации проектируемой системы;
- отладка программ на уровне инструкций микропроцессорного ядра;
- комплексная отладка прикладных программ проектируемой системы.

К данной группе можно отнести также различные программы моделирования, как, например, ModelSim XE и NcSim.

Четвёртая группа объединяет средства конфигурации кристалла ПЛИС, выбранного для реализации разрабатываемой микропроцессорной системы. В состав этой группы входят программы, выполняющие следующие процедуры:

- преобразование исполняемого кода программ в загружаемый код кристаллов FPGA;
- дополнение конфигурационной последовательности ПЛИС загружаемым кодом ПО для инициализации программной памяти встраиваемой системы;
- формирование файлов конфигурации разработанной системы в различных форматах, в том числе в формате System ACE.

Кроме того, к данной группе инструментов проектирования можно причислить модуль конфигурирования ПЛИС семейств FPGA и программирования конфигурационных ПЗУ/ППЗУ iMPACT, входящий в САПР серии Xilinx ISE.

Интегрированная среда разработки Xilinx Platform Studio средств Xilinx EST предназначена для организации оптимального управления проектированием встраиваемых микропроцессорных систем на основе ПЛИС серий FPGA в среде пакета Xilinx EDK. Управляющая оболочка XPS предоставляет пользователю удобный интерфейс для максимально эффективной работы с проектом и управления всеми процессами в ходе проектирования. Запуск всех программных модулей, входящих в состав средств Xilinx EST, может осуществляться непосредственно в интегрированной среде Xilinx Platform Studio.

Интегрированная среда XPS выполняет следующие функции:

- управление созданием и редактированием проекта;
- создание и редактирование спецификации аппаратной части разрабатываемой системы MHS;
- подготовка спецификации программной платформы микропроцессорной системы MSS;
- формирование и модификация исходных файлов прикладных программ;
- управление всеми фазами процесса проектирования встраиваемых микропроцессорных систем;
- предоставление доступа ко всем инструментам, которые входят в состав средств Xilinx EST.

Пользовательский интерфейс комплекса средств проектирования Xilinx EDK выполнен в том же стиле, что и в САПР серии Xilinx ISE, особенности которого были рассмотрены ранее. Большинство этапов разработки встраиваемых микропроцессорных систем, выполняемых в интегрированной среде XPS, осуществляется с помощью соответствующих «мастеров». Такой подход позволяет избежать потенциальных ошибок в процессе проектирования.

Работа с комплексом САПР Xilinx EDK и пример разработки встраиваемой микропроцессорной системы на основе ядра семейства MicroBlaze рассмотрены в книге [5].

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Завершая обзор средств проектирования встраиваемых микропроцессорных систем, реализуемых на основе ПЛИС фирмы Xilinx, следует упомянуть также инструмент аппаратной отладки внутри чипов ChipScore Pro. В подавляющем большинстве случаев для разработки и верификации аппаратной и программной частей проектируемых микропроцессорных систем достаточно стандартного набора отладочных средств, которые были рассмотрены выше. Применение пакета ChipScore Pro наиболее эффективно в тех ситуациях, когда использование стандартного набора инструментов не дало положительных результатов. Этот пакет может использоваться для отладки как 8-, так и 32-разрядных систем, выполняемой на уровне аппаратных ресурсов чипов. Он позволяет осуществлять контроль изменения любых внутренних сигналов разрабатываемой системы непосредственно в ПЛИС, в т.ч. на внутренних шинах.

Основными компонентами системы ChipScore Pro являются IP-ядро логического анализатора, шинного анализатора и виртуального ввода-вывода, а также программа внедрения этих ядер в состав проекта разрабатываемой микропроцессорной системы. С помощью внедрённых компонентов осуществляется захват внутренних сигналов и передача их значений через порт JTAG-интерфейса и стандартный загрузочный кабель непосредственно в компьютер для последующего отображения на экране монитора. Кроме того, в пакете ChipScore Pro предусмотрена под-

держка интерфейса для подключения тестового оборудования компании Agilent Technologies®.

Пакет отладочных средств ChipScore Pro предназначен для совместной работы с аналогичной версией САПР серии ISE в любой конфигурации. Свободно распространяемая (бесплатная) оценочная 60-дневная версия этого пакета предоставляется совместно с комплексом САПР Xilinx EDK. Данную версию ChipScore Pro можно также загрузить через Интернет или запросить у официального дистрибьютора фирмы Xilinx.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Кузелин М.О., Кнышев Д.А., Зотов В.Ю. Современные семейства ПЛИС фирмы Xilinx. Справочное пособие. М.: Горячая линия – Телеком, 2004.
2. Spartan™-3 Platform FPGA Handbook. Xilinx Inc., 2003.
3. Virtex-II Pro™ Platform FPGA Handbook. Xilinx Inc., 2002.
4. Virtex-4 Handbook. Xilinx Inc., 2004.
5. Зотов В.Ю. Проектирование встраиваемых микропроцессорных систем на основе ПЛИС фирмы Xilinx. М.: Горячая линия – Телеком, 2006.
6. PowerPC Processor Reference Guide. Xilinx Inc., 2003.
7. PowerPC™ 405 Processor Block Reference Guide. Xilinx Inc., 2004.
8. Processor IP Reference Guide. Xilinx Inc., 2005.
9. Зотов В. Проектирование цифровых устройств на основе ПЛИС фирмы Xilinx в САПР WebPack ISE. М.: Горячая линия – Телеком, 2003.
10. Зотов В. pBlaze IDE – интегрированная среда разработки и отладки программного обеспечения встраиваемых 8-разрядных микропроцессорных систем, реализуемых на основе ПЛИС фирмы Xilinx. Компоненты и технологии. 2006. № 3, 4.
11. Зотов В. Директивы и сообщения об ошибках интегрированной среды разработки и отладки программного обеспечения встраиваемых систем pBlaze IDE. Компоненты и технологии. 2006. № 5.
12. Зотов В. Разработка и отладка программного обеспечения встраиваемых 8-разрядных микропроцессорных систем на основе ПЛИС фирмы Xilinx в среде pBlaze IDE. Компоненты и технологии. 2006. № 6.
13. Зотов В. Пример сквозного проектирования встраиваемой 8-разрядной микропроцессорной системы на базе ядра семейства PicoBlaze, реализуемой на основе ПЛИС фирмы Xilinx. Компоненты и технологии. 2006. №№ 7 – 9.



# Новости мира News of the World Новости мира

## Аудио ЦАП

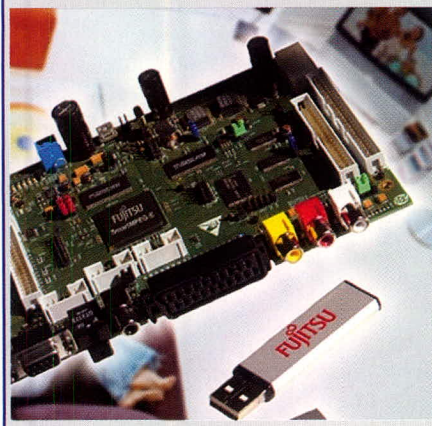
ЦАП CS4352 является чипом преобразователя фирмы Cirrus Logic, имеющий динамический диапазон 102 дБ. Встроенная линейная схема управления с аналоговым фильтром управляет непосредственно выходом с уровнем напряжения 2 В (эфф.). Чип обладает способностью опознания скорости опроса по одной из технологий Cirrus Logic. В CS4352 применена Multibit-Delta-Sigma-архитектура, чип работает от напряжения питания 9 или 12 В и аппаратно конфигурируем. Кроме того, он схож по выводам с ЦАП CS4351 фирмы Cirrus Logic и использует Popguard-технология для подавления шумов при включениях и выключениях. ЦАП CS4352 предлагается в 20-выводном корпусе TSSOP, не содержащем свинца.

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

## Чип декодера MPEG-2

Фирма Fujitsu Microelectronics Europe объявляет о MPEG-декодере, который обладает всеми наилучшими параметрами, которые требуются для решения комплектного персонального видео рекордера. SmartMPEG-E (MB86H30) разработан в European Multimedia Design Center фирмы Fujitsu Microelectronics Europe в Лангене. Элемент имеет USB 2.0 OTG (On-the-Go). В Host-режиме MB86H30 управляет жесткими дисками или другими запоминающими устройствами с выходом на USB. В Device-режиме декодер управляется от персонального компьютера. В дополнение к накопителю с USB, может подключаться еще один жесткий диск через интегрированный интерфейс ATA.

Производительность декодера благодаря ARC Tangent-A4, 6-канальному DMA-контроллеру, а также благодаря быстродействующей системе памяти обеспечивает высокие скорости чтения и записи. Элементы поставляются с PVR Middleware и драйверами Fujitsu. Для PVR-имп-



lementации в распоряжении имеются различные режимы воспроизведения и записи: один канал может записываться, а другой канал в режиме Time-Shift воспроизводится; или два канала могут записываться, а воспроизведение осуществляется с жесткого диска.

Сдвоенный видео декодер поддерживает режим «картинка-в-картинке», когда одновременно декодируются и воспроизводятся две программы. При этом пользователь может видеть одну программу и одновременно следить за записью в затемненном и масштабируемом изображении. Режим Fast-Mosaic обеспечивает представление нескольких изображений на экране, при этом одно из них изменяется в реальном времени, а остальные обновляются через каждые две секунды.

[www.emea.fujitsu.com](http://www.emea.fujitsu.com)

## Графический процессор как IP-модуль

Фирма Sci-worx разработала интерфейс камеры Marvin-5MP. IP-Modul был имплантирован на FPGA-платформе и протестирован. Он может уже сейчас поставляться и быть интегрирован в специализированные чипы.

Графические процессоры обеспечивают 12-разрядный канал данных для обработки изображений по различным алгоритмам. Комплект поставки включает в себя программную среду разработки, оценочную плату, необходимый суппорт и тренинг. Максимальное разрешение может быть выставлено на 3, 5 или 8 мегапикселей или может быть создана полностью специализированная версия по заказу клиента.

[www.sci-worx.com](http://www.sci-worx.com)

## Восьмиканальные АЦП с разрешениями 10, 12 и 14 разрядов

Компания Analog Devices предлагает 8-канальные АЦП с разрешениями 10, 12 и 14 разрядов. АЦП AD9212, AD9222 и AD9252 предназначены для переносных медицинских приборов и ультразвуковых систем. Модели AD9212 (10 разрядов) и AD9222 (12 разрядов) потребляют менее 100 мВт на один канал.

Микросхемы предлагаются в 64-выводном корпусе LFCSP размером 9 × 9 мм, работают с частотой опроса до 50 мегавыборок/с, имеют отношение сигнал/шум 70 дБ и обладают последовательными LVDS-выходами данных (Low-Voltage Differential Signaling). АЦП имеют



программируемые функции синхронизации тактовой частоты и данных, а также функции выработки цифровых эталонов, которые выдаются с интерфейса SPI. Модели AD9212 и AD9222 с сентября 2006 г. поставляются партиями.

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

## Недорогой цифровой процессор с плавающей запятой

Корпорация Texas Instruments объявила о разработке своего самого дешёвого процессора цифровых сигналов с плавающей запятой. Этот процессор, получивший название TMS320C6720, стоит всего \$5.75 и работает на частоте 200 МГц.

Он предназначен главным образом для недорогих музыкальных инструментов, медицинского и биометрического оборудования, систем радиовещания, измерительных приборов и промышленной аппаратуры.

Процессор TMS320C6720 базируется на ядре C67x+. По конфигурации выводов он совместим с процессорами TMS320C6722 и TMS320C6726. Новое устройство имеет 64 Кб встроенной памяти RAM, 32 Кб для хранения команд и 384 Кб ROM. В ROM загружена программа BIOS, ядро, ориентированное на работу в реальном времени, а также оптимизированные библиотеки наиболее употребительных функций. Имеется также удобный в использовании движок прямого доступа к памяти dMAX, который повышает производительность приложений.

TMS320C6720 поддерживается рядом фирменных инструментальных средств разработки, включая Code Composer Studio Integrated Development Environment, а также Lyrtech Professional Audio Development Kit (PADK), который даёт разработчикам возможность тестировать процессоры с ядром C672x для работы со звуковыми устройствами.

[www.e7e.ru](http://www.e7e.ru)

# Обзор новинок производителя промышленной мебели «ГЕФЕСД»

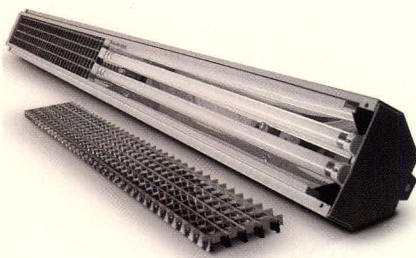
Юрий Денисов (Санкт-Петербург)

Представленная в статье информация о достижениях и новинках компании ООО «ГЕФЕСД» поможет при выборе промышленной мебели.

На протяжении четырёх лет компания «ГЕФЕСД» анализирует потребности рынка промышленной мебели и его состояние. Рынок электронной промышленности растёт непрерывно и с нарастающими темпами. Всё больше предприятий переносят свои производства в Россию и организуют замкнутый производственный цикл. Анализ продаж промышленной мебели по регионам России – от Камчатки до Калининграда – говорит о тенденции перевооружения и строительства новых производств. При этом заметно смещение этих производств в сторону центра России. Наряду с этим имеется дефицит информации о рынке промышленной мебели. Этот дефицит компания «ГЕФЕСД» заполняет регулярным участием в выставках и форумах, организуемых по всей России.

Несколько слов о компании «ГЕФЕСД». Это молодая и динамично развивающаяся компания, производящая промышленную мебель широкой номенклатуры, в т.ч. и антистатическую. Линейка выпускаемого оборудования может быть подстроена под любой производственный процесс. Основные серии промышленной мебели: «СТАНДАРТ», «БИЗНЕС», «КАСКАД» и «ОСТРОВНАЯ». Все эти серии были

представлены на многочисленных выставках, подробно описаны на сайте компании и в каталоге выпускаемой продукции. Отметим особенности промышленной мебели и представим новинки, которые «ГЕФЕСД» подготовил для своих клиентов.



Основное достижение компании – это особое покрытие рабочей поверхности промышленной мебели: слоистый пластик высокого давления с токопроводящими свойствами толщиной 0,6 мм. Данное покрытие рассчитано на интенсивные нагрузки и не требует использования коврика. Рабочая поверхность промышленной мебели «ГЕФЕСД» напоминает по своим качествам кухонную столешницу. Интенсивность воздействия на неё сравнима с нагрузками на столярный верстак. Столешница изготавливается на собственном производстве компании и может быть выполнена по индивидуальным размерам, необходимым заказчику.

Следующее достижение компании «ГЕФЕСД» – это применение новейших технологий при окраске металлических поверхностей. Краска с токопроводящими свойствами требует специального способа нанесения, режима обжига и полимеризации. При этом применяется специализированное оборудование, особенное в том смысле, что только с его помощью можно наносить токопроводящие краски. Все металлические поверхности промышленной мебели «ГЕФЕСД» выкрашены токопроводящей эпоксидно-полиэфирной краской и при напряжении 100 В имеют поверхностное сопротив-

ление 1...10 МОм в зависимости от толщины плёнки.

Особое место при разработке промышленной мебели занимает вопрос освещённости рабочего места. Помещения, в которых приходится работать, осветительные приборы, отсутствие естественного источника света, – всё это пагубно сказывается на здоровье сотрудника. Компания «ГЕФЕСД», учитывая требования норм освещённости, разработала и выпустила высококачественный светильник. Этот продукт отвечает самым высоким требованиям и не имеет аналогов в России. 112 Вт, 3200 лк дневного света при частоте 400 Гц при плавном нагреве – таковы параметры светильников, обеспечивающих рабочие места освещённостью высокого качества.

«Узкая специализация говорит о высоком профессионализме» – девиз, которого придерживается компания «ГЕФЕСД». Обратившись в компанию, клиенты получают ответы на интересующие вопросы; им помогают подобрать оптимальный модельный ряд промышленной мебели и при этом сэкономить капиталовложения.

Важной особенностью компании является гибкость и возможность индивидуального исполнения рабочего места. Вопросы организации рабочего места, моделирование жизненного пространства, изучение влияния побочных факторов на здоровье специалиста – эти и другие вопросы повседневно изучаются и анализируются конструкторами фирмы.

С момента выпуска первой партии промышленной мебели компания «ГЕФЕСД» укомплектовала более шести тысяч рабочих мест. Клиентами компании являются более двух тысяч российских и зарубежных предприятий. Вся продукция компании сертифицирована и защищена патентами Российской Федерации.

ООО «ГЕФЕСД»

197349 Санкт-Петербург

Автобусная ул., д. 3

+7 (812) 302-2977

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

[gefesd@gefesd.ru](mailto:gefesd@gefesd.ru)



# Новости мира News of the World Новости мира

## Коммутационная матрица 32 × 32

Компания Analog Devices представляет два аналоговых коммутатора 32 × 32 с шириной полосы 500 МГц (модели AD8117 и AD8118), разработанных для видео приложений высокого разрешения, например, видео сигналов QXGA (Quantum Extended Graphics Array).

Конструкция элемента обеспечивает возможность любых комбинаций дифференциальных и привязанных к массе входов и выходов с такими характеристиками, как ширина полосы 500 МГц, скорость нарастания напряжения 1800 В/мкс, неравномерность усиления. Коммутационные матрицы потребляют 2,5 мВт на одну точку коммутации при напряжении питания +5 или ±2,5 В. Потребляемый ток в режиме Standby 200 мА, а ток покоя составляет 500 мА. Аналоговые коммутаторы AD8117 и AD8118 будут поставляться партиями из серийного производства в четвертом квартале 2006 года. Обе модели предлагаются в 304-выводном корпусе BGA с улучшенными температурными характеристиками. Они специфицированы для работы в промышленном температурном диапазоне (-40...+85°C).

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

## Семейство PIC10F в корпусе DFN

Фирма Microchip поставляет теперь свои шестиконтактные МК семейства PIC10F в корпусах DFN размером 2 × 3 мм. Три модели 8-контактного Baseline PIC-семейства с дополнительным входом/выходом и расширенной функциональностью также имеются в этом корпусе. Для корпуса DFN при меньшей высоте требуется на 30% меньше места, чем для корпуса SOT-23.

МК имеют следующий состав аппаратных средств и характеристик: 8-разрядный АЦП, аналоговые компараторы, цифровые I/O с током исток/сток 25 мА, 8-разрядный таймер и сторожевой таймер, внутренний прецизионный генератор (до 8 МГц), Device Reset Timer (DRT) и Power On Reset (POR), спящий режим с потреблением 100 нА, диапазон рабочего напряжения 2,0...5,5 В, до 1К 12-разрядных команд в программной Flash-памяти, память данных до 41 байт, технология In-Circuit Serial Programming™.

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

## Семейство FPGA 1,2 В

Фирма Actel представляет семейство FPGA под названием IGLOO, которое соз-

дано на базе flash и в статическом режиме потребляет 5 мВт. Это позволяет обрабатывать в частности переносные портативные устройства. Как решение FPGA на 1,2 В семейство обеспечивает многие режимы работы, потребление мощности в которых оптимизировано: режим Flash\*Freeze, режим Low-Power для активной работы и спящий режим. В режиме Flash\*Freeze технология Flash\*Freeze фирмы Actel обеспечивает экономию расхода энергии, тогда как содержимое FPGA сохраняется. Содержимое SRAM и регистров сохраняется, однако не синхронизируется. FPGA имеют до 3 млн системных вентилях, содержат до 616 входов-выходов пользователя, шесть PLL (Phase-Locked Loops) и 504 Кбит RAM.

FPGA имеются в версиях для коммерческого и промышленного температурных диапазонов. Они предлагаются в корпусе Chip-Scale размером 8 г 8 мм с 196 выводами. Операционная среда разработки Libero была доработана для Low-Power-FPGA. Кроме того, пользователи могут с помощью содержащегося в Libero инструмента анализа SmartPower оценивать потребляемую мощность FPGA.

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

## IBM усиливает позиции Power Architecture выпуском новых экономичных процессоров

IBM анонсировала две Low-Power модели семейства чипов Power, а также новые процессорные ядра, сочетающие высокую производительность с экономичностью работы.

Два новых одноядерных процессора PowerPC доступны уже сейчас. 32-битовая модель PowerPC 750CL потребляет вдвое меньше энергии, чем ее предшественница, и работает с тактовыми частотами от 400 МГц до 1 ГГц. Она содержит 256 Кб кэша L2 и предназначена для использования в бытовой электронике, сетевом оборудовании, системах хранения информации и прочих встраиваемых приложениях. PowerPC 970GX поддерживает 32- и 64-битовые вычисления. Расход энергии у чипа такой же как у PowerPC 970FX, развитием которого он является, но размер кэш-памяти удвоен и составляет 1 Мб. Высокая тактовая частота от 1,2 до 2,5 ГГц позволяет применять новый процессор для решения задач, требующих интенсивную обработку данных в таких областях, как коммуникации, графика и мультимедиа.

IBM также представила микросхему CPC965, служащую дополнением к процессорам серии 970. Она обеспечивает функции ввода-вывода и потребляет существенно меньше энергии, чем сопоставимые чипы-мосты. Ее поставки начнутся в марте 2007 г.

И, наконец, анонсированы три новых 32-разрядных процессорных ядра. Одно из них – 460S – синтезируемое ядро, предлагающее возможность выбора размеров кэша L1 и L2 и версии шины PLB (processor local bus) для одно- или многопроцессорной работы. Два других – это 464FP H90 и 464 H90. Первое из них отличается интегрированным блоком вычислений двойной точности с плавающей запятой, оба имеют легко модифицируемый дизайн и могут производиться как IBM так и на мощностях Common Platform компаний Chartered Semiconductor Manufacturing и Samsung Electronics.

[www.itc.ua](http://www.itc.ua)

## Atmel и Magellan представляют новое поколение чипсетов GPS

Корпорация Atmel и Magellan анонсировали выход нового чипсета ATR0663, интегрирующего наиболее передовую технологию GPS-корреляции с процессором на базе ARM926EJ-S. Устройство содержит дополнительные DSP-инструкции и поддерживает расширенный ряд периферийного оборудования. Оно призвано упростить задачу проектирования продуктов для быстрорастущего рынка персональных навигационных устройств, автомобильных GPS-систем и инструментальной для активного отдыха.

ATR0663 содержит приемник GPS-сигналов, контроллер ЖК-дисплея размерами 2048 × 2048 пикселей с интегрированным ускорителем 2D-графики, аудиоконтроллер AC97, интерфейс для подключения оптического сенсора. Он поддерживает множество опций ввода-вывода: Ethernet, USB 2.0 (в том числе хост), SD/MMC, TWI и USART. Двойной внешний интерфейс и 9-слойная шинная матрица обеспечивают быстрый доступ к памяти без чрезмерной загрузки микропроцессора.

Собственно движок GPS основан на технологии компании Magellan, поддерживает горячий запуск (менее чем за 2 с) и наивысшую чувствительность (-159 дБм), что повышает надежность работы в условиях слабого сигнала.

[www.itc.ua](http://www.itc.ua)

# «ЭлектроТехноЭкспо-2006» – юбилейная выставка

17–20 октября 2006 года в 57 павильоне Всероссийского выставочного центра состоялась 5-я Юбилейная международная специализированная выставка электротехнического оборудования и новых технологий в электроэнергетике «ЭлектроТехноЭкспо-2006». Организаторы выставки: ООО «Майер Джей Экспо» и ЗАО «Экспоцентр». Выставка прошла под патронажем Торгово-промышленной палаты РФ, при поддержке Министерства промышленности и энергетики РФ, Российской академии электротехнических наук, а также при содействии Российской инженерной академии и Международной организации «Интерэлектро».

В 2006 г. выставка «ЭлектроТехноЭкспо» собрала на своей площадке более 200 компаний, представляющих различные ответвления электротехнической и электроэнергетической промышленности. В подтверждение международного статуса проекта увеличилось число иностранных участников, большую часть из которых составили немецкие и турецкие компании. Яркую заявку о себе Франция – в этом году на выставке были представлены флагман индустрии Legrand и производитель тороидальных трансформаторов Diffuselec International.

Также в экспозиции приняли участие компании из Республики Беларусь, Италии, Северной Ирландии, Китая, Литвы, Украины, Финляндии и Чехии.

Специалистов, которых за четыре дня работы выставки было около 7500, привлекла научная и деловая программа мероприятий, которая вполне соответствовала статусу пятой юбилейной экспозиции. Успешно прошла Седьмая научно-техническая конференция по новым разработкам электрооборудо-

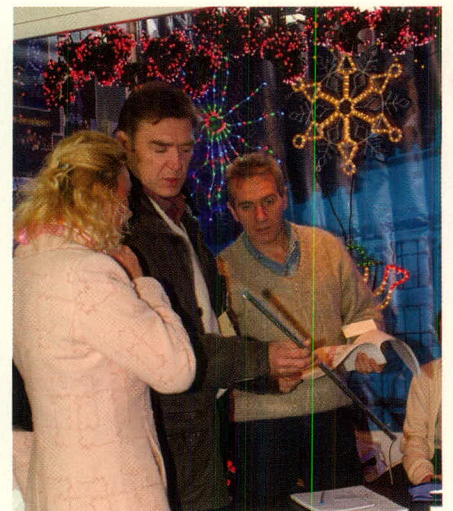
вания городского транспорта, инициаторами которой являются Министерство транспорта РФ, и партнер проекта международная организация «Интерэлектро». В рамках выставки в конференц-зале состоялась Третья международная конференция по возобновляемой и малой энергетике, организованная Российской инженерной академией. Данной тематике была посвящена отдельная экспозиция, где свои инновационные разработки представили 20 организаций, научных центров и научно-исследовательских институтов. Участники этой экспозиции, а именно завод Интех-энерго-информ, а также научно-инженерный центр ВИНДЭК были представлены к награждению почетными дипломами за подписью Президента ТПП РФ Примакова Е.М. за вклад в развитие отечественной электротехники и электроэнергетики и внедрение инновационных разработок. Еще одним обладателем высокой награды стал ведущий российский научно-исследовательский институт ГУП ВЭИ им. Лени-

на, которой в 2006 г. отметил 85 лет со дня основания.

В «Деловом клубе» выставки состоялись презентации новейшего цифрового электротехнического оборудования, защит от перенапряжения, строительной техники, а также первых российских электротехнических шкафов европейского качества со степенью защиты IP 55.

Данные официального аудита показали, что более 90% посетителей «ЭлектроТехноЭкспо» – профильные специалисты, что, безусловно, подтверждает статус выставки как одной из ведущих, а теперь уже и крупнейших в своей отрасли.

В своём обращении к участникам и гостям экспозиции Президент Торгово-промышленной палаты РФ Примаков Е.М. сказал: «Уверен, что выставка “ЭлектроТехноЭкспо” не только имеет большое значение для регионального бизнеса, но и, преодолевая национальные границы, способствует укреплению международной кооперации». Проект действительно вырос, окончательно вышел на лидирующие позиции и продолжает набирать обороты. Свидетельство тому – планируемое увеличение площади экспозиции, улучшение условий участия и, как следствие, переход на новую выставочную площадку «Крокус Экспо». Организаторы заверили всех, что даты проведения шестой по счету выставки останутся традиционными и будут объявлены в самое ближайшее время.



## Интегральные схемы 8-разрядных датчиков угла поворота

Фирма **Austriamicrosystems** представляет интегральные схемы магнитных 8-разрядных датчиков угла поворота AS5030 и AS5130 с функцией пусковой кнопки и режимом энергосбережения. Интегральные схемы имеют угловое разрешение 1,4 градуса по всему диапазону 360°. Угловое положение выдается через цифровой последовательный интерфейс (SSI) или через ШИМ-выходы. Оба элемента имеют функцию пусковой кнопки с определяемыми пользователями пределами смещения между магнитом и элементом. Оба элемента питаются от напряжения 5 В, рассчитаны на работу в температурном диапазоне -40...+125°C и работают со скоростью вращения до 30 000 об/мин. AS5030 предлагается в корпусе TSSOP16, а AS5130 в корпусе SSOP16, оба корпуса без содержания свинца. Образцы AS5030 имеются в наличии, образцы AS5130 появятся в первом квартале 2007 г.

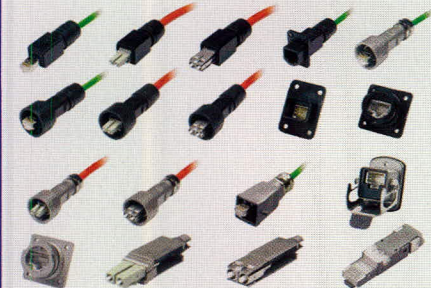
[www.austriamicrosystems.com](http://www.austriamicrosystems.com)

## Система соединителей Ethernet

Фирма **Weidmuller** представила семейство гигабайтных промышленных соединителей Ethernet под названием **Steadytec**. Полностью экранированные соединители соответствуют Cat.6, компактны и монтируются в полевых условиях без применения специальных инструментов.

Характеристики модульной концепции платформ:

- проходные IP67-решения для медных и LWL-кабелей;
- множество вариантов за счет комбинационных возможностей использования;
- гигабитные RJ45-соединители, монтируемые в полевых условиях без применения специальных инструментов;
- кабели из различных материалов;



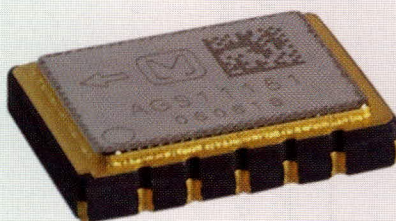
- прочный, стабильный корпус из пластмассы или цинковый, изготовленный литьем под давлением;
- технология контактов с более чем 750 циклами соединений для разъемов согласно IEC 60603-7

IE-Line соединители являются гигабайтными и соответствуют IEC 61076-3-106. Указанные в нормах соединители вариантов 4 и 5 (Profinet) и варианта 1 (Ethernet IP) сверх этого отвечают требованиям норм по прокладке кабелей в промышленных зданиях ISO/IEC 24702 (FDIS), prEN50173-1:2006, IEC 61918 (Automation Island), а также прокладки полевых шин Ethernet являются совместной разработкой BTR NETCOM, Telegartner и Weidmuller.

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

## Одноосный акселерометр

Одноосный акселерометр GS1 является микромеханическим емкостным датчиком ускорения фирмы **Panasonic Electric Works**. Датчик, реализованный в форме двухчипного решения, состоит из полу-



проводникового сенсорного элемента, изготовленного по технологии MEMS, и специально разработанной для этого интегральной схемы, которая обрабатывает емкостной сигнал измерения элемента сенсора и преобразует его в выходной сигнал напряжения. Сенсор, размещенный в керамическом корпусе, предлагается как элемент для поверхностного монтажа, конструктивные размеры: 6,2 × 8,5 × 1,6 мм.

[www.panasonic-electric-works.de](http://www.panasonic-electric-works.de)

## Выключатели фирмы Alps

Фирма **Alps** расширяет серию SLLQ выключателями с комбинированной качающейся/нажимной функцией переключения, которые включаются в трех направлениях: отклонением вперед, назад и нажатием по центру. Размеры составляют 8,0 × 5,0 × 3,5 мм. Угол включения составляет 18 градусов в каждом направлении, а срок службы до 200.000 циклов переключения. Качающиеся/нажимные

переключатели предназначаются для переносных электронных приборов, так как они позволяют производить одним переключателем маркировку и выбор пунктов меню на малых экранах.

<http://www.alps.com>

## USB- и аудио-коммутаторы

Мультимедийные коммутаторы компании **Fairchild** представляют собой комбинацию USB- и аудио-функций коммутации в одном корпусе, за счет чего через разъемное соединение могут проходить либо USB-, либо аудио-сигналы без применения дополнительных компонентов. Аналоговые DPDT-коммутаторы FSA201 и FSA221 имеют отрицательный диапазон сигнала до -2,0 В и сопротивление в открытом состоянии 3 Ом. Защита от электростатических разрядов составляет 10 кВ. FSA201 с максимальной скоростью USB 1.1, равной 12 Mbps, предлагается в корпусе MicroPak (1,6 × 2,1 мм). FSA221 (USB 2.0, 480 Мб/с) поставляется в корпусе UMLP размером 1,4 × 1,8 × 0,55 мм. Оба коммутатора соответствуют или превышают требования к продуктам, не содержащим свинца, в соответствии со стандартами IPC/JEDEC и J-STD-020C.

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

## Модули дисплеев в формате 128 × 64

Фирма **Anders Electronics** предлагает модули STN-дисплеев 128x64 с различными опциями поляризаторов, подсветки и режимов работы. Они предназначаются для приложений, использующих микроконтроллеры с интегрированными схемами управления дисплеями. К новым стандартным продуктам относятся четыре 3-дюймовых модуля серии ADJC, имеющей поле обзора 66,14 × 41,32 мм, а также технологию CoG (Chip on Glass) с профилем Sub-8mm. Предлагаются на выбор цвета задней подсветки, в том числе комбинация синей подсветки с позитивным, трансфлективным режимом индикации. Другими опциями является задняя подсветка с оранжевыми, желтыми или белыми светодиодами. Ток потребления составляет 0,3 мА и несколько микроампер в режиме Stand-by. Могут быть реализованы специальные решения, например, со слоем цветной печати по оригиналу. Предложение включает в себя также модули, удовлетворяющие требованиям норм автомобильной промышленности.

<http://www.channel-e.de>

СТАТЬЯ	№ журнала
<b>РЫНОК</b>	
Российский рынок твердотельных источников света и плоских дисплеев	1
Аттестат зрелости на рынке контрактного производства <i>Вадим Лысов</i>	1
Новости российских фирм	2, 3, 4
Компоненты аналоговой электроники на российском рынке	2
Компоненты для цифровой обработки сигналов на российском рынке	3
Повышение качества оборонной продукции – главная цель пятилетней практической деятельности Системы добровольной сертификации «Военный Регистр» <i>Валерий Маянский, Юрий Земцов</i>	4
Проблемы применения перспективной электронной компонентной базы в космосе <i>Николай Данилин, Сергей Белослудцев</i>	4
Применение импортных ЭРИ в современной специальной аппаратуре <i>Виталий Зубавичус</i>	4
Новости российского рынка	5, 6, 7, 8, 9
Контрафактная продукция на рынке электронных компонентов <i>Юрий Урличич, Николай Данилин, Дмитрий Чернов, Сергей Белослудцев</i>	5
Проблемы тестирования электронных компонентов российского и западноевропейского производства <i>Юрий Урличич, Николай Данилин, Дмитрий Чернов, Сергей Белослудцев</i>	9
<b>СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ</b>	
Оптика для твердотельных источников света (часть 2) <i>Юрий Широков</i>	1
Передовые технологии фирмы Sharp в изготовлении ЖК-дисплеев для различных применений <i>Виктор Жданкин</i>	1
Интеграция IP-телефонии в пользовательские устройства <i>Артём Фокин</i>	3
Полупроводниковые материалы и приборы для жёстких условий эксплуатации <i>Александр Полищук</i>	4
Мультисенсорные навигационные системы для локального позиционирования <i>Александр Самарин</i>	6
WiMax – воплощение идеи беспроводной широкополосной связи <i>Амит Дир</i>	9
<b>КОМПОНЕНТЫ</b>	
Вопросы выбора мощных светодиодных ламп для светотехнических применений <i>Александр Полищук</i>	1
Современные мощные светодиоды и их оптика <i>Александр Бурняшев</i>	1
OLED-микродисплеи фирмы eMagin <i>Александр Самарин</i>	1
Кнопочные переключатели и индикаторы компании Bulgin <i>Ольга Гуреева</i>	1
Новости российских фирм	1
Современные модели интегральных операционных усилителей <i>Георгий Волович</i>	2
Усилители с токовой обратной связью <i>Николай Савенко</i>	2
Микросхемы для современных УМЗЧ <i>Игорь Безверхний</i>	2
Прецизионные системы сбора данных семейства MSC12xx фирмы Texas Instruments <i>Павел Редькин</i>	2, 3, 4, 5
Обзор кристаллов ПЛИС компании Xilinx <i>Андрей Селезёнкин</i>	3
Концепт-микроконтроллер IPC@CHIP <i>Игорь Петров</i>	3
Суперконденсаторы для электроники <i>Александр Деспотули, Александра Андреева</i>	5, 6
Обзор современных конденсаторов <i>Иван Голубев</i>	5
Современные индуктивные элементы для РЗА <i>Алексей Арбузов</i>	5
Новые конструктивные решения электромагнитных реле <i>Андрей Селезёнкин</i>	5

СТАТЬЯ	№ журнала
<b>КОМПОНЕНТЫ</b>	
<b>Особенности применения электромеханических соединителей для поверхностного монтажа</b> <i>Ольга Гуреева</i>	5
<b>LEMO – современные соединители для жёстких условий эксплуатации</b> <i>Илья Шевелёв</i>	5
<b>Современные магнитомягкие материалы для силовой электроники</b> <i>Алексей Куневич, Алексей Максимов</i>	5
<b>Новые продукты от Anadigm</b>	5
<b>Акселерометры и гироскопы для портативных устройств</b> <i>Николай Савенко</i>	6
<b>Датчики температуры</b> <i>Алексей Журав</i>	6
<b>Аналоговые датчики температуры, влажности и давления</b> <i>Владимир Бартенев, Максим Бартенев</i>	6
<b>Микрокамертонные кварцевые датчики</b> <i>Валерий Симонов</i>	6
<b>Платиновые тонкоплёночные датчики температуры фирмы Heraeus Sensor Technology</b> <i>Александр Ядевич</i>	6
<b>Датчики компании «ПРОСОФТ-Системы»</b> <i>Павел Галаган, Григорий Пургин</i>	6
<b>Микроконтроллеры семейства LPC2000 (ARM7TDMI-S) от Philips – ещё один шаг к идеальной платформе для встраиваемых приложений</b> <i>Павел Редькин</i>	7, 8, 9
<b>Микроконтроллеры ColdFire от Freescale Semiconductor – новый импульс развития</b> <i>Татьяна Ремизевич</i>	7, 8
<b>ARM Cirrus Logic: твоя система на кристалле</b> <i>Андрей Архипов</i>	7
<b>Микроконтроллеры серии ADuC7000</b> <i>Виктор Охрименко</i>	7
<b>Датчики давления – перспективы развития</b> <i>Илья Чепурин</i>	7
<b>Сравнительные характеристики герметичных щелочных аккумуляторов для электропитания портативной аппаратуры</b> <i>Алевтина Таганова</i>	8
<b>О замене маломощных высоковольтных диодов фирмы Philips</b> <i>Александр Крацько</i>	8
<b>Современные российские силовые модули</b> <i>Владимир Пастухов</i>	8
<b>СХЕМНЫЕ РЕШЕНИЯ</b>	
<b>Применение ММС-карт в микроконтроллерных системах</b> <i>Олег Пушкарёв</i>	1
<b>Фильтры сигналов низких и инфранизких частот на переключаемых конденсаторах</b> <i>Владимир Семёнов</i>	2
<b>Защита высокоскоростных коммутационных портов</b> <i>Тим Ардлей</i>	5
<b>Простой цифровой термометр с точностью 0,4°C</b> <i>Рикардо Хименес, Нефтали Салазар, Майорал Улисес</i>	6
<b>Поиск «идеальных» решений в силовой электронике: от постановки задачи до реализации проекта</b> <i>Василий Боровиков, Юрий Красников</i>	8
<b>УЗЛЫ И МОДУЛИ</b>	
<b>Тестирование шины Micro Lan</b> <i>Андрей Шабронов</i>	1
<b>Новости российских фирм</b>	1
<b>Модули PWD-433: беспроводные решения – это просто!</b> <i>Андрей Архипов</i>	3
<b>Микропроцессорное зарядное устройство</b> <i>Олег Пушкарёв</i>	3
<b>Результаты испытаний радиационно-стойких DC/DC-преобразователей фирмы Interpoint воздействием ионизирующих излучений низкой и высокой интенсивности</b> <i>Виктор Жданкин</i>	4
<b>Оптимизированные твердотельные накопители компании SimpleTech для военных задач особой важности</b> <i>Андрей Лебедев</i>	4
<b>Однокристалльные трансиверы Nordic Semiconductor – новые стандарты беспроводной связи</b> <i>Андрей Архипов</i>	4
<b>Вентиляторы для радиоэлектронной аппаратуры</b> <i>Леонид Вихарев</i>	5

СТАТЬЯ	№ журнала
<b>УЗЛЫ И МОДУЛИ</b>	
<b>Особенности применения модулей вторичного электропитания с расширенным диапазоном входного напряжения</b> <i>Александр Гончаров, Олег Негреба</i>	7
<b>Особенности механического сжатия силовых прижимных полупроводниковых приборов</b> <i>Алексей Чекмарёв</i>	8
<b>Разработка интегрированных силовых модулей и их применение в источниках вторичного электропитания</b> <i>Саркис Эраносян, Владимир Ланцов</i>	8
<b>Обзор новинок компании Mean Well</b> <i>Кирилл Иванов</i>	8
<b>Компоненты и решения для задач беспроводной телеметрии</b> <i>Александр Стратиенко</i>	9
<b>Аппаратные средства реализации беспроводных решений ZigBee/802.15.4</b> <i>Михаил Соколов, Александр Гришин</i>	9
<b>ПРОЕКТЫ</b>	
<b>Сеть сбора данных и управления на базе многофункциональных криптозащищённых радиосенсоров</b> <i>Александр Елисеев</i>	1
<b>Система сбора данных нового поколения</b> <i>Владимир Чепелев</i>	3
<b>Телевизионная видеокамера с цифровой обработкой сигнала в реальном времени</b> <i>Андрей Бондаренко, Игорь Докучаев, Михаил Князев</i>	3
<b>Многоканальный счётчик-регистратор</b> <i>Юрий Мартышевский, Валерий Кормилин</i>	4
<b>Зарядное устройство для автомобильной и аккумуляторной батареи</b> <i>Сергей Шишкин</i>	5
<b>Микропроцессорный коммутатор аудиосигналов</b> <i>Олег Пушкарёв</i>	6
<b>Система сбора информации</b> <i>Юрий Мартышевский</i>	7
<b>Разработка модуля беспроводной передачи телеметрических данных в диапазоне частот 2,4 ГГц</b> <i>Александр Алы</i>	9
<b>RIT35 – современные GSM-системы мониторинга</b> <i>Александр Минаев, Юлия Ващенко</i>	9
<b>Цифровой регулятор температуры с дистанционным управлением по GSM-каналу</b> <i>Владимир Бартнев</i>	9
<b>Микропроцессорный беспроводной измеритель расхода электроэнергии</b> <i>Пётр Иванов</i>	9
<b>DiSEqC-коммутатор на четырнадцать выходов с функцией мониторинга принимаемых команд</b> <i>Александр Данилин</i>	9
<b>ПРИБОРЫ</b>	
<b>Прецизионный термометр на основе пьезочастотных датчиков температуры для промышленного применения</b> <i>Дмитрий Тумайкин</i>	6
<b>Микроконтроллеры AVR в устройстве защиты аппаратуры от аномального напряжения сети 220 В</b> <i>Роман Булышев</i>	8
<b>ПРОЕКТИРОВАНИЕ И МОДЕЛИРОВАНИЕ</b>	
<b>Сердечники из расплывённого железа в импульсных источниках питания</b> <i>Джим Кокс</i>	1, 2, 3
<b>Оптимальные фильтрокомпенсирующие устройства для силовых полупроводниковых преобразователей</b> <i>Леонид Добрусин</i>	1
<b>Особенности разработки динамических конфигураций программируемых аналоговых интегральных схем в среде САПР AnadigmDesigner<sup>®</sup>2</b> <i>Александр Полищук, Анна Полищук</i>	2
<b>Высококачественный широкополосный приёмный тракт. Моделирование в среде MATLAB. Оптимизация динамического диапазона и чувствительности</b> <i>Владимир Болдырев</i>	2, 3
<b>Схемы, методики и сценарии тестирования SPICE-совместимых макромоделей операционных усилителей</b> <i>Сергей Лозицкий</i>	2, 3, 4, 5, 6, 7
<b>Синтез цифровых полуполосных КИХ-фильтров без умножителей</b> <i>Александр Мингазин</i>	3
<b>Цифровое формирование управляющих сигналов оптимальной следящей системы</b> <i>Юрий Теложе, Игорь Маркович, Владимир Чуйков</i>	3
<b>Обеспечение теплового режима мощных светодиодных ламп при разработке светотехнических устройств</b> <i>Александр Полищук</i>	3
<b>Применение локальных сетей передачи информации в вычислительных комплексах малогабаритных устройств</b> <i>Олег Шатров</i>	4
<b>Многоканальный UART с эффективным использованием ресурсов кристалла ПЛИС</b> <i>Алексей Шабалин</i>	4

СТАТЬЯ	№ журнала
<b>ПРОЕКТИРОВАНИЕ И МОДЕЛИРОВАНИЕ</b>	
Современные методы автоматизации измерительных и технологических процессов <i>Усман Фейзаханов, Данила Таликов</i>	4
Оптимизационные преобразования VHDL-моделей цифровых систем <i>Пётр Бибило, Денис Кочанов</i>	5
Программное обеспечение для анализа схмотехнического проекта в базисах ПЛИС и БМК <i>Сергей Артёмов</i>	6
Измерение индуктивности рассеяния в трансформаторах импульсных преобразователей с помощью LRC-метра <i>Дмитрий Бердников</i>	8
Моделирование управления по току в импульсных источниках питания <i>Рэй Ридли</i>	8
Теоретические основы и моделирование корреляционного метода обнаружения источников шума <i>Владимир Болдырев</i>	9
<b>ПРОГРАММИРОВАНИЕ</b>	
Практикум программиста USB-устройств. Часть 3. Расширение функций ядра USB-устройства <i>Дмитрий Чекунов</i>	1, 2
Программа-симулятор PIC Simulator IDE <i>Александр Данилин</i>	4
Практикум программиста USB-устройств. Часть 4. Разработка программатора МК P89LPC9xx <i>Дмитрий Чекунов</i>	6, 7, 8
Операционные системы реального времени для 32-разрядных микропроцессоров <i>Сергей Золотарёв</i>	7
Средства проектирования встраиваемых микропроцессорных систем, реализуемых на основе ПЛИС фирмы Xilinx <i>Валерий Зотов</i>	7, 8, 9
Увеличение производительности USB в мобильных разработках <i>Стив Колоковски</i>	9
<b>ОБОРУДОВАНИЕ</b>	
Обзор новинок производителя промышленной мебели «ГЕФЕСД» <i>Юрий Денисов</i>	9
<b>СОБЫТИЯ</b>	
2-я Международная специализированная выставка «Силовая электроника»	1
Международная выставка и конференция «Беспроводные и мобильные технологии»	1
Семинар компании Mentor Graphics	1
Семинар фирмы Radius Group в Санкт-Петербурге	2
Семинар компании Agilent Technologies	3
Конференция компаний Intel и Fastwel	3
ЗАО «Северо-Западная Лаборатория Лтд.» и группа компаний «Эрикон» представляют	3
Выставка «Дисплей-2006»	3
8-я Международная научно-техническая конференция и выставка «Цифровая обработка сигналов и её применение - DSPA'2006»	4
Конференция «Электроника/Аэрокосмос»	4
Семинар Analog Devices	4
ExpoElectronica - 2006: проблемы роста	5
Семинар компании ALT-S	5
Фотоника: технологии XXI века	5
Дисплей-2006: парад технологий средств отображения	6
Российский филиал National Instruments провёл конференцию «Электроника/Авионика 2006»	6
Знакомьтесь - TopElectronics	7
Фотонные технологии - технологический прорыв XXI века	7
Четвёртый российский форум «Встраиваемые компьютерные технологии»	7
«Быстрый» курс обучения проектированию встраиваемых микроконтроллерных систем	7
ЭкспоЭлектронике - 10 лет!	7
ЭлектроТехноЭкспо - 5 лет успеха	7
«РАДЭЛ» и «Автоматизация» в Петербурге. Здесь собираются лучшие!	8
«ЭлектроТехноЭкспо-2006» - юбилейная выставка	9

### Преобразователи постоянного тока с частотой 2,5 МГц для усилителей CDMA

Устройства MAX8581 и MAX8582 корпорации Maxim являются первыми в мире серийными преобразователями постоянного тока с частотой 2,5 МГц для усилителей CDMA/WCDMA. Новые преобразователи имеют встроенный вспомогательный МОП-транзистор с низким сопротивлением в открытом состоянии. Это позволяет сэкономить место и энергию. Обе модели имеют корпус типа TDFN с габаритами 3 × 3 мм и оптимизированы для использования с крошечными, дешёвыми индукторами и компактными керамическими конденсаторами.

MAX8581 и MAX8582 могут обеспечивать продолжительный ток 600 мА и работать на частоте 2,5 МГц. Вспомогательный транзистор предназначен для прямого соединения усилителя с аккумулятором. Сопротивление в открытом состоянии составляет всего 65 мОм. Напряжение падает до 33 мВ при силе тока 500 мА. Для максимизации производительности напряжение на выходе может динамически регулироваться от 0,4 В до входного напряжения. Это позволяет увеличить КПД на 47. MAX8581 и MAX8582 рассчитаны на работу при температурах -40...+85°C.

<http://www.e7e.ru>

### Мотор с диаметром 10 мм

Компания Maxon Precision Motors выпустила новый бесщёточный электродвигатель EC-10. Он обеспечивает мощность 8 Вт и частоту вращения 80 000 об/мин. Корпус двигателя имеет диаметр 10 мм и длину



25,6 мм. В зависимости от версии, могут иметься встроенные датчики Холла. Ротор устройства имеет кольца для обеспечения лучшего рассеивания тепловой энергии.

<http://www.e7e.ru>

### Компактные светодиодные драйверы от ON Semiconductor

Компания ON Semiconductor выпустила два светодиодных драйвера с двумя со-

гласованными выходами. Обе модели выполнены в корпусах типа LLGA-12 и имеют габариты 2 × 2 × 0,55 мм. В пресс-релизе утверждается, что NCP5602 и NCP5612 являются самыми миниатюрными генераторами подкачки заряда для управления подсветкой ЖК-мониторов.

КПД достигает 87%, а параметры работы светодиодов при этом отличается не более чем на 0,2%.

Устройства имеют встроенную функцию ICON, которая позволяет подавать слабый ток, для неполной подсветки экрана. Это свойство устраняет необходимость в разработке дополнительного программного обеспечения и значительно упрощает всю конструкцию. Чтобы гарантировать надёжную работу без применения дополнительных компонентов, устройства оснащены функциями защиты от короткого замыкания и высоких напряжений.

<http://www.e7e.ru>

### Аудиоусилители от ON Semiconductor

Корпорация ON Semiconductor выпустила новые операционные аудиоусилители NCP2892 и NCP2990, которые обеспечивают постоянную мощность 1,3 Вт при нагрузке 8 Ом, то есть выше, чем у предыдущих поколений.

NCP2892 имеет дифференциальный вход, а NCP2990 несимметричный. Они отличаются малым временем включения, нулевым шумом при включении/выключении и очень низким энергопотреблением. Работая при напряжении питания 2,2...5,5 В), эти усилители пригодны для использования в сотовых телефонах и карманных компьютерах.

NCP2892 и NCP2990 характеризуются временем запуска после режима ожидания соответственно 100 и 60 мс. Запуск осуществляется при помощи обычного блокировочного конденсатора ёмкостью 1 мкФ.

NCP2892 и NCP2990 могут быть подключены напрямую к батарее, что позволяет устранить необходимость использования стабилизаторов с низким падением напряжения и преобразователей постоянного тока и увеличить PSRR. Усилители также оснащены схемой защиты от тепловой перегрузки.

<http://www.e7e.ru>

### Контроллеры «горячей» замены от National Semiconductor

Компания National Semiconductor выпустила контроллер «горячей» замены

LM5069 с ограничением мощности. Он предназначен для защиты от противотоков и работает как прерыватель для интегральных схем. Устройство найдёт применение главным образом в системах энергораспределения радиостанций и промышленного оборудования, работающего при напряжениях 12, 24 и 48 В.

LM5069 оснащён 10-выводным корпусом MSOP и обеспечивает эффективное управление соединениями в процессе подключения и отключения монтажной платы от работающего источника тока. Устройство контролирует противоток для ограничения падения напряжения.

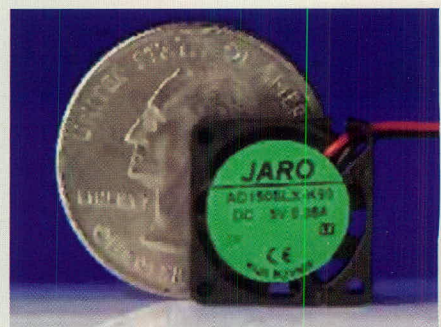
Выход сигнала POWER GOOD позволяет определить состояние, при котором разница выходное и входного напряжений составляет не более 1,25 В.

Контроллер поддерживает работу при напряжениях 9...80 В. При переходных процессах напряжение может достигать 100 В. Рассеивание мощности может быть настроено при помощи внешнего МОП-транзистора.

<http://www.e7e.ru>

### Микровентиляторы с воздушным потоком 0,22 cfm

Компания JARO Thermal начала производство микровентиляторов с сильным воздушным потоком. Названные Super-Flow Micro, эти охлаждающие устройства характеризуются частотой вращения 15 000 об./мин и имеют габариты 15 × 15 × 6 мм.

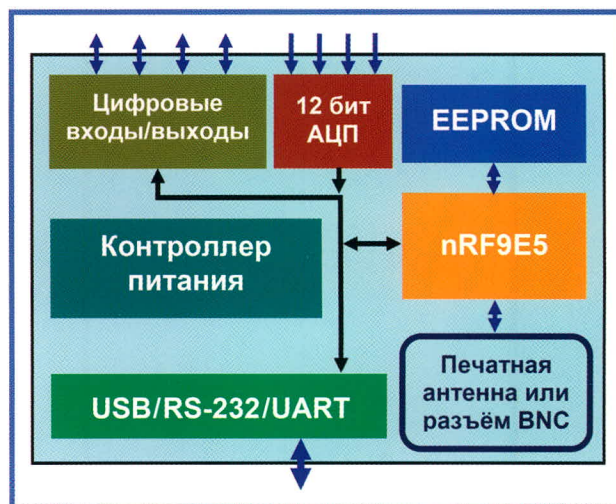


Новые вентиляторы обеспечивают воздушный поток 0,22 cfm и могут использоваться в сотовых телефонах, карманных компьютерах и других видах мобильной электроники. Утверждается, что ресурс этих устройств составляет 50 000 часов.

Все три модели семейства Super-Flow Micro работают при напряжениях 5...12 В и силе тока 0,04...0,05 А. При частотах вращения 9000, 12 000 и 15 000 об/мин они потребляют мощность соответственно 0,25, 0,48 и 0,60 Вт.

<http://www.e7e.ru>

# PWD-433 — универсальные радиомодули Фаствел

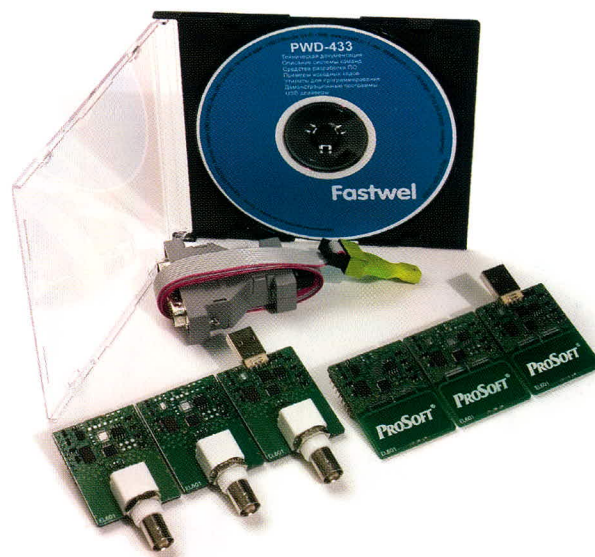


## Характеристики PWD-433

- Диапазон частот: 430...435 МГц
- Максимальная мощность передачи: 10 дБм
- Чувствительность приёмника: -100 Дб
- Радиус действия: до 250 м в идеальных условиях
- Скорость передачи до 50 кбит/с (по радиоканалу)
- Индустриальный диапазон рабочих температур (-40...+85°C)
- Манчестерское кодирование сигнала
- Сквозное шифрование передаваемых данных
- Интерфейсы: USB/RS-232/UART
- Управление AT-командами
- 4 аналоговых входа (разрешение АЦП — 12 бит)
- 4 цифровых входа/выхода (нагрузка до 10 мА на вывод)
- Встроенный контроллер 8051 с возможностью программирования через JTAG

## Типичные применения модулей PWD-433

- Автономные беспроводные датчики
- Системы дистанционного управления и контроля
- Беспроводные сети для передачи данных
- Системы «умный дом»
- Пожарно-охранная сигнализация



Доступен стартовый набор, а также программно-аппаратные средства для разработки и отладки встроенного ПО

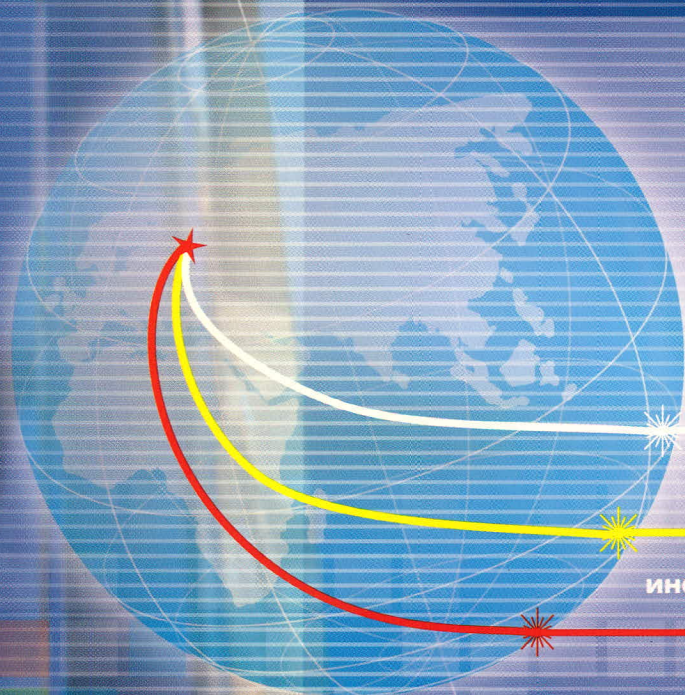


2-я международная специализированная выставка  
оптической, лазерной и оптоэлектронной аппаратуры,  
комплектующих изделий и компонентов

# ФОТОНИКА

13 - 16 марта 2007

Россия, Москва,  
ЦВК "ЭКСПОЦЕНТР"



Организаторы:

 ЭКСПОЦЕНТР

ЗАО «Экспоцентр»



ЛАЗЕРНАЯ АССОЦИАЦИЯ

Генеральный  
информационный  
спонсор:

**ЭКСПЕРТ**

ОБОРУДОВАНИЕ

РЫНОК, ПРЕДЛОЖЕНИЕ, ЦЕНЫ

Реклама

[www.photonics-expo.ru](http://www.photonics-expo.ru)