

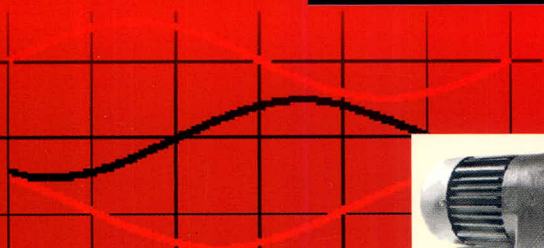
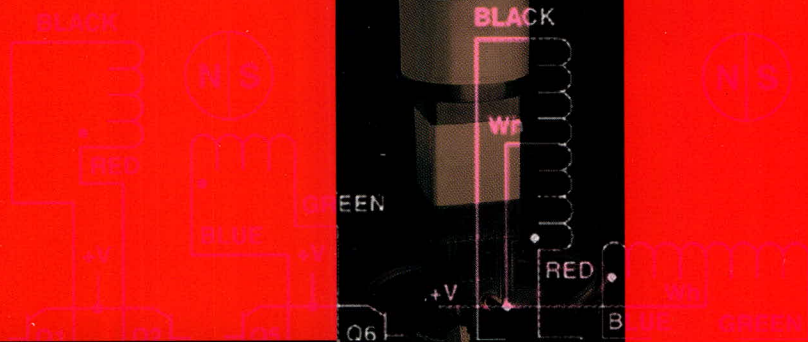
# СОВРЕМЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА 2

2008

www.soel.ru

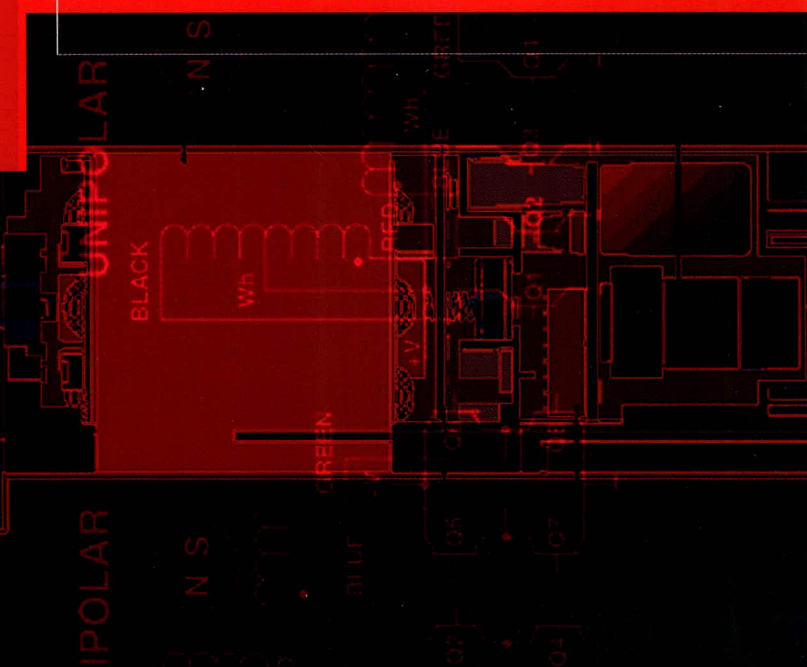
BIPOLAR

UNIPOLAR



## Управление электроприводом

0° 60° 120° 180° 240° 300° 360°  
Turning angle



**Безупречный контакт  
в любых условиях!**

**B BULGIN**

[www.bulgin.co.uk](http://www.bulgin.co.uk)

**Кнопочные переключатели  
для жёстких условий эксплуатации**

- Вандалостойкие
- Материал – нержавеющая сталь
- Степень защиты IP66 – IP68
- Наличие серий с гравировкой
- Наличие серий со светодиодной подсветкой
- Цвет светодиода – красный, жёлтый, синий, зеленый
- Большой выбор опций и типоразмеров



Светодиодная индикация



Низкопрофильная кнопка



Куполообразная кнопка



Выступающая кнопка

Официальный дистрибьютор компании Bulgin на территории России и стран СНГ – компания ПРОСОФТ

**PROSOFT**® ПРОСОФТ – АКТИВНЫЙ КОМПОНЕНТ ВАШЕГО БИЗНЕСА

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

**Главный редактор**

Александр Майстренко

**Зам. главного редактора**

Татьяна Крюк

**Редакционная коллегия**

Владимир Бартенев, Андрей Данилов,  
Олег Фёдоров

**Дизайн и верстка**

Александр Либков, Людмила Соловей,  
Дмитрий Юсим

**Web-мастер**

Дмитрий Романчук

**Служба распространения**

(circul@soel.ru)

Мария Кашайкина, Ольга Галыбина

**Служба рекламы**

advert@soel.ru

Издательство «СТА-ПРЕСС»

Директор Константин Сёдов

Почтовый адрес: 119313, Москва, а/я 26

Телефон: (495) 232-0087

Факс: (495) 232-1653

Сайт: www.soel.ru

E-mail: info@soel.ru

Журнал выходит 9 раз в год

Тираж 10 000 экземпляров

Журнал зарегистрирован в Федеральной

службе по надзору за соблюдением

законодательства в сфере массовых

коммуникаций и охране культурного наследия

(свидетельство ПИ № ФС77-18792

от 28 октября 2004 года)

Свидетельство № 00271-000 о внесении

в Реестр надёжных партнеров Торгово-

промышленной палаты Российской Федерации

Цена договорная

Отпечатано:

ОАО «Полиграфический комплекс

«Пушкинская площадь»

Адрес: 109548, г. Москва, ул. Шосейная, дом. 4д.

Тел. (495) 781-1010; Факс (495) 781-1012

www.pkpp.ru

Перепечатка материалов допускается только

с письменного разрешения редакции.

Ответственность за содержание рекламы

несут рекламодатели.

Ответственность за содержание статей

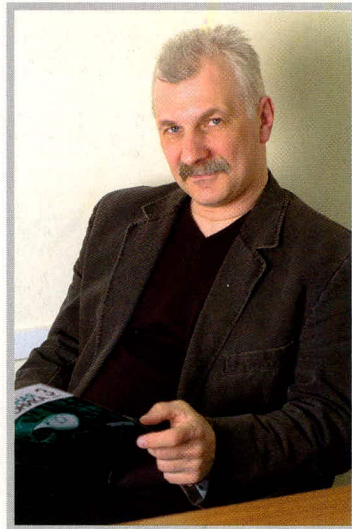
несут авторы.

Материалы, переданные редакции,

не рецензируются и не возвращаются.

© СТА-ПРЕСС, 2008

Для дизайна обложки были использованы  
материалы сайта www.aviton.spb.ru



## Уважаемые читатели!

Тема этого номера – управление электроприводом.

Области применения электроприводов в современной технике многочисленны, и в каждой предъявляются свои особые требования. Так, например, для двигателей электротранспорта важны такие рабочие параметры, как мощность и момент вращения, для приводов головок дискового накопителя важно быстрое и точное управление углом поворота ротора, для двигателя раскрутки диска DVD-плеера важна равномерность скорости вращения и низкий уровень акустических шумов. Свои специфические требования предъявляются к электродвигателям холодильников, стиральных машин, кондиционеров, металлообрабатывающих станков, вентиляторов, насосов и т.д., – перечислять их можно бесконечно долго. Есть одно общее требование во всех случаях: это требование сбережения энергетических и сырьевых ресурсов, необходимых для создания и функционирования электротехнических изделий. В условиях ограниченности природных ресурсов и постоянно растущего их потребления современным обществом стандарты энергосбережения неизбежно будут ужесточаться. Разумеется, в рамках одного журнала невозможно поднять все актуальные вопросы, касающиеся надёжности, экономичности и удобства управления электроприводами. Тем не менее, я уверен: размещённые в данном выпуске журнала статьи на эту и другие темы будут для вас, уважаемые читатели, интересны и полезны.

*С наилучшими пожеланиями,  
Александр Майстренко*

## Market

News of the Russian Market .....	4
----------------------------------	---

## Modern Technologies

Multiprocessor Breakthrough in the Embedded System Market .....	10
<i>Pyotr Pavlov</i>	

## Components

1867VTs5T Microcontroller with a 16-Bit Digital Signal Processor and Flash Memory for Motor Digital Control Systems .....	16
<i>Valeriy Kryukov, Vladimir Gorokhov, Nikolay Danilchenko</i>	
Additional Capabilities of the Internal Clock Module for Microcontrollers from HC(S)908 Family .....	20
<i>Tatyana Remizevich, Pavel Rashitov</i>	

## Circuit Design

Application of PLD in a Regulated Asynchronous Electric Drive .....	26
<i>Vladimir Vychuzhanin</i>	
AT89C4051-24PI-Microcontroller-Based Control Unit for the Power System of Siemens FM STEPDRIVE .....	30
<i>Sergey Shishkin</i>	
Measuring Converter for Alternating-Current Wideband Voltmeters .....	34
<i>Oleg Dvornikov, Vladimir Chekhovskii, Yurii Shul'gevich</i>	

## Projects

Electric Drive Digital Nonlinear Control System .....	38
<i>Yurii Gelozhe, Evgeniy Kolomeitsev, Vladimir Chuikov</i>	
SPI- $\mu$ C One-Chip Bridge and I/O Port Expander .....	42
<i>Oleg Val'pa</i>	
LPC2129-Microcontroller-Based Real-Time Clock-Calendar .....	48
<i>Pavel Red'kin</i>	

## Design and Simulation

How to Satisfy Tests for Electromagnetic Compatibility .....	54
<i>Igor Zobnin</i>	
Practical Course of Design of Digital Devices Based on Xilinx FPGA (Part 11) .....	60
<i>Valeriy Zotov</i>	
Improvement of the Diamond Separator Efficiency Via Digital Signal Processing .....	64
<i>Evgeniy Vladimirov, Leonid Kazakov, Natalya Kolosova</i>	
Neiromatematika Program Package: Solution of Sophisticated Applied Mathematical Problems Using Neural Network Algorithms (Part 2) .....	70
<i>Svetlana Korobkova, Minip Alyautdinov, Il'ya Voronkov, Aleksandr Galushkin, Pavel Kazantsev, Artem Lodyagin, Georgii Ostapenko, Pavel Skriptsov</i>	

## Programming

Comparative Characteristics of CRC16 Sequential and Table-Driven Computational Algorithms by the Example of an AVR Microcontroller .....	74
<i>Vyacheslav Borodulin</i>	

## Events

Advanced Information Systems for Buses and Trams .....	78
Arrangements Made for Collective Stand of Enterprisers – Members of the Russian Engineering Academy .....	78
ExpoElectronics 2008 – the Place for Contacts .....	79

## Рынок

4 Новости российского рынка

## Современные технологии

10 Многопроцессорная революция на рынке встроенных систем  
*Пётр Павлов*

## Компоненты

16 Микроконтроллер 1867ВЦ5Т с 16-разрядным процессором ЦОС и флэш-памятью для систем цифрового управления электродвигателями  
*Валерий Крюков, Владимир Горохов, Николай Данильченко*

20 Дополнительные возможности модуля внутреннего тактирования микроконтроллеров семейства HC(S)908  
*Татьяна Ремизевич, Павел Рашитов*

## Схемные решения

26 Применение ПЛИС в регулируемом асинхронном электроприводе  
*Владимир Вычужанин*

30 Блок управления для силовой части FM STEPDRIVE фирмы Siemens на базе микроконтроллера AT89C4051-24PI  
*Сергей Шишкин*

34 Измерительный преобразователь для широкополосных вольтметров переменного тока  
*Олег Дворников, Владимир Чеховский, Юрий Шульгевич*

## Проекты

38 Цифровая нелинейная система управления электроприводом  
*Юрий Геложе, Евгений Коломейцев, Владимир Чуйков*

42 Однокристалльный мост SPI-I<sup>2</sup>C и расширитель портов ввода-вывода  
*Олег Вальпа*

48 Часы-календарь реального времени на основе МК LPC2129  
*Павел Редькин*

## Проектирование и моделирование

54 Как пройти испытания на электромагнитную совместимость  
*Игорь Зобнин*

60 Практический курс сквозного проектирования цифровых устройств на основе ПЛИС фирмы Xilinx (часть 11)  
*Валерий Зотов*

64 Повышение эффективности работы сепаратора алмазов за счёт цифровой обработки сигналов  
*Евгений Владимиров, Леонид Казаков, Наталья Колосова*

70 Пакет программ «Нейроматематика»: решение сложных прикладных математических задач с использованием нейросетевых алгоритмов (часть 2)  
*Светлана Коробкова, Минип Аляутдинов, Илья Воронков, Александр Галушкин, Павел Казанцев, Артем Лодягин, Георгий Остапенко, Павел Скрибцов*

## Программирование

74 Сравнительные характеристики алгоритмов расчёта CRC16 последовательным и табличным способом на примере микроконтроллера AVR  
*Вячеслав Бородулин*

## События

78 Автобусам и трамваям – современные информационные системы!

78 Организуется коллективный стенд предприятий – членов Российской инженерной академии

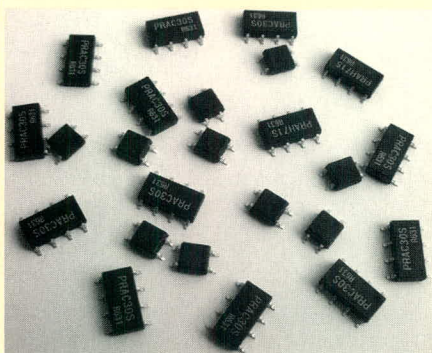
79 ЭкспоЭлектроника 2008 – ваша контактная площадка!

## Новости российского рынка

### Компоненты

#### Новые оптоэлектронные реле и оптопары в миниатюрных корпусах для поверхностного монтажа

ОАО «Протон» с 2006 г. начал серийные поставки оптоэлектронных (твердотельных) реле в пластмассовых корпусах SOP4 и SOP8, а с 2007 г. – транзисторных оптопар PB181S в пластмассовых корпусах SOP4.



В серию входят одноканальные и двухканальные нормально-разомкнутые, нормально-замкнутые и комбинированные оптореле (первый канал – нормально-разомкнутый, второй канал – нормально-замкнутый) на основе сдвоенного МОП-транзистора, обеспечивающего двустороннее переключение нагрузок и допускающего работу как с постоянным, так и с переменным током.

Основные электрические параметры оптореле:

- входной ток 0,5...3 мА;
- предельное падение напряжения на входе 5 В;
- коммутируемые напряжения от 60 до 400 В переменного или постоянного тока (в зависимости от типа оптореле);
- выходные токи от 80 до 350 мА (в зависимости от типа оптореле);
- сопротивление во включенном состоянии от 0,8 до 30 Ом (в зависимости от типа оптореле);
- напряжение изоляции вход-выход не менее 1500 В.

Основные электрические параметры оптопар:

- напряжение на выходе 80 В;
- коэффициент передачи от 80 до 600%;
- напряжение изоляции вход-выход не менее 2500 В.

Диапазон рабочих температур оптореле и оптопар –40...+85°C. Оптореле и оптопары ОАО «Протон» соответствуют европейской директиве RoHS (бессвинцовая пайка) и поставляются в упаковке для автоматизированного монтажа: в блистер-ленте на катушках или в антистатических пеналах.

Указанные оптореле и оптопары могут применяться в аппаратуре связи, телекоммуникационной технике, контрольно-измерительном и испытательном оборудовании, приборах учёта и контроля энергоресурсов, системах автоматического контроля, системах безопасности и т.п. вместо аналогичных оптореле и оптопар зарубежного производства, а также заменять отечественные и зарубежные оптореле и оптопары в корпусах DIP и SMD при переходе на технологию автоматизированного поверхностного монтажа.

Более подробную информацию можно получить на сайте ОАО «Протон».

[www.proton-orel.ru](http://www.proton-orel.ru)  
Тел. (4862) 41-84-57

#### Новый микроконтроллер от «Миландра»

Компания ЗАО «ПКК Миландра» закончила разработку и провела успешную сертификацию нового микроконтроллера 1886BE5. Микроконтроллер является продолжением серии 1886 и предназначен для применения в аппаратуре специального назначения и в автомобильной технике. Микроконтроллер содержит:

- 8-разрядное RISC-ядро;
- 8 Кб памяти программ EEPROM;
- 4 Кб памяти программ Mask ROM;
- 902 байта ОЗУ;
- 256 байт памяти данных EEPROM;
- контроллер интерфейса CAN;
- контроллер интерфейса USART с поддержкой интерфейса LIN;
- 10-разрядный 8-канальный АЦП;
- набор таймеров, схем захвата и ШИМ.

Микросхема выпускается в металлокерамическом корпусе H14-42 и имеет расширенный рабочий температурный диапазон –60...+125°C. Контроллер интерфейса CAN прошел успешную сертификацию по ISO 16845 в сертификационной лаборатории C&S Group (Германия) и полностью соответствует спецификации протокола шины CAN. Разработка приложений для данного микроконтроллера осуществляется на языках C и ASM. Микроконтроллер снабжён схемой внутрисхемной отладки и программирования, что позволяет проводить отладку приложений на микроконтроллере непосредственно в составе разрабатываемой аппаратуры. Для первоначального знакомства с мик-

роконтроллером разработана демонстрационно-отладочная плата. Ознакомительные образцы микросхем будут доступны весной 2008 г.

[www.milandr.ru](http://www.milandr.ru)  
Тел. (495) 739-0282

#### Сверхмалошумящие линейные стабилизаторы

Компания Austriamicrosystems расширила ассортимент стабилизаторов с низким падением напряжения на участке «вход/выход» микросхемами AS1358/59 и AS1361/62.



Новые микросхемы представляют собой линейные стабилизаторы напряжения со среднеквадратическим значением шума менее 9 мкВ (RMS) и коэффициентом подавления шумов источника питания (PSRR) более 92 дБ (1 кГц). Стабилизаторы с диапазоном рабочих напряжений от 2 до 5,5 В позволяют сохранять стабилизирующие свойства при перепаде напряжения на участке «вход/выход» в пределах 70 мВ (при токе 150 мА) для микросхем AS1358/59 и 140 мВ (при 300 мА) для AS1359/62, при этом значение тока потребления в рабочем режиме менее 40 мкА.

Кроме сверхмалого шума, отличительной особенностью новых стабилизаторов является вывод, сигнализирующий о потере стабилизации, а также встроенная схема защиты от перегрева и токовых перегрузок по выходу. К отличительным чертам стабилизаторов можно отнести и возможность перехода в «спящий» режим с током потребления менее 9 нА и временем включения в рабочее состояние менее 300 мкс. Эти и другие уникальные характеристики позволяют эффективно применять ИС при питании мобильных устройств от 2 или 3 элементов типа AAA.

Микросхемы выпускаются в пятивыводных (для AS1358/59) и шестивыводных (для AS1361/62) корпусах типа TSOT23 с рабочим диапазоном температур –40...+85°C.

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

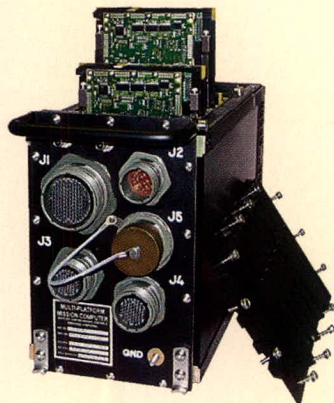
## Новости российского рынка

### Узлы и модули

#### Curtiss-Wright MPMC-350: многоплатформная бортовая компьютерная система на базе CompactPCI 3U

Компания Curtiss-Wright Controls Embedded Computing – производитель встраиваемых компьютерных плат и систем для военных платформ воздушного, морского и наземного базирования – выпустила многоплатформную бортовую компьютерную систему MPMC-350 (Multi-Platform Mission Computer), построенную на базе стандарта CompactPCI формата 3U.

Система MPMC-350 размещается в корпусе на пять слотов CPCI 3U для плат с кондуктивным охлаждением и выпускается в двух вариантах: MPMC-350i с процессорным модулем DCP-1201 на базе двухъядерного микропроцессора Intel Core Duo и MPMC-350r с процессорным модулем DCP-124 на базе микропроцессора PowerPC MPC7448.



Каждый из этих вариантов может иметь следующие интерфейсы:

- MIL-STD-1553: до двух каналов с двойной избыточностью;
- ARINC 429: до 32 каналов, каждый из которых может быть либо приёмником, либо передатчиком;
- видеовыходы: до 4x DVI, LVDS или VGA, видеовходы: до 6 NTSC, PAL или RS-170.

Система MPMC-350 выпускается как в стандартных конфигурациях, так и в заказных вариантах с набором плат, набором разъёмов на корпусе и проводкой на объединительной панели, определяемыми заказчиком.

Компания Curtiss-Wright CEC образована в 2004 г. после слияния шести ведущих производителей встраиваемых плат и систем для военных платформ: Dy4 Systems, VISTA Controls, Synergy Microsystems, Systran, Peritek и Primagraphics.

Представитель Curtiss-Wright Controls Embedded Computing в России – компания AVD Systems.

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

Тел. (495) 148-9677

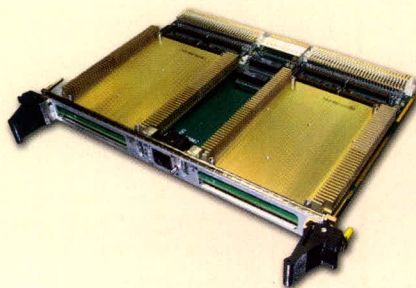
#### Curtiss-Wright SVME-1900: встраиваемый сервер формата VME 6U на базе двух двухъядерных микропроцессоров Intel Core Duo

Компания Curtiss-Wright Controls Embedded Computing – производитель встраиваемых компьютерных плат и систем для военных платформ воздушного, морского и наземного базирования – выпустила четырёхпроцессорный сервер на базе двух двухъядерных микропроцессоров Intel Core Duo. Модуль SVME-1900 предназначен для построения вычислительных систем с максимальной производительностью в расчёте на занимаемый слот и на ватт потребляемой мощности.

Модуль SVME-1900 выполнен в формате VME 6U и содержит два микропроцессора Intel Core Duo с тактовой частотой 1,5 или 1,67 ГГц, два контроллера памяти E7520 MCH и два контроллера ввода/вывода 6300ESB ICH. Каждый микропроцессор имеет 1GB DDR2 SDRAM, 1GB USB Flash, PMC-слот PCIx 66 бит/66 МГц, два порта GbE, 2xUSB, 2xRS-232, 4xRS-422, 1xSATA и 6xGPIO. Модуль SVME-1900 не имеет интерфейса шины VME и использует только служебные сигналы и питание.

Модуль SVME-1900 потребляет максимум 80 Вт, а в режиме standby 20 Вт и имеет программируемую тактовую частоту для оптимизации потребления и контрольные температурные датчики. Модуль выпускается в расширенном диапазоне температур –40...+71°C в исполнении для воздушного охлаждения. Вариант с кондуктивным охлаждением находится в разработке. Вес модуля с воздушным охлаждением 950 г. Цена в США от \$6000.

Программное обеспечение: операционные системы Windows XPe, Linux,



Solaris10, VxWorks и LynxOS, DSP-библиотека Intel для Windows и Linux и подсистема встроенного тестирования BIT (Build-In-Test) для BIOS и операционных систем.

Компания Curtiss-Wright CEC образована в 2004 г. после слияния шести ведущих производителей встраиваемых плат и систем для военных платформ: Dy4 Systems, VISTA Controls, Synergy Microsystems, Systran, Peritek и Primagraphics.

Представитель Curtiss-Wright CEC в России – компания AVD Systems.

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

Тел. (495) 148-9677

#### NORITAKE ITRON: русифицированные графические модули семейства A8 серии GU-600

Компания NORITAKE ITRON расширила серию графических модулей GU-600, добавив в неё семейство русифицированных моделей GU-600 A8.

Семейство A8 состоит из малогабаритных графических индикаторных модулей, построенных на основе дисплеев разрешением от 128 × 32 до 256 × 32.

Знакогенератор содержит символы ASCII, кириллицы и других европейских языков. Реализованы шрифты форматов 5 × 5, 5 × 7, 10 × 14 и 7 × 15.



Модули снабжены разнообразными интерфейсами: SPI, I<sup>2</sup>C, параллельным, асинхронным последовательным, RS232. Также возможна поставка модулей с интерфейсом RS485.

Модули семейства A8, как и серия GU-600 в целом, отличаются мощным набором дополнительных функций: они имеют энергонезависимую память, поддерживают механизм макрокоманд, дополнительный порт ввода/вывода позволяет подключить периферийные устройства, например небольшую клавиатуру. Данные средства позволяют создать на основе модуля законченное решение операторского терминала.

Важно отметить, что модули можно применять в условиях расширенного диапазона рабочих температур –40...+85°C.

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

Тел. (495) 775-8940

## Новости российского рынка

### Узлы и модули

#### Улучшение характеристик прецизионного кварцевого генератора ГК197-ТС от ОАО «МОРИОН»

ОАО «МОРИОН» (г. Санкт-Петербург) удалось существенно улучшить характеристики нового малогабаритного прецизионного термостатированного генератора ГК197-ТС. На сегодня ГК197-ТС может поставляться серийно с уровнем температурной стабильности частоты до  $\pm 5 \times 10^{-10}$  и с улучшенным уровнем фазовых шумов ( $-103$  дБ/Гц для  $\Delta f = 1$  Гц,  $-133$  дБ/Гц для  $\Delta f = 10$  Гц,  $-155$  дБ/Гц для  $\Delta f = 100$  Гц,  $-162$  дБ/Гц для  $\Delta f = 10$  кГц). Сочетание малых габаритов ( $36 \times 27$  мм), малой высоты корпуса ( $10 \dots 16$  мм), уровня долговременной стабильности до  $\pm 3 \times 10^{-9}$ /год и возможности различных вариантов исполнения по питанию (5 или 12 В) и типу выходного сигнала (SIN или HCMOS) делает данный генератор уникальным прибором, не имеющим мировых аналогов.



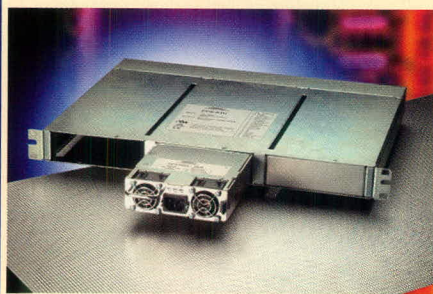
Дополнительную информацию по генератору ГК197-ТС и другой продукции ОАО «МОРИОН» можно найти на сайте компании или получить по телефону.

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

Тел. (812) 350-7572, (812) 350-9243

#### Компания Lambda расширила серию FPS1000 источников питания AC/DC модификацией с выходом 12 В

Компания Lambda начала поставку источника питания серии FPS1000 с 12-вольтовым выходом: формирователи промежуточной шины распределённых систем



питания. Выходное напряжение регулируется в диапазоне 10,5...13,2 В. Новая модификация FPS1000-12 обеспечивает в нагрузке мощность 864 Вт и дополняет существующие модели с выходными напряжениями 24, 32 и 48 В.

Модуль питания FPS1000-12 имеет размеры  $41 \times 127 \times 290$  мм и может использоваться отдельно, либо три модуля могут быть установлены в каркас 1U с (N+1) резервированием и возможностью «горячего» переключения. Встроенные по схеме «ИЛИ» MOSFET-ключи автоматически отключают повреждённый модуль от нагрузки (или других подключённых параллельно модулей) во избежание аварийного режима работы.

Для обеспечения отдельного применения модулей, установленных в конструктив, используется каркас FPS-T1U, который имеет отдельные выходные контакты для каждого установленного модуля. Если необходимо обеспечить автоматическое соединение модулей параллельно, применяется каркас FPS-S1U. До восьми модулей могут быть подключены параллельно при установке в указанный каркас. Каркасы могут быть установлены друг на друга без воздушных зазоров сверху или снизу, так как охлаждающие вентиляторы встроены в каждый модуль спереди и сзади. Скорость вращения вентиляторов изменяется в зависимости от нагрузки. Диапазон рабочих температур модуля  $-20 \dots +70^\circ\text{C}$  с понижением мощности при температурах выше  $+50^\circ\text{C}$ . Модули серии FPS1000 предназначены для применений в коммуникационном оборудовании и системах автоматизации.

Модули формируют сигналы состояния DC-OK, AC-Fail и Over-Temperature; на передней панели имеются светодиодные индикаторы AC-OK, DC-OK и DC-Fail. Среди сервисных функций: дистанционное включение/выключение, внешняя обратная связь; однопроводная схема распределения тока нагрузки и дополнительный 12-вольтовый выход. Опциональной функцией является I<sup>2</sup>C-интерфейс для контроля выходного напряжения и тока нагрузки, температуры внутри модуля и аварийного режима. На передней панели могут устанавливаться розетки IEC320.

Все модели серии FPS1000 работают от сети переменного напряжения 85...265 В (47...63 Гц) или сети постоянного тока 120...360 В.

Все модули соответствуют требованиям стандарта электробезопасности UL/EN60950-1, по кондуктивным помехам

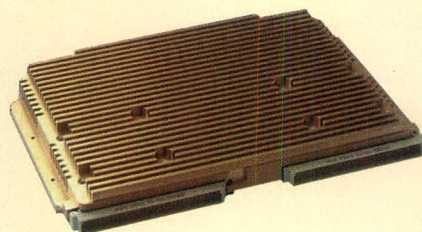
и помехам излучения модули соответствуют требованиям стандарта EN55022 по классу В.

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

#### Модуль питания формата 6U для систем VME, применяемых в жёстких условиях эксплуатации

Увеличение количества встроенных систем на борту авиационной и наземной транспортной техники, на флоте и в системах промышленной автоматизации выдвигает задачу повышения стойкости военного и промышленного компьютерного оборудования к неблагоприятным условиям эксплуатации и повышения надёжности. Надёжность и конструктивные характеристики радиоэлектронных систем в значительной степени определяются источником вторичного электропитания.

Компания ELDEC (подразделение корпорации CRANE Aerospace & Electronics, США) предлагает модули питания серии VME 4-854-09 для обеспечения электропитанием систем VME, применяемых в жёстких условиях эксплуатации.



Источник питания VME 4-854-09 создан по модульной технологии, что обеспечивает максимальную степень гибкости. Модуль питания может быть модифицирован для удовлетворения конкретных требований к выходным напряжениям и токам нагрузки. Высококвалифицированные специалисты компании гарантируют обеспечение технических требований к источнику питания в случае необходимости дополнительных модификаций.

Основные характеристики модуля:

- формат модуля 6U для установки в шасси с глубиной слота  $1\frac{1}{2}$  (160 мм) стандарта VME;
- входное напряжение +28 В стандартной бортовой авиационной шины;
- выходная мощность 250 Вт;
- КПД > 80%;
- защита от перегрузки и превышения выходного напряжения;
- защита от короткого замыкания всех каналов;

## Новости российского рынка

- максимальная рабочая температура +85°C без понижения выходной мощности;
- минимальная рабочая температура -40°C;
- конвекционный отвод тепла;
- время поддержания выходного напряжения 4 мс;
- светодиодная индикация о неисправностях;
- стандартный фиксатор типа «ласточкин хвост».

Модуль предназначен для применений в военной и авиационной бортовой радиоэлектронной аппаратуре. Приобрести продукцию CRANE Aerospace&Electronics можно у эксклюзивного представителя компании в России и странах СНГ – компании ПРОСОФТ.

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

Тел. (495) 234-0636

### Новая модель TFT ЖК-дисплея с высокой яркостью для жёстких условий эксплуатации

Компания i-sft GmbH объявила о начале поставок новой модели жидкокристаллического дисплея с высокой яркостью на основе активной матрицы управляющих тонкопленочных транзисторов (TFT LCD) i-sft 50i.2b. Дисплей предназначен для применений в жёстких условиях окружающей среды при ярком солнечном свете. Встроенный инвертор управляет системой подсветки на основе люминесцентных ламп с холодным катодом. Отвод тепла конвекционный, и не требуется применение дополнительных вентиляторов. Допускается включение дисплея при температуре окружающей среды -25°C без уменьшения ресурса ламп задней подсветки.

Основные характеристики ЖК-дисплея i-sft 50i.2b:

- размер диагонали 10,5";
- формат изображения VGA (разрешение 640 × 480 пикселей);
- размеры 269,9 × 190,2 × 29,6 мм;
- вес 1300 г;
- интерфейс TTL;
- напряжение питания 3,3 или 5 В;
- напряжение питания инвертора 12 В;
- потребляемая мощность 20 Вт;
- количество воспроизводимых цветов 1024K;
- яркость 500 кд/м<sup>2</sup>;
- контрастность 250 : 1;
- угол обзора в вертикальной и горизонтальной плоскостях 110°;
- время отклика 60 мс (макс.);
- МТТН (время до уменьшения яркости вдвое) >50 000 ч;
- диапазон рабочих температур -25...+85°C;
- диапазон температур хранения от -35 до +85°C;
- стойкость к ударным воздействиям: пиковое ускорение 100g, длительность действия ударного ускорения 11 мс;
- стойкость к вибрационным воздействиям: амплитуда ускорения 3g, диапазон частот 5...150 Гц.

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

Тел. (495) 234-0636

### Новые одноканальные 1000-ваттные источники питания Lambda для применения в медицинском оборудовании

Компания Lambda расширила свою удачную серию SWS одноканальных источников питания представлением 1000-ваттных модулей для применений в медицинском электрооборудовании.

Новые источники питания SWS1000L доступны с выходными напряжениями 5, 12 и 24 В, а модель с 24-вольтовым выходом способна обеспечить в нагрузке пиковую мощность 1224 Вт. В ближайшем времени компания Lambda расширит модель с выходными напряжениями от 3,3 до 60 В.

Модели SWS1000L имеют электрическую прочность изоляции 4 кВ, ток утечки на землю не превышает 300 мкА и соответствуют нормам по кондуктивным помехам и помехам излучения для оборудования класса В.

Все модели серии SWS1000L предназначены для работы от сети переменного напряжения 85...265 В (47...63 Гц) или сети постоянного тока 120...350 В.



SWS1000L имеют широкий диапазон регулировки выходного напряжения ±20% а также внешнее программирование выходного напряжения от 20 до 120% от номинального значения.

Диапазон рабочих температур -20...+74°C с возможностью запуска при -40°C при 100-% нагрузке, что позволяет применять их вне помещений. Скорость вращения вентилятора регулируется в зависимости от температуры, что позволяет увеличить его ресурс и снизить акустические шумы на 8 дБ, что позволяет использовать источник в оборудовании, где требуется низкий показатель акустических шумов, например, в медицинском, лабораторном оборудовании и торговых терминалах.

Модули снабжены стандартными сервисными функциями: дополнительный выходной канал 12 В/0,1 А, сигнал аварийного состояния вентилятора, а также функция распределения тока нагрузки для параллельного соединения модулей.

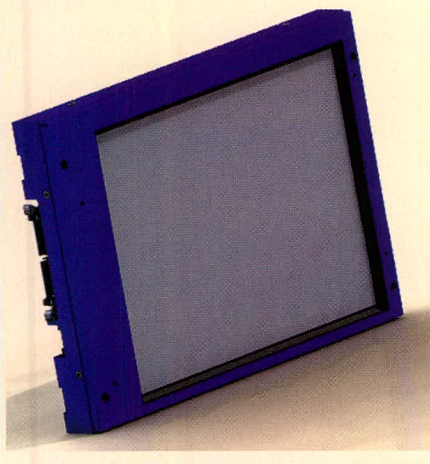
Отсутствие вентиляционных отверстий сверху и на боковых поверхностях позволяют устанавливать модули без необходимости обеспечения воздушных зазоров, что экономит объём конструктива при монтаже. Источники снабжены помехоподавляющими фильтрами и защитами от перенапряжения, перегрузки по току и перегрева.

Изделия серии SWS1000L сертифицированы по стандартам безопасности UL, CSA, EN 60950-1, EN60601-1, UL6060-1 и EN50178 и соответствуют требованиям MIL-STD-810F к вибрационным и ударным воздействиям. Все модели соответствуют требованиям стандартов EN55011-B, EN55022-B к кондуктивным помехам и помехам излучения, а также EN61000-4 и EN61000-3-2.

Изделия поддерживаются трёхлетним гарантийным сроком.

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

Тел. (495) 234-0636



## Новости российского рынка

### Компания Lambda первой в мире предложила гарантию для источников питания серии HWS в течение всего срока службы

Компания Lambda (европейское отделение) объявила, что высококачественные источники питания серии HWS для промышленных применений теперь обеспечиваются гарантийным обслуживанием на все время срока службы, и это первый случай в промышленности.

Надёжность флагмана компании Lambda – источников серии HWS была подтверждена незначительным количеством возвращаемых для ремонта изделий со времени начала поставок (с пятилетним сроком гарантии) несколько лет назад.



Полный ряд изделий с выходными мощностями от 15 до 1500 Вт, включая модели для жёстких условий эксплуатации (суффикс HD в кодировке) и модели для медицинского электрооборудования, поддерживаются пожизненной гарантией при условии монтажа и эксплуатации в соответствии с требованиями руководства по эксплуатации.

Комментируя это беспрецедентное предложение, управляющий директор подразделения Lambda Европа Adam Rawicz, сказал: «Для того чтобы предлагать такую гарантию, вы должны полностью верить в свои изделия. Качество и надёжность наших источников питания соответствуют мировому уровню, и таким образом наши заказчики знают, что они могут выбирать их без опасений отказов в процессе эксплуатации, что, очевидно, является следствием гарантийных обязательств на весь срок службы».

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

### ЖК-дисплеи со светодиодной подсветкой для жёстких условий эксплуатации

Компания ПРОСОФТ представляет семейство DURApixel™ – серию 12,1-дюймовых жидкокристаллических дисплеев со светодиодной подсветкой производства LiteMax, предназначенных для применения в жёстких условиях эксплуатации.



В серии SLD1236 представлена модель SLD1236-ENA-B01-AOT, которая характеризуется значением яркости 800 кд/м<sup>2</sup> и контрастностью 800 : 1. Угол обзора в вертикальной и горизонтальной плоскостях составляет 140°, а разрешение 1024 × 768 пикселей (XGA). Шаг пикселя 0,24 × 0,24 мм, число передаваемых цветов равно 262 144 млн., а площадь изображения 245,8 × 184,3 мм. Среди технических характеристик можно отметить время электрооптического отклика 23 мс (тип.) и рабочий ресурс 70 000 ч. При размерах 338 × 278 × 59,3 мм новый ЖК-дисплей весит 3,07 кг.

Применяемая компанией LiteMax технология повышения контрастности Advanced Optibond Technology (AOT™) позволила вместе с увеличением контрастности уменьшить отражаемость от внешних источников света и, как следствие, уменьшить энергопотребление (потребляемая мощность составляет 20 Вт).

Дисплеи снабжены платой управления AD5621GD, что позволяет работать с источниками сигналов VGA и DVI.

Светодиодная подсветка более проста в управлении, поскольку не требуется высокое напряжение, а её световая эффективность выше, чем у предыдущих моделей. Кроме того, отсутствуют проблемы с обеспечением механической прочности. Другим немаловажным аспектом является отсутствие компонентов, содержащих пары ртути (в отличие от люминесцентных ламп с холодным катодом), а также помех электромагнитных излучений.

В состав серии SLD1236 также входит и модель SLD1236-EGAW-B01-AOT, она отличается водостойкостью. Диапазон рабочих температур дисплеев со светодиодной подсветкой серии DURApixel лежит в пределах –20...+60°C.

12,1-дюймовые жидкокристаллические дисплеи со светодиодной подсветкой семейства DURApixel™ производства LiteMax вошли в число лучших изделий

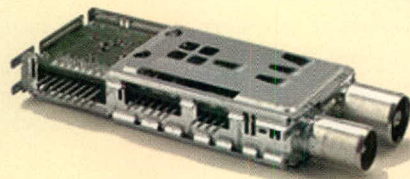
(Best Product), представленных на выставке EUROTRADE (Тайвань).

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

### Миниатюрный DVB-C NIM-тюнер SHARP

В рамках расширения серии тюнеров Super Compact компания SHARP представляет сверхкомпактную приёмную часть для всех трактов передачи цифрового ТВ (эфирного, кабельного, спутникового), предназначенную для разработки нового поколения малогабаритных телевизионных тюнеров (Slim-Line AV-устройств).

Новые DVB-C NIM-тюнеры имеют размеры корпуса всего 70 × 29,6 × 13,2 мм. Таким образом, объём ресиверов кабельного ТВ компании SHARP сократился по сравнению с предыдущими моделями на 30%, что позволило назвать устройства самыми компактными DVB-C NIM-тюнерами среди представленных на рынке на сегодняшний день. Предложены два варианта моделей: для горизонтального и вертикального монтажа. Благодаря расширению серии Super Compact DVB-C NIM-тюнерами стало возможным, например, оснастить телевизоры, медиатерминалы и персональные видеорекодеры (PVR) дополнительными приёмными трактами кабельного, эфирного и спутникового телевидения. До сих пор для этого во многих устройствах требовался ещё и внешний ресивер. Кроме того, новые DVB-C NIM-тюнеры механически и по расписке полностью совместимы с DVB-T NIM-тюнерами серии Super Compact.



С помощью новых тюнеров SHARP стало очень просто превратить существующую платформу для цифрового эфирного телевизионного приёма в платформу для цифрового кабельного приёма: это позволяет сократить время разработки новых поколений TV-устройств, Set-Top-боксов, видеорекодеров с жёсткими дисками и т.д.

DVB-C NIM-тюнеры серии Super Compact выполнены с использованием надёжных технологий SHARP. Тюнеры покрывают весь без исключения диапазон частот, типичный для цифрового кабельного приёма (от 47 до 862 МГц), и соответствуют всем действующим стандартам. К тому же данные тюнеры имеют отличные тех-

## Новости российского рынка

нические характеристики и функциональные возможности, такие, например, как Forward Error-коррекция (что соответствует стандарту DVB-C). Приёмная часть включает в себя QAM-демодулятор типа STV0297E (от ST Microelectronics), который выдаёт цифровой 8-разрядный поток данных для дальнейшей обработки сигналов. Благодаря комбинации высокочастотной входной части DVB-C с соответствующим демодулятором, разработчикам аппаратного обеспечения больше не нужно проводить объёмные разработки, связанные с такими задачами, как согласование и оптимизация схем демодуляции.

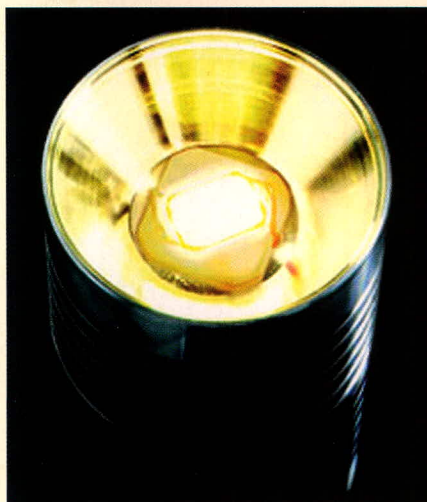
Новые Super Compact DVB-C-тюнеры, как и все эфирные, кабельные и спутниковые тюнеры SHARP, соответствуют действующим требованиям директив RoHS. Приобрести новые тюнеры можно у официального дистрибьютора на территории России и стран СНГ – компании ПРОСОФТ.

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

Тел. (495) 232-2522

### Луч света на рынке LED Lighting

Представив четыре новых LED Lighting-модуля, компания SHARP ME совершила значительный скачок в технологии осветительных средств на базе светодиодов. При световой отдаче одного модуля до 80 лм/Вт светодиоды SHARP являются лидерами среди современных светодиодных осветителей по показателю энергетической эффективности. Кроме того, светодиодные модули SHARP отличаются исключитель-



ным долголетием: 40 000 рабочих часов при рабочей температуре 80°C. Долгий срок службы позволяет снизить общие затраты на эксплуатацию осветительной системы за счёт увеличения интервалов её технического обслуживания.

Модуль из 30 чипов светодиодов представляет собой матрицу из десяти параллельных цепей, каждая из которых имеет три последовательно включенных светодиода. В зависимости от типа модуля его общая светоотдача составляет от 170 до 280 лм. В качестве носителя используется алюминий-керамическая плата размером 18 × 18 × 1,5 мм. Имеющиеся монтажные отверстия позволяют легко и надёжно закрепить модули на соответствующем радиаторе.

Цветовая температура четырёх белых LED Lighting-модулей SHARP находится в диапазоне 2800...6500 К: оттенки «нормальный белый», «тёплый белый» (аналогично лампам накаливания), а также

две градации «Высокий коэффициент цветопередачи – белый». За счёт двух различных примесей фосфора оба светодиода типа «Высокий коэффициент цветопередачи» достигают значения индекса цветопередачи (CRI), равного 90, обеспечивая тем самым высокую точность цветопередачи и деталей. Этот факт имеет решающее значение там, где не допускается искажение представления объекта, освещаемого искусственным светом. Поэтому светодиодные модули, имеющие высокий коэффициент цветопередачи, пользуются большим спросом в таких областях, как фотография, декорирование витрин и презентации товаров, а также в медицинской технике (например, для освещения операционных залов).

Светосильные светодиодные модули SHARP могут использоваться в качестве осветительных средств в самых разных устройствах: в качестве ламп освещения рабочих мест, лампочек для чтения и настольных ламп, декоративной подсветки, прямого и непрямого освещения рабочих поверхностей на кухнях и т.д. Кроме того, новые модули SHARP могут применяться во внутренних помещениях, в качестве прожекторов для освещения сцен и строительных площадок, а также в качестве компонентов больших светодиодных дисплеев. Они представляют собой удобное и долговечное решение для использования на общественном транспорте: например, в качестве ламп для чтения в поездах, самолётах и автобусах.

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

Тел. (495) 232-2522

## ПРИБОРЫ

### Импульсные генераторы Tabor Electronics серии PulseMaster

Компания Tabor Electronics анонсировала выпуск генераторов новой серии PulseMaster. На данный момент серия представлена двумя моделями: PM8571 (один канал) и PM8572 (два канала). Генераторы построены на платформе генераторов серии WonderWave (2571, 2572) и обладают аналогичными характеристиками и возможностями по воспроизведению сигналов стандартной и произвольной формы. Однако в первую очередь новая серия предназначена для использования в качестве генераторов импульсов.



Основные технические возможности генераторов PM8571 и PM8572:

- диапазон частот в режиме генератора импульсов до 50 МГц;
- диапазон установки уровня  $\pm 8$  В (на нагрузке 50 Ом);
- режимы одиночного и парного импульсов, временная задержка относительно синхроимпульса;
- минимальная длительность импульса от 8 нс;

- дискретность установки длительности импульса и задержки 10 пс;
- возможность настройки режимов работы с передней панели и через интерфейс ПО.

Кроме этого, новинки поддерживают возможность эмулирования языка программирования наиболее популярных аналоговых генераторов импульсов, таких как Agilent 81101, Fluke 80/1, HP8116, HP8112, HP8160, HP8165, LeCroy LW410, Tabor 8500, Tabor 8550/1, Tek FG5010 и PG5110, что позволяет легко заменять устаревшие приборы в автоматизированных системах на модели из новой серии PulseMaster.

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

Тел. (495) 777-5591

# Многопроцессорная революция на рынке встроенных систем

Пётр Павлов (Москва)

Рассмотрены особенности внедрения многоядерности во встроенные системы, и описаны конкретные устройства.

На рынке встроенных вычислительных систем всё более отчётливо просматриваются две тенденции реализации базовых конструкций. Первая концентрирует решения в виде нескольких заказных или полузаказных микросхем на плате. Вторая объединяет решения, в которых встроенная система представляет собой по сути стандартный персональный компьютер.

Промышленный «квазиПК» в специальном корпусе, компьютер с лицевой панелью в виде ЖК-экрана и сенсорным управлением, одноплатный компьютер в виде материнской платы или модуля специального формата – все эти устройства зачастую объединены типовым процессором, набором микросхем и интерфейсов. В принципе такое изделие можно положить на стол, подключить к нему клавиатуру, мышь, монитор, загрузить Windows и работать, как на «большом» компьютере.

Основные поставщики микросхем для бытового компьютерного оборудования объявили о своей приверженности встроенным системам и развивают программы долговременного присутствия базовых компонентов – процессоров «двойного» назначения, или специально адаптированных (как правило, по уровню энергопотребления) процессоров.

Корпорация Intel в конце 1990-х годов открыла для себя заново рынок встроенных систем: в 1997 г. была анонсирована программа поддержки микросхем для встроенных применений Embedded Intel Architecture. Компания AMD сопровождает программу AMD64 Longevity Program for embedded solutions (Длительное присутствие на рынке процессоров с архитектурой AMD64 для встроенных применений), что гарантирует выпуск микросхем на протяжении пяти лет. В

программе участвуют процессор Mobile AMD Sempron Model 3500+ и двухъядерный процессор AMD Turion 64 X2 Model TL-52. Среди основных заказчиков AMD, заинтересованных в этих приборах, – компании Accrosser, Albatron, Aopen, Axxtend, EPoX и ICP.

Упомянутые процессоры AMD с низким уровнем энергопотребления обладают сочетанием производительности, конструкции корпуса и тепловыделения, конкурентоспособны на рынке «тонких» клиентов и одноплатных компьютеров. В программу AMD64 Longevity Program также включено второе поколение процессоров AMD Opteron и двухъядерных процессоров AMD Athlon 64 X2, которые являются удобной базой для телекоммуникационного оборудования и встроенных систем, предлагаемых на рынках информационной безопасности и медицинской аппаратуры, а также для оборонных приложений, одноплатных компьютеров общего назначения, торгового оборудования и игровых систем.

## МНОГоядерная революция!?

Важнейшей инновацией в компьютерных системах является т.н. «многоядерная революция», начавшаяся приблизительно в 2005 г. В ходе её развития закон Мура относительно увеличения числа транзисторов на кристалле трансформируется в закон, способный предсказать количество процессорных ядер на кристалле в каждый последующий год.

Однако многоядерность вряд ли может удивить специалистов, работающих со встроенным оборудованием, поскольку уже давно позволяют повышать производительность вычислений при одновременной оптимизации энергопотребления.

Процессоры семейства Freescale MSC812x по сути представляют собой

многоядерный цифровой сигнальный процессор (ЦСП), который заменяет набор из нескольких сигнальных процессоров. В микросхемах MSC812x используются четыре ядра ЦСП с архитектурой StarCore, при этом процессоры MSC812x обеспечивают скорость выполнения операций цифровой обработки сигналов (ЦОС), эквивалентную «типичному» ЦСП с тактовой частотой 2 ГГц, но потребляют при этом всего 2 Вт. На основе ЦСП MSC812x строятся шлюзы систем цифровой телефонии, использующие коммутацию пакетов, а также оборудование видеосвязи и базовые станции.

Для встроенных систем промышленного класса количественная граница числа используемых ядер в специализированных решениях может намного превосходить процессоры Intel и AMD. Более того, разработчики встроенных технологий уже давно внедряют свои изделия (напрямую и в виде IP-ядер) на потребительском рынке. Процессор на основе двух ядер ARM7TDMI с тактовой частотой 900 МГц используется в Apple iPod. Компания ARM лицензировала свою платформу MPCore ряду компаний, включая NEC и NVidia (синтезируемый процессор MPCore на основе архитектуры ARM 11 может быть сконфигурирован в четырёхъядерную систему). Двухъядерные процессоры на основе ядра ARM и ядра цифрового сигнального процессора (ЦСП) от корпорации TI установлены в сотовых телефонах Nokia. Компания LSI Logic предоставляет специализированные микросхемы с тремя или четырьмя различными ядрами для электронных игр.

В серийных процессорных микросхемах Intel и AMD мы можем найти 2, 3 и 4 ядра. Проект Niagara корпорации Sun Microsystems (процессор UltraSPARC T1) представил микросхемы с 8 процессорными ядрами (есть варианты с четырьмя и шестью ядрами), причём каждое из них может обрабатывать до четырёх

потоков, что позволяет говорить об «эффективной 32-ядерности» процессора UltraSPARC T1.

В рамках проекта Niagara предлагается (пока в виде одноядерной IP-версии процессора T1) многопоточный процессор S1 компании SimplyRISC, который может работать под управлением ОС Ubuntu Linux и ориентирован на использование в КПК, цифровых телевизионных приставках и цифровых камерах. Синтез и симуляция могут выполняться на хост-компьютере, работающем под управлением Linux (версия 1.0 ядра S1 до недавнего времени предлагалась для свободного скачивания), с использованием бесплатного инструментария либо программных средств, предлагаемых компанией Synopsys.

Появление процессора S1 предполагает расширение использования операционной системы Solaris во встроенных системах, а также увеличение количества встроенных процессоров с архитектурой SPARC, работающих под управлением ОС Linux и Solaris.

Процессор UltraSPARC T1 не предназначен для встроенных систем, поскольку потребляет 72 Вт. Аналогично, многоядерные микросхемы Intel и AMD пригодны в основном для одноплатных компьютеров с активным воздушным охлаждением, которое дорого обходится в полевых условиях. Напротив, процессоры с архитектурой PowerPC уже много лет являются универсальной платформой для большинства встроенных приложений, предлагаемых на военном и промышленном рынках. Представителем двухъядерных процессоров с архитектурой PowerPC является микросхема MPC8641D компании Freescale Semiconductor MPC8641D, рассчитанная на поддержку сетевых приложений. Процессор Freescale 8641D соответствует всем требованиям военного рынка в части совершенствования характеристик конечных систем, при этом он хорошо поддержан программными средствами.

Энергопотребление 8641D не превышает 25 Вт, что позволило компании Interphase Corporation разместить четыре двухъядерных процессора MPC8641D на модуле iNAV 74K, реализованном в формате AdvancedTCA. Новинка рекомендована для приложений, поддерживающих большие объёмы транзакций, и для подде-

ржки инфраструктуры беспроводной связи и архитектуры IMS-сетей. Модуль iNAV 74K обеспечивает эффективную обработку протоколов уровня 4-7 OSI, общие функции управления инфраструктурой и обработку мультимедиа.

Архитектура PowerPC обладает значительными резервами снижения энергопотребления. Компания P.A. Semi анонсировала семейство процессоров PWRficient (одно- и двухъядерные микросхемы), в основе конструкции которых лежит архитектура и опыт разработчиков процессоров StrongARM. Изготовленное по 65-нм технологии 64-разрядное ядро PA6T работает на тактовой частоте 2 ГГц и потребляет 7 Вт.

Компания Extreme Engineering Solutions предлагает одноплатный компьютер XPedite8070 (3U) на основе спецификации VPX-REDI (VITA 46/48). Используемый в модуле XPedite8070 процессор PA6T-1682 имеет два ядра PowerPC с рабочей тактовой частотой 2 ГГц и энергопотреблением 17 Вт (по другим данным – от 13 до 25 Вт).

Возможность построения многопроцессорного оборудования с ещё более низким энергопотреблением предлагает компания ARM, известная своими лицензируемыми ядрами. Ядро ARM1176JZF-S при реализации на 90-нм кристалле достигло производительности в 920 Dhrystone MIPS на тактовой частоте 750 МГц при энергопотреблении около 0,5 Вт.

Компания ARM предлагает создавать многопроцессорные конструкции на основе конфигурируемого макроблока ARM11 MPCore, который поддерживает стандартные ОС. Технология SMP (symmetrical multiprocessing) для ARM11 MPCore может быть реализована на основе стандартного компонента Linux, который можно скачать с интернет-страницы kernel.org. Макроблок ARM11 MPCore позволяет строить четырёхъядерные микросхемы. При этом производительность четырёхпроцессорной системы может достигать 2600 Dhrystone MIPS. Скорость обмена данными с памятью каждого ядра составляет 1,3 Гб/с.

Использовать многопроцессорные вычисления можно не только на основе многоядерности (MultiProcessor, MP), но и на базе технологии многопоточности (MultiThreading, MT), реализуемой в одном ядре. Многопоточная версия микроархитектуры MIPS32

34K обеспечивает 60-% прирост производительности, опираясь на созданную «инфраструктуру» программного обеспечения, за счёт 14-% увеличения площади кристалла. Все положительные свойства новой микроархитектуры заключаются в более полном использовании компьютерных ресурсов во время каждого тактового цикла. Конвейер однопоточного одноядерного процессора зачастую простаивает из-за отсутствия данных в кэш-памяти (cache misses), неправильного предсказания ветвлений (branch mispredictions) и других событий. Резервом увеличения загрузки конвейера является управление запуском нескольких потоков, благодаря чему каждая ступень конвейера почти всегда занята работой.

Все потоки, исполняемые ядром 34K, используют одну и ту же кэш-память инструкций и данных, что позволяет отказаться от использования дополнительной логики и рабочих циклов, обеспечивающих синхронизацию нескольких блоков кэш-памяти.

Каждый поток поддерживается собственным аппаратным обеспечением, называемым контекстом потока (thread context, TC). Каждый контекст потока имеет свой собственный набор регистров общего назначения и программный счётчик (program counter, PC). Контексты потоков разделяют между собой ряд ресурсов, в том числе регистры CP0, используемые «привилегированным» кодом в ядре операционной системы. Набор регистров CP0 и контексты потоков, связанные с ним, образуют виртуальный процессорный элемент VPE (Virtual Processing Element) – своеобразное MIPS-ядро с архитектурой MIPS32.

В зависимости от потребностей приложения, ядро 34K может быть сконфигурировано для работы с числом потоков до пяти, поддерживаемых двумя VPE. Для наиболее эффективного выполнения приложения могут быть сконфигурированы разные комбинации VPE и TC. Например, один VPE может быть сконфигурирован для работы под управлением операционной системы реального времени и приложения по цифровой обработке данных (ЦОС), а другой VPE, работая под управлением ОС Linux, поддерживает управляющее приложение. Возможно также

конфигурирование для работы в режиме VSMP (virtual symmetric multiprocessing, виртуальная симметричная многопроцессорная система), что позволяет существенно повысить скорость обработки данных за счёт незначительного увеличения площади кристалла. В обоих сценариях применения одно ядро 34К заменяет дискретный набор процессоров.

Новое ядро MIPS поддерживает технологию качества обслуживания (Quality of Service, QoS). В основном варианте она позволяет циклически выбирать потоки и перемежать их исполнение от цикла к циклу, что способствует равномерному выполнению задач приложения. В качестве альтернативного варианта «предлагается» выделение под задания реального времени специально подобранной «полосы пропускания» для вычислительной мощности процессора.

Семейство ядер 34К ориентировано на использование как в ответственных приложениях, требующих высокой производительности (например, в сетевых маршрутизаторах), так и в приложениях для потребительского рынка, в которых должны выполняться функции и обработки данных, и управления. Например, в цифровом телевизоре один виртуальный процессор поддерживает управление оборудованием, а второй осуществляет декодирование видеопотока. Здесь использование одного ядра позволяет удешевить плату и уменьшить её габариты.

Возможность реконфигурирования для семейства ядер 34К с целью добавления поддержки беспроводных коммуникаций, обработки изображений и VoIP делает новые ядра удобным компонентом разнообразных, высокоинтегрированных микросхем для потребительского рынка. Для всех упомянутых приложений весьма важно низкое энергопотребление, которое позволяет обойтись без усложняющих конструкции теплоотводящих элементов и систем активного охлаждения.

Многопоточный процессор может предоставить возможности, которых нет у обычного ядра. Например, обычный процессор при необходимости обработки внешнего прерывания вынужден делать это программно, а многопоточный процессор переключается между двумя программными контекстами на физичес-

ком уровне. Благодаря этому многопоточная процессорная архитектура в приложениях реального времени обеспечивает нулевое время обработки прерываний.

Многопоточность процессора нелинейно увеличивает его производительность до уровня насыщения загрузки исполнительных модулей. Дальнейшее увеличение производительности может дать многоядерная архитектура, которая, теоретически, масштабируется без ограничений.

Оптимальной технологией для максимальной загрузки ресурсов оборудования при исполнении приложения, разбивающегося на конкурирующие задачи, является его установка на многопоточное ядро и, когда его ресурсов перестаёт хватать, введение в систему дополнительных процессорных ядер.

Но существует ряд приложений, которые не могут быть распараллелены на многопоточном ядре. В первую очередь, к ним относятся ответственные приложения реального времени. В этом случае для второй задачи просто нет места, и многоядерная платформа не имеет альтернативы. Для приложений, которые принципиально не могут исполняться на одном ядре (управление в реальном времени и поддержка сложной графики), используется технология асимметричной многопроцессорности (asymmetric multiprocessing, ASMP). Для её реализации, например, в случае двухъядерного процессора, две операционные системы запускаются на двух разных ядрах, и каждая задача всегда исполняется на одном ядре, даже если второе свободно. Хотя в случае ASMP не приходится говорить об оптимальной загрузке всех ресурсов, преимуществом этой технологии является высокая надёжность.

Технология SMP используется во встроенных системах, когда невозможно разбиение приложения на слабосвязанные задачи. В этом случае вычислительные ядра собираются в когерентный SMP-кластер. В рамках такого кластера приложение имеет доступ к пулу процессоров и отдельные задания распределяются между ядрами в динамическом режиме. За подобную гибкость приходится расплачиваться широкополосным интерфейсом между ядрами и коллективным использованием ресурсов быстродействующей памяти.

## ГЕТЕРОГЕННАЯ МНОГОЯДЕРНОСТЬ И ПРОБЛЕМА ОТКРЫТЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРОГРАММИРОВАНИЯ

Разработчики встроенных систем повсеместно сталкиваются с дефицитом ресурсов питания или проблемами отвода тепла с целью повышения надёжности и расширения рабочего температурного диапазона. Поэтому, с точки зрения инженера-конструктора, основным преимуществом многоядерного процессора является большая производительность на ватт потребляемой мощности.

Слабо связанные и хорошо распараллеливаемые задачи можно выполнять на простых ядрах, которые могут работать при меньших тактовых частотах. Код программ и данные для выполнения этих задач могут размещаться в отдельных массивах памяти, связанных с этими ядрами. Требования к отдельным банкам памяти и каналам связи с ними также будут ниже, чем в случае сложного и быстрого ядра, соединённого с памятью широкополосным каналом. Поэтому распараллеливание задачи приводит к снижению энергопотребления и, возможно, габаритов микросхемы в результате снижения требований к пропускной способности канала связи с памятью.

К преимуществам многоядерных процессоров следует добавить относительную простоту повышения надёжности системы с точки зрения как информационной безопасности, так и исключения конфликтов между отдельными задачами приложения. Во встроенных системах эти преимущества чаще всего реализуют на основе «гетерогенной» многоядерности (приведённый выше пример многопоточного ядра MIPS является исключением).

«Гетерогенную» многоядерность можно найти в микросхемах на базе архитектуры OMAP (Open Mobile Application Processor, или процессор для открытых приложений на основе мобильных технологий) корпорации Texas Instrument. Архитектура OMAP была анонсирована в 2001 г.; последняя версия – OMAP 3 – была представлена в начале 2006 г. В одной микросхеме третьего поколения упакованы процессорные ядра ARM Cortex-A8 (суперскалярное ядро с производительностью в три раза большей, чем у ARM11) и ЦСП серии TMS320, а также

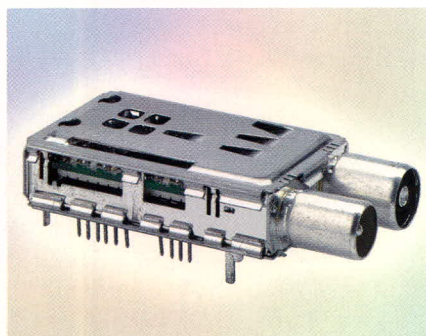
## Конверторы и ресиверы SHARP —

# SHARP

правильный выбор  
для построения системы  
приёма телевизионного сигнала

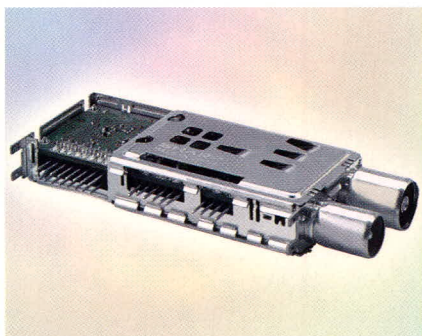


- BS1R8EL100A** универсальный LNB 8-го поколения с 1 выходом
- BS1R6EL100W** универсальный LNB low noise 8-го поколения с 1 выходом
- BS1R8EL200A** универсальный LNB 8-го поколения с 2 выходами
- BS1R8EL400A** универсальный LNB 8-го поколения с 4 независимыми выходами
- BS1R8EL500A** универсальный LNB 8-го поколения с 4 выходами



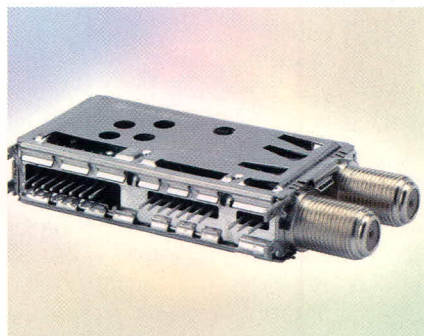
### Новый Super Compact DVB-T приемник VA1K5ED6255

- Монтаж вертикальный
- Демодулятор 2L10353 Zarlink
- Коэффициент шума 6 дБ
- Потребляемая мощность 1,17 Вт



### Новый Super Compact DVB-C приемник VA101CD6405

- Монтаж горизонтальный
- Демодулятор STV0297E
- Коэффициент шума 6 дБ
- Потребляемая мощность 1,36 Вт



### Новый Super Compact DVB-S приемник BS2F7HZ7395

- Монтаж горизонтальный
- Демодулятор STV0288
- Коэффициент шума 8 дБ
- Потребляемая мощность 425 мВт

*Произведены мировым лидером в индустрии спутниковых приёмных систем.  
Все конверторы работают с цифровыми и аналоговыми сигналами*

реклама

ускоритель графики и звука IVA 2+. По производительности микросхема OMAP 3 соответствует Pentium II, но на её основе можно реализовать сотовый телефон с фотокамерой, игровую приставку, видео- и музыкальный плеер, а также карманный компьютер.

Процессоры Freescale PowerQUICC также объединяют в себе два разных ядра. Специализированное ядро QUICC Engine оптимизировано для коммуникационных задач и производит обработку сетевых протоколов. Микрокод QUICC Engine поддерживает физические интерфейсы первого уровня (Layer 1), приём и передачу пакетов, локальную адресацию, адресацию и маршрутизацию при межсетевом обмене, доставку пакетов между конечными точками (Layer 2, Layer 3 и Layer 4), а также управление качеством обслуживания (QoS). Второе ядро процессоров Freescale PowerQUICC, реализованное на базе архитектуры PowerPC, обеспечивает поддержку приложения.

### ОТКРЫТОЕ ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ НА СЛУЖБЕ МНОГОЯДЕРНОСТИ

При всех отличиях многоядерности и многопоточности оба подхода эффективны для поддержки тех приложений, в которых конкуренция задач проявляется на уровне программы. Программисты должны предусматривать возможность создания максимального числа потоков в зависимости от количества и возможностей процессоров. Если при разработке программы максимизируется число возможных потоков, то по мере добавления новых ядер программа будет работать быстрее и эффективнее. Принцип независимости числа потоков от количества ядер позволяет создавать перспективные приложения, ускорить окупаемость инвестиций, сократить затраты и продлить жизненный цикл программного обеспечения. К сожалению, в многопоточных приложениях повышается вероятность возникновения взаимоблокировки и ошибок синхронизации, которая может быть снижена путём совершенствования компиляторов.

Компания QNX в своей среде разработки QNX Momentics v.4 ввела новый класс средств визуализации, которые облегчают миграцию на многоядерные архитектуры, отладку

систем на их основе и оптимизацию программного обеспечения для этих приложений. Эти средства позволяют выявить возможности для параллелизма, снизить необоснованную миграцию потоков между ядрами, убрать лишние межпроцессорные коммуникации и выявить конкуренцию за ресурсы, которые могут возникнуть в многоядерной системе.

Новый инструментарий QNX позволяет в интерактивном режиме «закрепить» процесс или поток в определённом ядре и затем измерить производительность. Компания QNX дополнила технологии многопроцессорности новым типом архитектуры bound multiprocessing («граничная» мультипроцессорность), сочетающей «прозрачную» масштабируемость симметричной многопроцессорности с возможностями закрепления некоторых процессов за определёнными ядрами.

Новые средства визуализации среды разработки QNX Momentics v.4 позволяют использовать технологию адаптивных разделов (adaptive partitioning), позволяющую создавать защищённые области исполнения кода с гарантированным доступом к ресурсам процессора. Новый инструментарий предусматривает мониторинг производительности и поведения приложения в каждом из защищённых разделов и позволяет динамически модифицировать разделы. При этом можно настраивать «бюджет» ресурсов процессора, отводимый каждому из разделов, переносить процесс из одного раздела в другой и фиксировать изменения в производительности обработки приложения.

Компания Intel постоянно совершенствует свой набор программных средств Intel Thread Checker, Intel Thread Profiler, Intel VTune и Intel Threading Building Blocks, позволяющих создавать приложения для многоядерных процессоров Intel. Библиотека шаблонов на языке C++ Intel Threading Building Blocks упрощает распараллеливание приложений на несколько исполняемых потоков, Intel Thread Checker выявляет ошибки в многопоточном коде, а Intel Thread Profiler предоставляет информацию о взаимодействии потоков в приложении, указывая на «узкие места», позволяет узнать, сколько ядер процессора используются приложением достаточно эффективно, и указывает процент кода, параллельное

выполнение которого организовано не оптимально. Пакет Intel VTune Performance Analyzer находит в коде приложений команды, на которые тратится слишком много процессорных ресурсов.

Управление задачами и ресурсами, а также коммуникации и синхронизация обладают особой спецификой при программировании многоядерных платформ. Многоядерные платформы встроенных систем могут использовать несколько ОС, и могут существовать ресурсы, управление которыми будет осуществляться не только какой-либо одной операционной системой.

Эффективное программирование многоядерных платформ требует разработки новых подходов. Можно утверждать, что создание и приобретение программного обеспечения для многоядерных решений потребует значительных инвестиций. В связи с этим естественным требованием будет переносимость программных наработок и инструментария между многоядерными платформами разных поставщиков.

Для поиска путей решения проблем программирования многоядерных платформ была создана Multicore Association – Ассоциация производителей и разработчиков многоядерных платформ. В числе её проектов – создание стандартов RAPI (Resource Management API или API для технологий управления ресурсами), CAPI (Communication API или API для коммуникационных подсистем) и TIPC (Transparent Inter Process Communication, или протокол «прозрачных» внутрипроцессных коммуникаций в кластерных системах). Рабочая группа по отладке (Debug Working Group) занята созданием набора высокоуровневых требований для отладки многоядерных систем, учитывающих специфику инфраструктуры платформ, в состав которой входят протоколы, рабочие библиотеки и операционные системы. Эта рабочая группа занимается также расширением возможностей существующих отладочных интерфейсов для нужд «многоядерной» отладки. В частности, группа проводит стандартизацию требований для системы подключения интерфейса JTAG и отладчика.

Главной целью проекта RAPI является обеспечение стандартными API

для планирования, управления и синхронизации ресурсов обработки данных. Эти ресурсы могут выполнять различные функции и включают процессоры, аппаратные ускорители, контроллеры прямого доступа к памяти (DMA engines) и ресурсы памяти.

Стандарт RAPI должен обеспечить поддержку управления состояниями, планирование и ранжирование ресурсов, контекстное управление (создание стеков, расширение, перемещение, сохранение и восстановление

ресурсов), а также базовые возможности синхронизации.

Стандарт CAPI определяет API для передачи сообщений и синхронизации передач во встроенной системе на основе многоядерной платформы с конкурирующими ядрами. Целевая система, под которую разрабатывается стандарт CAPI, предполагается «существенно» гетерогенной (гетерогенность ядер, коммуникационных шин, памяти, операционных систем, программных средств и языков программирования).

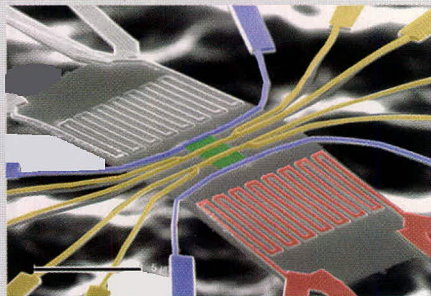
Консорциум EEMB (Embedded Microprocessor Benchmarking Consortium, Консорциум по проблемам испытаний характеристик микропроцессоров для встроенных систем) часть своих работ выполняет в интересах разработчиков многоядерных платформ. Его специалисты работают над созданием набора испытательных процедур, прохождение которых должно демонстрировать преимущества появления второго или нескольких ядер в оборудовании или системе.



## Новости мира News of the World Новости мира

### Тело человека – источник энергии для мобильных

Применение нанонитей (nanowires) способно резко увеличить эффективность превращения тепла в электроэнергию, – утверждают учёные из США. Сразу два коллектива исследователей из Калифорнийского технологического университета и Университета Беркли сообщили на днях об увеличении способности кремния к производству электрической энергии практически в 100 раз. Полученные результаты могут привести к разработке, например, зарядных устройств для мобильных телефонов, использующих тепло человеческого тела.



В основе получения электроэнергии из тепловой лежит явление термоэлектрической конверсии. Тепловая энергия, перетекая от горячей области к холодной, способна порождать электрический ток, который впоследствии может быть либо использован для текущих целей, либо сохранён в аккумуляторе для грядущих нужд. Кристаллический кремний традиционно рассматривается как материал с низкой способностью к конверсии по причине его высокой теплопроводности – тепло распространяется в материале настолько быстро, что практически невозможно создать достаточный дифференциал между тёплой и холодной областями.

Эффективность термоэлектрической конверсии измеряется коэффициентом добротности (ZT), равным для кристаллического кремния при комнатной темпера-

туре 0,01. Исследователи из Университета Беркли увеличили этот показатель до 0,4, специалисты из Калифорнийского технологического университета – до 0,6. Увеличение термической индуктивности материала достигалось благодаря использованию кремниевых нанонитей диаметром 10...100 нм с дефектами поверхности. Последние, по мнению учёных, играют важнейшую роль в повышении термоиндуктивности, поскольку трещины и неровности материала препятствуют свободному распространению фононов – квантов колебательных движений кристаллов, ответственных за перенос энергии.

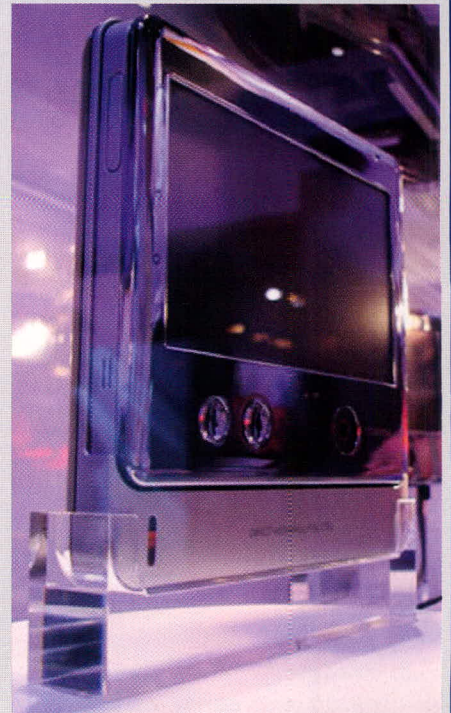
По мнению учёных, технология будет иметь реальные коммерческие перспективы только по достижению коэффициента термоэлектрической добротности порядка 3...4 единиц.

[cellular-news.com](http://cellular-news.com)

### Toshiba показала UMPC на топливных элементах

Компания Toshiba на выставке CES 2008 представила весьма прогрессивный и любопытный продукт – ультрамобильный персональный компьютер, в качестве источника питания которого используется не привычный аккумулятор, а топливный элемент. Отметим, что некоторые производители мобильных электронных устройств уже представили свои решения, питающиеся от топливных элементов, причём время автономной работы от подобных источников питания было значительно выше, нежели от современных аккумуляторов, – вплоть до одного месяца работы. Однако к этому моменту ни один из аппаратов до коммерческого использования не добрался.

На данный момент неизвестны и рыночные перспективы UMPC от компании Toshiba – производитель пока даже не сообщает о характеристиках устройства,



известно лишь, что аппарат обладает достаточной производительностью для работы под управлением операционной системы Windows Vista. На лицевой панели устройства присутствуют несколько кнопок управления и многопозиционный джойстик для управления курсором, призванный, по всей видимости, заменить компьютерную мышь.

Представленный на CES 2008 образец питается от топливного элемента с прямым распадом метанола, причём источник питания не встроен в корпус устройства, а подключается в качестве дополнительного модуля. К сожалению, о характеристиках топливного элемента производитель предпочитает умалчивать. Таким образом, представленный экспонат лишь иллюстрирует тот факт, что производитель продолжает вести работы в этом направлении, не сообщая пока о конкретных успехах.

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

# Микроконтроллер 1867ВЦ5Т с 16-разрядным процессором ЦОС и флэш-памятью для систем цифрового управления электродвигателями

Валерий Крюков, Владимир Горохов,  
Николай Данильченко (г. Воронеж)

В статье рассмотрена архитектура микроконтроллера 1867ВЦ5Т для специальных применений типа Motor Control с 16-разрядным процессором цифровой обработки сигналов, флэш-памятью и набором периферийных устройств, адаптированных для управления электродвигателями.

Семейство 1867 процессоров цифровой обработки сигналов, [1], пополнилось микросхемой 1867ВЦ5Т [2–4] типа Motor Control, предназначенной для построения высокопроизводительных систем цифрового управления электрическими двигателями различных типов.

Микроконтроллер 1867ВЦ5Т (далее микроконтроллер, МК) содержит 16-разрядный процессор цифровой обработки сигналов с архитектурой ядра процессора 1867ВМ2, встроенную флэш-память программ, менеджер событий, полный набор периферийных устройств, адаптированных для управления двигателями, а также набор стандартных последовательных интерфейсов, ориентированных на эффективную работу в распределённых системах управления (встроенный коммуникационный – SCI, периферийный – SPI). Последовательные интерфейсы, интерфейс с внешней памятью и внешними устройствами дают возможность разработчику проектировать сложные системы управления, обеспечивающие дружественный интерфейс с оператором (возможность подключения пультов оперативного управления любой сложности) и взаимодействие с дополнительным технологическим оборудованием и устройствами ввода/вывода.

Высокая производительность МК (до 20 MIPS), менеджер событий, работаю-

щий независимо от центрального процессора, и встроенная флэш-память объёмом 16 Кслов позволяют проектировать высокоэффективные компактные устройства управления с активными цифровыми фильтрами, электроприводами различной конструкции, преобразователями частоты и матричными преобразователями.

Оптимизированная архитектура блока менеджера событий предназначена для прямого цифрового управления приводами всех типов на базе асинхронных, синхронных, шаговых, коллекторных и бесколлекторных двигателей постоянного тока; построения двух- и многодвигательных систем привода, двух- и многоинверторных систем, полностью управляемых силовых преобразователей, преобразователей с активными входными цифровыми фильтрами, преобразователей частоты с непосредственной связью, матричных преобразователей и т.п.

Микроконтроллер 1867ВЦ5Т может заинтересовать разработчиков, которым требуется высокая производительность центрального процессора для обеспечения эффективного прямого цифрового управления одновременно всеми ключами силового преобразователя, а также эффективная рекуперация энергии в тормозных режимах работы привода.

Флэш-память МК выполнена по 0,35-мкм КМОП технологии, а процес-

сорное ядро и встроенная периферия выполнены по 0,5-мкм высокопроизводительной статической КМОП технологии. Программирование флэш-памяти МК осуществляется через SCI-порт или JTAG-порт и не требует дополнительного источника питания.

Микроконтроллер 1867ВЦ5Т предназначен для работы в специальной аппаратуре и выпускается в четырёхстороннем плоском металлокерамическом корпусе типа 4229.132-3. В таблице приведены основные технические характеристики микроконтроллера.

На рисунке приведена функциональная блок-схема микроконтроллера, которая иллюстрирует его высокоуровневую архитектуру. Микроконтроллер состоит из четырёх основных блоков:

- центрального процессора;
- внутренней памяти с двойным доступом (DARAM);
- энергонезависимой флэш-памяти программ;
- периферийных устройств, подключённых к периферийной шине.

Микроконтроллер имеет несколько архитектурных особенностей, которые определяют его работу на системном уровне: карту памяти, устройство формирования сигнала сброса микроконтроллера, сигналы прерывания, устройство цифрового ввода/вывода, генератор синхронизации и энергосберегающие режимы функционирования.

Ядро процессора микроконтроллера включает:

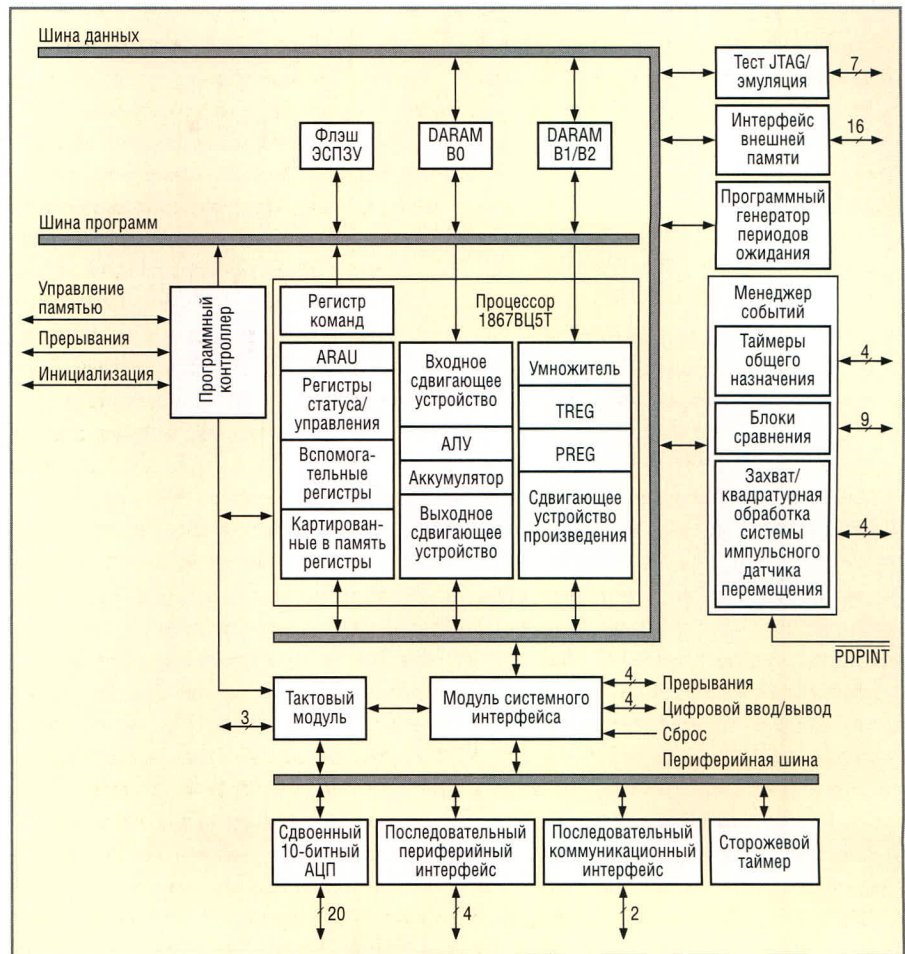
- 32-битное центральное арифметико-логическое устройство (АЛУ);
- 32-битный аккумулятор;
- параллельный умножитель 16 × 16 бит с 32-битным результатом, который сохраняется в регистре PREG;

- три устройства сдвига, которые не требуют дополнительных циклов для сдвига данных на входе и выходе АЛУ, а также на выходе умножителя;
- восемь 16-битных вспомогательных регистров со специализированным арифметическим блоком (АРАУ) для вычисления косвенного адреса памяти данных, который работает независимо от АЛУ.

Ядро центрального процессора микроконтроллера имеет модифицированную многосинную гарвардскую архитектуру с отдельными шинами памяти программ и памяти данных, что позволяет одновременно считывать команды и данные, повышая его производительность. Команды выполняются процессором параллельно на четырёхуровневом конвейере. Набор инструкций содержит команды обмена данными между различными областями памяти, что позволяет размещать коэффициенты цифровых регуляторов и цифровых фильтров как в памяти программ, так и в памяти данных.

Система команд микроконтроллера оптимизирована для эффективного решения задач цифровой фильтрации и управления в реальном времени. В частности, легко реализуются кольцевые буферы на основе использования специального метода адресации операндов с реверсированием направления распространения бита переноса. Программное управление (программный контроллер) включает четырёхуровневый конвейер, позволяющий повысить производительность микроконтроллера, восьмиуровневый аппаратный стек и шесть внешних прерываний (прерывание от схемы защиты по электропитанию, сброс, NMI и три маскируемых прерывания). Запросы прерываний поступают как от встроенных на кристалле периферийных устройств, так и от внешних источников прерываний. Источники прерывания ранжированы по приоритету от 1 до 40.

Система команд МК совместима по исходному коду с ИС типа M1867BM1, 1867BM2 и с семейством ЦПОС TMS320C1x/2x, TMS320F2xx фирмы Texas Instruments [5], имеет эффективную реализацию операции повтора и одноцикловые инструкции умножения с накоплением, содержит инструкции перемещения блока памяти из памяти данных в па-



Функциональная блок-схема микроконтроллера 1867BC5T

мять программ и наоборот, имеет эффективную индексную адресацию данных, включая битреверсивную индексную адресацию данных для эффективной реализации алгоритма быстрого преобразования Фурье по основанию 2. Микроконтроллер выполняет большинство команд за один машинный такт (50 нс), что эквивалентно производительности до 20 MIPS.

Внутрикристалльная память микроконтроллера с двойным доступом (DARAM) включает 256 слов памяти данных/программ – блок (B0) и 288 слов памяти данных (блоки B1, B2). Главной особенностью работы DARAM является запись и чтение из ОЗУ в течение одного машинного такта. С учётом отдельного доступа к памяти программ и памяти данных, за один машинный такт возможно

Технические характеристики микроконтроллера 1867BC5T

Интерфейс внешней памяти	Есть
Менеджер событий	Есть
Число таймеров общего назначения	3
Число каналов сравнения/ШИМ	9/12
Число каналов захвата/ввода «квадратурных» сигналов	4/2
Сторожевой таймер	1
Таймер реального времени	1
Аналого-цифровой преобразователь (10-разрядный)	2
Число каналов	16
Время преобразования (минимальное)	6,1 мкс
Последовательный периферийный интерфейс (SPI)	1
Последовательный коммуникационный интерфейс (SCI)	1
Число линий дискретного ввода/вывода	28
Число внешних прерываний	6
Напряжение питания	5 В ± 10%
Температура эксплуатации	-60...80°C
Корпус (металлокерамический четырёхсторонний плоский корпус)	4229.132-3

сразу три обращения к памяти. Эта память используется, главным образом, для хранения и выборки констант и переменных. Один из банков (B0) DARAM объёмом 256 слов в процессе выполнения программы может динамически переконфигурироваться для использования либо в качестве памяти данных, либо в качестве памяти программ. Последняя возможность обеспечивает подзагрузку фрагментов программного кода из внешней, медленной памяти для ускоренного выполнения во встроеной памяти.

Внутрикристалльная флэш-память (ЭСПЗУ) [6] объёмом 16 Кслов является альтернативой масочному ПЗУ. Она является энергонезависимой и допускает перепрограммирование непосредственно в разработанном изделии – либо по последовательному каналу связи SCI, либо через JTAG-порт от внутрисхемного эмулятора. Программирование флэш-памяти микроконтроллера не требует никаких специальных программаторов, т.к. алгоритмы стирания и программирования реализуются непосредственно центральным процессором МК.

Микроконтроллер поставляется с записанной во флэш-память программой первоначальной загрузки (bootloader) [7], позволяющей загружать и перепрограммировать флэш-память с помощью сервисной программы [8]. При использовании внутрисхемного эмулятора (через JTAG-порт) для программирования флэш-памяти, программные модули, необходимые для реализации процедуры стирания и записи данных во флэш-память, предварительно загружаются во внутрикристалльное программное ОЗУ микроконтроллера, где позже выполняются.

Программирование флэш-памяти не требует дополнительного источника питания, т.к. осуществляется от 5-В источника питания микроконтроллера. Выбор режима работы (выполнение программы пользователя или программирование флэш-памяти) обеспечивается подачей соответствующего потенциала на вывод ВIO# микроконтроллера [8].

Флэш-память секционирована, причём каждая секция может быть индивидуально очищена и запрограммирована либо защищена от стирания и записи. Наличие флэш-памяти удобно при разработке контролле-

ров-прототипов, а также для гибких и часто перенастраиваемых однокристалльных систем управления.

Модуль интерфейса внешней памяти реализует 16-битную шину адреса, 16-битную шину данных и сигналы управления, которые позволяют отдельно адресовать внешнюю память программ, данных и пространство ввода/вывода. Программный генератор периодов ожидания поддерживает аппаратную генерацию периодов ожидания при обращении к медленной и, соответственно, недорогой памяти. Микроконтроллер может адресовать до 224 Кслов (64 Кслов программного пространства, 64 Кслов пространства данных, 64 Кслов пространства ввода/вывода, 32 Кслов глобального пространства). Глобальное пространство может быть разделено между другими микроконтроллерами или активными устройствами с целью создания мультипроцессорных систем.

Управление доступом к глобальной памяти должно осуществляться внешней схемой – «арбитром», который по сигналу BR# от микроконтроллера либо разрешает (формирует высокий уровень сигнала READY), либо запрещает (формирует низкий уровень сигнала READY) доступ к глобальной памяти. Размер (от 256 до 32 Кслов) глобального (разделяемого) пространства памяти может программироваться установкой соответствующего значения в регистре GREG (на блок-схеме не показан) [3].

Менеджер событий включает [4]:

- 12 каналов с широтно-импульсной модуляцией (PWM);
- три 16-битных универсальных таймера с шестью режимами работы, включающие непрерывный счёт в прямом направлении и непрерывный счёт в прямом/обратном направлении;
- три 16-битных блока полного сравнения с возможностью задания «мёртвого» времени;
- три 16-битных блока простого сравнения;
- четыре блока захвата, два из которых имеют интерфейс для обработки сигналов от импульсного датчика положения.

Менеджер событий предоставляет в распоряжение пользователя уникальные возможности управления двигателями. Например, используя таймеры, разработчик может програ-

мно определить скорость вращения каждого вала системы привода и по разности скоростей реализовать эффективное управление, – например, демпфирование упругих колебаний в механической части привода, безударную выборку зазоров и синхронизацию вращения колес, разворот на месте, защиту от заноса, а также решать другие специфические задачи, присущие современным тяговым приводам.

Наличие большого числа каналов формирования ШИМ-сигналов (12 каналов) открывает новые возможности управления системами, способными возвращать энергию торможения в сеть, – приводами подъёмных механизмов кранов, лифтов, шахтных механизмов и т.д. В этом случае МК может одновременно в реальном времени управлять входным и выходным преобразователями, обеспечивая эффективную работу привода во всех четырёх квадрантах.

Микроконтроллер содержит два 10-разрядных независимых АЦП, которые могут запускать преобразование от внешнего или от внутреннего события. Преобразование может выполняться как в непрерывном, так и в старт-стопном режиме. Аналоговые входы АЦП могут рассматриваться как 16 независимых каналов или как две группы каналов по 8 входов. АЦП могут работать в режиме автоматического сканирования, когда выполняется последовательный запуск аналого-цифрового преобразования по заранее заданным пользователем каналам, т.е. имеется возможность реализовать «измерительную сессию».

Уникальные возможности АЦП позволяют эффективно решать сложные задачи прямого цифрового управления током и моментом в современных приводах переменного тока. Прежде всего, речь идет о возможности реализации нескольких «псевдоодновременных» выборок данных, а также о возможности получения множественных выборок по одним и тем же каналам с целью увеличения разрешения или эффективной цифровой фильтрации.

Микроконтроллер имеет 28 цифровых мультиплексированных выводов, которые могут индивидуально программироваться в качестве входов или выходов.

Тактовый модуль содержит схему фазовой автоподстройки частоты так-

тового генератора (PLL) и схему программного управления этим модулем.

Модуль сторожевого таймера (WD) включает программируемый сторожевой таймер с временем формирования сигнала сброса от 15,63 мс до 1 с и блок таймера реального времени (RTI). Эти два блока работают независимо от центрального процессора и могут быть использованы для устранения ошибочной работы микроконтроллера.

Последовательный коммуникационный интерфейс (SCI) реализует обмен данными с асинхронной периферией на 65 000 программируемых скоростях [4].

Последовательный периферийный интерфейс (SPI) реализует высокоскоростной синхронный обмен данными [4] с аналогичными устройствами.

Микроконтроллер обеспечивает режим отладки в реальном времени с помощью внутрисхемного эмулятора и сканирующих цепочек, которые подключаются через JTAG-порт (IEEE 1149.1) к эмулятору XDS510™.

Микроконтроллер имеет полный набор кросс-средств и эффективных средств отладки как программного,

так и аппаратного обеспечения, которые включают:

- ассемблеры, компоновщики, Си-компиляторы, отладчики в исходных кодах от фирмы Texas Instruments и третьих фирм;
- программно-логическую модель процессора (симулятор);
- устройство для работы с внутрисхемным эмулятором типа XDS510™ или XDS510PP™ (от фирмы Texas Instruments);
- интегрированные среды разработки программного обеспечения Code Composer™ от Texas Instrument.

Для разработки и отладки аппаратуры и программных средств на базе микроконтроллера 1867ВЦ5Т имеются следующие отладочные средства:

- оценочный модуль [9];
- модуль разработки с24х EVM (фирма Texas Instrument);
- модуль разработки EVM320F240 (фирма Spectrum Digital [8]).

Техническая поддержка и консультирование разработчиков по применению микроконтроллера 1867ВЦ5Т осуществляется фирмой «Сканти-РУС» [11] и учебно-научно-консультационным центром Texas Instruments – МЭИ [12].

Техническая документация на микроконтроллер 1867ВЦ5Т находится на интернет-сайте[9].

## ЛИТЕРАТУРА

1. Крюков В., Ачкасов В., Стоянов А., Горохов В. Процессоры цифровой обработки сигналов серии 1867. Chip News. 2004. № 6. С. 37–39.
2. Микросхемы интегральные 1867ВЦ5Т. Техническое описание. КФДЛ.431299.013ТО.
3. Микросхемы интегральные 1867ВЦ5Т. Описание центрального процессора и системы команд. КФДЛ.431299.013.1ТО.
4. Микросхемы интегральные 1867ВЦ5Т. Описание периферийных устройств. КФДЛ.431299.013.2ТО.
5. www.ti.com.
6. Микросхемы интегральные 1867ВЦ5Т. Встроенная flash-память ЭСППЗУ. КФДЛ.431299.013.3ТО.
7. Микросхемы интегральные 1867ВЦ5Т. Загрузчик. Описание программного обеспечения. КФДЛ.431299.013Д4.
8. Перепрограммирование EEPROM 1867ВЦ5Т. Описание программы. РОФ. КФДЛ.00107-01 13 01.
9. www.niет.ru.
10. www.spectrumdigital.com.
11. www.scanti.ru.
12. www.motorcontrol.ru.



## DC/DC-преобразователи для жёстких условий эксплуатации



THE **XP**ERTS IN POWER

- Диапазон рабочих температур от -40 до +100°C (основание корпуса)
- Высокий показатель надёжности
- Стойкость к внешним воздействующим факторам
- Стандартный набор сервисных функций

реклама



### Серия MQR120

**120 Вт**

- Небольшие габариты: 95 × 11,5 × 65 мм
- КПД до 82%
- Диапазон входных напряжений 9,5...40 В
- Выходные напряжения 3,3; 5; 12; 15 и 24 В
- Защита от перегрузки, перенапряжения, короткого замыкания, перегрева; параллельная работа до 4 модулей, внешняя обратная связь
- MTBF > 1 000 000 ч



### Серия ICH

**50/75/100/150/200 Вт**

- Гальваническая развязка: вход-выход 1500 В (постоянное напряжение)
- КПД до 85%
- Диапазоны входных напряжений: 9...36, 18...75, 18...36 и 36...75 В
- Одноканальные и двухканальные модели
- Защита от короткого замыкания нагрузки длительного действия
- Экранированный с пяти сторон корпус
- MTBF > 1 000 000 ч (MIL-HDBK-217F, при 25°C)

Официальный дистрибьютор компании XP Power в России и странах СНГ — компания ПРОСОФТ

**PROSOFT**®

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

# Дополнительные возможности модуля внутреннего тактирования микроконтроллеров семейства HC(S)908

Татьяна Ремизевич, Павел Рашитов (Москва)

В статье рассматривается программный метод повышения точности измерения временных интервалов в системах с восьмиразрядными микроконтроллерами семейств HC908 и HCS908.

Микроконтроллеры с внутренним источником тактирования стали достаточно распространённым явлением. Решения на их основе отличаются рядом существенных преимуществ:

- повышенная устойчивость к работе изделия в условиях сильных электромагнитных помех;
- отсутствие внешнего кварцевого резонатора позволяет выполнять сверхминиатюрные изделия;
- низкий уровень электромагнитных помех.

Однако решения на основе встроенных резонаторов имеют и существенные ограничения. Во-первых, частота системной шины МК с внутренним тактированием в большинстве моделей определена однозначно или должна быть выбрана из ограниченного ряда. Во-вторых, численное значение частоты системной шины для каждого экземпляра МК может быть любым из диапазона  $f_{\text{ном}} \pm 5\%$  для МК семейства HC908 или  $f_{\text{ном}} \pm 2\%$  для семейства HCS908. Причём при изменении температуры или напряжения источника питания частота системной шины существенно изменяется в указанных пределах. При таких ха-

рактеристиках модуля тактирования МК невозможно выполнить измерения или формирование временных интервалов с точностью выше, чем точность внутреннего генератора.

Однако, изучив более подробно характеристики модулей тактирования в составе 8-разрядных МК от компании Freescale Semiconductor, можно предложить программные алгоритмы, которые позволяют повысить точность измерения и формирования временных интервалов примерно в два раза.

## Модуль внутреннего тактирования МК HC908 и HCS908

Остановимся более подробно на характеристиках модуля внутреннего тактирования OSC в составе МК семейства HC908 [1, 2]. Модуль включает четыре подсистемы (см. рис. 1).

Встроенный генератор DCO формирует импульсную последовательность для тактирования центрального процессора и межмодульных магистралей МК без использования каких-либо внешних времязадающих элементов. Значение частоты  $f_{\text{bus}}$  определяется пользователем путём программного задания коэффициента  $N$ :

$$f_{\text{bus}} = (f_{\text{ном}} \pm 25\%) / N, \text{ где } N=1, 2, \dots, 8.$$

Диапазон возможных значений  $f_{\text{bus}}$  при тактировании от встроенного генератора может быть сужен до  $f_{\text{bus}} = (f_{\text{ном}} \pm 5\%) / N$  путём использования специальных схемных и программных решений. Численное значение

$f_{\text{ном}}$  может различаться для некоторых моделей МК; далее по тексту будем использовать типовое значение  $f_{\text{ном}} = 3,2$  МГц и  $N = 1$ .

Принцип действия встроенного генератора иллюстрирует функциональная схема, представленная на рисунке 1. Управляемый 12-разрядным цифровым кодом генератор DCO формирует импульсную последовательность с частотой следования  $f_0$ , которая может находиться в диапазоне от 2,4 до 4,0 МГц. Центральная частота этого диапазона равна  $f_{\text{ном}} = 3,2$  МГц. Начальное значение частоты  $f_0$  соответствует коду 800h. Именно такой код формируется на выходе цифрового фильтра DLF по сигналу сброса после включения питания МК. Сигнал с выхода DCO поступает на вход делителя; в некоторых моделях МК коэффициент деления  $K$  программируется.

Импульсная последовательность с выхода делителя поступает на вход блока сравнения частот. Этот блок измеряет разность между эталонным значением частоты  $f_{\text{ном}}/K$  и  $f_0/K$ . Указанная разность может быть представлена только шестью значениями кода:  $-32, -8, -1, +1, +8, +32$ . Блок цифрового фильтра DLF складывает или вычитает, в зависимости от знака, код разности и текущий код управления генератором  $f_0$ . Значение корректируется в сторону приближения к заданной частоте  $f_0 = f_{\text{ном}}$ . Рассмотренная процедура повторяется несколько раз, пока разность  $(f_0 - f_{\text{ном}})$  не станет укладываться в диапазон  $\pm 0,05 f_{\text{ном}}$ , представляемый в кодах схемы сравнения  $\pm 1$ . Достигнутое таким образом значение частоты должно было бы составлять  $f_0 = f_{\text{ном}} \pm 5\%$  или  $f_0 = 3,2$  МГц  $\pm 5\%$ . Однако этого не происходит.

Причиной тому является недостаточно высокая точность измерения

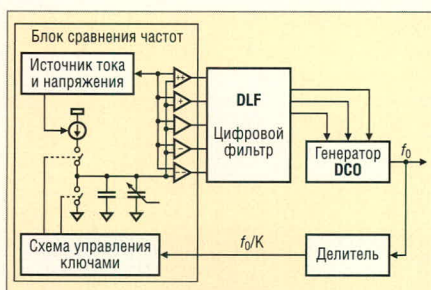


Рис. 1. Структура модуля внутреннего тактирования OSC

разности частот. Эту операцию выполняет схема сравнения, которая устроена следующим образом:

- Сначала интегрированный в корпус МК конденсатор заряжается стабильным током в течение периода частоты  $f_0/K$ . В результате напряжение конденсатора в конце периода дискретизации схемы обратной связи будет обратно пропорционально измеряемой частоте  $f_0/K$ ;
- Полученное напряжение поступает на вход системы компараторов (см. рис. 1), которые выполняют параллельное аналого-цифровое преобразование. В качестве опорных напряжений компараторов выбраны значения, соответствующие  $0,85f_{ном}$ ,  $0,95f_{ном}$ ,  $f_{ном}$ ,  $1,05f_{ном}$ ,  $1,15f_{ном}$ . Пятиразрядный код с выхода компараторов интерпретируется цифровым фильтром DLF значениями двоичного кода:  $-32$ ,  $-8$ ,  $-1$ ,  $+1$ ,  $+8$ ,  $+32$ ; и используется далее для выполнения нескольких итераций подстройки частоты.

Невозможность реализации эталонного источника тока, прецизионного конденсатора, а также источников опорного напряжения для компараторов приводит к тому, что эталонные напряжения компараторов формируются с достаточно большой ошибкой. Поэтому реальная точность частоты  $f_0/K$  не превышает  $\pm 25\%$ . И, как следствие, частота тактирования МК лежит в диапазоне  $f_{bus} = 3,2 \text{ МГц} \pm 25\%$ .

Существует способ повышения точности формирования, при реализации которого частота тактирования межмодульных магистралей будет составлять  $f_{bus} = 3,2 \text{ МГц} \pm 5\%$ . Он заключается в коррекции ёмкости конденсатора схемы сравнения в составе встроенного генератора OSC. Конструктивно этот конденсатор выполнен в виде 639 параллельно соединённых конденсаторов одинаковой ёмкости, из которых 384 конденсатора подключены постоянно. Остальные 255 конденсаторов подключаются посредством программно управляемых ключей. Код управления ключами OSC находится в регистре OSCTRIM и может произвольно изменяться под управлением программы.

Важно отметить, что после изменения числа OSC модуль внутреннего тактирования обеспечивает плавное изменение частоты системной шины; сбой выполнения управляющей

программы при этом исключены. При включении питания (в состоянии сброса) код управления ключами OSC равен 80h, ёмкость конденсатора составляет  $384 + 128 = 512$  единиц. Изменяя код OSC, можно подстроить опорную частоту контура обратной связи  $f_0/K$  с погрешностью 1/255, или 0,4%. Тогда частота системной шины будет равна  $f_0 = f_{ном} \pm 5\%$ , а погрешность в 5% будет определяться только выбранными уровнями сравнения компараторов в контуре регулирования.

Для проведения коррекции частоты  $f_{bus}$  ко входу захвата таймера следует подключить источник сигнала со стабильной низкой частотой. Затем измерить с помощью таймера какой-либо временной параметр этого сигнала и сравнить полученное число с эталонным, заложенным в виде константы в память программы. Учитывая, что относительное изменение  $f_{bus}$  при коммутации каждого единичного конденсатора составляет 0,195%, надо рассчитать код коррекции TRIM для программного коммутатора (число единичных конденсаторов, которое следует подключить или отключить) и записать этот код в специальный регистр OSCTRIM. Очевидным недостатком такого способа является необходимость во внешнем времязадающем источнике, что обобщается изъятием из «проекта» одного вывода МК. Однако в системах, которые как раз и предназначены для измерения частоты, этот вход на этапе занесения в МК управляющей программы может быть использован для подстройки частоты внутреннего генератора.

Производитель записывает в каждый МК число TRIM для частоты  $f_{ном} = 3,2 \text{ МГц}$  во Flash-память по адресу FFC0h и рекомендует при каждом начальном запуске МК переписывать это число под управлением программы в регистр OSCTRIM. Однако на практике оказалось, что подстроенная таким образом частота внутреннего генератора при комнатной температуре существенно отличается от номинальной, хотя и находится в пределах  $3,2 \text{ МГц} \pm 5\%$ . Так как большинство устройств работает при комнатной (или близкой к ней) температуре, возникает необходимость нахождения нового числа коррекции TRIM, соответствующего частоте  $3,2 \text{ МГц} \pm 0,4\%$ .

## АЛГОРИТМ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЗНАЧЕНИЯ ЧИСЛА КОРРЕКЦИИ TRIM

Аппаратные средства модуля внутрисхемного тактирования позволяют изменять под управлением программы значение периода системной шины МК  $T_{bus} = 1/f_{bus}$  на некоторую величину, равную  $\Delta T = nbT_{bus0} = n\tau$ , где  $n$  – целое число  $0 < n < 256$ ,  $\tau = bT_{bus0}$  – изменение периода системной шины при  $n = 1$ ,  $b$  – коэффициент пропорциональности,  $T_{bus0}$  – номинальное значение периода системной шины  $T_{bus0} = 1/f_{bus0}$ ; в рассматриваемом примере  $f_{bus0} = f_{ном} = 3,2 \text{ МГц}$ . Однако, указанное в техническом описании модуля внутрисхемного тактирования МК семейства HC908 значение коэффициента  $b = 0,002$  является величиной теоретической. Результаты нашего собственного исследования модуля тактирования в составе МК HC908QY4 и номограммы [3] показывают, что реальные значения  $b$  составляют от 0,0015 до 0,002. Причём коэффициенты  $b$  различаются даже для МК, взятых из одной партии. Кроме того, зависимость  $T_{bus} = f(\text{OSC})$  является линейной только в середине полного диапазона значений числа коррекции  $0 < \text{OSC} < 255$ .

Для точной настройки частоты внутренней шины МК  $f_{bus}$  на номинальную частоту  $f_{ном} = 3,2 \text{ МГц}$  необходимо сначала определить коэффициент  $b$  для уже смонтированного на плату МК и только затем настраивать саму частоту  $f_{bus}$ .

Предположим, что на вход захвата таймера подключен источник эталонного импульсного сигнала с частотой  $f_{изм}$ . Запишем под управлением программы в регистр OSCTRIM произвольное число OSC1 из диапазона  $0 < n < 128$ . При установленном значении  $f_{bus1}$  выполним измерение периода эталонного источника  $f_{изм}$ . Число отсчётов таймера для искомого периода составляет  $N_1 = T_{изм}/T_{bus1}$ , где  $T_{bus1} = T_{ном} + k\tau$ ,  $T_{ном} = 0,3125 \times 10^{-6}$  – период, соответствующий частоте 3,2 МГц,  $k$  – коэффициент коррекции,  $\tau$  – неизвестная целая величина, которую необходимо найти (см. рис. 2). Заметим, что коэффициент  $k$  может иметь и отрицательный знак.

Далее, под управлением программы уменьшим число в регистре OSCTRIM на некоторую величину  $m$ . Новое значение числа в регистре OSCTRIM будет

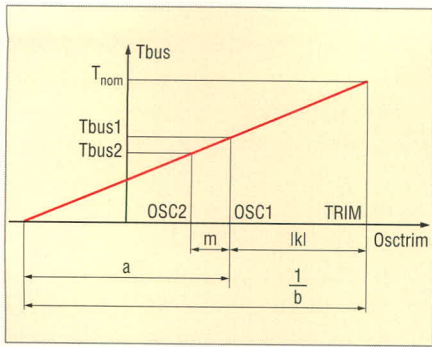


Рис. 2. Графическое представление алгоритма первичной подстройки частоты системной шины МК

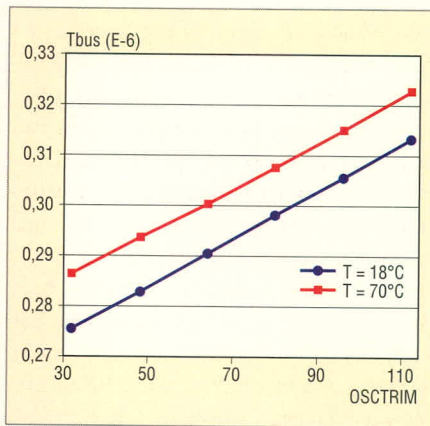


Рис. 3. Температурные характеристики модуля внутреннего тактирования

равно  $OSC2 = OSC1 - m$  (рис. 2). После измерения периода эталонного сигнала  $f_{изм}$  с новой частотой системной шины  $f_{bus2}$  число отсчётов таймера составит  $N_2 = T_{изм}/T_{bus2}$ , где  $T_{bus2} = T_{bus1} - m\tau = T_{ном} + (k - m)\tau$ . В соответствии с введёнными ранее обозначениями  $\tau = bT_{ном}$ , где  $b$  есть тот самый коэффициент, численное значение которого должно находиться в диапазоне от 0,0015 до 0,002. На основе двух выполненных измерений периода эталонной частоты необходимо сначала определить точное значение ко-

эффициента  $b$ , а затем искомое значение коэффициента коррекции  $k$ .

Проведём ряд математических преобразований с полученными значениями  $N_1$  и  $N_2$ :

$$N_1 = \frac{T_{изм}}{T_{ном} (1 + kb)}$$

$$N_2 = \frac{T_{изм}}{T_{ном} (1 + (k - m)b)}$$

$$\frac{N_1}{N_2 - N_1} = \frac{T_{ном} + kbT_{ном}}{mbT_{ном}} = \frac{1 + kb}{mb} \quad (1)$$

Введём новую переменную

$$a = \frac{N_2}{N_2 - N_1} m$$

Из выражения (1) следует, что

$$k = a - \frac{1}{b} \quad (2)$$

Определим  $b$  в функции  $N_1$  и  $N_2$ .

$$\begin{aligned} \frac{1}{b} &= \frac{T_{ном}}{\tau} = \frac{T_{ном}}{\frac{T_{bus1} - T_{bus2}}{m}} = \\ &= \frac{T_{ном} m}{T_{bus1} - T_{bus2}} = \frac{T_{ном} m N_1 N_2}{T_{изм} (N_1 - N_2)} = \\ &= a \frac{T_{ном} N_1}{T_{изм}} \end{aligned} \quad (3)$$

Вычислим число коррекции TRIM:

$$\begin{aligned} TRIM &= OSC1 - k = \\ &= OSC1 - a \left( 1 - \frac{T_{ном} N_1}{T_{изм}} \right) \end{aligned} \quad (4)$$

Из формулы (4) видно, что для определения TRIM – подстроенного значения регистра OSCTRIM – необ-

ходимо знать период или частоту эталонного сигнала. С целью обеспечения высокой точности определения TRIM следует выбирать частоту эталонного сигнала много меньшей частоты системной шины.

Данные экспериментов по применению рассмотренного выше метода приведены в таблице 1. Обратите внимание на высокую повторяемость результатов для разных диапазонов экспериментальных значений OSC.

Программный код, реализующий рассмотренный алгоритм, на языке ассемблера занимает 620 байт памяти. Этот код запускается автоматически при первом пуске управляющей программы. Рассчитанное значение TRIM сохраняется во Flash-памяти. При последующих запусках программа, минуя алгоритм настройки, переписывает число TRIM в регистр OSCTRIM, обеспечивая, таким образом, настройку частоты системной шины  $f_{ном} = 3,2 \text{ МГц} \pm 0,4\%$ .

### АЛГОРИТМ ЧАСТИЧНОЙ КОМПЕНСАЦИИ ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ЧАСТОТУ СИСТЕМНОЙ ШИНЫ

Рассмотренный выше алгоритм точной настройки системной шины МК выполняется в процессе занесения управляющей программы в конечное устройство. Как правило, этот процесс осуществляется при комнатной температуре. Однако при эксплуатации конечного устройства рабочая температура МК может измениться. Насколько существенно влияет изменение температуры на частоту системной шины МК?

Опытным путём были получены характеристики, представленные на рисунке 3; аналогичные зависимости можно найти также в [3]. С увеличением температуры график зависимости  $T_{bus} = f(OSC)$  смещается вверх. При температуре 70°C изменение периода  $T_{bus}$  составило около 3%. Помимо этого, на некоторых участках кривой  $T_{bus} = f(OSC)$  претерпел изменение коэффициент пропорциональности  $b$ . Особенно заметно изменение наклона при малых значениях регистра OSCTRIM. Проанализировав представленные графики, можно сделать вывод, что для сохранения частоты системной шины, равной  $f_{ном} = 3,2 \text{ МГц} \pm \pm 0,4\%$ , число TRIM в регистре OSCTRIM с изменением рабочей температуры МК должно быть также изменено.

Таблица 1. Измерение и расчёт числа коррекции TRIM при температуре 18°C

Эталонная частота $f_{ном}$ , Гц	Число OSC в регистре OSCTRIM		Измеренное значение $N$		Рассчитанное значение $T_{bus}$ , Гц (Dec)	Рассчитанное значение $T_{bus}$ , мкс (Dec)	Выбор значений OSC для расчёта OSC1/OSC2 (Hex)	Рассчитанное значение $1/b$ (Dec)	Рассчитанное значение $k$ (Dec)	Рассчитанное значение TRIM (Dec)
	Hex	Dec	Hex	Dec						
40	20	32	2C4E	11342	453 680	0,275525	40/20	669,79	-47,25	111
40	30	48	2B26	11046	441 840	0,282908	50/30	660,63	-30,55	111
40	40	64	2A07	10759	430 360	0,290455	60/40	664,47	-14,87	111
40	50	80	28F5	10485	419 400	0,298045	70/50	654,88	1,70	110
40	60	96	27F5	10229	409160	0,305504				
40	70	112	26F6	9974	398 960	0,313315				

Hex – значение дано в шестнадцатеричной системе счисления;

Dec – значение дано в десятичной системе счисления;

TRIM – подстроенное значение цифрового регулятора.

В таблице 2 приведены результаты экспериментов, выполненные по методике составления таблицы 1, но для температуры 70°C. Если при комнатной температуре значение числа коррекции TRIM было равно TRIM1 = 111, то при температуре 70°C в регистр OSCTRIM должно быть записано новое число коррекции TRIM2 = 91. В противном случае изменение частоты системной шины, а следовательно, и погрешность измерения временных интервалов составит около 3%. Для снижения этой погрешности необходимо реализовать автоматическое изменение значения числа TRIM в функции температуры кристалла МК. Но датчик температуры в составе рассматриваемых 8-разрядных микроконтроллеров отсутствует. Поэтому поставленную задачу следует решать посредством косвенных измерений.

Чтобы в процессе работы устройства осуществить пересчет числа TRIM, необходимо соблюдение двух условий:

- стабильная частота измеряемого сигнала (не эталонного, с произвольной частотой);
- относительно стабильная температура.

Учитывая, что алгоритм пересчета выполняется достаточно быстро, второе условие выполняется автоматически. Возможность выполнения первого условия полностью определяется прикладной задачей.

Геометрическое представление алгоритма пересчета подстроечного числа TRIM при изменении температуры кристалла МК иллюстрирует рисунок 4. Нижняя прямая соответствует линейной аппроксимации функции  $T_{bus} = f(OSC)$  при комнатной температуре окружающей среды, верхняя – при температуре 70°C. Если эти прямые параллельны, то новое значение подстроечного числа TRIM2 можно найти по формулам:

$$a1 - a2 = TRIM1 - TRIM2, \quad (5)$$

$$a2 - a1 = \frac{N2\_2}{N2\_2 - N1\_2} m - \frac{N2\_1}{N2\_1 - N1\_1} m, \quad (6)$$

где  $N2\_1$  и  $N1\_1$  – число отсчетов таймера, полученное в процессе измерений периода некоторого входного

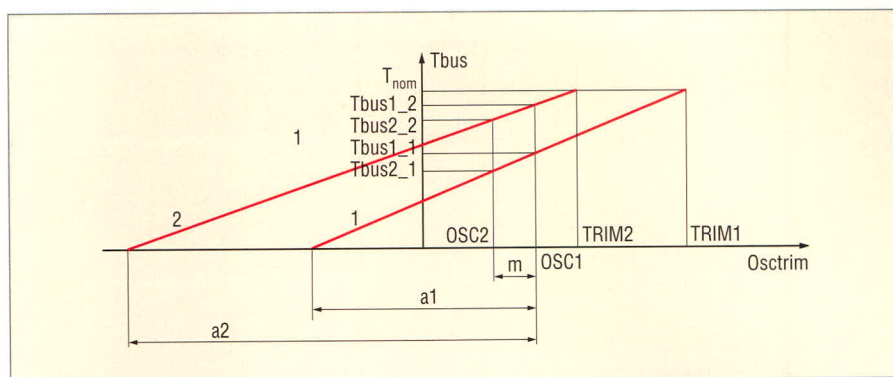


Рис. 4. Геометрическое представление алгоритма автоматической коррекции частоты системной шины МК с изменением температуры

импульсного сигнала для двух значений периода системной шины  $T_{bus1\_1}$  и  $T_{bus2\_1}$  при комнатной температуре (прямая 1 на рис. 4), а  $N2\_1$  и  $N2\_2$  – аналогичные числа, полученные в процессе измерений при повышенной температуре (прямая 2 на рис. 4).

Для проверки соответствия данной геометрической модели, выведенной на основе экспериментальных данных из таблиц 1 и 2, были рассчитаны разности  $a2 - a1$  и  $TRIM1 - TRIM2$  для двух экземпляров МК. Проанализируем полученные результаты, представленные в таблице 3. Если  $a2 - a1 = TRIM1 - TRIM2$ , то прямые  $T_{bus} = f(OSC)$  можно считать параллельными на рассматриваемом участке OSC1...OSC2. Как видно из таблицы 3, для МК1 такого участка вообще не существует, а для МК2 такой участок присутствует в диапазоне

OSC = 60h...40h. Можно также заметить, что разность  $TRIM1 - TRIM2$  для всех рассмотренных диапазонов изменения числа OSC не превышает некоторого порогового значения, которое для диапазона изменения температуры внешней среды 18...70°C можно принять равным 20.

На основе полученных данных был реализован следующий алгоритм автоматической подстройки частоты внутренней шины МК. Через определенные, достаточно длительные интервалы времени МК записывает в регистр OSCTRIM значение OSC1 = 60h и определяет число  $N1\_2$ , затем при OSC2 = 40h определяет число  $N2\_2$ . Используя рассмотренные соотношения (5) и (6), вычисляется разность  $a2 - a1$ . Если  $a2 - a1 < 20$ , то  $TRIM2 = TRIM1 - (a2 - a1)$ , иначе  $TRIM2 = TRIM1 - 20$ .

## Консультационно-технический центр по микроконтроллерам

[www.cec-mc.ru](http://www.cec-mc.ru)  
e-mail: [info@cec-mc.ru](mailto:info@cec-mc.ru)

### В НОГУ СО ВРЕМЕНЕМ

- 8, 16, 32-х разрядные микроконтроллеры для различных применений
- STM, Atmel, NXP, SHARP, Texas Instrument, Cirrus Logic, Freescale, Fujitsu, Infineon

Техническая поддержка проектов

**127055, Москва, ул. Новослободская, 62, корп. 12**  
тел. (495) 730-2085

Таблица 2. Измерение и расчёт числа коррекции TRIM при температуре 70°C

Эталонная частота $f_{\text{этал}} \text{ Гц}$	Число OSC в регистре OSCTRIM		Измеренное значение $N$		Расчётное значение $f_{\text{пол}}/8 \text{ Гц (Dec)}$	Расчётное значение $T_{\text{пол}} \text{ мкс (Dec)}$	Выбор значений OSC для расчёта OSC1/OSC2 (Hex)	Расчётное значение $1/f \text{ (Dec)}$	Расчётное значение $k \text{ (Dec)}$	Расчётное значение TRIM (Dec)
	Hex	Dec	Hex	Dec						
40	20	32	2AA4	10916	436640	0,286277	40/20	733,83	-29,57	93
40	30	48	2994	10644	425760	0,293593	50/30	714,99	-11,25	91
40	40	64	28B4	10420	416800	0,299904	60/40	664,33	5,22	91
40	50	80	27B0	10160	406400	0,307579	70/50	659,98	21,60	90
40	60	96	26C2	9922	396880	0,314957				
40	70	112	25D3	9683	387320	0,322731				

Таблица 3. Данные для анализа алгоритма автоматической коррекции частоты системной шины

МК1			МК2		
OSC1-OSC2	a2-a1	TRIM1-TRIM2	OSC1-OSC2	a2-a1	TRIM1-TRIM2
40-20	84,2	21,1	40-20	81,7	17,7
50-30	74,8	21,8	50-30	73,7	19,3
60-40	44,0	20,4	60-40	20,0	20,1
70-50	52,3	20,6	70-50	25,0	19,9

Таблица 4. Влияние температуры окружающей среды на порог срабатывания по частоте для алгоритма с коррекцией частоты системной шины

Пороговая частота, Гц	Температура, °C					
	29	41	46	51	61	70
59	58,8	59,3	59,4	59,6	59,3	59,3
45	44,9	44,9	45,3	45,0	45,2	45,1

При попытке реализации этого алгоритма в реальном устройстве было обнаружено следующее. Вследствие наличия контура обратной связи в модуле тактирования, установленная частота внутренней шины имеет нестабильность  $\pm 0,025\%$ , и поэтому наблюдаются нестабильность  $N1$  и  $N2$ . Оценим погрешность разности  $a2 - a1$ , по которой определяется текущее подстроечное число TRIM2. При  $N1 = 10\,229$  и  $N2 = 10\,759$  коэффициент  $a = 649,6$ . Предположим, что  $\Delta N = 7$  – допустимое значение изменения  $N$ , при котором можно считать входную частоту стабильной. Тогда в худшем случае, при  $N1 = 10\,222$  и  $N2 = 10\,766$  коэффициент  $a = 633,3$ , ошибка вычисления составляет  $\Delta a = 16$ . Полученное значение  $\Delta a$  близко к граничной разности TRIM1 – TRIM2 = 20 для рассматриваемого диапазона температур 18...70°C. Поэтому рабочий алгоритм подстройки должен накапливать значения  $N1$  и  $N2$ , находить

среднее арифметическое в каждой группе отсчётов и эти средние значения использовать для расчётов TRIM2. При этом следует помнить, что увеличение времени измерений для целей подстройки требует снижения динамики изменения частоты измеряемого сигнала.

Рассмотренный алгоритм с накоплением 16 отсчётов каждого измерения был использован в устройстве контроля частоты автономного дизельного генератора. Программный код, реализующий алгоритм на языке ассемблера, занимает дополнительно 148 байт памяти (с использованием подпрограмм первого алгоритма). Порог обнаружения критического значения частоты был установлен 59 Гц при комнатной температуре. Время, через которое осуществлялась подстройка, определялось программным счётчиком входных захватов сигнала измеряемой частоты. Подстройка выполнялась по достижении

счётчиком значения 10 000. При средней частоте измеряемого сигнала 50 Гц время между подстройками составляет 200 с; при этом время, выделяемое на подстройку, оценивается как  $32/50 \text{ Гц} = 0,64 \text{ с}$ .

В таблице 4 приведены результаты тестирования этой программы для двух значений пороговой частоты. Можно убедиться, что погрешность частоты срабатывания не превышает 1%, в то время как без алгоритма подстройки эта погрешность составляла 3...5%.

## Выводы

- Внутренний модуль тактирования МК необходимо настраивать, поскольку предоставляемое заводом-изготовителем значение кода коррекции для регистра OSCTRIM обеспечивает произвольное значение частоты системной шины из диапазона  $3,2 \text{ МГц} \pm 5\%$ .
- Для начальной подстройки частоты был разработан алгоритм для автоматического определения значения числа коррекции TRIM регистра OSCTRIM. Обязательным условием настройки является подключение сигнала известной частоты ко входу модуля входного захвата. В работе использовался сигнал частотой 40 Гц, и полученные соотношения тоже соответствуют этой частоте.
- При изменении окружающей температуры возникает необходимость подстройки частоты. Если частоту не подстраивать, то при температуре 70°C она изменяется на 3% относительно частоты тактирования при комнатной температуре. Разработан алгоритм автоматической коррекции частоты системной шины в процессе работы устройства с каналом измерения частоты, который позволяет уменьшить погрешность измерения, возникающую из-за температурной нестабильности.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Ремизевич Т. Новые модели микроконтроллеров семейства HC908 фирмы Motorola. CHIP News. 2002. № 5 (68). С. 5–13.
2. Работа с микроконтроллерами семейства HC(S)08: пособие для студентов технических вузов. Под ред. Д.И. Панфилова. Издательство МЭИ, 2005.
3. MC68HC908QY/QT Internal Oscillator Usage Notes. Документ AN2312 компании Freescale Semiconductor.



# Новости мира News of the World Новости мира

## Power Management- и Audio-чип

Фирма *Austriamicrosystems* представляет Power- и Audio-Management-схему AS3658. Элемент является решением для обеспечения и контроля питания, а также управления аккумулятором, включая функцию зарядки. Зарядное устройство выдаёт ток заряда до 1,6 А. Специальная функция изолирования батареи обеспечивает зарядку по шине USB, линейный заряд, а также Step-down-заряд. AS3658 содержит три понижающих DC/DC-преобразователя, два повышающих DC/DC-преобразователя, три RF-LDO-стабилизатора, четыре цифровых LDO-стабилизатора, схему подкачки напряжения и схему управления фоновой подсветкой, поддерживающую многочисленны размеры экранов.

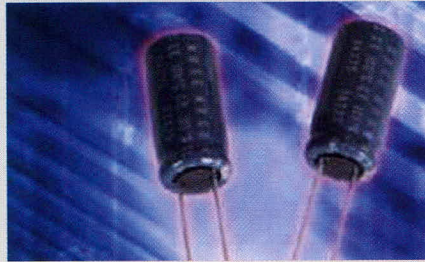


В то же время AS3658 располагает аудио-функциями, такими как 18-разрядный цифро-аналоговый преобразователь, 16-разрядный аналого-цифровой преобразователь, 5-диапазонный эквалайзер, а также усилитель наушников, линейные входы и выходы, микрофонные входы, аудиомиксер и несколько аналоговых и цифровых интерфейсов. Набор функции AS3658 дополняется часами реального времени, 10-разрядным аналого-цифровым преобразователем для самых различных задач и интерфейсом сенсорного экрана. Благодаря программируемым в PROM Startup-последовательностям, ИС совместима с множеством прикладных процессоров. Чип размещён в корпусе BGA124 размером 8 × 8 мм с межконтактным расстоянием 0,5 мм и рассчитан на работу при окружающей температуре -40...+85°C.

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

## Радиальные электролитические конденсаторы 63 и 100 В

Фирма *NIC Components Europe* расширяет свою серию NRSG радиальных миниатюрных алюминиевых электролитических конденсаторов элементами с рабочим напряжением 63 и 100 В. Серия предназначена для устройств систем



управления в промышленности, например, в системах питания и преобразователях. Общий располагаемый диапазон напряжений расширен теперь до пределов от 6,3 до 100 В; значения ёмкости от 6,8 до 6800 мкФ. Диапазон рабочих температур -40...+105°C. Корпуса имеют размеры вплоть до 5 × 11 мм.

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

## Front-End-модуль для WLAN и Bluetooth

Фирма *Epcos* выпускает, по её утверждению, самый миниатюрный в мире All-in-one Front-End-модуль для Bluetooth-, а также для WLAN-приложений по стандарту 802.11 b/g/n. При монтажной высоте 1,4 мм модуль занимает на печатной плате площадь 4,5 × 3,2 мм. Модуль включает в себя WLAN-усилитель мощности, коммутатор WLAN-Bluetooth, приёмный симметрирующий



трансформатор и защиту от электростатических разрядов. Кроме этого, специальный фильтр обеспечивает возможность одновременной работы WLAN и Bluetooth со всеми стандартами мобильной радиосвязи.

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

## Источник опорного напряжения с температурным дрейфом 5 ppm/°C

Фирма *Linear Technology* представляет ИС LTC6652 – маломощный прецизионный источник опорного напряжения с начальной погрешностью 0,05% и с максимальным температурным дрейфом 5 ppm/°C. Шум опорного напряжения составляет 2,1 ppm, диапазон выходного тока ±5 мА. Схема рассчитана на работу в температурном диапазоне -40...+125°C, её рабочее напряжение может быть до 13,2 В. Чип может включаться в ждущий режим, в котором потребляемый ток снижается с 350 мкА до менее чем 2 мкА. Семейство LTC6652 предлагается с

семью различными выходными напряжениями: 1,25, 2,048, 2,5, 3,0, 3,3, 4,096 и 5 В.

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

## Прочный выключатель с защитой от вандализма

Фирма *Schurter* предлагает MSM LA – прочную металлическую кнопку-выключа-



тель с фиксацией. Выключатель выполнен с двумя гальванически развязанными контактами и может, таким образом, использоваться в однополюсных и двухполюсных коммутационных схемах. Напряжение контактов до 250 В при максимальном коммутируемом токе до 12 А. Выключатели имеют с монтажным диаметром 19 и 22 мм, эксплуатационный температурный диапазон -25...+ 85°C. Класс защиты IP67. Выключатель находит применение в промышленных системах автоматизации, на пищевых производствах, на пассажирском транспорте, а также в измерительных приборах, информационных терминалах, в торговых автоматах и пультах управления.

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

## 1,8V-CPLD в корпусе MBGA

Фирма *Altera* предлагает Zero-Power-CPLD MAX IIZ, которые предназначены для мобильных приложений. Они выпускаются с 240 и 570 логическими элементами и размещаются в корпусе MBGA, имея до 160 входов/выходов. Элементы, по утверждению производителя, обладают значительными преимуществами по отношению к обычным макро-CPLD и сочетают энергонезависимую логику, а также Instant-on-функциональность со структурой логики Lock-up-Table. В элементах используется технология 0,18 мкм, напряжение ядра 1,8 В и Flash-технология с шестью слоями металла. К системным признакам относится Flash-память пользователя и внутренний генератор. Элементы MAX IIZ поддерживаются бесплатным программным обеспечением Quartus II Web Edition в версии 7.2, SP1.

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

# Применение ПЛИС в регулируемом асинхронном электроприводе

Владимир Вычужанин (г. Одесса, Украина)

В статье описана схема управления инвертором в приводе асинхронного электродвигателя, реализованная на базе ПЛИС фирмы Altera.

В настоящее время электроприводы, предназначенные для преобразования электрического сигнала в механическое перемещение вала, строятся на основе трёхфазных асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором. В силу конструктивных особенностей асинхронная машина лишена ряда недостатков, присущих машинам постоянного тока. В частности, отсутствие коллектора и щёток в асинхронном двигателе обуславливают большую предельную мощность, лучшие весогабаритные показатели, более высокие перегрузочную способность, допустимую скорость изменения момента и скорость вращения, чем в машине постоянного тока.

Известно, что преимущества асинхронного двигателя наиболее полно реализуются при частотном управлении, что обуславливает «вытеснение» регулируемого электропривода постоянного тока частотно-регулируемым асинхронным электроприводом во всех отраслях промышленности. Основная функция частотного привода заключается в получении переменного напряжения с регулируемой амплитудой и частотой для управления скоростью вращения асинхронного двигателя.

Для решения задач, связанных с управлением асинхронными электроприводами, используются устройства, выполненные на основе микроконтроллеров или микропроцессоров. С их помощью можно решать многие задачи измерения, управления и обслуживания электроприводов. Подобные устройства легко программируются, потребляют мало энергии и легко включаются в схему.

Однако растущий спрос на устройства, обладающие сокращённым проектно-технологическим циклом, ускоренным макетированием и ре-

конфигурированием, удобством программирования и низкими затратами при реализации, расширяет сферы применения других цифровых ИС, в том числе программируемых логических интегральных схем (ПЛИС). Подобные ИС обладают большим числом выводов, настраиваемыми логическими уровнями входов и выходов и способны заменить несколько микросхем, включая микроконтроллер, регистры портов, интерфейс и т.п. Учёт архитектурных особенностей и в ряде случаев преимуществ ПЛИС перед микропроцессорами, позволяет выполнять на основе ПЛИС конкурентоспособные изделия.

Производители предлагают разнообразные ПЛИС: программируемые простые, матричные и сложные логические устройства (SPLD, PAL, CPLD); программируемые пользователем базовые матричные микросхемы (FPGA). ПЛИС типа CPLD представляют собой комплексные программируемые логические устройства, энергонезависимые и с некоторым ограничением допустимого числа перезаписи. Такие ПЛИС характеризуются высоким соотношением количества логических элементов к количеству регистров и отличаются гибким ресурсом трассировки. Главные достоинства CPLD – пониженное энергопотребление и упрощённые режимы сохранения информации.

Наиболее распространённые ПЛИС типа FPGA представляют собой матрицу программируемой логики, между строками и столбцами которой имеются программируемые соединения. Высокоинтегрированные кристаллы FPGA содержат, кроме матриц, встроенную память, приёмопередатчики и микропроцессоры, которые можно подключать с помощью программируемых соединений внут-

ри кристалла, без ограничения числа циклов перепрограммирования.

ПЛИС типа CPLD и FPGA обладают специфическими характеристиками и сочетанием таких параметров, как быстродействие, энергопотребление, уровень интеграции и стоимость. Такое разнообразие – одна из самых сложных проблем, с которыми приходится сталкиваться разработчику электронных устройств. Однако в связи с тем, что производители ПЛИС проводят политику промышленной стандартизации, задача выбора типа и серии конкретной микросхемы существенно облегчается.

Учитывая особенности ПЛИС, автор предлагает использовать их для реализации некоторых элементов схемы проектируемого устройства управления частотно-регулируемым асинхронным электроприводом. Большая часть функций управления таким электроприводом обычно реализуются программно в микроконтроллере преобразователя частоты. На рисунке 1 приведена функциональная схема электропривода, в которой для управления биполярными транзисторами с изолированным затвором (IGBT) применена ПЛИС.

Силовая часть преобразователя (см. рис. 1) содержит: неуправляемый или управляемый трёхфазный выпрямитель, преобразующий входное переменное напряжение в постоянное напряжение промежуточного контура преобразователя частоты; накопительный конденсатор, обеспечивающий качество преобразованного напряжения; силовой инвертор напряжения, преобразующий постоянное напряжение промежуточного контура в выходное трёхфазное синусоидальное напряжение, передаваемое на двигатель.

Для инвертирования постоянного тока в преобразователе частоты используются IGBT-транзисторы с малыми потерями в статическом и в динамическом режимах. Транзисторы этого типа обеспечивают очень низкий уровень помех при частоте пе-

реключения до 20 кГц. Для согласования работы силовой части с управляющей схемой используется ключевой усилитель мощности. Управляющая часть преобразователя частоты (см. рис. 1) содержит: микроконтроллер (например, 8-разрядный PIC), ПЛИС для управления инвертором, задатчик параметров и модули сопряжения с датчиками контролируемых параметров.

Для реализации схемы частотного управления транзисторами инвертора асинхронного электропривода разработана принципиальная электрическая схема устройства, приведённая на рисунке 2, где DD1 – генератор тактовых импульсов (микросхема КХО-V96), DD2 – ПЛИС для управления IGBT-транзисторами VT1 – VT6, DD3 – DD5 (микросхема AD1991) – элементы силовой части схемы управления (ключевые усилители мощности).

Следует отметить, что при выборе конкретного типа, серии и семейства ПЛИС разработчики обычно руководствуются сложностью, выраженной в количестве логических элементов, а также доступностью средств разработки. Цена ПЛИС пропорциональна её логической «ёмкости», поэтому для реализации разрабатываемого устройства необходимо подбирать ПЛИС с оптимальным количеством логических элементов. Вполне возможно использовать недорогие ПЛИС, поскольку за счёт быстрой повторяемости простых операций можно выполнять медленные приложения при малых аппаратных затратах. Кроме того, следует учитывать, что степень интеграции ПЛИС достигла уровня, при котором на размер кристалла практически не влияет общее количество вентилях. Однако для крупных проектов, создаваемых с

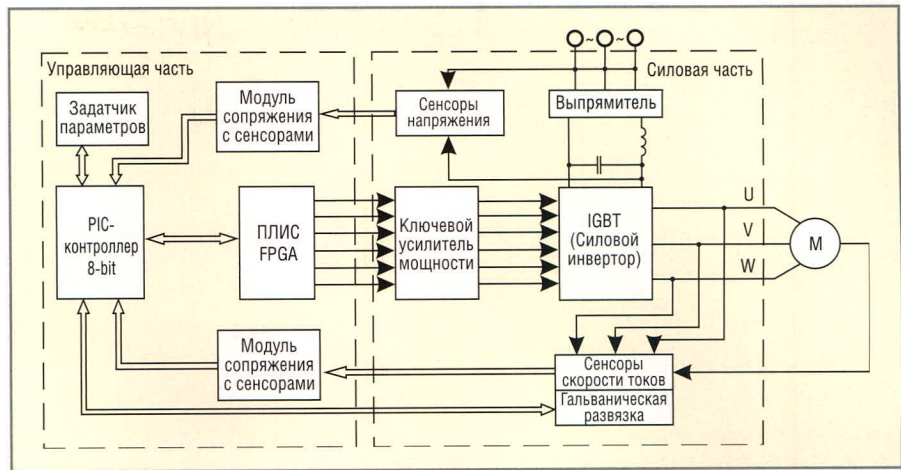


Рис. 1. Функциональная схема преобразователя частоты

нуля, время полной верификации традиционными способами может оказаться неприемлемо большим, что вынуждает пользоваться функциональными блоками, разработанными сторонними фирмами. Широка выбора таких функциональных блоков и возможность учёта их параметров как единого целого при моделировании разрабатываемого устройства является существенным критерием при выборе конкретной ПЛИС для реализации сложных проектов.

При проектировании устройства управления транзисторами силового инвертора преобразователя частоты (см. рис. 1 и 2) использовалась свободно распространяемая САПР QuartusII v7.2, позволяющая реализовать проект на базе ПЛИС фирмы Altera. Система проектирования полного цикла поддерживает сквозной процесс – от ввода и контроля до программирования микросхем – и является архитектурно независимой средой проектирования, адаптируемой к конкретным проектным требованиям. Файл описания проекта был соз-

дан в текстовом редакторе пакета. При описании алгоритма функционирования разработанного устройства учитывалась последовательность включения и выключения транзисторов VT1 – VT6 силового инвертора.

После отладки компонентов схемы на основе созданных при компиляции выходных файлов осуществлено моделирование работы проекта с помощью подсистемы Simulator пакета QuartusII v7.2. При этом проверялись арифметические операции и внутренние временные соотношения проекта. Компиляция выполнена с учётом заданных требований к обеспечению временных характеристик проекта и оптимизации используемых ресурсов ПЛИС. В результате компиляции создан файл для программирования и конфигурирования ПЛИС фирмы Altera. Синтезированная схема управления инвертором, выполненная с использованием возможностей ПЛИС, приведена на рисунке 3. При компиляции проекта была выбрана ПЛИС типа EPM7032SLC44-5.

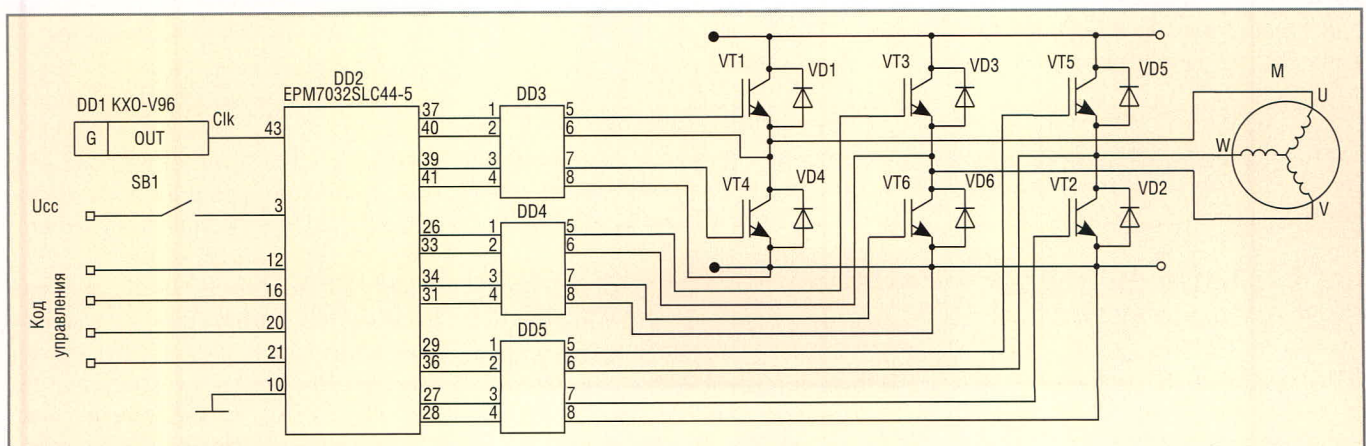


Рис. 2. Принципиальная электрическая схема управления транзисторами инвертора асинхронного электропривода

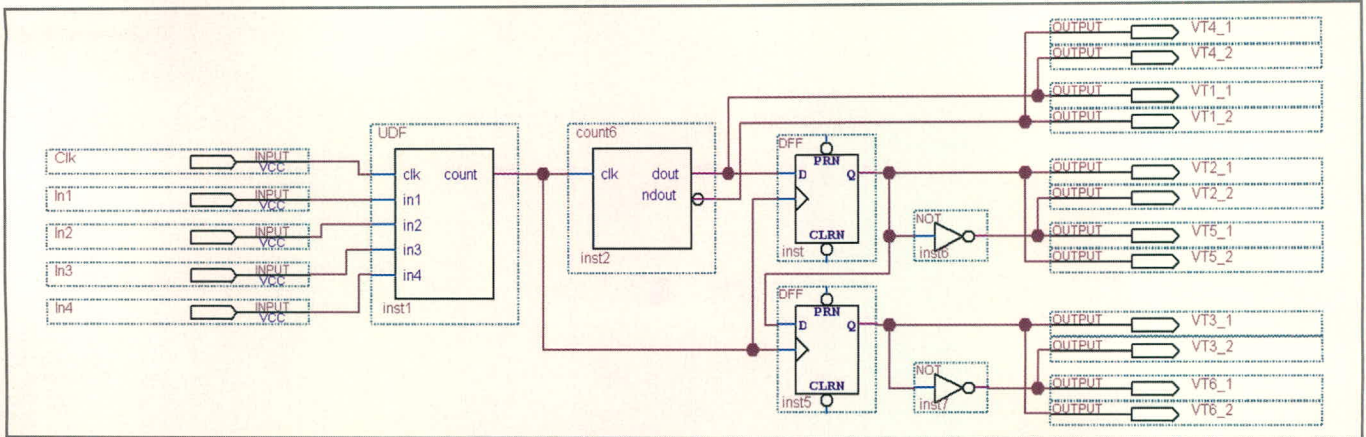


Рис. 3. Схема устройства управления инвертором асинхронного электропривода в ПЛИС

UDF – управляемый делитель частоты, count6 – счётчик на шесть тактов, DFF – D-триггеры, NOT – инверторы

Схема устройства управления инвертором асинхронного электропривода в ПЛИС работает следующим образом. При замыкании ключа SB1 (см. рис. 2) на тактовый вход управляемого делителя частоты UDF (см. рис. 3) подаются импульсы, вырабатываемые генератором тактовых импульсов DD1 (см. рис. 2). На входы In1 – In4 (см. рис. 3) подаётся код управления, соответствующий коэффициенту деления управляемого делителя частоты. Сигнал с выхода управляемого делителя частоты UDF подаётся на вход счётчика на шесть тактов count6, который совместно с D-триггерами DFF формирует выходные сигналы, поступающие на входы 1 – 4 ключевых усилителей DD3 – DD5 (см. рис. 2). Сигналы с выходов 5 – 8 ключевых усилителей поступают на входы IGBT-транзисторов инвертора, как показано на рисунке 2. Ток через обмотку двигателя М может протекать только тогда, когда открыт один из верхних (VT1, VT3 и VT5) и один из нижних транзисторов (VT4, VT6 и VT2). Посредством циклического переключения транзисторов ток меняется в трёх выходных фазах, которые постоянно сдвинуты на 120° относительно друг дру-

га. В результате получается симметричная трёхфазная система, частота которой зависит от длительности цикла срабатывания транзисторов инвертора. Длительность срабатывания каждого транзистора задаётся соответствующим кодом на входах In1 – In4 (см. рис. 3).

В качестве примера ниже приведён фрагмент программного описания работы управляемого делителя частоты UDF в ПЛИС, управляющей транзисторами силового инвертора преобразователя частоты.

```
entity UDF is
port( clk, in1, in2, in3, in4:
in bit;
count: out bit);
end UDF;
architecture struct of UDF is
signal i: integer range 0 to 15;
signal tmp: integer range 0 to 15;
begin
process(clk)
begin
if (clk'event and clk='1') then
i<=0;
if (in1='1')then
i<=i+1;
end if;
if (in2='1')then
i<=i+2;
end if;
if (in3='1')then
i<=i+4;
end if;
if (in4='1')then
i<=i+8;
end if;
if (tmp = i) then
count<='1';
tmp<=0;
elsif (tmp > 15) then
count<='1';
tmp<=0;
else
tmp<=tmp+1;
count<='0';
end if;
end if;
end process;
end struct;
```

```
i<=i+2;
end if;
if (in3='1')then
i<=i+4;
end if;
if (in4='1')then
i<=i+8;
end if;
if (tmp = i) then
count<='1';
tmp<=0;
elsif (tmp > 15) then
count<='1';
tmp<=0;
else
tmp<=tmp+1;
count<='0';
end if;
end if;
end process;
end struct;
```

После введения в ПЛИС всей разработанной программы было осуществлено моделирование работы устройства. При этом использовался симулятор QuartusII v7.2, осуществляющий проверку логических операций и внутренних временных соотношений проекта. В ходе функционального моделирования была проверена логика работы схемы.

Результаты моделирования разработанного устройства при частоте переключения транзисторов 2 кГц (см. рис. 4) подтверждают его работоспособность в полном соответствии с предъявляемыми требованиями. Разработанное устройство управления инвертором частотного преобразователя асинхронного электропривода, реализованное на основе ПЛИС, отличается доступностью элементной базы, простотой реализации и настройки.

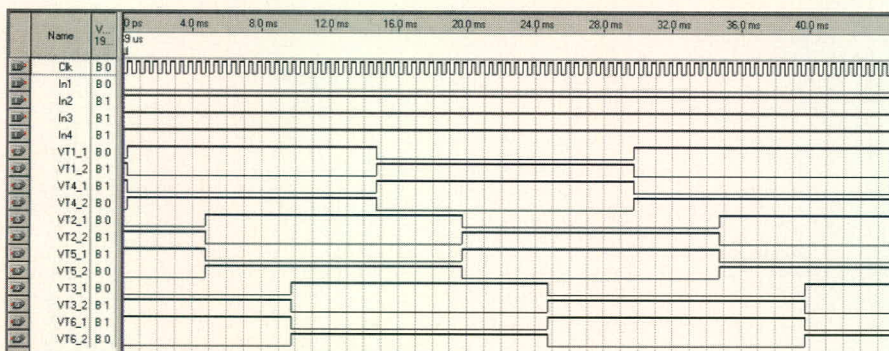


Рис. 4. Результаты моделирования устройства



# КОМПОНЕНТЫ ДЛЯ АВТОЭЛЕКТРОНИКИ



ЭЛЕКТРОННЫЕ КОМПОНЕНТЫ ОТ ВЕДУЩИХ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ



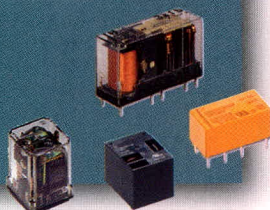
Мощные IGBT модули



Силовые диодно-тиристорные модули



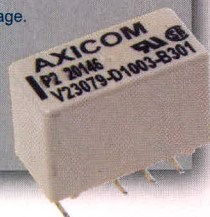
Реле



Силовые конденсаторы



Соединители



Датчики для автомобильной промышленности



Офисы в Москве: м. Молодежная: ул. Ивана Франко, 40, стр. 2, (495) 97-000-99, 121351, Москва, а/я 100, e-mail: platan@aha.ru  
м. Новослободская: 1-й Щемилковский пер., 16, стр. 2 (495) 744-70-70, platan@platan.ru

Офис в Санкт-Петербурге: ул. Зверинская, 44 (812) 232 88 36, 232 23 73, baltika@platan.spb.ru  
Представительства: Воронеж: (4732) 59 75 57 Казань: (843) 292 18 06 Киев: (38044) 494 37 92 Новосибирск: (3832) 16 57 73  
Омск: (3812) 24 69 03 Томск: (3822) 55 65 30 Ульяновск: (8422) 37 65 67 Уфа: (3472) 32 10 79

Региональные дилеры: Белгород: (4722) 31 30 84 Екатеринбург: (343) 353 75 16 Ижевск: (3412) 43 72 51 Йошкар-Ола: (8362) 45 17 45 Минск: (375 17) 287 28 60 Нижний Новгород: (8312) 30 32 33 Новосибирск: (3832) 17 39 43 Омск: (3812) 24 10 90  
Пермь: (3422) 37 17 46, (3422) 12 54 00 Ростов-на-Дону: (8632) 44 34 48 Самара: (8462) 67 31 39 Санкт-Петербург: (812) 327 96 92  
Саратов: (8452) 60 68 88 Тольятти: (8482) 70 91 03 Томск: (3822) 51 12 25 Тюмень: (3452) 75 11 17 Чебоксары: (8352) 28 81 57  
Уфа: (3472) 35 63 73 Якутск: (4112) 36 38 51, 43 32 86

# Блок управления для силовой части FM STEPDRIVE фирмы Siemens на базе микроконтроллера AT89C4051-24PI

Сергей Шишкин (Нижегородская обл.)

В статье описано несложное схемное решение блока управления для силовой части FM-STEPDRIVE фирмы Siemens. Приведён алгоритм работы блока управления, на основе которого разработано программное обеспечение микроконтроллера.

Силовая часть FM-STEPDRIVE в составе системы ЧПУ SINUMERIK 802S достаточно широко представлена на рынке в различных системах автоматизации для обрабатывающих станков. FM-STEPDRIVE применяется для управления шаговыми двигателями SIMOSTEP серии 1FL3 и вместе с функциональными модулями FM-NC, FM 353 и FM357-2 выполняет высокоточные задачи пози-

ционирования в диапазоне мощности от 50 до 600 Вт. Блок FM-STEPDRIVE может применяться для шаговых двигателей в диапазоне крутящего момента от 2 до 15 Нм, его основные параметры приведены в таблице 1.

В таблице 2 приведены некоторые типы двигателей из серии SIMOSTEP, подключаемые к FM-STEPDRIVE. Фактически силовая часть FM-STEP-

DRIVE представляет собой привод с законченным интерфейсом управления. Поэтому в дальнейшем мы будем употреблять термин «привод». Данные приводы имеют высокую надёжность и достаточно простой интерфейс управления. Подобные приводы с шаговым двигателем могут найти применение не только в составе систем ЧПУ, но и везде, где необходимо решать задачи высокоточного позиционирования.

Подробную информацию о данном приводе можно найти в [2, 3]. На рисунке 1 показан внешний вид привода со стороны панели соединителей и индикаторов состояния. Принципиальная схема блока управления вместе с приводом показана на рисунке 2.

Питание силовой части (через винтовой клеммник X1 привода A1 (см. рис. 2)) может быть 115 или 230 В, для этого сетевой фазовый провод необходимо подключить соответственно к контакту 3 или 4 клеммника X1.

Индикаторы состояния (см. рис. 1) обеспечивают визуальное отображение диагностики состояния привода (короткое замыкание фаз двигателя, перегрев силовой части т.д.). Если привод находится в рабочем режиме, включены зелёные индикаторы GTE и RDY. При различных неисправностях включаются другие индикаторы. В таблице 3 описано функциональное назначение индикаторов состояния.

Привод управляется с помощью сигналов импульсного (соединитель X3 привода A1) и сигнального (соединитель X4 привода A1) интерфейсов. Через импульсный интерфейс подаются следующие сигналы:

- PULSE (вход) – тактовые импульсы;
- DIR (вход) – сигнал направления движения;
- ENABLE (вход) – сигнал разрешения работы;
- READY1\_N (выход) – сигнал готовности.

Таблица 1. Основные технические характеристики FM-STEPDRIVE

Сетевое напряжение питания	115 или 230 В, ± 20%, 47...63 Гц
Потребляемый ток, макс.	11 А
Напряжение питания (сигнальное)	Постоянный ток 24 В (20,4...28,8 В)
Потребляемый ток (по цепи 24 В), макс.	1,5 А
Напряжение вторичного контура	325 В
Импульсный интерфейс	Вилка DRB-15M
Подключение шагового двигателя	3 × 325 В
Фазовый ток	От 1,7 до 6,8 А
Длина силового кабеля	До 50 м при 3 × 1,5 мм <sup>2</sup> До 30 м при 3 × 0,75 мм <sup>2</sup>
Шагов на один оборот	Установка на 500, 1000, 5000 или 10 000
Защита по DIN EN 60 529	IP20, необходима установка в шкаф
Температурный режим: - хранение и транспортировка - эксплуатация	-40...75°C 0...50°C
Масса	≈0,85 кг
Размеры (Ш × В × Г)	80 × 125 × 118 мм

Таблица 2. Типы двигателей из серии SIMOSTEP, подключаемые к блоку FM-STEPDRIVE

Тип шагового двигателя	Номинальный момент, Нм	Номинальный ток, А	Заказной номер	
			без тормоза	с тормозом
SIMOSTEP 1FL3041	2	1,75	1FL3041-0AC31-0BK0	1FL3041-0AC31-0BJ0
SIMOSTEP 1FL3042	4	2	1FL3042-0AC31-0BK0	1FL3042-0AC31-0BJ0
SIMOSTEP 1FL3043	6	2,25	1FL3043-0AC31-0BG0	1FL3043-0AC31-0BH0

Таблица 3. Функциональное назначение индикаторов состояния привода

Индикатор	Функциональное назначение
FLT (FAULT)	Короткое замыкание фаз шагового двигателя
OV (OVER-VOLT)	Высокое сетевое напряжение
LV (LOW-VOLT)	Низкое сетевое напряжение
TMP (TEMP)	Превышение допустимой температуры шагового двигателя
GTE (GATE_N)	Сигнал GATE_N активирован
RDY	Привод находится в рабочем режиме

Через сигнальный интерфейс подаются следующие сигналы:

- L+(24V) – питание 24 В;
- M (24V GND) – общий провод для 24 В;
- GATE\_N (вход) – сигнал разрешения/блокировки тактовых импульсов (при уровне 0 В считывание сигналов не производится);
- READY2 (выход) – сигнал готовности привода (для ЧПУ).

Все цепи вышеуказанных сигналов гальванически развязаны. Параметры сигналов можно найти в [2, 3].

Соединитель X3 импульсного интерфейса привода A1 через жгут 2 подключается к соединителю X1 блока управления A2 (см. рис. 2). Через жгут 1 к приводу A1 подключается шаговый двигатель SIMOSTEP.

Рассмотрим функциональные узлы блока управления A2. Основой устройства служит микроконтроллер D2; тактовая частота 10 МГц определяется резонатором ZQ1. Микроконтроллер управляет работой всего блока A2. Клавиатура собрана на кнопках S1 – S4. Для функционирования клавиатуры задействован вывод 7 микроконтроллера D2. Резисторы R3 – R6 токоограничительные, для индикаторов HL1 – HL4. Динамическая индикация выполнена на транзисторах VT1, VT2, цифровых семисегментных индикаторах HG1.1 и HG1.2. Резисторы R8 – R15 токоограничительные, для семисегментных индикаторов HG1.1 и HG1.2.

Питающее напряжение поступает с соединителя X2. Конденсаторы C2 и C3

фильтруют пульсации в цепи питания +5 В. Сразу после подачи питания, на выводе 1 микроконтроллера D2 через цепь R7C1 формируется сигнал аппаратного сброса микроконтроллера D2.

В подъёмнике, где был применён данный блок управления, необходимо было реализовать относительное изменение тактовой частоты привода (частоты вращения вала шагового двигателя) от 0 до 99% с дискретностью регулирования 1%. К приводам подключались двигатели типа SIMOSTEP 1FL3043.

Интерфейс блока управления включает в себя клавиатуру (кнопки S1 – S4), индикаторы HL1 – HL4 и блок индикации (дисплей) из двух цифровых семисегментных индикаторов HG1.1, HG1.2.

Включенные индикаторы HL1 – HL4 имеют следующее функциональное назначение:

- HL1 – движение влево (вращение вала шагового двигателя против часовой стрелки);
  - HL2 – движение вправо (вращение вала шагового двигателя по часовой стрелке);
  - HL3 – индикатор работоспособности привода A1;
  - HL4 – индикатор функционирования блока управления A2.
- Кнопки клавиатуры имеют следующее назначение:
- S1 (▲) – увеличение на единицу значения частоты вращения шагового двигателя (в %); при удержании данной кнопки в нажатом состоянии более 2 с значение частоты,

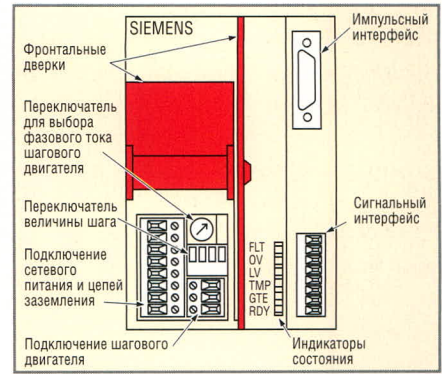


Рис. 1. Внешний вид привода со стороны панели соединителей и индикаторов состояния

увеличиваемое на дисплее, увеличивается на 5 единиц за 1 с;

- S2 (▼) – уменьшение на единицу значения частоты вращения шагового двигателя (в %); при удержании данной кнопки в нажатом состоянии более 2 с значение частоты, индицируемое на дисплее, уменьшается на 5 единиц за 1 с;
- S3 (P) – направление вращения вала шагового двигателя: вперед (по часовой стрелке), назад (против часовой стрелке); при выбранном направлении вращения двигателей включаются индикаторы HL1 и HL2 соответственно, смена направления вращения осуществляется только при остановленном двигателе;
- S4 (старт/стоп) – кнопка старт/стоп (при функционировании привода A1 и блока управления A2 включаются индикаторы HL3 и HL4 соответственно).

Сразу после подачи питания на дисплее индицируется значение 01.

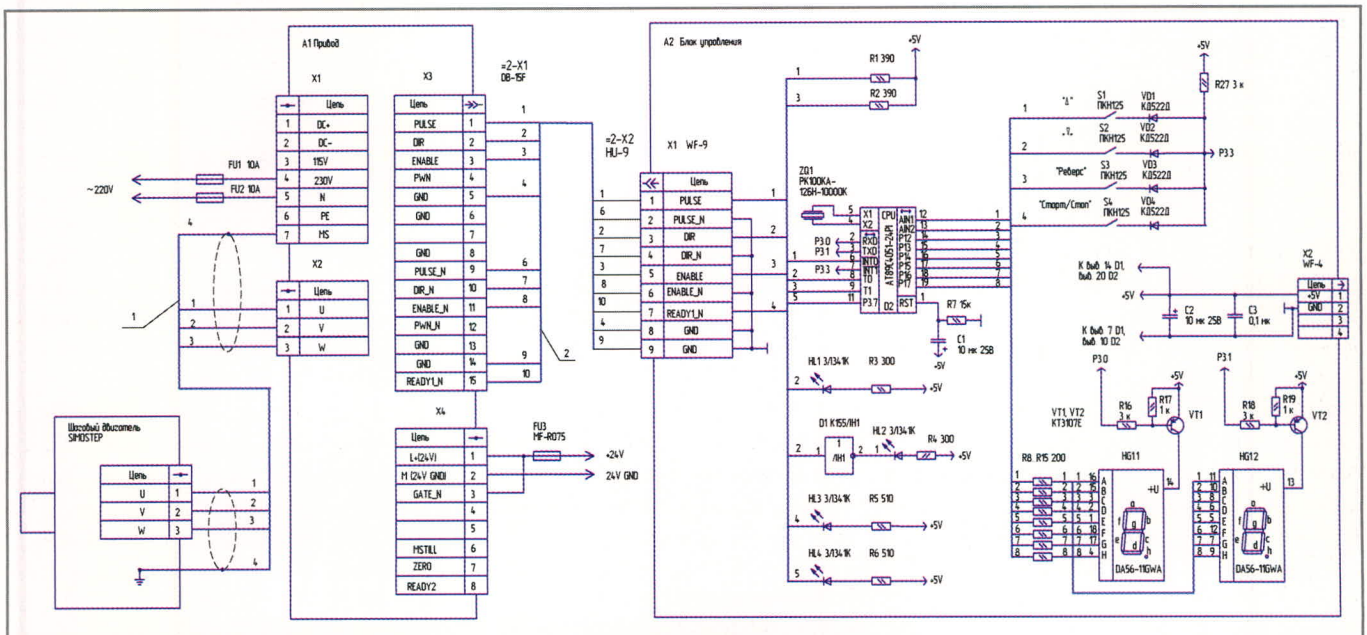


Рис. 2. Принципиальная электрическая схема блока управления вместе с приводом

Кнопками S1 (▲), S2 (▼) устанавливается необходимое значение частоты вращения шагового двигателя, кнопкой S3 – его направление вращения, при этом включаются соответственно индикаторы HL1 (вперед) или HL2 (назад). Работа привода (вращение шагового двигателя с заданной частотой) начинается после нажатия на кнопку S4.

Рассмотрим взаимодействие блока управления A2 и привода A1 через импульсный интерфейс. Сигналы управления на соединитель X1 блока управления A2 поступают с порта P3 микроконтроллера D2. Тактовые импульсы (сигнал PULSE) поступают на контакт 1 соединителя X1 блока управления с вывода 6 микроконтроллера D2. Сигнал направления вращения (DIR) поступает на контакт 3 соединителя X1 блока управления с вывода 8 микроконтроллера D2, и сигнал разрешения работы (ENABLE) поступает на контакт 5 соединителя X1 блока управления с вывода 9 микроконтроллера D2.

С контакта 7 соединителя X1 сигнал READY1 поступает на анод индикатора HL3. Сразу после подачи питания и инициализации микроконтроллера сигнал ENABLE установлен в лог. 0, сигнал READY1 установлен в лог. 1, поэтому индикатор HL3 выключен. После нажатия на кнопку S4 (старт/стоп) микроконтроллер D2 устанавливает ENABLE в лог. 1. По данному сигналу высокого уровня привод A1 устанавливает сигнал READY1 в лог. 0 и включает индикатор HL3.

Конструктивно блок управления выполнен в виде функционально законченного модуля. Аппаратные возможности микроконтроллера D2 задействованы полностью. Цифровая часть принципиальной схемы блока управления гальванически развязана от привода через импульсный интерфейс привода A1.

Несколько слов о программе. Программное обеспечение микроконтроллера D2 обеспечивает реализацию алгоритма работы динамической индикации и функционирование привода. Программа состоит из трёх основных частей: процедуры инициализации, основной программы, работающей в замкнутом цикле, и подпрограммы обработки прерывания от таймера TF0. Таймер TF0 микроконтроллера формирует запрос на прерывание через каждые 7 мкс. Он также

запускает счётчик времени на регистрах R2, R3, который формирует временные интервалы длительностью 20 мс, необходимые для отображения разрядов динамической индикации блока.

После подачи напряжения питания происходит инициализация программы, в которой задаются параметры работы динамической индикации и параметры работы привода. Далее запускается таймер TF0 и разрешается работа устройства по приведённому выше алгоритму. В ОЗУ микроконтроллера D2 организован буфер отображения.

Каждый байт из функциональной группы буфера отображения в подпрограмме обработки прерывания таймера TF0 выводится в порт P1 микроконтроллера D2. В регистре R1 записан текущий номер отображаемого разряда динамической индикации. Адрес ячейки памяти, где хранится значение самого разряда, записан в регистре R0. В процессе обработки подпрограммы прерывания также происходит опрос кнопок клавиатуры.

Байт, выводимый при этом в порт P1 микроконтроллера для опроса клавиатуры, представляет собой код «бегущий ноль». После записи данного байта в порт P1 микроконтроллер D2 анализирует сигнал на входе 7 (P3.3). При работе вышеуказанной подпрограммы, при любой нажатой кнопке на входе 7 микроконтроллера присутствует лог. 0. Таким образом, каждая кнопка клавиатуры привязана к «своему» разряду байта.

При нажатии на кнопку S1 устанавливается флаг, разрешающий увеличивать текущее значение частоты вращения, индицируемое на дисплее блока управления. Одновременно запускается счётчик, организованный на ячейке памяти KKNR2. Если кнопка удерживается более двух секунд, значение, индицируемое (частота вращения ротора шагового двигателя) на дисплее, увеличивается на 5 единиц за 1 с. Счётчик, формирующий интервал 2 с, организован на ячейке памяти KKNR1. При отпускании кнопки S1 все вышеупомянутые счётчики обнуляются.

Аналогичным образом организована работа кнопки S2 для уменьшения частоты вращения, индицируемого на дисплее блока. При нажатии на кнопку S2 текущее значение на дисплее блока уменьшается. Если кнопка

удерживается более 2 с, значение, индицируемое на дисплее, уменьшается на 5 единиц за 1 с. Счётчики приведённого алгоритма для кнопки S2 организованы соответственно на ячейках памяти KKNR4 и KKNR3.

Как уже отмечалось выше, с вывода 6 микроконтроллера D2 на сигнальный интерфейс привода поступают тактовые импульсы (PULSE). Частота импульсов (относительное значение) индицируется на дисплее и задаётся с клавиатуры блока управления. Реально в блоке управления частота сигнала на выводе 7 микроконтроллера D2 изменяется примерно от 0,12 до 12,5 кГц при изменении относительного значения, индицируемого на дисплее, от 01 до 99.

Программно (см. Приложение 1 на сайте журнала) данный алгоритм реализован следующим образом. Относительное значение задаваемой частоты хранится в ячейке памяти MEAN (число от 1 до 99). На регистре R5 организован счётчик. В подпрограмме обработки прерывания от таймера TF0 счётчик декрементируется при сброшенном флаге STOP. При обнулении счётчика вывод 2 микроконтроллера инвертируется, и в регистр R5 переписывается число, хранящееся в ячейке памяти MEAN. Таким образом, частота сигнала PULSE (а также диапазон изменения частоты сигнала PULSE) определяется числом в ячейке памяти MEAN и частотой обращения к подпрограмме обработки прерывания.

В основной программе одновременно происходит приращение числа в ячейке памяти MEAN и двухразрядного числа, отображаемого на дисплее (двухразрядного числа буфера отображения), если установлен флаг KNOPB. Если же установлен флаг KNOPM, происходит уменьшение числа в ячейке памяти MEAN и двухразрядного числа, отображаемого на дисплее (двухразрядного числа буфера отображения). Флаги KNOPB и KNOPM устанавливаются соответственно при нажатии кнопок S1 (▲) и S2 (▼).

В подпрограмме обработки прерывания от таймера TF0 в каждом цикле происходит уменьшение регистра R5; изменение счётчиков, организованных на ячейках KKNR1, KKNR2, KKNR3, KKNR3; опрос клавиатуры; динамическая индикация и перекодирование двоично-десятичного числа в код для семисегментного индикатора.

По адресам 20Н и 21Н хранится текущее значение частоты вращения вала шагового двигателя, отображаемой дисплеем блока управления А2 (буфер отображения динамической индикации). Данные адреса загружаются в регистр R0 микроконтроллера. Каждый байт из буфера отображения в подпрограмме обработки прерывания таймера TF0 (метка OT) после перекодирования выводится в порт P1 микроконтроллера. Для включения индикаторов HG1.1, HG1.2 необходимо установить соответственно лог. 0 на выводах 2 и 3 микроконтроллера D2. Так, например, чтобы на индикаторе HG1.2 индигировалась «1», необходимо двоично-десятичное число, расположенное по адресу 21Н, перекодировать, вывести в порт P1 микроконтроллера и установить лог. 0 на выводе 3 микроконтроллера D2.

Записывая поочередно после циклического перекодирования в порт P1 микроконтроллера байты из буфера отображения и устанавливая лог. 0 на соответствующие выводы микроконтроллера, мы получаем режим динамической индикации. На регистре R1 реализован счётчик разрядов.

Как уже упоминалось выше, в регистр R0 записываются адреса буфе-

ра отображения. При каждом обращении к подпрограмме обработки прерывания регистры R0 и R1 инкрементируются. При инициализации в регистр R0 загружается адрес 20Н, а в регистр R1 – число 1. Цикл динамической индикации, как уже отмечалось, составляет 20 мс. Разработанная программа на ассемблере занимает порядка 1,4 Кб памяти программ.

Блок управления смонтирован на макетной плате 60 × 60 мм. В устройстве использованы резисторы С2-33Н-0,125 Вт, но подойдут любые другие резисторы с такой же мощностью рассеивания и допуском 5%. Конденсаторы С1, С2 – типа К50-35, С3 – типа К10-17а. Вблизи микросхем между цепью +5V и общим проводом полезно установить блокировочные конденсаторы К10-17-Н90-0,1 мкФ. Номинальный ток предохранителей FU1, FU2 составляет 10 А (тип ВП1-2, 10А/250 В). Номинальный ток предохранителей FU1 и FU2 определяется типом шагового двигателя SIMOSTEP (см. табл. 1), подключаемого к приводу FM-STEPDRIVE. Предохранитель FU3 по цепи 24 В – самовосстанавливающийся, типа MF-R075. Его можно заменить предохранителем типа RUE160.

Двухразрядный индикатор HG1 – зелёного цвета, типа DA56-11GWA. Подойдут любые другие семисегментные индикаторы с общим анодом и приемлемой яркостью свечения, например, отечественные типа АЛС321. Можно подобрать и другие элементы индикации с учётом оговоренных выше требований и  $I_{пр} = 10$  мА.

Потребление тока по каналу напряжения +5 В не превышает 150 мА. В блоке управления нет никаких настроек и регулировок, и если монтаж выполнен правильно, блок начинает работать сразу после подачи на него напряжения питания. Целесообразно проверить работоспособность блока управления, не подключая к нему привод. Проверка работоспособности блока управления заключается в проверке сигналов управления, поступающих на соединитель X1 блока управления. Подключать привод к блоку управления, так же как и шаговые двигатели к приводу, можно только при выключенном питании.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Фрунзе А.В. Микроконтроллеры? Это же просто! ИД СКИМЕН, 2002.
2. <http://www.siemens.ru>.
3. <http://www.automation-drives.ru>. ©

## Новости мира News of the World Новости мира

### Patriot построит в Тайване фабрику по производству памяти DRAM и NAND

Пресс-служба американского разработчика Patriot Memory на днях объявила о намерениях компании в скором будущем построить фабрику по производству чипов DRAM и флэш-памяти NAND на территории Тайваня.

Решение об открытии новых мощностей эксперты связывают с постепенным ростом объёмов производства Patriot. Согласно данным зарубежных информационных источников, на первых порах компания вложит 3,08 млн. долл. в запуск двух производственных линий.

Нужно сказать, что у Patriot есть свой офис в Тайване, однако в виду особенностей политики компании и рынка, большую часть производственных структур компании по изготовлению памяти DRAM и NAND пришлось разместить в компаниях-аутсорсерах. Тем не менее, рост обоих сегментов заставил руководство Patriot задуматься об открытии собственной фабрики по изготовлению чипов памяти,

которая, возможно, станет центром деятельности компании в Азиатско-Тихоокеанском регионе.

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

### Fujitsu уходит с рынка плазменных панелей

Компания Fujitsu General, известный производитель плоскочисельных телевизоров, объявила о своих намерениях уйти с этого рынка. Следовательно, признанной линейке плазменных дисплеев Plasmavision и серии телевизоров класса Full HD для домашнего театра Aviamo подписан «смертный приговор», который вступит в силу в конце марта будущего года.

По этому случаю японская компания выпустила официальный пресс-релиз, в котором назвала основные причины, вынудившие принять данное решение. Ими являются постоянное падение цен на рынке плоскочисельных телевизоров и существенное уменьшение рентабельности в данном сегменте до критического для Fujitsu уровня. По оценкам компании, та-

кая ситуация на телевизионном рынке сохранится и в будущем.

Японский производитель довольно уверенно себя чувствует в сфере кондиционеров и вентиляционных систем. После прекращения выпуска плоскочисельных телевизоров этому сегменту планируется уделять больше внимания. По вопросу гарантийного обслуживания владельцам телевизоров Fujitsu волноваться не следует, так как компания обязуется нести ответственность за свои продукты после марта 2008.

Данная новость может расстроить ещё больше, если вспомнить, что компания Fujitsu является первой, кто вышел на рынки Европы, США и Канады с плазменными дисплеями. Однако ситуация на телевизионном рынке последнего времени вывела из равновесия не только Fujitsu. На днях стало известно о решении компании Sony отойти от производства проекционных телевизоров и сфокусироваться на выпуске ЖК-аппаратов и развитии OLED-технологии.

[cepro.com](http://cepro.com)

# Измерительный преобразователь для широкополосных вольтметров переменного тока

Олег Дворников, Владимир Чеховский,  
Юрий Шульгевич (г. Минск, Беларусь)

Рассмотрен измерительный преобразователь переменного напряжения произвольной формы в постоянное по уровню среднеквадратического значения, имеющий погрешность менее 3% для синусоидальных сигналов с эффективным значением от 0,3 до 2,5 В и частотой от 20 Гц до 100 МГц.

Измерительные преобразователи среднеквадратического значения напряжения (ПСКЗ) являются основой различных электроизмерительных приборов – вольтметров переменного тока ВЗ, преобразователей напряжения В9 и др. Серийно выпускаемые микросхемы экспоненциально-логарифмических ПСКЗ (AD536, AD636, AD637) обладают высокой точностью, но небольшим частотным диапазоном, пропорциональным уровню входного сигнала [1]. Микросхемы преобразователей, использующих аналоговые умножители напряжения (AD834, AD8361, AD8362, AD8317), могут обрабатывать высокочастотные сигналы, однако не допускают наличия постоянной и низкочастотной составляющих в спектре сигнала, и их погрешность довольно велика [2].

В связи с этим для высокоточного преобразования сигналов произвольной формы обычно используются термоэлектрические преобразователи [3], из которых наилучшим соотношением качество/цена характеризуются полупроводниковые транзисторные термопреобразователи. На основе теоретического анализа [4] разработаны раз-

личные электрические схемы ПСКЗ с транзисторными термопреобразователями [4, 5]. Однако исследования показали, что для обеспечения технологичности изготовления при массовом производстве и стабильности характеристик такие ПСКЗ должны быть модифицированы, а именно: увеличена эффективность преобразования мощности входного сигнала в выходное напряжение термопреобразователя и максимально уменьшена площадь печатной платы, предназначенной для размещения ПСКЗ в термостате. Необходимо также разработать методику регулировки, обеспечивающую высокую линейность передаточной характеристики транзисторных ПСКЗ.

Для решения указанных задач была разработана и изготовлена микросборка полупроводникового дифференциального термоэлектрического преобразователя РБПН001 [6] с коэффициентом преобразования от 2,5 до 3,0 мВ/мВт и электронный модуль ПСКЗ на её основе.

Микросборка РБПН001 (см. рис. 1) состоит из двух кремниевых кристаллов, размещённых на теплоизолирующей подложке. Каждый кристалл содержит два нагревательных резистора и *n-p-n*-транзистор. При необходимости резисторы можно соединить параллельно для увеличения выходного сигнала термоэлектрического преобразователя либо последовательно для увеличения входного сопротивления и ослабления требований к усилителю, находящемуся перед термоэлектрическим преобразователем [5]. Особое внимание при проектировании микросборки уделялось увеличению коэффициента

термоэлектрического преобразования. Для этого максимально уменьшено расстояние между нагревательным резистором и датчиком температуры – эмиттерным переходом *n-p-n*-транзистора, значительно уменьшен отвод тепла от кристаллов за счёт выбора материала теплоизолирующей подложки, минимизации площади и толщины полупроводниковых кристаллов, уменьшения длины и диаметра проводников, соединяющих контактные площадки кристалла и выводы корпуса [7].

Преобразователь, выполненный на микросборке РБПН001, функционирует следующим образом. Известно, что температура резистора является линейной функцией от рассеиваемой резистором мощности и, следовательно, определяется квадратом среднеквадратического значения приложенного напряжения или тока:

$$P = \frac{1}{TR} \int_0^T V_{\text{INP}}^2(t) dt, \quad (1)$$

где  $P$  – средняя мощность, рассеиваемая напряжением  $V_{\text{INP}}(t)$  на резисторе  $R$  за время  $T$ .

Если изменяющийся во времени сигнал  $V_{\text{INP}}(t)$  приложен к нагревательному резистору  $R_A$  (см. рис. 2), то мощность, рассеиваемая на этом резисторе, приводит к его нагреванию, передаче тепла к транзистору  $Q_A$  и изменению напряжения на прямо смещённом эмиттерном переходе  $Q_A$ . В том случае, когда напряжение на резисторе  $R_B$  отличается от напряжения на  $R_A$ , сигнал разбаланса, равный разности коллекторных напряжений  $Q_A$  и  $Q_B$ , будет усиливаться  $DA_2$ , поступать через схему извлечения квадратного корня  $DA_3$ – $DA_5$  на резистор  $R_B$  и приводить к изменению мощности, рассеиваемой  $R_B$ . При этом изменяется температура  $R_B$ ,  $Q_B$ , напряжение на прямо смещённом эмиттерном и, следовательно, обратно смещённом коллекторном переходе  $Q_B$ .

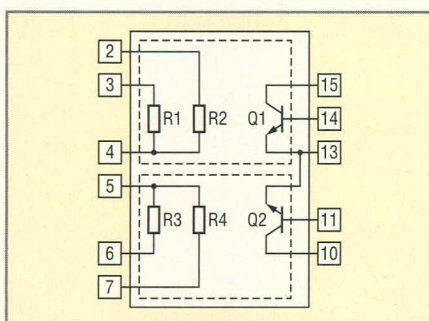


Рис. 1. Принципиальная электрическая схема микросборки РБПН001

## ПРЕВОСХОДСТВО В ЖЁСТКИХ УСЛОВИЯХ

### УСТОЙЧИВОСТЬ К ТЕМПЕРАТУРАМ

Новая технология применения жидких кристаллов и оптимизация теплоотвода

	Обычный LCD	Strong LCD1	Strong LCD2
Рабочий диапазон температур	0 до +50°C	-10 до +65°C	-30 до +80°C
Диапазон температур хранения	-25 до +60°C	-30 до +70°C	-30 до +80°C

### УСТОЙЧИВОСТЬ К УДАРАМ И ВИБРАЦИИ

Усилена модульная конструкция

	Обычный LCD	Strong LCD1	Strong LCD2
Устойчивость к вибрации	От 57 до 500 кгц, ускорение 1g	От 57 до 500 кгц, ускорение 1g	От 57 до 500 кгц, ускорение от 1,5 до 2g
Устойчивость к ударным нагрузкам	50g, 11 мс	50g, 11 мс	от 60 до 70g, 11 мс

### ЯРКОСТЬ

Значительно повышена благодаря улучшению прозрачности панели и разработке яркой системы задней подсветки

	Обычный LCD	Strong LCD1	Strong LCD2
Яркость	300 кд/м <sup>2</sup>	Больше чем 300 кд/м <sup>2</sup>	Больше чем 400 кд/м <sup>2</sup>

### КОНТРАСТНОСТЬ

Подавляя яркость экрана при отображении чёрного и адаптируя новую систему управления, получаем повышенную контрастность

	Обычный LCD	Strong LCD1	Strong LCD2
Контраст	350 : 1	350 : 1	600 : 1

### SHARP Strong2 LCD-панели

№ модели	Размер дисплея	Разрешение, пикс.	Контраст	Яркость, кд/м <sup>2</sup>	Входной сигнал
LQ057V3DG01	5,7" TFT	640 × 480	600 : 1	400	Цифровой 6-бит RGB
LQ075V3DG01	7,5" TFT	640 × 480	600 : 1	400	Цифровой 6-бит RGB
LQ084V3DG01	8,4" TFT	640 × 480	600 : 1	400	Цифровой 6-бит RGB
LQ104V1DG61	10,4" TFT	640 × 480	600 : 1	450	Цифровой 6-бит RGB
LQ121S1DG61	12,1" TFT	800 × 600	600 : 1	450	Цифровой 6-бит RGB

Официальный дистрибьютор SHARP на территории России с стран СНГ

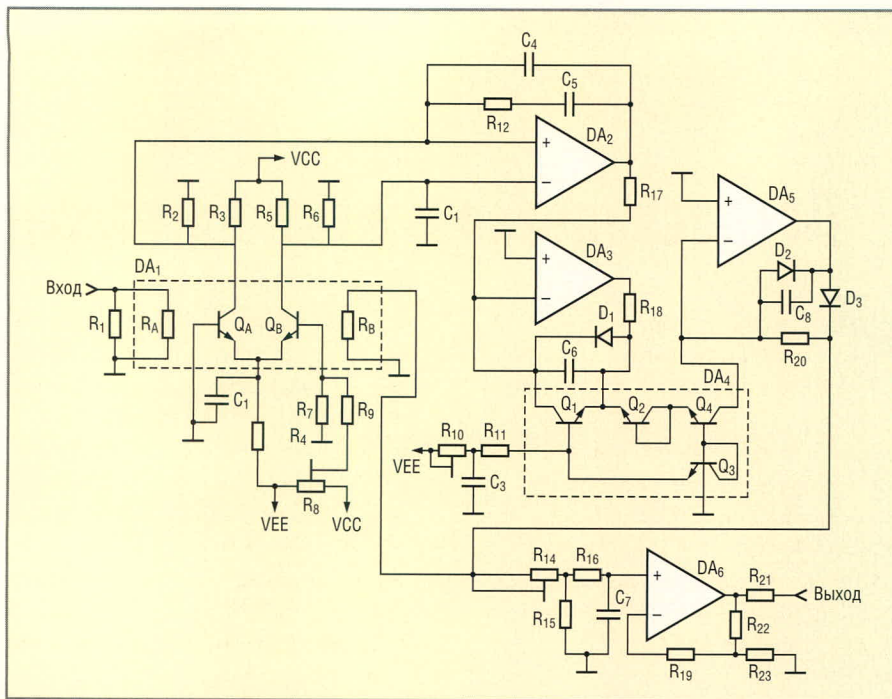


Рис. 2. Принципиальная схема электронного модуля ПСКЗ

D<sub>1</sub>–D<sub>3</sub> – BAV99; DA<sub>1</sub> – БПН001; DA<sub>2</sub> – OP-27; DA<sub>3</sub>, DA<sub>5</sub> – AD711; DA<sub>4</sub> – CA3046; DA<sub>6</sub> – LTC1150

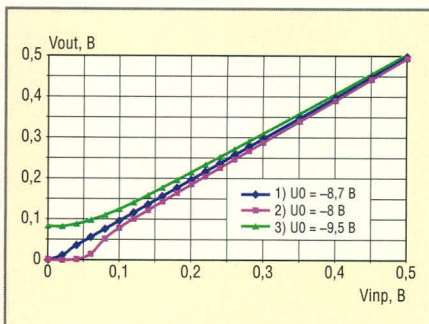


Рис. 3. Передаточная характеристика ПСКЗ при различном напряжении (V<sub>0</sub>) на входе делителя R<sub>7</sub>, R<sub>9</sub>

Обратная связь через цепь DA<sub>2</sub>–DA<sub>5</sub> приведёт к такому изменению напряжения на резисторе R<sub>B</sub>, при котором коллекторные напряжения Q<sub>A</sub> и Q<sub>B</sub> будут одинаковыми. Если резисторы R<sub>A</sub>, R<sub>B</sub> и транзисторы Q<sub>A</sub>, Q<sub>B</sub> имеют идентичные характеристики, то при нулевом напряжении разбаланса напряжение постоянного тока на R<sub>B</sub> (V<sub>RB</sub>) будет прямо пропорционально среднеквадратическому значению изменяющегося во времени входного сигнала V<sub>INPRMS</sub>. Другими словами, мощность напряжения постоянного тока, подаваемая на резистор R<sub>B</sub>, равна мощности, рассеиваемой резисто-

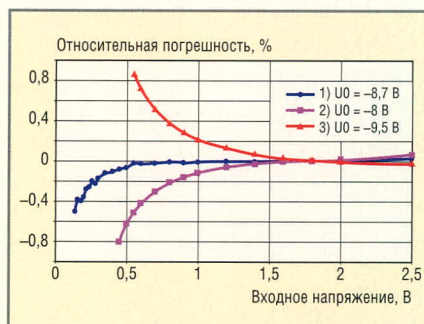


Рис. 4. Относительная погрешность ПСКЗ при различном напряжении (V<sub>0</sub>) на входе делителя R<sub>7</sub>, R<sub>9</sub>

ром R<sub>A</sub> от изменяющегося во времени сигнала:

$$P_{RA} = P_{RB}, \quad (2)$$

$$\frac{1}{TR_A} \int_0^T V_{INP}^2(t) dt = \frac{V_{RB}^2}{R_B}, \quad (3)$$

при R<sub>A</sub> = R<sub>B</sub>

$$V_{RB} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T V_{INP}^2(t) dt} \equiv V_{INPRMS}. \quad (4)$$

Для средне- и высокочастотных сигналов происходит усреднение входной мощности благодаря тепловой постоянной времени полупроводниковых кристаллов, что обеспе-

чивает постоянное напряжение на коллекторе Q<sub>A</sub>.

Схема ПСКЗ, приведённая на рисунке 2, имеет ряд особенностей. В неё включен диод D<sub>3</sub> для устранения положительной обратной связи, возникающей при отрицательном напряжении на R<sub>B</sub>, и конденсаторы C<sub>2</sub>, C<sub>4</sub>, C<sub>5</sub>, обеспечивающие устойчивую работу дифференциального каскада (Q<sub>A</sub>, Q<sub>B</sub>, R<sub>2</sub>, R<sub>3</sub>, R<sub>5</sub>, R<sub>6</sub>) и усилителя DA<sub>2</sub>. Источник тока дифференциального каскада выполнен на высокоомном резисторе R<sub>4</sub>, зашунтированном конденсатором C<sub>1</sub>. Такое схемотехническое решение обладает меньшим уровнем шума по сравнению с активным источником тока. Для улучшения переходной характеристики ПСКЗ введена схема извлечения квадратного корня на операционных усилителях (ОУ) DA<sub>3</sub>, DA<sub>5</sub> и наборе n–p–n-транзисторов DA<sub>4</sub>.

Преобразователь реализован на печатной плате размером 30 × 45 × 5 мм. Для подачи сигналов и напряжения питания применяются проводники, присоединяемые к плате через монтажные отверстия.

Особое внимание уделено достижению линейности передаточной характеристики с помощью регулировочных элементов, для чего:

- потенциометром R<sub>8</sub> компенсируется напряжение смещения всего ПСКЗ, а именно устанавливается близкое к нулю напряжение в узле «Выход» при нулевом напряжении в узле «Вход»;
- резистивным делителем R<sub>14</sub>, R<sub>15</sub> и масштабирующим усилителем DA<sub>6</sub>, R<sub>19</sub>, R<sub>22</sub>, R<sub>23</sub> задаётся требуемый коэффициент преобразования во всём динамическом диапазоне;
- потенциометром R<sub>10</sub> корректируется режим по постоянному току схемы извлечения квадратного корня, что позволяет выбрать область вольтамперных характеристик транзисторов DA<sub>4</sub>, гарантирующую максимальную линейность передаточной характеристики.

Возможность выполнения высокоточной настройки ПСКЗ иллюстрируют результаты измерений передаточной характеристики (см. рис. 3) и относительной погрешности (см. рис. 4) ПСКЗ для входного напряжения постоянного тока и одного регулируемого потенциометром R<sub>8</sub> параметра – напряжения (V<sub>0</sub>) на входе делителя R<sub>7</sub>, R<sub>9</sub>. При небольшом входном напряже-

Таблица 1. Зависимость относительной погрешности преобразования Δ от уровня входного напряжения постоянного тока V<sub>INPDC</sub>

V <sub>INPDC</sub> , В	0,1	0,2	0,3	0,5	0,7	1,0	1,5	2,0	2,5
Δ, %	-1,500	-0,350	-0,167	-0,060	-0,043	-0,020	-0,013	-0,010	-0,004

Таблица 2. Зависимость относительной погрешности преобразования  $\Delta$  от уровня  $V_{INPRMS}$  и частоты  $f$  входного напряжения синусоидальной формы

Параметры	Частота входного напряжения синусоидальной формы								
	от 20 Гц до 1 МГц	1 МГц	3 МГц	5 МГц	10 МГц	30 МГц	50 МГц	100 МГц	150 МГц
$\Delta$ , %, при $V_{INPRMS} = 1$ В	0,07	-0,40	-0,50	-0,40	-0,10	-0,60	-0,86	-1,83	-5,97
$\Delta$ , %, при $V_{INPRMS} = 0,3$ В	0,15	-0,87	-0,99	-0,93	-0,77	-1,33	-1,77	-2,73	-6,1
Источник сигнала	Fluke 5720A	Fluke 9500	Fluke 9500	Fluke 9500	Fluke 9500	Fluke 9500	Fluke 9500	Fluke 9500	Fluke 9500

нии ПСКЗ имеет зону нечувствительности, но существует диапазон значений напряжения  $V_0$ , при котором характеристика максимально линейна (кривая 1 на рисунке 3). Для исследованного экземпляра ПСКЗ величина  $V_0$  должна быть равна  $-8,6 \pm 0,3$  В, что обеспечивает минимальную относительную погрешность. Учитывая коэффициент ослабления делителя  $R_7$ ,  $R_9$ , максимальная линейность достигнута при напряжении смещения дифференциальной пары  $Q_A/Q_B$ , приблизительно равном  $-0,5$  мВ.

Измерение погрешности преобразования ПСКЗ проводилось при помощи высокостабильных источников питания Б5-78/1, прецизионного цифрового вольтметра В7-74 и калибраторов фирмы Fluke типа 5720А и 9500. Результаты измерения пара-

метров макетного образца ПСКЗ приведены в таблицах 1 и 2.

Так как в диапазоне частот синусоидального сигнала от 1 до 100 МГц зарегистрированная погрешность ПСКЗ сравнима с погрешностью источника входного сигнала (прибора Fluke 9500), можно предположить, что реальная погрешность ПСКЗ в этом диапазоне частот меньше полученных значений.

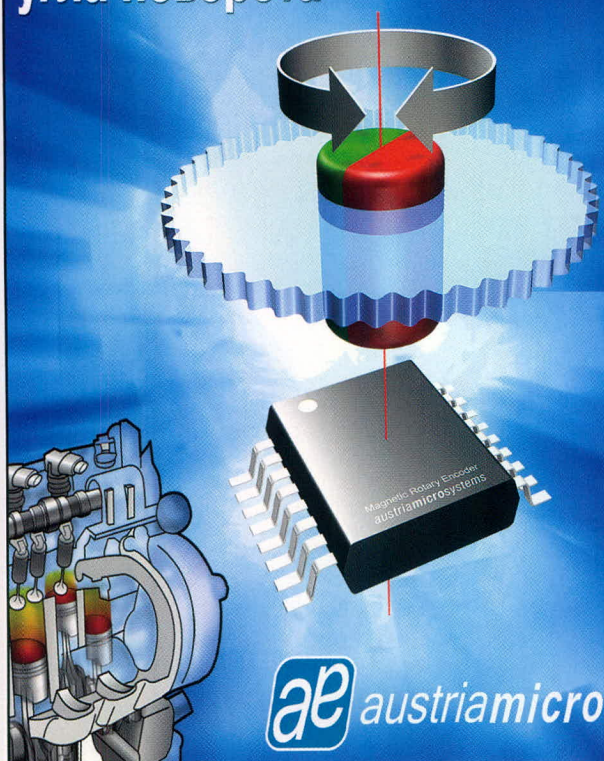
### ЛИТЕРАТУРА

1. Дворников О.В. Микроэлектронные преобразователи переменного напряжения в постоянное по уровню среднеквадратического значения. Часть 1. Компоненты и технологии. 2004. № 9. С. 62–69.
2. Дворников О.В. Микроэлектронные преобразователи переменного напряжения в постоянное по уровню среднеквад-

тического значения. Часть 2. Компоненты и технологии. 2005. № 1. С. 34–39.

3. Дворников О.В. Микроэлектронные преобразователи переменного напряжения в постоянное по уровню среднеквадратического значения. Часть 3. Компоненты и технологии. 2005. № 2. С. 84–93.
4. Ott W.E. A new technique of thermal RMS measurement. IEEE Journal of Solid-State Circuits. 1974. Vol. 9. No. 12. P. 374–380.
5. Грязнов М.И. Измерение параметров импульсов. Радио и связь. 1991. С. 120–200.
6. Дворников О.В. Полупроводниковый дифференциальный термоэлектрический преобразователь. Chip News. 2004. № 8. С. 34–38.
7. Дворников О.В., Муравьев Б.Д., Володkevич А.А. Термочувствительная интегральная схема. Пат. 8810. Респ. Беларусь. МПК Н 01L 21/82, G 01R 19/03. ОАО «МНИПИ». № а20040544. заявл. 14.06.2004.

## Программируемые магнитные датчики угла поворота



**ae** austriamicrosystems

### Характеристики

- разрешение 8, 10 и 12-бит
- программирование «нулевой позиции»
- высокая скорость: до 30 000 об/мин
- температурный диапазон работы от  $-40^{\circ}\text{C}$  до  $+125^{\circ}\text{C}$
- маленький корпус SSOP 16 (5,3 мм  $\times$  6,2 мм)
- ультранизкий ток потребления 30 мкА

### Область применения

- поворотные выключатели
- контроль позиции AC/DC-моторов
- контроль положения клапанов, вентилях
- сенсор позиции педали «газа» и угла поворота руля
- автоматика

### Преимущества

- идеально подходит для применения в неблагоприятных условиях окружающей среды
- высокая надёжность за счёт отсутствия движущихся частей
- устойчивость к разбросу и изменению температуры окружающей среды

ПРОСОФТ — АКТИВНЫЙ КОМПОНЕНТ ВАШЕГО БИЗНЕСА

**ProSOFT**® тел.: (495) 232-2522  
e-mail: info@prochip.ru • Web: www.prochip.ru

реклама

# Цифровая нелинейная система управления электроприводом

Юрий Геложе, Евгений Коломейцев,  
Владимир Чуйков (Ростовская обл.)

Представлены результаты моделирования процессов в цифровой системе управления, учитывающего ограниченность ресурса управляющего воздействия электропривода. Показано, что реализация элементов ПИД-регулятора на основе простейших разностных схем и применение электроприводов с высокими номинальными угловыми скоростями выходного вала могут обеспечивать проигрыш в точности не более 8% по сравнению с линейной дискретной системой.

## ВВЕДЕНИЕ

Прогресс высокопроизводительной вычислительной техники и программного обеспечения позволяет решать задачи синтеза оптимальной (по Винеру) системы в режиме реального времени. Однако реализовать линейную электромеханическую систему практически невозможно, поскольку ресурс величины управляющего воздействия электропривода ограничен, схемы цифровых регуляторов имеют ограниченный порядок разностей и погрешности дискретизации. Поэтому актуальной задачей является исследование нелинейных цифровых систем с целью определения параметров исполнительных механизмов, обеспечивающих минимальный проигрыш в точности по сравнению с оптимальными системами.

## Постановка задачи

Показано [1, 2], что для слежения за случайным колебательным процессом, энергетический спектр которого имеет вид:

$$S_m(\omega) = \sigma_m^2 \frac{4d\Omega_0^3}{\left[(j\omega)^2 + 2d\Omega_0 j\omega + \Omega_0^2\right]^2},$$

где  $\sigma_m^2$  – дисперсия сигнала;  $d$  – коэффициент демпфирования фильтра – формирователя сигнала (ФФС);  $\Omega_0$  – частота свободных (недемпфированных) колебаний ФФС.

В условиях, когда цифровой координатор вырабатывает дискретный «белый» шум с дисперсией  $\sigma_n^2$  при времени дискретизации  $T_d = 1$  мс, в автоматической системе может быть использован ПИД-регулятор, при этом

проигрыш по величине дисперсии ошибки по отношению к винеровской (непрерывной) системе составляет 0,2...4% для отношений сигнал/шум  $k = \sigma_m^2/\sigma_n^2$  от  $10^2$  до  $10^8$ . Использование такого регулятора обеспечивает системе астатизм второго порядка.

Ставится задача моделирования процессов в цифровой автоматической системе с учётом ограничения на ресурс управляющего воздействия электропривода [2]. При этом дифференциатор и интегратор, реализованные в управляющей ЭВМ по простейшим разностным схемам [2], имеют следующие передаточные функции:

$$W_{\text{диф}}^*(z) = \frac{1-z^{-1}}{T_d} = \frac{z-1}{T_d z};$$

$$W_{\text{инт}}^*(z) = \frac{T_d z^{-1}}{z-1} = \frac{T_d}{z-1}.$$

Очевидно, что применение столь простых реализаций элементов цифрового регулятора нелинейного электропривода скажется на точности системы.

Таким образом, целью работы является определение точности нелинейной цифровой системы с астатизмом второго порядка при условии, что используется простейшая цифровая реализация регулятора.

Для моделирования процессов в системе применяется пакет программ Matlab. Структура математической модели цифровой системы управления представлена на рисунке 1. Моделирование осуществлено для  $\Omega_0 = 2\pi \times 0,35$  рад/с,  $d = 0,5$  и  $k$  в интервале от  $10^4$  до  $10^6$ .

Передаточная функция электропривода имеет вид:

$$W_{\text{ЭМ}}(s) = \frac{k_{\text{ЭМ}}}{s(T_{\text{ЭМ}}s + 1)},$$

где  $k_{\text{ЭМ}}$  – статический коэффициент передачи электропривода по скорости;  $T_{\text{ЭМ}}$  – электротехническая постоянная времени электропривода, равная 0,05 с.

Моделирование процессов произведено для величин  $k_{\text{ЭМ}}$  от 5 до 80 град/Вс.

Коэффициенты передачи  $k_1, k_2, k_3$  дифференцирующей, пропорциональной и интегрирующей ветвей ПИД-регулятора определяются следующими выражениями [1]:

$$k_1 = \frac{\sqrt{2}\Omega_{\text{опт}}T_{\text{ЭМ}}}{k_{\text{ЭМ}}},$$

$$k_2 = \frac{\Omega_{\text{опт}}(\Omega_{\text{опт}}T_{\text{ЭМ}} + \sqrt{2})}{k_{\text{ЭМ}}},$$

$$k_3 = \frac{\Omega_{\text{опт}}^2}{k_{\text{ЭМ}}},$$

где  $\Omega_{\text{опт}}$  – частота свободных колебаний оптимальной системы (численные значения этого параметра приведены в [1] для различных отношений сигнал/шум);  $k_{\text{ЭМ}}$  и  $T_{\text{ЭМ}}$  – упомянутые выше параметры электропривода.

Дискретная передаточная функция соединения экстраполятора нулевого порядка и электропривода имеют вид [2]:

$$W_{\text{Э-ЭП}}(z) = k_{\text{ЭМ}} \left[ \frac{T_d}{z-1} + T_{\text{ЭМ}} \left( \exp\left(-\frac{T_d}{T_{\text{ЭМ}}}\right) - 1 \right) \frac{1}{z - \exp\left(-\frac{T_d}{T_{\text{ЭМ}}}\right)} \right].$$

Чтобы материалами данной статьи могли воспользоваться разработчики цифровых управляющих устройств для электроприводов, в которых используются электромоторы с различ-

ными номинальными скоростями вращения валов, ресурс управляющего воздействия электропривода принят равным  $\pm 1$  В. Тогда значение  $k_{ЭМ}$  равно численному значению номинальной угловой скорости вращения выходного вала электропривода  $\Omega_H$  [град/с]. Этим же обусловлено включение в модель автоматической системы двухстороннего ограничителя с координатами угловых точек  $(+1, +1)$  и  $(-1, -1)$ .

Чтобы не учитывать ошибки переходного процесса, обработка результатов моделирования с целью определения среднеквадратической ошибки  $\sigma_e$  осуществлялась, начиная с 10 с, при полном интервале наблюдения системы, равном 100 с.

### РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ

Моделирование процессов в линейной дискретной автоматической системе (без учёта ограниченности ресурса управления электропривода) показало, что за счёт дискретизации процессов и применения простейших разностных схем цифровых дифференциаторов и интеграторов для отношений сигнал/шум  $10^4$ ,  $10^5$ ,  $10^6$  ошибка составляла 6,45, 2,13 и 0,75 угловой секунды соответственно. Теоретическая оценка установившейся ошибки на бесконечном интервале наблюдения в непрерывной (винеровской) системе составляла 2,54, 1,07 и 0,45 угловой секунды соответственно. Таким образом, проигрыш в точности из-за ограничения времени наблюдения до 100 с и применения простейшего цифрового управляющего устройства с частотой дискретизации 1 кГц ориентировочно равен 2.

Моделирование цифровой нелинейной системы показало, что временные диаграммы изменения ошибки слежения и управляющего воздействия для отношений сигнал/шум  $10^4$  и электроприводов с номинальной угловой скоростью  $\Omega_H$  5, 60 и 80 град/с имеют вид, приведённый на рисунках 2 и 3, 4 и 5, 6 и 7 соответственно. Из ри-

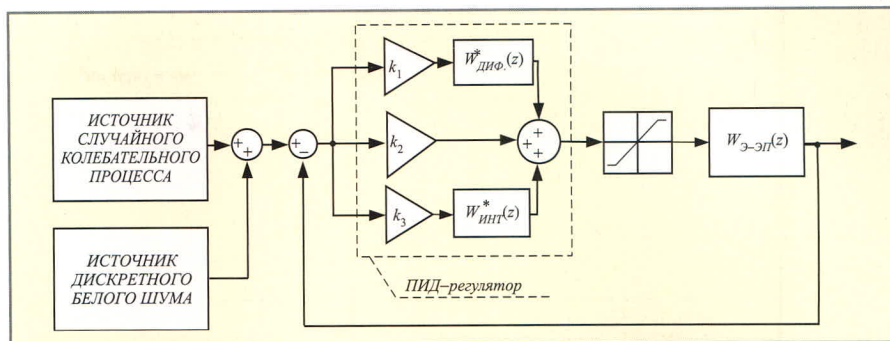


Рис. 1. Структура математической модели цифровой системы управления

сунков 3 и 5 следует, что электроприводы с номинальными угловыми скоростями 5 и 60 град/с работают в режиме насыщения управляющего воздействия. Однако при этом процессы в системе являются не расходящимися, что свидетельствует об её устойчивости в «большом» и адекватности ПИД-регулятора решаемой технической задаче.

Для электропривода с номинальной угловой скоростью 80 град/с, как следует из рисунка 7, режим насыщения управляющего воздействия не характерен. Таким образом, цифровой следящей системе со столь большой номинальной угловой скоростью электропривода свойственен режим, близкий к линейному, и, следовательно, по точности эта система будет близка к винеровской.

Из рисунков 4 и 6 следует, что значение ошибки дискретной нелинейной системы тем меньше, чем больше значение статического коэффициента передачи электропривода по скорости.

Сведения о точности систем с различными угловыми скоростями электроприводов приведены в таблице.

Анализ рисунков 2 – 7 и данных, приведённых в таблице, показывает следующее. В случае, когда цифровая система с ограничением по управлению работает в режиме насыщения управляющего воздействия [см. рис. 3 ( $k_{ЭМ} = 5$  град/В с,  $k = 10^4$ ) и рис. 5 ( $k_{ЭМ} = 60$  град/В с,  $k = 10^4$ )], в системе наблюдается проигрыш в точности по сравнению с линейной цифровой систе-

мой без ограничения управления, который, например, для величины  $k_{ЭМ} = 10$  град/В с ориентировочно равен 2. Если для цифровой системы с ограничением по управлению не характерен режим насыщения управляющего воздействия (см. рис. 7,  $k_{ЭМ} = 80$  град/В с,  $k = 10^4$ ), то проигрыш в точности по сравнению с линейной цифровой системой составляет примерно 5%.

В режиме высокой точности, когда отношение сигнал/шум равно  $10^5$  и  $k_{ЭМ} = 60...80$  град/В с, проигрыш в точности цифровой системы с ограничением по управлению по сравнению с цифровой системой без ограничения управления составляет примерно 8%. При этом среднеквадратическая ошибка приблизительно равна 2,3 угловой секунды.

При отношении сигнал/шум, равном  $10^6$ , для цифровой системы с ограничением по управлению, номинальная угловая скорость электропривода которой превышает 10 град/с, обеспечивается среднеквадратическая угловая ошибка, не превышающая одну угловую секунду.

### Выводы

Результаты моделирования нелинейной системы с управляющим устройством, реализованным с помощью современной ЭВМ, показали эффективность применения ПИД-регулятора даже в случае реализации его элементов на основе простейших разностных схем, поскольку при этом обеспечивается устойчи-

Зависимость среднеквадратической ошибки нелинейной цифровой следящей системы от отношения сигнал/шум и значения статического коэффициента передачи электропривода

k	$\sigma_e$ (угл. с)								
	Непрерывная (винеровская) система без ограничения по управлению	Цифровая система без ограничения управления	Цифровая система с ограничением по управлению $k_{ЭМ}$ (град/В с)						
			$k_{ЭМ} = 5$	$k_{ЭМ} = 10$	$k_{ЭМ} = 20$	$k_{ЭМ} = 60$	$k_{ЭМ} = 70$	$k_{ЭМ} = 80$	
$10^4$	2,54	6,45	15,0	12,0	9,8	6,78	6,75	6,74	
$10^5$	1,07	2,13	4,10	3,34	2,57	2,31	2,30	2,30	
$10^6$	0,45	0,75	1,25	1,00	0,87	0,86	0,864	0,864	

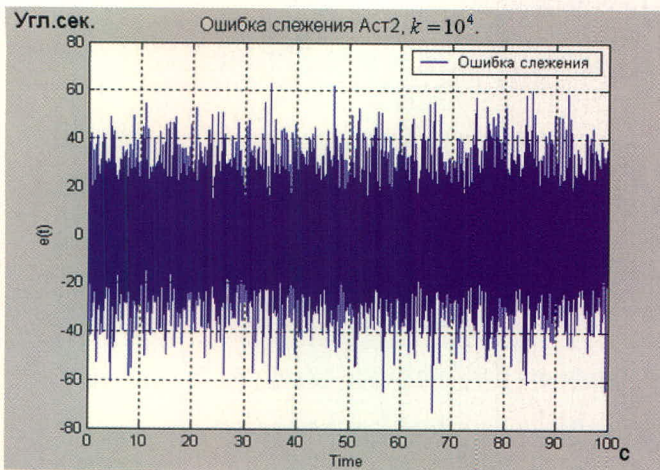


Рис. 2. Зависимость ошибки нелинейной следящей системы от времени для  $k_{эм} = 5$  град/В с

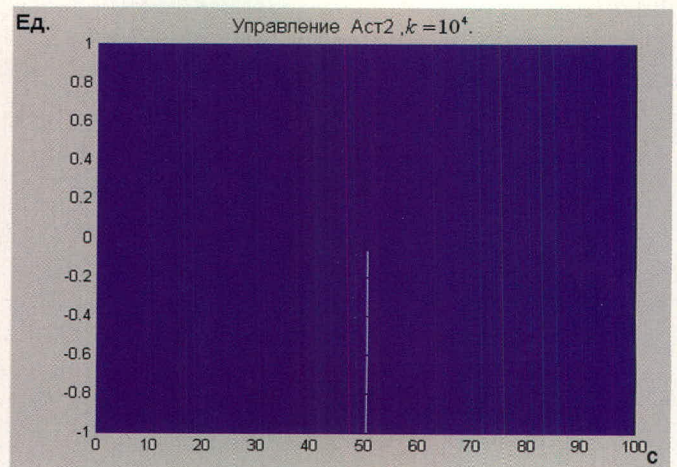


Рис. 3. Зависимость управляющего воздействия нелинейной следящей системы от времени для  $k_{эм} = 5$  град/В с

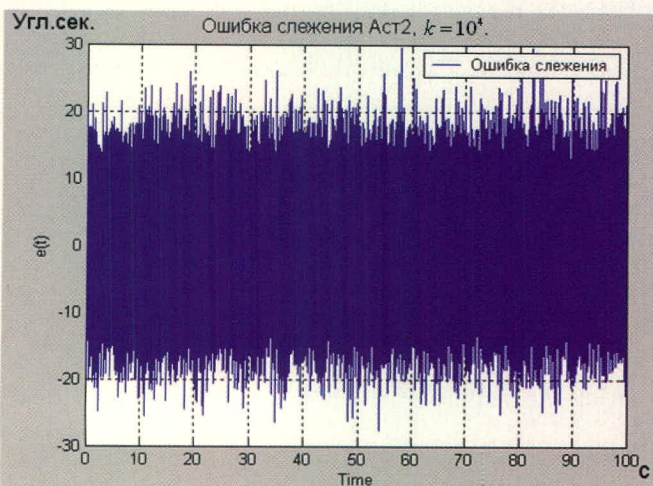


Рис. 4. Зависимость ошибки нелинейной следящей системы от времени для  $k_{эм} = 60$  град/В с

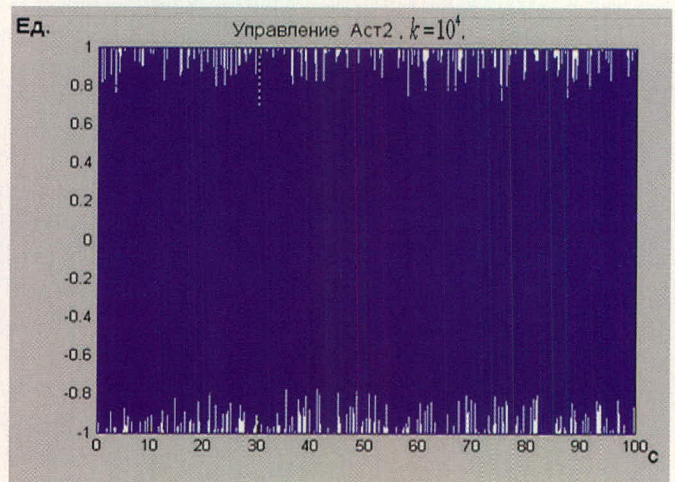


Рис. 5. Зависимость управляющего воздействия нелинейной следящей системы от времени для  $k_{эм} = 60$  град/В с

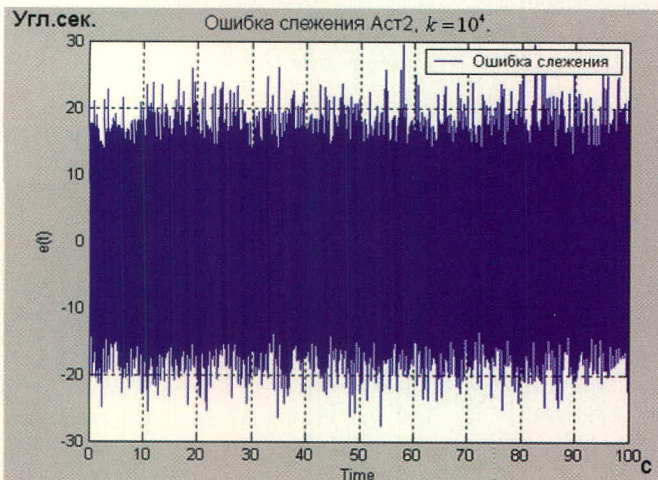


Рис. 6. Зависимость ошибки нелинейной следящей системы от времени для  $k_{эм} = 80$  град/В с

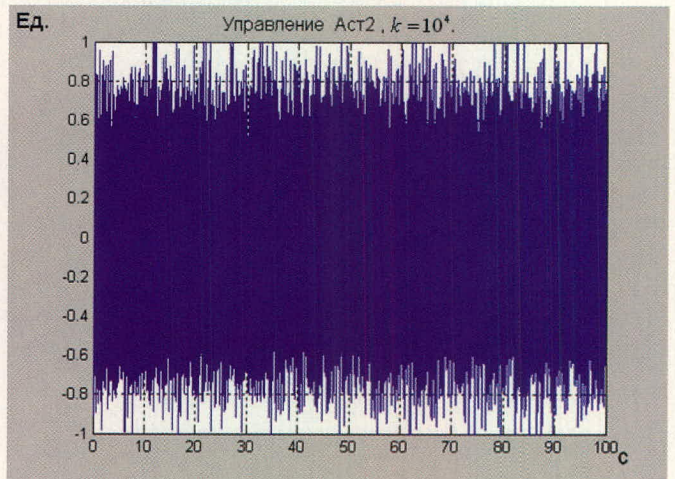


Рис. 7. Зависимость управляющего воздействия нелинейной следящей системы от времени для  $k_{эм} = 80$  град/В с

вость в «большом» как состояний равновесия, так и вынужденных процессов. Потеря точности по сравнению с цифровой линейной системой не превышает 5...8% для номинальных угловых скоростей электропривода 60...80 град/с. Важно, что при вхождении системы в ре-

жим практически полного насыщения управляющего воздействия, вызванного влиянием высокого уровня шума углового координатора, не возникают аномальные ошибки слежения, свойственные критическим режимам работы нелинейных автоматических систем.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Геложье Ю.А., Маркович И.И., Чуйков В.М. Цифровое формирование управляющих сигналов оптимальной следящей системы. Современная электроника. 2006. № 3. С. 48–51.
2. Современные системы управления. Лаборатория Базовых Знаний, 2002. ©

# Новости мира News of the World Новости мира

## Marvel доведёт скорость Wi-Fi до 450 Мбит/с

Компания Marvell начала новый 2008 г. с очередного пополнения в линейке наборов системной логики для беспроводного сетевого оборудования TopDog. Согласно заявлению разработчиков, новый чипсет увеличит скорость передачи данных по беспроводному протоколу Wi-Fi 802.11n с текущих 300 Мбит/с до 450 Мбит/с, т.е. на весомые 50%. Увеличивается и радиус действия сети: на 160% по сравнению с устройствами Wi-Fi 802.11n и в пять раз по сравнению с аналогами, работающими по стандарту Wi-Fi 802.11g.



Технически чипсет совместим с черновым стандартом 802.11n, равно как и с более ранними, и обладает рядом технологических нововведений, которые призваны увеличить надёжность передачи данных на больших скоростях, например, Special Time Block Coding. Сам чип произведён с применением 90-нм проектных норм, что позволяет надеяться на меньшее по сравнению с его предшественниками энергопотребление.

Компания планирует начать отгрузку чипов весной текущего года, надеясь увидеть свое детище в составе ноутбуков, медиа-концентраторов, игровых консолей и сетевых маршрутизаторов. Пока ни один из производителей сетевого оборудования не заявил о намерении использовать 450-Мбит TopDog в составе своих продуктов.

[electronista.com](http://electronista.com)

## Спецификация WirelessHD 1.0 вышла в свет

Инициативная группа по продвижению стандарта короткодистанционной беспроводной связи WirelessHD, состоящая на данный момент из компаний Intel, LG Electronics, Matsushita Electric Industrial (Panasonic), NEC, Samsung Electronics, SiBEAM, Sony и Toshiba, объявила об официальном выходе первой версии спецификации. Ожидается, что уже в ближайшее время её полная версия станет доступной для производителей.

Напомним, что WirelessHD является протоколом высокоскоростной передачи данных на небольшие расстояния, использующим нелицензируемый диапазон 60 ГГц. Протокол разработан для поддержки беспроводной передачи контента высокого качества и рассчитан на применение в составе домашних мультимедийных приложений. Скорость обмена данными между устройствами, поддерживающими протокол, может достигать 4 Гбит/с.

Завершение разработки спецификации версии 1.0 даёт зелёный свет разработчикам устройств – о поддержке WirelessHD с момента анонса протокола в октябре 2006 г. заявило уже более 40 компаний. В спецификации также заложены алгоритмы работы с зашифрованным содержимым и предусмотрено использование единого беспроводного пульта управления для WirelessHD-устройств.

[wirelesshd.org](http://wirelesshd.org)

## Mitsubishi научила проекторы воспроизводить 3D-картинку

Сегодня разработчики устройств отображения информации ставят своей задачей создание трёхмерных дисплеев и к этому моменту достигли определённых успехов – некоторые решения уже попали на мировой рынок. Но большинство из этих моделей требуют использования специальных поляризационных фильтров, разделяющих изображение для левого и правого глаза пользователя. А вот устройства, способные формировать действительно трёхмерное изображение, пока находятся на стадии разработки и не готовы выйти на мировой рынок не только из-за «сырости» технологии, но и в связи с высокой стоимостью систем.

Очередную технологию представили сотрудники Mitsubishi Electric Research Laboratories, которая позволяет получать трёхмерное изображение при помощи массива из пятнадцати проекторов, подключенных к восьми рабочим станциям, рассчитывающим изображение для каждого из проекторов. И по всей видимости, секрет технологии скрыт именно в программном обеспечении, ведь используются самые обычные цифровые проекторы, не способные на уникальные «подвиги». К сожалению, разработчики пока не раскрывают всех подробностей технологии, но, несмотря

на сложность и высокую стоимость всей системы, она способна воспроизвести 3D-картинку.

Главное достоинство такого подхода – отсутствие необходимости в использовании специальных очков, возможность наблюдения 3D-картинки для неограниченного количества пользователей, возможность масштабирования системы для получения более качественного изображения.

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

## QFHD- и OLED-телевизоры Samsung

Как и было обещано, на выставке CES 2008 компания Samsung представила две интересные OLED-панели с диагоналями 14" и 31". До сих пор о характеристиках новинок было известно немного, но теперь Samsung согласилась раскрыть некоторые детали.

На стенде Samsung демонстрируются новые ультратонкие OLED-телевизоры, которые используют активно-матричные OLED-панели (AM OLED) разработки Samsung SDI – подразделения компании Samsung Electronics, отвечающего за развитие новых дисплейных технологий, создание телевизоров, дисплеев для широкого спектра электронных устройств. Новинки легче на 40% по сравнению с аналогичными по размеру ЖК-телевизорами, отличаются высоким коэффициентом контрастности 1 000 000 : 1, цветовым охватом 107% и яркостью 550 нит. Samsung начнёт серийное производство OLED-телевизоров среднего и крупного размера ближе к 2010 г.

На стенде Samsung также демонстрируется прототип 52-дюймового жидкокристаллического телевизора, который является, по заявлению производителя, самым тонким «не OLED»-телевизором в мире, хотя никаких данных о его толщине почему-то не предоставлено. Контрастность новинки составляет 50 000 : 1, яркость – 550 нит. Массовое производство намечено на 2009 г.

Также на выставке представлена ещё одна интересная разработка – 82-дюймовый телевизор с разрешением QFHD (quadruple full high definition) 3840 × 2160 пикселей, которое в четыре раза превышает традиционный формат Full HD. Samsung уверена, что на сегодняшний день это самый большой ЖК-телевизор в мире с таким высоким разрешением.

[Reuters](http://Reuters), [Pocket-lint](http://Pocket-lint)

# Однокристалльный мост SPI-I<sup>2</sup>C и расширитель портов ввода-вывода

Олег Вальпа (Челябинская обл.)

Описывается микросхема преобразователя интерфейса SPI в I<sup>2</sup>C, с расширителем портов ввода-вывода. Приводятся её технические характеристики, архитектура и способ управления.

## ВВЕДЕНИЕ

В отличие от интерфейса SPI, который использует четыре сигнальных цепи и общий проводник, интерфейс I<sup>2</sup>C использует для связи всего две сигнальные цепи и общий проводник. Основным преимуществом интерфейса I<sup>2</sup>C является возможность одновременного подключения к нему множества устройств с помощью всего лишь двух сигнальных цепей и общего, заземляющего проводника. Данная возможность интерфейса позволяет значительно сократить количество сигнальных цепей между элементами при разработке устройств с развитой и насыщенной периферией.

В настоящее время существует большое количество функционально завершённых периферийных устройств с интерфейсом I<sup>2</sup>C, которые представляют собой всевозможные датчики, часы с будильниками и календарями, индикаторные устройства, постоянные запоминающие устройства, ЦАП, АЦП и т.п. Их использование в разработке новых устройств позволяет значительно сократить сроки самой разработки и упростить конструкцию устройства.

## ОПИСАНИЕ И ХАРАКТЕРИСТИКИ

Если в разрабатываемом устройстве имеется интерфейс SPI и отсутствует интерфейс I<sup>2</sup>C, его можно реализовать аппаратно с помощью новой микросхемы CP2120 фирмы Silicon Laboratories [1], которая представляет собой однокристалльный мост SPI-I<sup>2</sup>C. Микросхема CP2120 позволяет управляющим устройствам,

имеющим один порт в режиме SPI-master, выполнять функции порта I<sup>2</sup>C-master, а также увеличить количество линий ввода-вывода устройства и добавить программируемую линию внешнего прерывания, как это показано на рисунке 1. В качестве таких управляющих устройств могут быть использованы как электронные узлы, так и обычный микроконтроллер.

Микросхема CP2120 включает в себя 4-проводной интерфейс SPI, управляющий контроллер моста-преобразователя, синхронизируемый от внутреннего генератора, монитор питания, набор внутренних регистров, интерфейс двунаправленной I<sup>2</sup>C-шины и контроллер порта восьми дополнительных линий ввода/вывода. Структурная схема CP2120 показана на рисунке 2.

Благодаря применению микросхемы CP2120, устройства с интерфейсом SPI смогут взаимодействовать с устройствами по интерфейсу I<sup>2</sup>C. Для отправки и приёма данных через I<sup>2</sup>C используются посылки инструкций CP2120 через интерфейс SPI. Кроме того, микросхема CP2120 выполняет задачи арбитража, адресации и синхронизации работы по интерфейсу I<sup>2</sup>C.

На рисунке 3 представлена схема включения CP2120 в режиме моста SPI-I<sup>2</sup>C.

Поскольку выходные каскады интерфейса I<sup>2</sup>C представляют собой ключи с открытым стоком, для обеспечения работоспособности обе линии интерфейса I<sup>2</sup>C должны быть подключены к источнику питания через резисторы R1 и R2 сопротивлением 4,7 кОм ± 20%, как это показано на рисунке 4. К устройству с интерфейсом SPI с помощью микросхемы CP2120, кроме периферийных устройств, можно подключать и микроконтроллер, как это показано на рисунке 5. В этом случае микроконтроллер с интерфейсом I<sup>2</sup>C должен работать в режиме подчинённого устройства I<sup>2</sup>C-slave.

Микросхема CP2120 имеет следующие особенности:

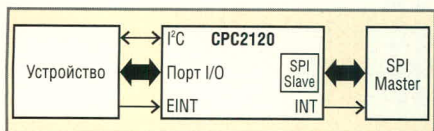


Рис. 1. Однокристалльный мост SPI-I<sup>2</sup>C

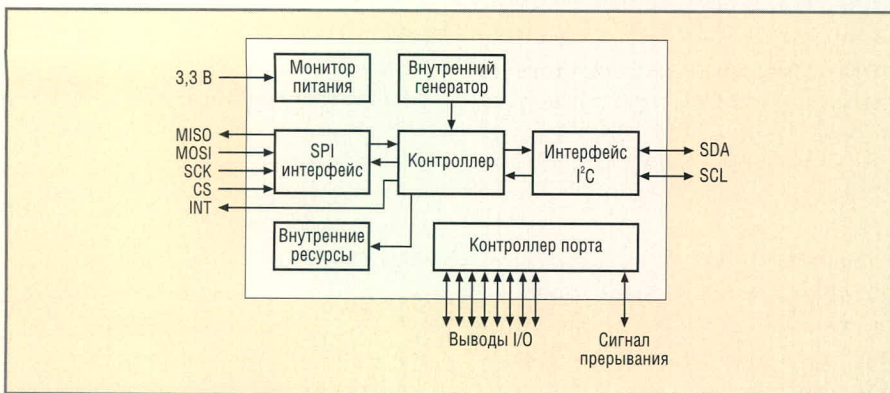


Рис. 2. Структурная схема CP2120

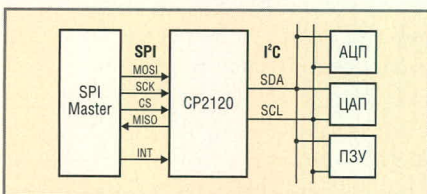


Рис. 3. Схема включения CP2120 в режиме моста SPI-I<sup>2</sup>C

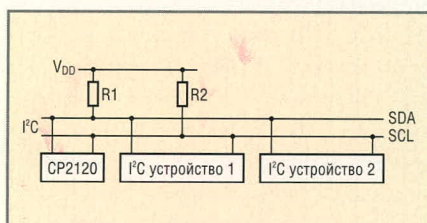


Рис. 4. Подключение линий интерфейса I<sup>2</sup>C

- присутствует встроенный монитор питания;
- интерфейс SPI работает на частотах до 1 МГц;
- обмен данными по I<sup>2</sup>C производится на частотах до 400 кГц;
- поддерживаются полнофункциональные режимы I<sup>2</sup>C master transmit и master receive;
- имеются буферы данных приёма и передачи объёмом 255 байт;
- не требуется внешнего генератора, имеется внутренний генератор;
- имеется выход прерывания с активным низким уровнем сигнала;
- присутствуют восемь конфигурируемых линий I/O общего назначения;
- линии порта ввода/вывода совместимы с 5-вольтовой логикой;
- имеется конфигурируемый вывод прерывания по фронту с защёлкой;
- исполнение в миниатюрном 20-выводном корпусе типа QFN.

Основные технические характеристики микросхемы CP2120 приведены в таблице 1. Соответствие сигналов выводам микросхемы показано на рисунке 6. Назначение и описание выводов микросхемы приведено в таблице 2.

На рисунке 7 приведена временная диаграмма работы с микросхемой CP2120 по интерфейсу SPI для схемы подключения и интерфейсных сигналов, показанных на рисунке 8. Как видно из диаграммы, данные по линиям MISO и MOSI передаются через интерфейс старшими разрядами вперёд, а их стробирование осуществляется нарастающим фронтом сигнала синхронизации SCK. Сигнал выборки CS активен на протяжении всего цикла передачи и приёма восьми бит данных. На рисунке 9 приведены детальные фрагменты этой диаграммы с условными обозначениями основных интервалов времени. Значения этих интервалов приведены в таблице 3.

Кроме перечисленных выше достоинств, микросхема имеет миниатюрные габариты. Размер корпуса микросхемы составляет всего 4 × 4 мм.

### Команды управления

Доступ к микросхеме CP2120 со стороны управляющего устройства через интерфейс SPI осуществляется с помощью записи байтовых команд и чтения информационных байт микросхемы.

Формат отправки команд для микросхемы CP2120 через SPI состоит из трёх байт. Первый байт содержит са-

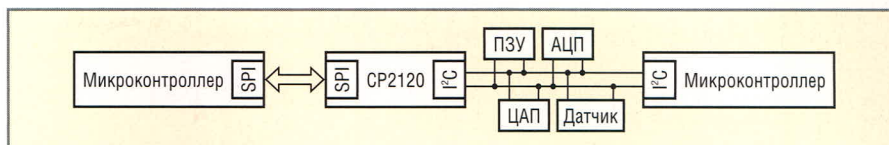


Рис. 5. Подключение микроконтроллера

му команду, второй байт несёт информацию адреса, а третий байт содержит данные для записи либо является неинформативным, т.е. с произвольным содержанием, если команда определяет операцию чтения данных.

В ответ на команды записи микросхема CP2120 ничего не посылает. Если же команда предназначена для чтения данных, то в ответ CP2120 посылает байт данных.

Например, команда 0x20, 0x00, 0xA0, посланная управляющим устройством микросхеме CP2120 по интерфейсу SPI, требует записать по адресу 0x00 байт 0xA0. А команда 0x21, 0x00, 0x00 требует чтения данных по адресу 0x00. Последний байт в этой посланке может иметь произвольное значение от 0x00 до 0xFF, поскольку является неинформативным и служит лишь для дополнения команды третьим байтом. Он необходим для правильной работы счётчика приёмника команд микросхемы CP2120.

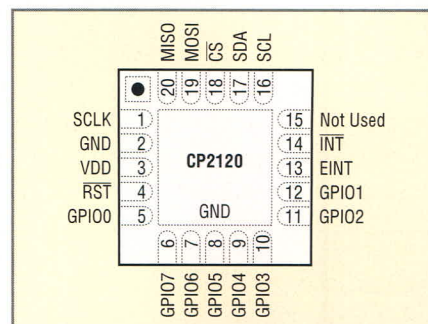


Рис. 6. Соответствие сигналов выводам микросхемы

### Внутренние регистры

Режим работы микросхемы CP2120 определяется состоянием её внутренних регистров, доступных управляющему устройству через интерфейс SPI. Названия всех внутренних регистров CP2120 с указанием их адреса приведены в таблице 4. Все регистры являются однобайтовыми. Ниже приводится описание этих регистров. В описании приведены условные обозначения регистров и доступные

Таблица 1. Технические характеристики микросхемы CP2120

Параметр	Значение		
	мин.	тип.	макс.
Напряжение питания, В	2,7	3,0	3,6
Потребляемый рабочий ток, мА	–	6,4	–
Диапазон рабочей температуры, °С	–40	–	+85

Таблица 2. Описание выводов микросхемы CP2120

Имя	Вывод	Тип	Описание
Vdd	3	Питание	Вывод источника питания
GND	2	Питание	Вывод заземления
RST	4	I/O	Сигнал сброса
SCLK	1	I	Сигнал синхронизации SPI
MISO	20	O	Выходные данные SPI
MOSI	19	I	Входные данные SPI
CS	18	I	Сигнал выборки SPI
SDA	17	I/O	Линия данных и адреса I <sup>2</sup> C
SCL	16	I/O	Сигнал синхронизации I <sup>2</sup> C
Not used	15	–	Не используется
GPIO 0	5	I/O	Универсальные конфигурируемые цифровые выходы
GPIO 1	12	I/O	
GPIO 2	11	I/O	
GPIO 3	10	I/O	
GPIO 4	9	I/O	
GPIO 5	8	I/O	
GPIO 6	7	I/O	
GPIO 7	6	I/O	
EINT	13	I/O	Источник фронтального защёлкиваемого прерывания
INT	14	O	Индикатор прерывания CP2120

I – Вход, O – Выход, I/O – Вход/выход

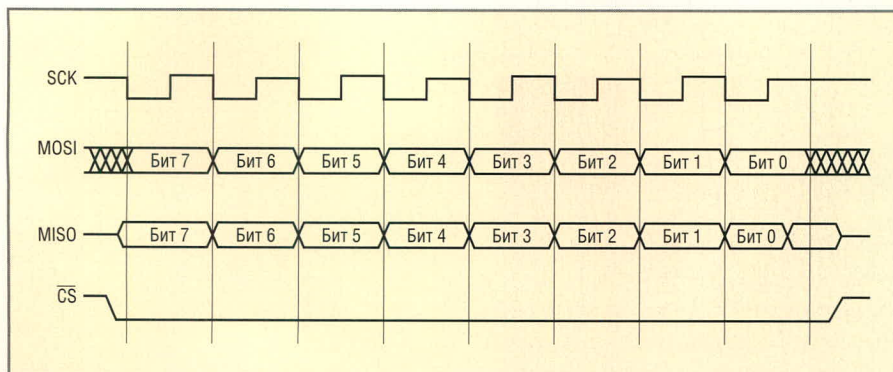


Рис. 7. Временная диаграмма SPI

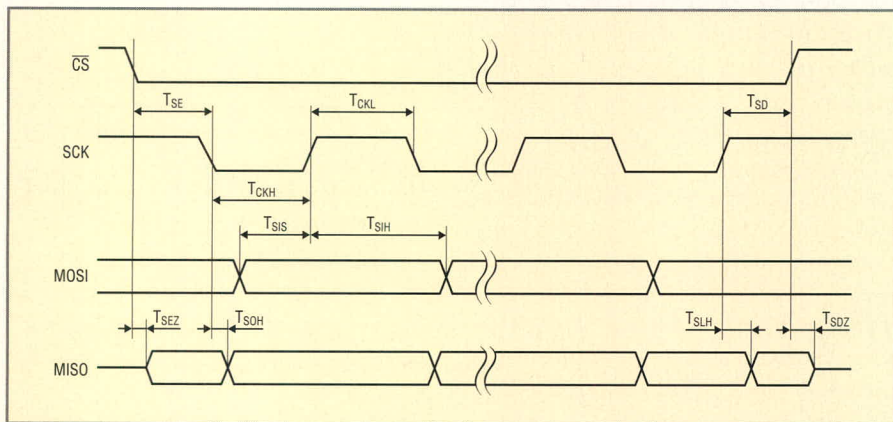


Рис. 9. Детальные фрагменты временной диаграммы

пользователю режимы обращения к ним. Обозначение R означает разрешение операции чтения, а обозначение W допускает запись в конкретный разряд регистра.

Регистр I2CCLOCK определяет рабочую частоту сигнала синхронизации SCL интерфейса I<sup>2</sup>C. Назначение и режим обращения к разрядам регистра I2CCLOCK представлены в таблице 5.

Тактовая частота синхронизации CP2120 в килогерцах определяется формулой отношения числа 2000 к значению регистра I2CCLOCK. После

сброса данный регистр принимает значение 0xA0, что соответствует частоте синхронизации 12,5 кГц. Его максимальное значение не может превышать 255, а минимальное значение не может быть менее 5. Это соответствует диапазону частот синхронизации от 8 до 400 кГц.

Первый внутренний регистр таймера I2CTO порта I<sup>2</sup>C позволяет сконфигурировать счётчик тайм-аута для операций обмена через интерфейс I<sup>2</sup>C. Таймер завершает операцию для I<sup>2</sup>C после того, как истекает заданный пе-

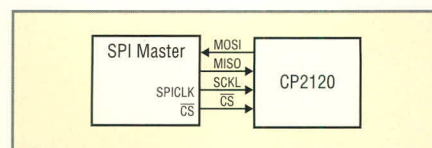


Рис. 8. Схема подключения и сигналы интерфейса

риод времени. Если тайм-аут запрещён, CP2120 делает только одну попытку выполнения операции по шине I<sup>2</sup>C и прекращает её, если эта попытка терпит неудачу. Разрешение работы тайм-аута позволяет прервать неудачную операцию на шине I<sup>2</sup>C и продолжить нормальную работу CP2120.

Назначение и режим обращения к разрядам регистра I2CTO представлены в таблице 6. После сброса данный регистр принимает значение 0x00. Разряды 7 – 1 (T06 – T00) определяют начальное значение таймера. Период тайм-аута при этом вычисляется по формуле: 128/T0 и может принимать значение от 128 до 1 с. Разряд 0 (TEN) служит для разрешения работы таймера. Когда этот разряд равен 0 – работа таймера запрещена, а когда равен 1 – работа таймера разрешена.

Второй внутренний регистр таймера I2CTO2 порта I<sup>2</sup>C позволяет управлять дополнительными таймерами для обеспечения совместимости протокола по шине I<sup>2</sup>C. При их использовании производится контроль состояния сигналов шины с периодичностью около 25 мс. Назначение разрядов регистра I2CTO2 представлено в таблице 7. После сброса данный регистр принимает значение 0x00. Разряд 1 (FREN) обеспечивает разрешение и запрет обнаружения свободного состояния шины I<sup>2</sup>C, ког-

Таблица 3. Параметры временных интервалов SPI микросхемы CP2120

Интервал	Значение
TSE	2xTSYSCLK
TSD	2xTSYSCLK
TSEZ	4xTSYSCLK
TSdz	4xTSYSCLK
TCKH	5xTSYSCLK
TCKL	5xTSYSCLK
TSIS	2xTSYSCLK
TSIH	2xTSYSCLK
TsoH	4xTSYSCLK
TSLH	6xTSYSCLK

Примечание: TSYSCLK эквивалентен 24,5 МГц и составляет 41 нс

Таблица 4. Внутренние регистры микросхемы CP2120

Название	Адрес	Описание
IOCONFIG	0x00	Первый регистр конфигурации линий ввода-вывода порта GPIO
IOSTATE	0x01	Регистр состояния линий ввода-вывода порта GPIO
I2CCLOCK	0x02	Регистр частоты сигнала синхронизации SCL порта I <sup>2</sup> C
I2CTO	0x03	Первый регистр таймера порта I <sup>2</sup> C
I2CSTAT	0x04	Регистр состояния порта I <sup>2</sup> C
I2CADR	0x05	Регистр адреса порта I <sup>2</sup> C
RXBUFF	0x06	Регистр размера буфера приёмника порта I <sup>2</sup> C
IOCONFIG2	0x07	Второй регистр конфигурации линий ввода-вывода порта GPIO
EDGEINT	0x08	Регистр управления выводом прерывания EINT
I2CTO2	0x09	Второй регистр таймера порта I <sup>2</sup> C

Таблица 5. Формат регистра I2CCLOCK

Разряд	7	6	5	4	3	2	1	0
Режим	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
Название	I2CCK7	I2CCK6	I2CCK5	I2CCK4	I2CCK3	I2CCK2	I2CCK1	I2CCK0

да шина становится свободной для совершения операций обмена. Когда этот разряд равен 0 – обнаружение состояния запрещено, а когда равен 1 – обнаружение разрешено. Разряд 0 (LWEN) отвечает за обнаружение тайм-аута пребывания сигнала SCL в состоянии низкого уровня. Когда этот разряд равен 0 – обнаружение тайм-аута сигнала запрещено, а когда равен 1 – обнаружение тайм-аут сигнала разрешено.

Управляющее устройство SPI может назначить адрес I<sup>2</sup>C для микросхемы CP2120, записав его во внутренний регистр I2CADR. Установка этого адреса не требуется для осуществления операций через микросхему CP2120. Если адрес установлен, то CP2120 будет формировать сигнал ответа ACK на интерфейсе I<sup>2</sup>C, когда будет производиться обращение по этому адресу со стороны другого мастера шины I<sup>2</sup>C. В противном случае микросхема CP2120 будет формировать сигнал NACK для всех попыток передачи данных, когда отвечает в режиме I<sup>2</sup>C slave. Назначение и режим обращения к разрядам регистра I2CADR представлены в таблице 8. После сброса данный регистр принимает значение 0x00. Разряды 7 – 0 (I2CAD7 – I2CAD0) определяют значение адреса от 0 до 255.

Внутренний регистр состояния шины I2CSTAT отражает текущий статус интерфейса I<sup>2</sup>C. Данный регистр может быть прочитан в любое время. Микросхема CP2120 обновляет содержимое регистра I2CSTAT, когда операция на шине I<sup>2</sup>C началась, когда операция на шине I<sup>2</sup>C завершена (успешно или безуспешно) и когда принятая по SPI команда содержит ошибки.

Для определения завершения операции на шине I<sup>2</sup>C не рекомендуется производить основной опрос регистра I2CSTAT по шине SPI. Вместо этого управляющему устройству следует контролировать состояние вывода INT, ожидая низкий уровень сигнала или спадающий фронт на нём, а затем прочитать регистр I2CSTAT, чтобы определить результат операции на шине I<sup>2</sup>C. Назначение и режим обращения к разрядам регистра I2CSTAT представлены в таблице 9. После сброса данный регистр принимает значение 0x00. Описание возможных состояний регистра I2CSTAT приведено в таблице 10.

Байты данных, получаемые по шине I<sup>2</sup>C, сохраняются в 255-байтовом буфере данных. Количество байт,

Таблица 6. Формат регистра I2CST0

Разряд	7	6	5	4	3	2	1	0
Режим	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
Название	T06	T05	T04	T03	T02	T01	T00	TEN

Таблица 7. Формат регистра I2CST02

Разряд	7	6	5	4	3	2	1	0
Режим	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
Название	Резерв	Резерв	Резерв	Резерв	Резерв	Резерв	FREN	LWEN

Таблица 8. Формат регистра I2CADR

Разряд	7	6	5	4	3	2	1	0
Режим	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
Название	I2CAD7	I2CAD6	I2CAD5	I2CAD5	I2CAD3	I2CAD2	I2CAD1	I2CAD0

Таблица 9. Формат регистра I2CSTAT

Разряд	7	6	5	4	3	2	1	0
Режим	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
Название	I2ST7	I2ST6	I2ST5	I2ST4	I2ST3	I2ST2	I2ST1	I2ST0

сохранённых на текущий момент времени в этом буфере, записывается во внутренний регистр RXBUFF. Регистр RXBUFF имеет формат данных, приведённый в таблице 11. После сброса данный регистр принимает значение 0x00. Разряды RXB отражают значение количества сохранённых в буфере байт данных.

назначения GPIO, которые могут быть сконфигурированы как выходы, входы или квазидвухнаправленные выходы. Внутренние регистры IOCONFIG и IOCONFIG2 позволяют сконфигурировать эти линии порта.

Назначение разрядов регистра представлено в таблицах 12 и 13. После сброса эти регистры принимают значение 0x00. Для каждого вывода порта GPIO отведено по два разряда в регистрах. Состояние этих разрядов определяет функциональное назначение вывода порта. В таблице 14

### КОНФИГУРИРУЕМЫЙ ПОРТ ВВОДА-ВЫВОДА GPIO

Микросхема CP2120 имеет восемь линий порта ввода-вывода общего

**ДАТЧИКИ  
ПОТЕНЦИОМЕТРЫ  
ДЖОЙСТИКИ**



В основе автоматизации любого оборудования лежит использование различных датчиков и преобразователей. Особенно актуальной является проблема увеличения производительности небольших и недорогих машин. Более чем 40 лет MEGATRON представляет на мировом рынке экономичные механические и электрические преобразователи (датчики).

ДАТЧИКИ  
ЛИНЕЙНОГО  
ПЕРЕМЕЩЕНИЯ



ДЖОЙСТИКИ



БЕСКОНТАКТНЫЕ  
ДАТЧИКИ  
ЛИНЕЙНОГО  
ПЕРЕМЕЩЕНИЯ



КАТАЛОГИ ПРОДУКЦИИ  
НА САЙТЕ [WWW.IRIT.RU](http://WWW.IRIT.RU)

БЕСКОНТАКТНЫЕ  
ДАТЧИКИ  
ВРАЩЕНИЯ



ДАТЧИКИ  
ВРАЩЕНИЯ





[www.irit.ru](http://www.irit.ru)  
781-7997

**ИРИТ** ИНСТИТУТ РАЗВИТИЯ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТЕХНИКИ  
«ИРИТ»: Москва, 115211, Каширское шоссе, дом 55, корпус 1  
Телефон/факс: (495) 781-79-97  
E-mail: sale@irit.ru Internet: http://www.irit.ru

приведено соответствие значения этих разрядов режиму работы выводов порта.

Регистр IOSTATE предназначен для обмена данными через порт GPIO. Состояние любого вывода порта мо-

жет быть изменено путём записи данных во внутренний регистр IOSTATE. Регистр IOSTATE при чтении возвращает текущее значение каждого вывода порта. Назначение разрядов регистра представлено в

таблице 15. После сброса данный регистр принимает значение 0x00. Запись данных в этот регистр приводит к изменению состояния на соответствующих выводах порта GPIO, а чтение регистра отражает состояние выводов порта в соответствующих им разрядах.

Регистр EDGEINT отвечает за вход прерывания EINT. Вывод порта EINT может быть сконфигурирован как источник прерывания по фронту путём записи определённого значения во внутренний регистр EDGEINT. Формат этого регистра представлен в таблице 16. После сброса данный регистр принимает значение 0x00.

Разряд 7 (EIF) является флагом прерывания по фронту с защёлкой. Когда этот разряд равен 0 – на выводе EINT не обнаружено перепада сигнала, а когда равен 1 – обнаружение перепада сигнала произошло.

Разряд 6 (EIE) разрешает прерывание по фронту с защёлкой. Когда этот разряд равен 0 – прерывание запрещено, а когда равен 1 – разрешено.

Разряд 5 (EIT) определяет перепад прерывания по фронту с защёлкой. Когда этот разряд равен 0 – прерывание формируется при переходе сигнала на выводе EINT из низкого состояния в высокое, а когда равен 1 – наоборот, при переходе сигнала из высокого состояния в низкое. Остальные разряды регистра зарезервированы.

После того как прерывание для вывода EINT сконфигурировано, CP2120 будет формировать низкий уровень сигнала на выводе INT при возникновении перепада сигнала на выводе EINT.

### ОБМЕН ПО ИНТЕРФЕЙСУ I<sup>2</sup>C

Для передачи и приёма данных по интерфейсу I<sup>2</sup>C используются блочные команды. Так, команда для записи блока данных определённому устройству, подключенному через интерфейс I<sup>2</sup>C, имеет вид: 0x00, количество байт, адрес устройства в режиме записи, первый байт данных, второй байт данных, и т.д. С помощью такой команды можно в одной посылке передать от 1 до 256 байт данных для записи в устройство, начиная с указанного адреса. Согласно протоколу работы интерфейса I<sup>2</sup>C, адрес внутри устройства будет автоматически наращиваться на единицу при записи в него поступающих последовательно байт данных. Данный режим позволяет значительно сократить время записи данных в устройство.

Таблица 10. Описание состояний регистра статуса I2CSTAT

Значение	Описание
0xFF	Обмен по I <sup>2</sup> C успешно завершился
0xF1	Нет подтверждения получения адреса устройством
0xF2	Нет подтверждения получения данных устройством
0xF3	Обмен по I <sup>2</sup> C выполняется
0xF8	Обмен по I <sup>2</sup> C синхронизирован с таймером, конфигурируемым I2CSTO
0xF9	Байты команд для передачи или чтения и размер буфера данных не сочетаются
0xFA	Количество байт, прочитанных из буфера, превышает счётчик буфера
0xFB	Тайм-аут низкого состояния сигнала SCL интерфейса I <sup>2</sup> C использует таймер, конфигурируемый в I2CSTO2

Таблица 11. Формат регистра RXBUFF

Разряд	7	6	5	4	3	2	1	0
Режим	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
Название	RXB7	RXB6	RXB5	RXB4	RXB3	RXB2	RXB1	RXB0

Таблица 12. Формат регистра IOCONFIG

Разряд	7	6	5	4	3	2	1	0
Режим	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
Название	PCI03.1	PCI03.0	PCI02.1	PCI02.0	PCI01.1	PCI01.0	PCI00.1	PCI00.0

Таблица 13. Формат регистра IOCONFIG2

Разряд	7	6	5	4	3	2	1	0
Режим	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
Название	PCI07.1	PCI07.0	PCI06.1	PCI06.0	PCI05.1	PCI05.0	PCI04.1	PCI04.0

Таблица 14. Режимы работы выводов порта GPIO

PCIOx.0	PCIOx.0	Режим работы вывода x
0	0	Выход с открытым стоком
0	1	Вход
1	0	Подтянутый выход
1	1	Вход

Таблица 15. Формат регистра IOSTATE

Разряд	7	6	5	4	3	2	1	0
Режим	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
Название	GPIO7	GPIO6	GPIO5	GPIO4	GPIO3	GPIO2	GPIO1	GPIO0

Таблица 16. Формат регистра EDGEINT

Разряд	7	6	5	4	3	2	1	0
Режим	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
Название	EIF	EIE	EIT	Резерв	Резерв	Резерв	Резерв	Резерв

Для осуществления операции блочного чтения данных используется команда 0x01, количество байт, адрес устройства в режиме чтения. Адреса устройства для режима записи и чтения отличаются одним лишь младшим разрядом. Так, для режима чтения этот разряд имеет значение единицы, а для режима записи он равен нулю.

После этой команды CP2120 начинает операцию чтения данных из устройства с указанным адресом в собственный буфер приёмника. При этом адрес внутри устройства также автоматически будет наращиваться на единицу при последовательном чтении из него байт данных. По завершении этой операции микросхема CP2120 сформирует активный низкий уровень сигнала прерывания INT, сигнализируя свою готовность передать считанные данные управляющему устройству.

С помощью команды 0x06, 0xXX, можно прочитать содержимое буфера микросхемы CP2120. В ответ на эту команду CP2120 последовательно перешлёт управляющему устройству по интерфейсу SPI все байты данных из

своего буфера приёмника. Рекомендуется перед выполнением данной команды прочесть содержимое внутреннего регистра микросхемы CP2120, имеющего название RXBUFF, для того чтобы определить, сколько байт сохранено в буфере CP2120.

Микросхема CP2120 поддерживает и более сложные блочные команды, такие как чтение после записи, запись после записи и запись в множество устройств.

Первая из этих команд имеет формат: 0x02, количество байт для записи, количество байт для чтения, адрес устройства в режиме записи, байты данных для записи, адрес устройства в режиме чтения.

Вторая команда имеет формат: 0x03, количество байт для первой группы записи, количество байт для второй группы записи, адрес устройства в режиме записи для первой группы данных, первая группа байт для записи, адрес устройства в режиме записи для второй группы данных, вторая группа байт для записи.

Наконец, третья команда имеет формат: 0x09, количество байт запи-

си, количество устройств для записи, последовательность адресов устройств в режиме записи, группа данных для записи.

### Дополнительные команды

Другие команды для микросхемы CP2120 осуществляют специальные функции. Так, команда 0x18, 0x81 задаёт такой режим работы интерфейса SPI, когда данные в байтах посылок передаются, начиная со старшего разряда. А команда 0x18, 0x42 задаёт обратный режим работы интерфейса SPI, когда данные в байтах посылок передаются начиная с младшего разряда.

Команда 0x40, 0xXX позволяет считать версию микросхемы CP2120. Здесь байт 0xXX имеет произвольное значение. В ответ микросхема CP2120 посылает два байта с информацией о версии. Например, полученные от микросхемы байты 0x01 и 0x44 означают, что она имеет версию 1.44.

### ЛИТЕРАТУРА

1. www.silabs.com



18 - 21  
МАРТА

Международный выставочный центр "ИнтерСиб"  
приглашает принять участие в выставках:

ОМСК  
2008



# ПРОМТЕХЭКСПО



СИБИРСКИЙ ПРОМЫШЛЕННО-ИННОВАЦИОННЫЙ ФОРУМ



Генеральный  
информационный спонсор:  
"ИТО", г. Москва



Генеральный  
информационный спонсор  
выставки "Индустрия безопасности и связи"

В объединенной экспозиции выставки:



ОМСКГАЗНЕФТЕХИМ



СИБЗАВОД



ЭНЕРГОСИБ



АГРЕГАТЭКСПОСИБ

ИНДУСТРИЯ БЕЗОПАСНОСТИ И СВЯЗИ.  
АВТОМАТИЗАЦИЯ И ЭЛЕКТРОНИКА

Презентация инновационной программы  
Сибирского федерального округа  
"СибВПКМАШ-ТЭК-2010"

Межрегиональная  
научно-практическая конференция  
"Техническое оснащение и перевооружение ТЭК"



Организатор: МВЦ "ИнтерСиб", 644033, г. Омск, ул. Красный путь, 155, корп. 1,  
тел./факс (3812) 25-25-20, 25-14-79, E-mail: fair@intersib.ru, http://www.intersib.ru

реклама

# Часы-календарь реального времени на основе МК LPC2129

Павел Редькин (г. Ульяновск)

Предлагаемая вниманию читателей статья завершает ранее опубликованный цикл по МК семейства LPC2000 (СЭ, 2006, №№ 7 – 9; 2007, №№ 1 – 5). В статье описывается разработанный на базе МК LPC2000 простой пользовательский проект – автономно работающие часы-календарь реального времени с кварцевой стабилизацией частоты. Кроме того, статья содержит информацию об организации интерфейса ввода-вывода целевой пользовательской системы, которая может быть полезна специалистам, желающим освоить МК семейства LPC2000.

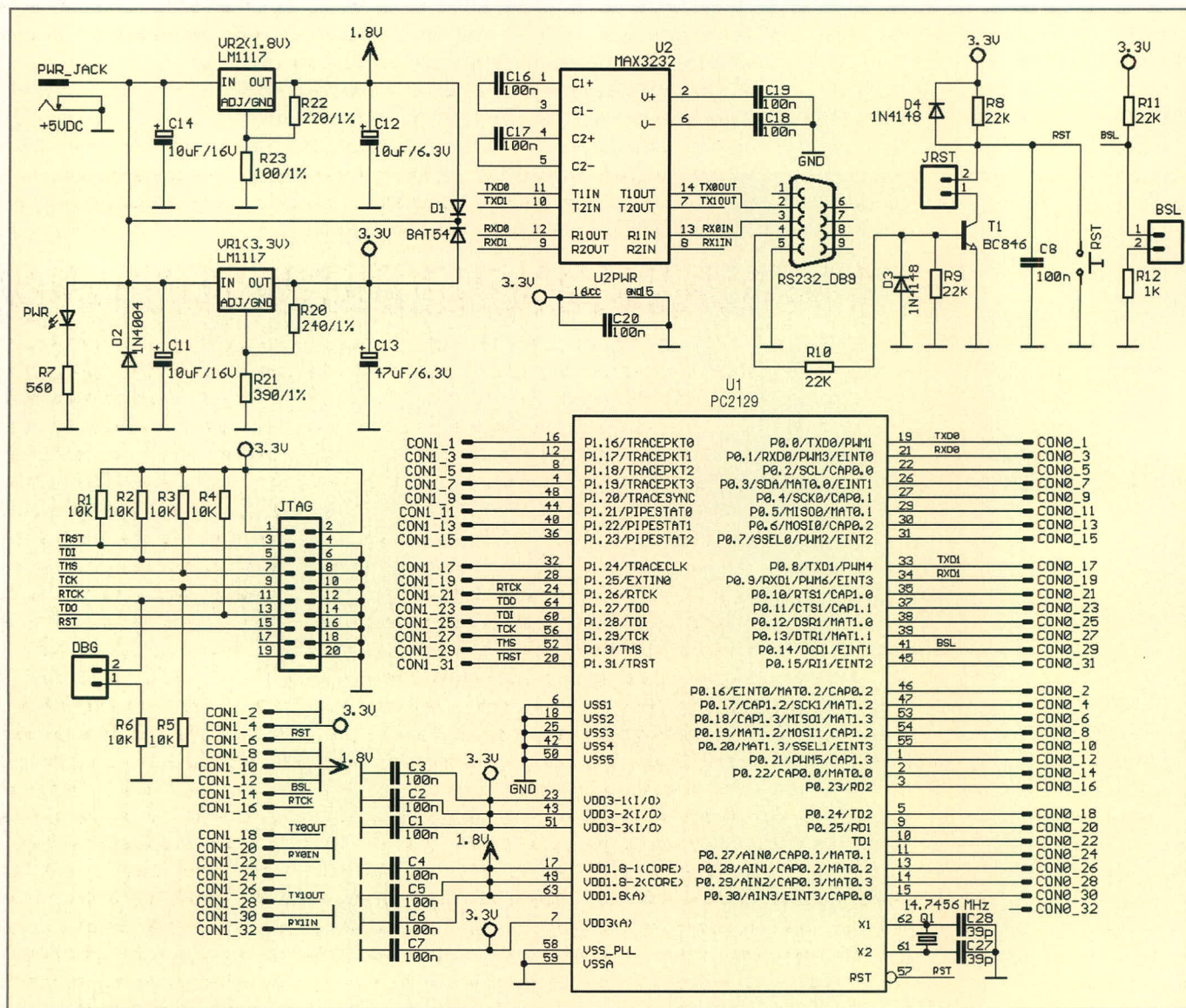
## ПЛАТФОРМА ДЛЯ СОЗДАНИЯ ПРИЛОЖЕНИЙ

Как и для многих других популярных универсальных МК, на базе уст-

ройств LPC2000 ряд сторонних производителей выпускает различные отладочные комплекты, стартовые наборы разработчика, контроллеры-

конструкторы. Их удобно использовать как для первоначального освоения, так и для создания макетов целевых пользовательских систем.

В качестве базового устройства для создания своих приложений автор статьи выбрал МК LPC2129, а в качестве аппаратной платформы использовал недорогую и доступную отладочную плату LPC-H2129 производства фирмы Olimex [1], принципиальная схема которой показана на рисунке 1. Для отладки приложений использовался JTAG-адаптер Wiggler также производства Olimex [2]. Как можно видеть из рисунка,



плата содержит МК U1 LPC2129, все выводы которого «оконечены» разъёмами, два стабилизатора питающих напряжений VR1 и VR2 (на 3,3 и 1,8 В соответственно), микросхему-адаптер уровней интерфейса RS-232 U2 MAX3232, подключенную к порту UART0 МК, разъём и цепи подключения адаптера JTAG, фильтры питания, элементы и цепи синхронизации, сброса и прочие элементы схемной «обвязки» LPC2129. Колебания встроенного тактового генератора МК стабилизируются внешним кварцевым резонатором на частоту 14,7456 МГц. Кнопка RST предназначена для «ручного» сброса LPC2129.

Внешний низкий уровень, необходимый для запуска обработчика команд ISP, подаётся на линию P0.14 LPC2129 с помощью переключки BSL.

Переключка JRST используется для подключения линии 4 (DTR) интерфейса RS-232 через цепь согласования уровней (D3, D4, T1, R8, R9) к входу /RESET (RST) МК, что даёт возможность с помощью программы-загрузчика LPC2000 Flash Utility производить «ручной» сброс LPC2129.

Переключкой DBG линия RTCK интерфейса JTAG отладочной платы может быть подключена к низкому уровню через резистор сопротивлением 10 кОм, что необходимо для отладки пользовательских приложений в целевой системе.

Питание отладочной платы осуществляется от внешнего источника постоянного напряжения +5 В, подаваемого через разъём PWR\_JACK.

Программная часть проекта включает в себя файл главной функции (основного цикла управляющей программы) main.c, а также файлы специальных функций и специальных заголовков и определений hardware.c и hardware.h соответственно. К специальным функциям относятся функция инициализации системы CPUinit(void), инициализирующая модули МК PLL, MAM, GPIO, функция инициализации прерываний INTERRUPTSinit(void), функции – обработчики прерываний, а также ещё несколько функций, о которых будет рассказано ниже. К специальным заголовкам и определениям относятся определения типов величин, макросы битовых констант, макросы сброса/установки/тестирования битов, коды символов (фонтов) ЖКИ и прочие определения. Настройки проек-

та предусматривают загрузку управляющей программы в Flash-память МК, однако, каталог проекта содержит дополнительный подкаталог SRAM, где находятся файлы такого же проекта, но с настройками, предусматривающими выполнение управляющей программы в SRAM-памяти МК. Исходные тесты программ этих двух вариантов различаются только в одном: в файле hardware.c проекта, предназначенного для Flash-памяти, закомментирована строка:

```
//MEMMAP = 2;
//Переотобразить векторы прерываний в SRAM в случае выполнения кода в SRAM
```

Функция инициализации блока управления системы CPUinit() размещена в файле hardware.c. Функция инициализации прерываний INTERRUPTSinit(), размещённая в этом же файле, содержит команды инициализации регистра управления памятью MEMMAP и контроллера векторов прерываний VIC.

В файле hardware.c также находится функция – обработчик прерываний от Таймера 0 – TimerInterrupt(). Она содержит команды вызова всех событий, которые должны происходить в системе регулярно. К таким событиям относятся вызовы функций опроса кнопок управления opros\_kn0() – opros\_kn3(), а также генерация импульсной последовательности, используемой для формирования дополнительного отрицательного напряжения для ЖКИ – «-U ЖКИ». Прерывание от Таймера 0 обрабатывается в системе как прерывание IRQ. Таймер 0 конфигурируется и настраивается с помощью функции TIMER0initstart(). Прерывания от Таймера 0 генерируются при совпадении его содержимого со специальным регистром TOMR0, а частота генерации этих прерываний выбрана в программе равной 1000 Гц. Поскольку состояние выхода P1.16 генерации импульсной последовательности для формирования «-U ЖКИ» инвертируется при каждом вызове функции TimerInterrupt(), частота этой последовательности составляет  $1000/2 = 500$  Гц.

Помимо штатных элементов отладочной платы, установленных производителем, макет целевой пользовательской системы, схема которого приведена на рисунке 2, содержит дополнительные внешние устройства:

линейку кнопок управления SB1 – SB4 («0» – «3»), светодиоды HL1, HL2 («1», «2») и символьный жидкокристаллический индикатор со встроенным контроллером HG1. Соединительные разъёмы, установленные на плате LPC-H2129, на схеме (рис. 2) условно не показаны.

## ИНТЕРФЕЙС ВВОДА-ВЫВОДА В ЦЕЛЕВОЙ ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКОЙ СИСТЕМЕ

### Интерфейс кнопок управления

В качестве внешних устройств ввода в проекте используются кнопки. Предлагаемый интерфейс кнопок обеспечивает программное подавление «дребезга». Никаких дополнительных внешних элементов, подключаемых к микроконтроллеру, при этом не требуется.

Блок-схема алгоритма интерфейса обслуживания одной кнопки приведена на рисунке 3. Программная реализация этого алгоритма на «С» представляет собой отдельную функцию, которая отслеживает моменты нажатия и отпускания опрашиваемой кнопки, производя при этом фильтрацию импульсов «дребезга» её механических контактов.

Для построения функции программного интерфейса одной кнопки разработчику требуется выделить следующие ресурсы МК: статическую переменную, служащую для подсчёта тайм-аута подавления «дребезга», ещё две статические переменные, служащие для индикации момента нажатия на кнопку (флаг «нажато») и длительности удержания кнопки (флаг «удерживается»). При этом переменная флага «нажато» должна быть описана в программе как доступная для других модулей, поскольку она в них также модифицируется. Кроме того, функция использует некоторую константу, задающую значение порога тайм-аута подавления «дребезга».

Для корректной работы кнопочно-го интерфейса при первоначальной инициализации флага «нажато» и «удерживается» всех опрашиваемых кнопок должны быть сброшены. Как можно видеть из блок-схемы, при каждом вызове функции при условии, что опрашиваемая кнопка не нажата, переменная подсчёта тайм-аута и флаг «удерживается» будут обнуляться, т.е. будет происходить постоянная установка цифрового программного фильтра «дребезга» в началь-

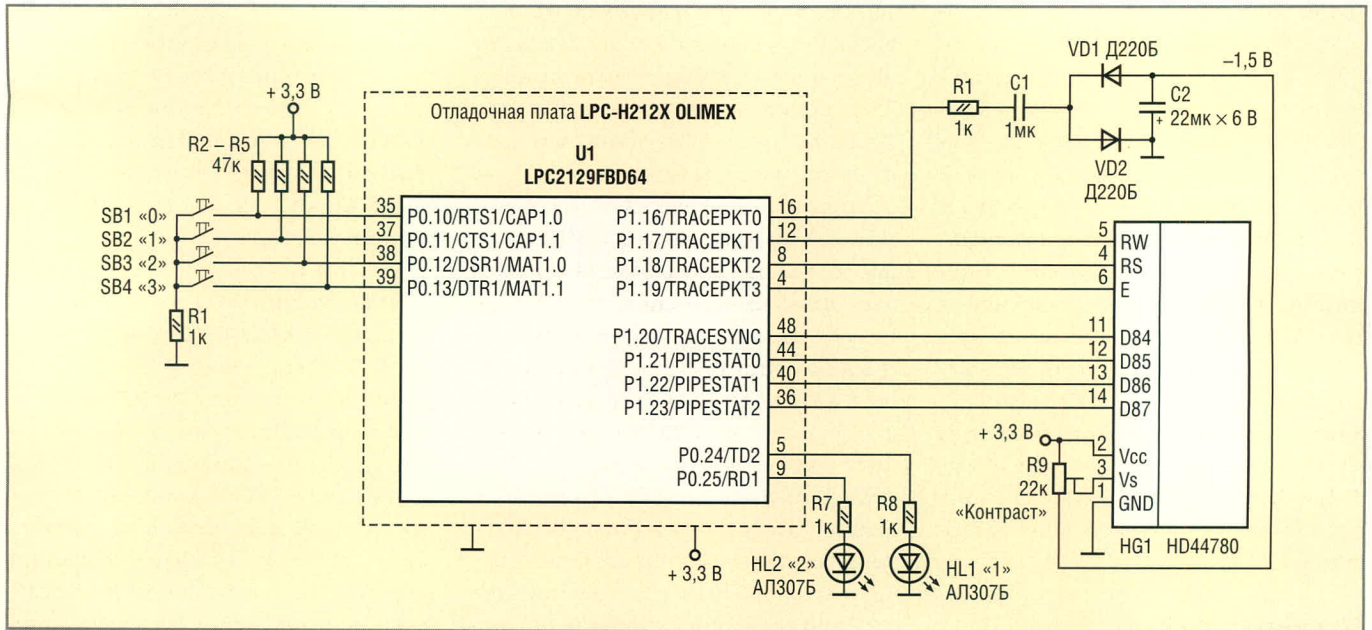


Рис. 2. Принципиальная схема базовой части макета целевой пользовательской системы

ное состояние. Вызовы функции в программе должны производиться с некоторой периодичностью. Когда кнопка нажимается, значение переменной подсчёта тайм-аута начинает инкрементироваться при каждом вызове функции, причём реально увеличиваться оно станет только после окончания «дребезга», когда переменная перестанет обнуляться из-за пауз между «дребезговыми» импульсами. Только спустя некоторое время после окончания импульсов «дребезга» наступит момент, когда значение переменной подсчёта тайм-аута превысит значение константы порога тайм-аута и, следовательно, произойдёт установка фла-

гов «нажато» и «удерживается» опрашиваемой кнопки.

Состояние флага «удерживается» инверсно отображает текущее состояние входа подключения соответствующей ему кнопки с учётом подавления импульсов «дребезга», т.е. он будет оставаться в единичном состоянии столько времени, сколько удерживается кнопка после окончания «дребезга», и сбросится при первом же импульсе «дребезга» в момент отпускания кнопки. Этот флаг можно использовать в программе для реализации каких-то дополнительных функций данной кнопки в интерфейсе ввода разрабатываемого устройства, например, для задания какого-

либо режима, необходимым (но не достаточным) условием которого служит текущее нажатое состояние этой кнопки.

Флаг «нажато» в предлагаемом алгоритме обладает свойством «защёлкивания», т.е. при отпускании кнопки он в подпрограмме не сбрасывается. Опрос состояния с целью обнаружения установки и последующего сброса флага «нажато» возлагается на ту часть основной программы, которая производит обработку обнаружения нажатия на данную кнопку.

Конкретное значение константы порога тайм-аута «дребезга» может задаваться разработчиком для обеспечения требуемого времени реакции устройства на нажатую кнопку в зависимости от значения периода вызова функции кнопочного интерфейса и конкретного типа (линейных размеров) кнопки.

Исходный текст набора функций, реализующих описанный выше алгоритм обслуживания четырёх кнопок, содержится в файле knпр.с. Этот файл используется в проекте как подключаемый. Вызовы функций опроса кнопок производятся в программах проектов с частотой 1 кГц из функции – обработчика прерываний от Таймера 0 *TimerInterrupt0*. Определения входов подключения кнопок к МК содержатся в файле hardware.h. В файле knпр.с содержатся функции *opros\_kn00* – *opros\_kn30* обслуживания четырёх кнопок, каждая из которых подключена к отдельной линии ввода-вывода. Эти линии в функциях

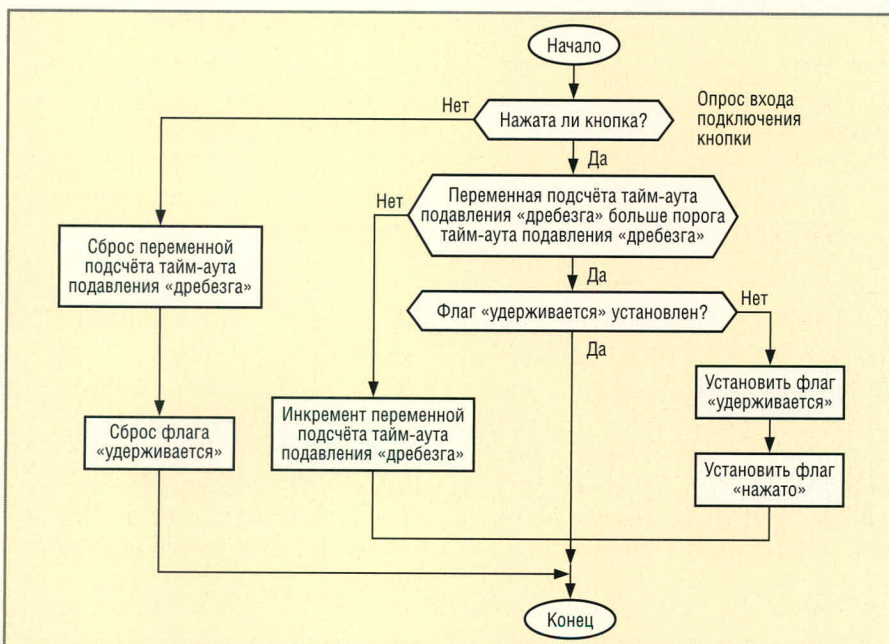


Рис. 3. Блок-схема алгоритма опроса одной кнопки управления

имеют формальные имена IN\_KNOP0 – IN\_KNOP3. При этом предполагается, что кнопки являются нормально разомкнутыми и включены между входами МК и общим проводом устройства (последовательно с токоограничительными резисторами 1 кОм), а линии подключения кнопок сконфигурированы в МК как входы линий ввода-вывода общего назначения (GPIO) и подтянуты к «плюсу» источника питания внешними резисторами, как показано на рисунке 2. Константы значения порога тайм-аута «дребезга» в функциях имеют имена DREB\_KN0\_K – DREB\_KN3\_K, а их значения содержатся в файле hardware.h.

**Интерфейс ЖКИ**

Интерфейс вывода в устройстве на базе МК в большинстве случаев должен включать в себя какие-то аппаратные средства индикации с соответствующей программной поддержкой. В настоящее время весьма широко распространены символьные (буквенно-цифровые) жидкокристаллические модули со встроен-

ным контроллером управления, совместимым с контроллером HD44780 фирмы Hitachi. Автор использовал именно такой индикатор – WH1602 фирмы Winstar (русифицированный, 16 символов в строке, 2 строки).

Передача информации из МК в HD44780-совместимый индикатор возможна по параллельной восьми- или четырёхпроводной шине данных. Предлагаемое далее пользовательское программное обеспечение реализует передачу данных из LPC2000 в модуль ЖКИ только по четырёхпроводной шине данных. При взаимодействии с индикатором МК может только передавать в него данные без опроса его состояния или производить его опрос на предмет готовности к приёму данных и передавать данные по готовности. В первом случае готовность ЖКИ к приёму данных МК не проверяет, а вместо этого программно генерирует временные задержки, заведомо большие интервалов времени, необходимых ЖКИ на подготовку к приёму.

Исходный текст набора функций, реализующих интерфейс обмена с

ЖКИ по четырёхпроводной шине данных с опросом его состояния или без такового, содержится в файле lcd.c. Этот файл используется как подключаемый. В файле содержатся следующие функции: функция начальной инициализации ЖКИ после сброса *lcd\_init()*, функция очистки экрана ЖКИ *lcd\_clear()*, функция передачи в ЖКИ одной команды *lcd\_com(command)*, функция записи в ОЗУ ЖКИ одного байта данных (индикации на экране ЖКИ одного символа) по текущему адресу *lcd\_tek\_data(date)* или по произвольному адресу – *lcd\_pro\_data(date, addr)*, функция опроса состояния ЖКИ *lcd\_opros()*, возвращающая управление по готовности последнего, а также несколько вспомогательных функций следующего уровня вложенности. Если пользователем выбран вариант интерфейса с опросом текущего состояния ЖКИ, то в файле необходимо «вручную» раскомментировать (убрать стоящие перед ними символы */\**») команды вызова функции *lcd\_opros()* во всех функциях, где они встреча-

**Полупроводники НА ОСНОВЕ КАРБИДА КРЕМНИЯ**



**Практическое применение**

**ПРИМЕНЕНИЕ SiC-диодов ШОТКИ ПОЗВОЛЯЕТ**

**Характеристики высоковольтных диодов Шоттки фирмы Cree**

- Снизить потери в диоде и ключевом транзисторе в 2 раза
- Уменьшить количество силовых электронных компонентов в 3 раза
- Увеличить надёжность
- Повысить частоту преобразования, уменьшить массу и габариты
- Получить выигрыш в стоимости и эффективности одновременно

Наименование	CSD04060	CSD06060	CSD10060	CSD20060	CSD05120	CSD10120	CSD20120
U <sub>макс</sub> , В	600	600	600	600	1200	1200	1200
I <sub>пост</sub> , А	4	6	10	20	5	10	20
Типы корпусов	TO252, TO220-2, TO220-3	TO263, TO220-2, TO220-3	TO263, TO220-2, TO220-3	TO247-3	TO220-2	TO220-2, TO247-3	TO247-3

**ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ:**

- Активные корректоры коэффициента мощности — снижение динамических потерь в ключевом транзисторе и диоде до 60%
- Антипараллельные диоды MOSFET- и IGBT-транзисторов и модулей для жёсткого переключения — снижение динамических потерь на 20...30%
- Мощные высоковольтные выпрямители для частот до единиц мегагерц



**ПРОСОФТ – официальный дистрибьютор компании CREE в России и странах СНГ**



**ПРОСОФТ – АКТИВНЫЙ КОМПОНЕНТ ВАШЕГО БИЗНЕСА**

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

ются, а команды вызова функций временных задержек `delay(3000)` и `delay(108000)`, наоборот, везде закомментировать (поставить перед ними символы `///  
»). В случае выбора варианта с отсутствием опроса (генерации задержек ожидания) необходимо, наоборот, раскомментировать вызовы этих задержек и закомментировать вызовы функции опроса lcd_opros(). Следует заметить, что для такого «быстрого» МК, каким является LPC2129, очевидно, рациональнее будет использовать вариант интерфейса ЖКИ с опросом его состояния: в этом случае программа тратит значительно меньше общее время на индикацию. Определения и макросы задания состояний линий подключения ЖКИ к МК содержатся в файле hardware.h. Там же находятся определения констант-фонтов русского и латинского алфавитов HD44780-совместимого ЖКИ.`

Поскольку питание ЖКИ осуществляется от системного питающего напряжения +3,3 В, контрастность его изображения может оказаться недостаточной. По этой причине в системе производится генерация дополнительного отрицательного напряжения «-U ЖКИ» со значением около -1,5 В для питания ЖКИ, как показано на рисунке 2. Для его получения используется импульсная последовательность частотой 500 Гц, генерируемая на линии P1.16 по прерыванию от Таймера 0 в функции `TimerInterrupt()`.

### Интерфейс обслуживания RTC – часы-календарь реального времени

Проект интерфейса обслуживания модуля часов-календаря реального времени RTC LPC2000 имеет очевидное прикладное значение. Он представляет собой встраиваемый программно-аппаратный модуль часов-календаря, который может быть использован как самостоятельное устройство «часы-календарь», а также в качестве программно-аппаратного дополнения к какому-либо устройству.

Интерфейс обслуживания модуля RTC LPC2000 [3] реализован в проекте, все файлы которого находятся в каталоге RTC, который доступен на сайте журнала. Функции обслуживания RTC, их заголовки и определения находятся в файлах `rtc.c` и `rtc.h` соответственно, а основная программа

интерфейса модуля RTC – в файле `main.c` этого проекта. Программа производит циклическое чтение содержимого специальных регистров консолидированного времени модуля RTC и вывод на индикацию значений текущего времени и даты, а также реализует возможность пользовательской установки текущего времени и даты с помощью кнопок управления.

В основном цикле программа производит периодическое чтение и индикацию на ЖКИ значений текущего времени и даты с помощью функции `RTCread_ind_date_time()`.

Кнопка «0» задаёт режим установки показаний. Текущий режим индицируется светодиодами «1» и «2». При наличии двух светодиодов может быть задано четыре их состояния (режима установки). Текущий режим определяется в программе значением переменной `led1_old_state`. При выключенных светодиодах «1» и «2» (`led1_old_state=0`) кнопки «1» – «3» имеют следующие функции: кнопка «1» – инкремент текущего значения часов (от 0 до 23 по кольцу), кнопка «2» – инкремент текущего значения минут (от 0 до 59 по кольцу), кнопка «3» – обнуление текущего значения секунд (для обеспечения точной установки времени). При `led1_old_state=1` (светодиод «1» горит, «2» – не горит) кнопки «1» – «3» имеют следующие функции: кнопка «1» – инкремент текущего значения дней месяца (от 1 до 31 по кольцу), кнопка «2» – инкремент текущего значения месяцев (от 1 до 12 по кольцу), кнопка «3» – инкремент текущего значения лет (от 1990 до 2030 по кольцу). Границы установки текущего значения лет заданы в функции `RTCset_year()` (файл `rtc.c`) и при желании могут быть изменены. При `led1_old_state=2` (светодиод «1» не горит, «2» – горит) кнопка «3» имеет функцию инкремента текущего значения дней недели (от 0 до 6 по кольцу).

Функция `RTCread_ind_date_time()` производит чтение регистров консолидированного времени модуля RTC с помощью соответствующих битовых масок, преобразование полученных значений в десятичное представление и их вывод на ЖКИ в удобном для восприятия виде с разделительными точками и двоеточиями. Дни недели индицируются в виде буквенных аббревиатур: ПН, ВТ, СР, ЧТ, ПТ, СБ, ВС. При пользовательской

установке значений времени и даты соответствующие функции производят сначала остановку счёта времени в модуле RTC с помощью вызова функции `RTCstop()` (файл `rtc.c`), потом запись нового значения в регистр счётчика времени RTC, а затем запуск счёта времени в модуле RTC с помощью вызова функции `RTCstart()` (файл `rtc.c`). При установке значений времени и даты следует учитывать, что программа не следит за корректностью задания начальных даты и дня недели, а лишь корректно (с учётом количества дней в текущем месяце и високосных годов) производит дальнейший счёт от установленной пользователем даты. Проверка корректности установки даты возлагается на самого пользователя. Например, при включении питания функция начальной инициализации модуля RTC `RTCinit()` записывает в счётчики времени корректные значения, которым соответствуют показания индикатора «00:00:01 BC 01.01.2006».

Функция начальной инициализации модуля RTC `RTCinit()` помимо констант инициализации содержит команды настройки узла тактирования RTC (предделителя) на частоту 32 768 Гц, которая генерируется путём деления частоты `pclk`.

Прерывания от RTC в программе не используются, поскольку счёт времени в устройстве производится аппаратно и программе нет необходимости реагировать на изменение содержимого счётчиков времени, а индикация содержимого этих счётчиков может производиться программой в произвольные моменты.

Для получения информации о других демонстрационных и прикладных проектах на базе МК LPC2000 рекомендуется обратиться к [4].

### ЛИТЕРАТУРА

1. LPC-H2129 Header Board for LPC2129 ARM7TDMI-S Microcontroller. Copyright(c) 2004, Olimex Ltd., [www.olimex.com/dev](http://www.olimex.com/dev).
2. ARM-JTAG Wiggler Compatible Dongle for Programming and Debugging. Copyright(c) 2004, Olimex Ltd., [www.olimex.com/dev](http://www.olimex.com/dev).
3. AN10382. Using the RTC efficiently in the LPC213x. Rev. 01 – 6 June 2005 Application note. Philips Semiconductors.
4. Редькин П.П. Микроконтроллеры ARM7. Семейство LPC2000 компании Philips: полное руководство пользователя. М.: Додэка-XXI. 2007.



# Новости мира News of the World Новости мира

## NEC научилась распознавать лица в видео

Японская компания NEC разработала технологию распознавания лиц людей, появляющихся в видео. По мнению разработчиков, такое приложение помогает облегчить поиск необходимого материала в архивах. Применять данное решение можно в мобильных телефонах, на телевидении и в Интернете (например, на YouTube). NEC также собирается предлагать свой продукт корпоративным клиентам. Правда, на данном этапе авторы ещё не готовы к релизу. Необходимо дополнительное время, но они надеются, что релиз состоится уже в ближайшем будущем.



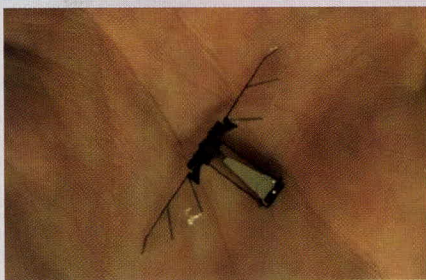
Программа от NEC выуживает из любого видео лица людей, затем группирует их в специальные списки, исходя из уровня сходства (для этого программа прорабатывает сложный процесс группировки изображений человека под отличными углами и при разном освещении). Благодаря такому «генератору галерей» пользователь может сразу увидеть, кто появится в видео. Точность работы технологии пока составляет около 80%.

[techon.nikkeibp.co.jp](http://techon.nikkeibp.co.jp)

## Робот-муха готовится стать разведчиком

Идеальный разведчик – это не только тот, который ничего не расскажет врагу, но и которого чрезвычайно сложно обнаружить. Именно такого шпиона создал профессор Гарвардского университета Роберт Вуд (Robert Wood) – летающего робота-муху, вес которого составляет всего 60 мг, а размах крыльев не превышает 3 см. При этом специалисту потребовалось десять лет, чтобы научить столь миниатюрное создание уверенно чувствовать себя в воздухе. Одной из основных проблем стала разработка крыльев робота и движителей, в результате робот практически полностью повторяет технику полёта насекомых.

Но пока назвать робота-муху полностью автономным нельзя – источником питания для устройства выступает высо-



ковольтный усилитель, а передача энергии осуществляется посредством тончайших проводников. И именно оснащение робота «наборным» источником питания является следующей целью Вуда.

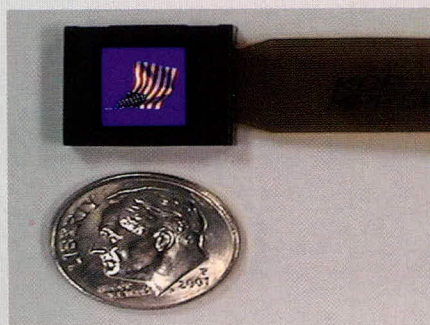
На данный момент основным предназначением столь миниатюрного робота, способного летать, является именно работа в качестве разведчика. И не случайно проектом заинтересовалось агентство передовых оборонных исследовательских проектов DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency) и выделило средства на финансирование разработок. Но до завершения проекта ещё далеко – помимо задачи оснащения робота автономным источником питания, необходимо установить миниатюрную камеру, а также организовать систему беспроводной передачи данных. Даже сам Вуд пока не говорит о возможных сроках завершения работ.

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

## Самый маленький SVGA-экран от Kopin

Американская компания Kopin на крупнейшей ежегодной выставке потребительской электроники CES 2008 явила общественности свою новую разработку: ЖК-экран с диагональю 0,44 дюйма и разрешением 800 × 600 пикселей. Новинка, получившая наименование CyberDisplay SVGA LVS, объявлена компанией самым маленьким цветным экраном с разрешением SVGA.

Как отметил генеральный директор компании Джон Фан (John Fan), модель может похвастать на 30% меньшим энергопотреблением и на 45% меньшим раз-



мером по сравнению со стандартными 0,59-дюймовыми аналогами. Площадь пикселя в 11,25 квадратных микрон является самой маленькой среди доступных в данный момент коммерческих решений.

Во время презентации особое внимание было обращено и на преемственность решений компании. На самом деле CyberDisplay SVGA LVS обладает сходными габаритами с его предшественником, CyberDisplay VGA (640 × 480 пикселей), что позволит легко модернизировать все устройства прошлого поколения. Ожидается, что главной областью применения новинки станут мультимедийные очки для просмотра видеофильмов.

Компания начала отгрузку тестовых образцов CyberDisplay SVGA LVS для производителей.

[kopin.com](http://kopin.com)

## Тайваньские инженеры улучшили систему LED-подсветки

Современные жидкокристаллические панели уже успели обзавестись светодиодной системой подсветки, однако перед повсеместным использованием LED-подсветки в крупноформатных ЖК-телевизорах и информационных табло стоят некоторые преграды. Одной из них является проблема «деградации» цвета при непрерывной работе устройства в течение 1000 ч, что влечёт за собой не только снижение яркости и контрастности изображения, но и искажения его цветовой гаммы.

Своё решение представленной проблемы предложили сотрудники тайваньского института Industrial Technology Research Institute (ITRI), разработавшие систему автоматической настройки баланса белого цвета для светодиодной подсветки ЖК-панелей. Технология должна найти своё применение именно в крупноформатных устройствах и high-end-системах, где изменение яркости наиболее заметно для человеческого глаза, – сообщают представители ITRI.

На данный момент разработчики уже получили несколько патентов на свои «ноухау», которые используются в системе настройки баланса белого. По всей видимости, технология уже полностью готова к коммерческому использованию – ITRI ведёт переговоры с производителями ЖК-панелей для дальнейшего совместного сотрудничества.

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

# Как пройти испытания на электромагнитную совместимость

Игорь Зобнин (Москва)

**Введение в России ГОСТ Р 51317 и ГОСТ Р 51318 и обязательной сертификации радиоэлектронной аппаратуры на электромагнитную совместимость усложнило жизнь разработчикам РЭА: заказчики стали требовать сертификат соответствия новым нормативным документам. Публикуемая статья призвана ответить на возникающие в этой связи вопросы и предложить пути их решения.**

Ещё недавно следование стандартам электромагнитной совместимости (ЭМС) носило рекомендательный характер, а сертификация была добровольной. Между тем на Западе давно придерживаются правила: нет совместимости – нет продаж. Дело осложняется тем, что современная радиоэлектронная аппаратура, как правило, состоит из покупных блоков, которые зачастую не имеют сертификатов.

Что же такое электромагнитная совместимость? Ваше изделие не должно излучать помехи в эфир и в питающие провода и должно быть устойчиво к внешним помехам. Устойчивость к помехам проверяют при помощи специальных генераторов помех, генерирующих высокочастотные микросекундные и наносекундные импульсы.

Особо следует отметить «самосовместимость» изделия. Часто помехи от мощного транзистора или тиристора воздействуют на входной каскад, особенно в силовых схемах, и возникает нежелательная обратная связь, которая приводит к полной неработоспособности изделия. Поиск и реализацию мер, направленных на

обеспечение снижения побочных излучений (помех) радиоэлектронной аппаратуры, можно отнести к культуре проектирования.

Побочное излучение аппаратуры изучают при помощи специального радиоприёмника. При этом изделие помещают в безэховую камеру. На рисунке 1 хорошо видно поглощающее покрытие безэховой камеры и измерительный радиоприёмник фирмы Rohde & Schwarz. На заднем плане – тестируемое изделие, подключенное к эквиваленту питающей сети.

На экране измерительного радиоприёмника строится спектрограмма в интересующем диапазоне частот с учётом частотной характеристики безэховой камеры и антенны, или, как на рисунке 1, проводятся исследования излучения помех в сетевые провода. При этом входной сигнал получают с эквивалента питающей сети.

Высокая стоимость измерительной аппаратуры для исследования побочных излучений создаёт разработчику РЭА дополнительные проблемы. Доводку изделия приходится вести вслепую, методом латания дыр. Именно поэтому при подготовке к сертификации на электромагнитную совместимость необходимо предусмотреть всё. Иногда простая щель в корпусе приводит к нежелательным излучениям, а неэкранированный кабель питания становится передающей антенной.

Как спроектировать и изготовить радиоэлектронное изделие, отвечающее требованиям электромагнитной совместимости? Хочется отметить, что все эти требования давно известны опытным разработчикам РЭА. Попробуем, не претендуя на новизну

и не загружая статью формулами, рассмотреть практические вопросы обеспечения ЭМС, под которой мы будем понимать следование ГОСТ Р 51317 и ГОСТ Р 51318.

Как известно, импульсный блок питания вносит основной вклад в излучение помех в диапазоне частот до 30 МГц. Если у вас AC/DC-преобразователь, то используйте готовый сетевой фильтр. Он должен быть двух- или трёхзвенным и конструктивно должен быть выполнен в металлическом экранирующем корпусе. Каждое последующее звено фильтра должно подавлять паразитные резонансы предыдущего. До сетевого фильтра должен стоять блок варисторной защиты от перенапряжений, а до варисторов – двухполюсный токозащитный автомат или плавкие предохранители.

Любой сетевой фильтр имеет частоту, выше которой помехоподавляющие свойства фильтра ухудшаются и сетевой провод начинает играть роль передающей антенны. Чтобы задержать распространение электромагнитных волн по сетевым проводам, последовательно с сетевым фильтром устанавливают проходные конденсаторы ёмкостью 0,2...0,47 мкФ. Помните, что основным средством подавления радиочастот от 10 МГц и выше является деление корпуса аппаратуры на отсеки и установка между ними проходных конденсаторов. Проходной конденсатор благодаря своей низкой индуктивности даёт эффект, даже если не делить корпус на отсеки. В целом входные цепи питания изделия должны соответствовать рисунку 2.

Если вы используете импульсный блок питания собственного изготовления, то обратите внимание на демпфирующие цепи. Их выбор влияет на уровень помех, излучаемых источником. Не забудьте зашунтировать выпрямительные диоды керамическими конденсаторами. Исследовать паразитные излучения источника питания можно при помощи всеволнового ра-

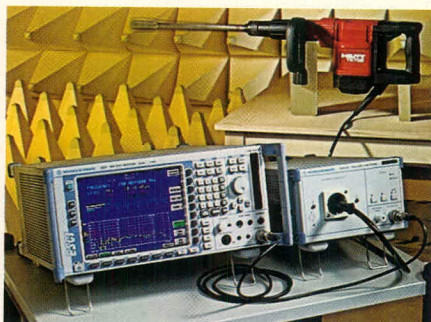


Рис. 1. Общий вид комплекса для измерения ЭМС

диопрёмника. Автор для этой цели использует китайский аппарат Degen-1103. Расположите на столе блок питания с нагрузкой и сетевой фильтр со шнуром питания. Настройте приёмник на одну из гармоник преобразователя, затем ведите антенной приёмника вдоль блока питания, фильтра и сетевого шнура. По громкости сигнала и индикатору приёмника вы оцените эффективность вашего сетевого фильтра и поймёте, почему подключение лучше делать вилкой с заземлением и для чего необходимо экранировать сетевой кабель.

В некоторых случаях можно переключить аппаратуру на DC/DC-питание пониженным напряжением. Как правило, излучение помех уменьшается, т.к. соответственно понижается энергия помехи. Необходимо помнить, что на плате всё равно будет присутствовать импульсный DC/DC-преобразователь, и ему также потребуется фильтр. Сетевой фильтр, рассчитанный на переменное напряжение, в этом случае не подходит, а выбор покупных фильтров для постоянного напряжения ограничен.

Если ваше устройство потребляет из сети мощность более 500 Вт, то в состав блока питания должен входить корректор коэффициента мощности (ККМ), который устанавливается перед блоком питания. ККМ обеспечивает синусоидальность потребляемого тока, и он же принимает на себя первый «удар» высоковольтных помех, приходящих из сети. Если вы разрабатываете ККМ самостоятельно, используйте регулирующий транзистор, рассчитанный на максимальное напряжение. Запас по току у транзистора может быть небольшим, а запас по напряжению должен быть двойным (или тройным). Это повысит надёжность, если через сетевой фильтр все-таки пройдёт помеха. Всё сказанное относится и к силовым транзисторам импульсного блока питания.

Важную роль в излучении помех и в помехоустойчивости прибора играет разводка печатной платы. Рассмотрим случай, когда прибор состоит из микроконтроллера или микрокомпьютера и аналоговых и цифровых блоков ввода-вывода. Начинаящий разработчик, как правило, знает, что дорожки, подводящие питание к микросхемам, должны быть широкими и что «по питанию» ставят «керамику». Основной целью установки керамичес-

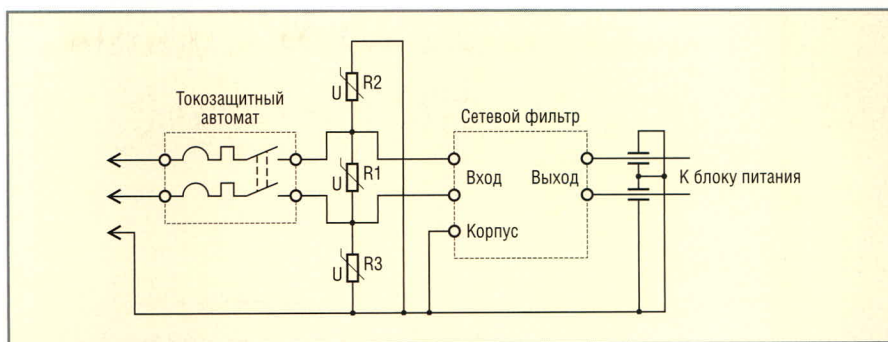


Рис. 2. Типовая электрическая схема цепей питания переменного тока

ких блокировочных конденсаторов является искусственное снижение волнового сопротивления шин питания. Высокое волновое сопротивление шин питания повышает выходное сопротивление источника питания на высоких частотах, вследствие чего на выходе быстродействующих логических вентилях появляется «звон» импульсов. Поэтому блокировочные конденсаторы должны быть равномерно распределены вдоль шин питания устройства и установлены в непосредственной близости от микросхем. Шины питания желательно разводить одну под другой на разных сторонах печатной платы, в крайнем случае, рядом.

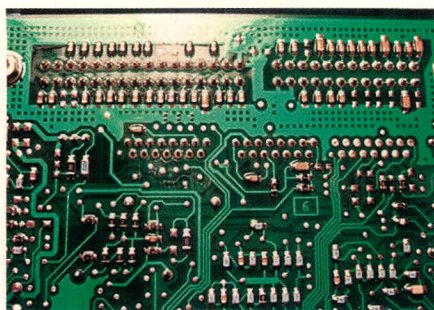
Чтобы снизить излучающую способность дорожек и связей между микросхемами, также необходимо понизить их волновое сопротивление. Для этого разводку сигнальных цепей желательно сосредоточить на одной стороне платы, а другую сторону залить сплошным полигоном «земли». Земляной полигон создаст распределённую ёмкость, которая благотворно сказывается на понижении волнового сопротивления линии и уменьшает излучение в эфир. Низкое выходное сопротивление логических вентилях подразумевает столь же низкое волновое сопротивление линий связей. Несогласованность волновых сопротивлений логического выхода и линии связи приводит к переотражениям фронтов импульсов и образованию паразитной излучающей антенны. Кроме того, земляной полигон обеспечивает дополнительное экранирование дорожек.

Все эти меры довольно просто реализовать на многослойной печатной плате, где одна из сторон целиком отдаётся под «землю». Существенно сложнее выполнить их на двухсторонней плате. Можно порекомендовать следующее: разводка двухсто-

ронней платы выполняется с соотношением сигнальных проводников по сторонам платы как 70 к 30%, а всё свободное место со стороны 30% соединений заполняется «землёй». Если плата устанавливается в экранирующий корпус, сторона с земляным полигоном должна быть стороной компонентов для экранирования дорожек печатной платы. Тогда дорожки будут находиться между земляным полигоном и экранирующим корпусом.

Ещё одним фактором, влияющим на излучающую способность дорожек печатной платы, является магнитная составляющая электромагнитного поля. Магнитный поток порождает электрический ток, текущий по замкнутому контуру. Магнитное поле сложно экранировать, поэтому почти единственным средством борьбы с его излучением является уменьшение площади токопроводящей рамки, образованной дорожками связи печатной платы и земли.

Рассмотрим следующий пример. Допустим, в состав вашего изделия входит промышленный одноплатный компьютер с тактовой частотой 40 МГц. К внутренней шине ISA вы подключаете своё устройство ввода-вывода. Четверть длины волны, начиная с пятой и выше гармоник тактовой частоты, будет соизмерима с площадью печатной платы. Если, например, шину данных вы развели вдаль от возвратного земляного провода, то образовавшаяся рамка может попасть в резонанс с гармониками тактовой частоты. В этом случае можно рекомендовать следующий способ разводки: вокруг земляного проводника группируются проводники с тактовой частотой, далее проводники шины данных, затем младшие адреса интерфейса и по нарастающей старшие адреса. Вероятность появления тактовой частоты на старших адресах интерфейса небольшая, поэтому и площадь рамки на



**Рис. 3. Фрагмент печатной платы электронного блока управления двигателем внутреннего сгорания**

старших адреса увеличивается. Обратите внимание, что применение многослойной печатной платы и здесь решает многие проблемы.

При проектировании двухсторонней печатной платы возьмите за правило делать бордюрную землю по периметру платы. Бордюрная земля – это корпус устройства. Через неё должны проходить крепёжные отверстия платы. Бордюрная земля должна быть связана с сигнальной землёй через условный резистор в одной точке. При наладке этот условный резистор можно заменить на ферритовую бусинку, или на резистор 10...100 Ом, или на перемычку, – в зависимости от конкретного устройства. Все внешние подключения и все разъёмы должны находиться в кольце из бордюрной земли. Каждый вывод разъёма должен иметь чип-конденсатор на бордюрную землю. Рабочее напряжение конденсатора должно быть максимальным для данного типоразмера, ёмкость конденсатора не критична (от десятков пикофард и выше). Главное назначение бордюрной земли – отвести помеху от чувствительной части схемы на корпус устройства. Взгляните на рисунок 3. Это – фрагмент печатной платы электронного блока управления двигателем внутреннего сгорания, прошедшего сертификацию.

Любые длинные линии связи, выходящие из устройства, должны иметь защиту от перенапряжения. В простейшем случае это может быть цепочка из последовательного многогоразового предохранителя Poli-Switch и параллельного варистора, рассчитанного на соответствующее напряжение. Предохранитель Poli-Switch не даст перегореть дорожкам печатной платы при длительных перенапряжениях. При использовании защитных устройств необходимо

помнить следующее: без заземления вашего блока на корпус защитные устройства шунтирующего действия не работают и заземление таких устройств необходимо выполнять только на бордюрную землю печатной платы или на корпус блока. Если у вас нет бордюрной земли и вы используете для заземления, например, варистора обычную (чистую) землю, это создаёт предпосылки к прониканию высокого напряжения в схему.

Правильно сделанная защита должна быть трёхступенчатой: разрядник, варистор, защитный стабилитрон. На печатной плате перед варистором полезно выполнить разрядник, образованный стрелками дорожек и не металлизированным отверстием (например,  $\rightarrow\circ\leftarrow$ ). Необходимо выдерживать зазор 0,3 мм. Такие печатные разрядники обычно выполняются в блоке строчной развертки телевизоров с электронно-лучевой трубкой. При экспериментах с электрошокером автор наблюдал, как варистор «тормозит» из-за внутренней ёмкости, а безынерционный разрядник, пробиваясь, берёт на себя часть энергии помехи.

Несколько слов о схемотехнике. Если в состав изделия входят операционные усилители, то следует соблюдать «правило инвертирующего входа»: его разводка должна быть максимально короткой, иначе он соберёт все помехи. Разводка кварцевого резонатора также должна быть максимально компактной. Часто кварцевый генератор реализуют на обычном логическом инверторе, переводя его в линейный режим. Вход такого инвертора – это типичный «инвертирующий вход». В некоторых случаях целесообразно отказаться от кварцевого резонатора в пользу интегрального кварцевого генератора.

Для передачи информации между блоками или платами необходимо использовать оптроны, обращая внимание на их проходную ёмкость, поскольку через неё происходит паразитное излучение на высокой частоте. Иногда этот параметр оптрона не указывают. В этом случае косвенным образом можно судить о проходной ёмкости оптрона по напряжению изоляции: чем оно выше, тем меньше проходная ёмкость. Поэтому не рекомендуется применять оптроны с напряжением изоляции менее 4 кВ.

Если у вас чувствительная аналого-цифровая схема и вы решили гальванически развязать аналоговую часть, то появляется т.н. плавающая земля. Довольно часто начинающий разработчик так и оставляет её «плавать», что приводит к отказам аппаратуры. Плавающую землю необходимо соединить с корпусом прибора, иначе незаземлённая часть схемы будет набирать статический потенциал и при его разряде произойдёт сбой в работе прибора. Если соединение с корпусом плавающей земли напрямую вызывает помехи, попробуйте соединить земли через резистор или дроссель или отыскать оптимальное место соединения. Таким же способом можно соединять аналоговые и цифровые земли. Индуктивность дросселя должна быть небольшой (ферритовая бусинка). Иногда применение дросселя приводит к обратному эффекту. Всё зависит от конкретного устройства.

Допустим, что в состав устройства входит жидкокристаллический индикатор. Обязательно закрывайте его защитным стеклом, иначе вы можете не пройти испытания на статическое электричество. Обратите внимание на клавиатуру, особенно плёночную. Пластмасса в вашем устройстве не должна электризоваться, т.е. не должна быть идеальным диэлектриком.

Если ваше устройство выполнено на микроконтроллере, постарайтесь не использовать низковольтное внутрисхемное программирование. Мощная помеха, действуя на микроконтроллер, может случайно перевести его в режим программирования и стереть часть программы. Если вы всё же используете внутрисхемное программирование, не оставляйте неподключенными выводы, предназначенные для программирования микросхемы.

Несколько слов о помехоустойчивом программировании микроконтроллеров. По возможности используйте сторожевой таймер. Предусматривайте в программе полные проверки. Предположим, программа выполняет действие 1, если  $a = b$ , и действие 2, если  $a = c$ , и при этом  $a$  не может принимать другие значения. Не следует писать «if  $a = b$  действие 1 else действие 2». Должно быть «if  $a = b$  действие 1; if  $a = c$  действие 2 else сброс устройства». Тогда сброс устройства происходит, если  $a$  приняло недопустимые значения.

Программа должна начинаться с подсчёта контрольной суммы ПЗУ программ и ПЗУ данных. Всегда старайтесь перепроверять сделанное действие косвенным путём. В некоторых случаях полезна повторная инициализация встроенной периферии контроллера «на лету». По возможности используйте ждущий режим или переключение на пониженную тактовую частоту. Это благоприятно скажется на электромагнитной обстановке.

Важную роль в излучении помех прибором играет его корпус. Если у вас двусторонние печатные платы, оптимальным будет корпус из ферромагнитного материала (стали). Стальной корпус экранирует электрическую и магнитную составляющую электромагнитного поля и «прощает» многие ошибки проектирования. Необходимо помнить, что, применяя корпус-экран, нельзя оставлять длинные (соизмеримые с длиной волны) щели. Обратите внимание на плотность прилегания крышки блока и на вентиляционные отверстия. Последние лучше закрыть стальной сеткой.

Основной недостаток экранирующего корпуса из стали – высокое

электрическое сопротивление. Этот недостаток можно преодолеть, оклеив корпус изнутри алюминиевой или медной фольгой. Свойства стали как магнитного и электростатического экрана с повышением частоты ухудшаются и, начиная где-то от 100 МГц и выше, плавно сходят на нет.

Корпус из алюминиевого сплава не является магнитным экраном, поэтому главным фактором излучения будет магнитная составляющая и все токопроводящие рамки будут передающими антеннами. Корпус из пластмассы вообще не экранирует. Если ситуация безвыходная, пластмассу можно покрасить токопроводящей краской или изнутри оклеить корпус фольгой.

Не менее важную роль в образовании помех играют провода, выходящие из корпуса. Любой такой провод является паразитной антенной. Входящие и выходящие провода излучают эффективнее печатной платы, поэтому они должны быть экранированы, а экран соединён с корпусом блока. Оптимальным с точки зрения уменьшения излучения проводом является витая пара в экране. Однако

при большой длине даже витая пара излучает магнитную составляющую, поэтому перед любым входящим или выходящим проводом в блоке должен быть установлен ФНЧ, состоящий из ферритового кольца, одетого на провод (или группу проводов), и проходного конденсатора. Ферритовые кольца создают высокочастотные потери в проводе и тем самым уменьшают излучение. Они же создают побочные резонансы при большом числе колец. Автор обычно использует два кольца на соединительный кабель. Одно кольцо устанавливается сразу после разъёма кабеля, второе кольцо – внутри блока, после проходных конденсаторов. Феррит и проходные конденсаторы создают симметричный LC-фильтр первого порядка.

При проектировании фидеров питания и связи неизменно встает вопрос: куда подсоединять внешний экран? Внешний экран кабеля должен быть заделан на корпус разъёма, а ответная часть разъёма должна находиться на заземлённом корпусе блока. Внешний экран не следует заводить внутрь блока: вы можете не

## Магнитодиэлектрики MICROMETALS

### Уменьшение габаритов и потерь энергии



Высокоэффективные магнитодиэлектрические сердечники Micrometals для силовой электроники и ВЧ-техники

Micrometals наносит на свои изделия запатентованную цветовую маркировку в качестве защиты от подделок. Оригинальная продукция Micrometals в компании ПРОСОФТ

#### ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И ДОСТОИНСТВА

- Большая номенклатура типоразмеров – от 3,4 мм до 165 мм
- Токоизолирующее полимерное покрытие до 3 слоёв
- Тороидальные, Ш- и U-образные, трубчатые, низкопрофильные сердечники, стержни, шайбы, бусины и др.
- Силовые магнитопроводы до 5 МГц
- ВЧ-сердечники для частот от 0,01 до 500 МГц
- Рабочая температура до 2000°C
- Высокая стабильность параметров

#### Применение сердечников MICROMETALS позволяет:

- Снизить стоимость индуктивных компонентов в 3...5 раз
- Снизить потери на 30...50% по сравнению с ферритами
- Оптимально распределить потери между сердечником и обмоткой
- Повысить надёжность аппаратуры
- Оптимизировать конструкцию и уменьшить габариты индуктивных компонентов

реклама

**PROSOFT®**

ПРОСОФТ – АКТИВНЫЙ КОМПОНЕНТ ВАШЕГО БИЗНЕСА

Телефон: (495) 234-0636 • E-mail: info@prochip.ru • Web: www.prochip.ru

пройти испытания на «наносекунды» (ГОСТ Р 51317.4.4-99).

Если устройство подключается к компьютеру по USB или COM-порту, не используйте дешёвый соединительный кабель неизвестного качества. Это может привести к дополнительным дорогостоящим испытаниям. Компьютер, к которому подключается устройство, может сильно добавлять помехи, поэтому пользуйтесь сертифицированным оборудованием. Но даже сертифицированный компьютер что-то излучает. Если его помеха сложится с помехой от вашего устройства, вы получите превышение «заветных» 40 дБ на спектрограмме.

Ваша тактика в проведении испытаний также имеет значение. В приведённом примере с интерфейсом обратите внимание эксперта на то, что испытывается не компьютер, а приставка к нему. Корректно измерить излучение отдельного компьютера, а затем компьютера с приставкой, и далее правильно вычислить вклад приставки.

На частотах более 100 МГц почти все элементы имеют паразитные составляющие сопротивления: конденсаторы – паразитную индуктивность, а индуктивности – межвитковую паразитную ёмкость. Именно поэтому через трансформаторную развязку «пролезает» паразитная гармоника, а конденсаторы «не помогают». Хуже всего, что и заземление имеет паразитную индуктивность, поэтому в блоке лучше его организовывать в виде хорошо проводящей плоскости, а экранирующие провода заземлять на эту плоскость «высокочастотным» способом, соединяя экран с заземлением через каждые 10...15 см.

Правила разводки высокочастотных цепей часто входят в противоречие с соответствующими правилами выполнения низкочастотных соединений, особенно в части заземления экранов. В таких случаях можно использовать провода с двойными экранами. Внешний экран заземляется по высокой частоте (например, на земляную плоскость), а внутренний экран заземляется по низкой частоте (в одной точке). Чтобы уменьшить паразитную индуктивность заземляющего провода, необходимо сделать его максимально коротким и толстым. Для этого можно применить медную лужёную плетёнку большого сечения.

Не следует в качестве основного заземления использовать третий провод сетевого шнура питания.

Любой радиопередатчик состоит из генератора и антенны. Условием излучения радиоволн является резонанс антенны и частоты генератора. Перед нами стоит обратная задача. Чтобы ваш блок не излучал, необходимо «развести» резонансы внутренних паразитных антенн со всеми тактовыми частотами и с комбинацией частот и их гармоник внутри блока. Если с паразитными антеннами сделать ничего нельзя, можно «поиграть» тактовыми частотами. Возможно, ваше устройство допускает небольшое изменение тактовой частоты, например, с 40 до 39 МГц. Переход на другую тактовую частоту или даже на качающуюся частоту может привести к разнесению резонансов паразитных антенн вашего блока и возбуждающих гармоник тактовой частоты и, как следствие, к ослаблению излучения в эфир. Правда, эффект может быть и обратным.

Изделие редко проходит сертификационные испытания на ЭМС с первого раза, если у его разработчика отсутствуют необходимые измерительные приборы. Разработчику приходится особенно трудно, если уровень помех совсем немного превышает допустимый уровень, и то только на одной частоте. При этом все отверстия могут быть заделаны, фильтры установлены, кабели – заэкранированы. В таком случае, возможно, потребуются остроумное, нестандартное решение.

Например, можно попробовать «размазать спектр», чтобы гармоники тактовой частоты перемножились с какой-нибудь другой частотой (например, частотой преобразователя блока питания). При этом кроме основной частоты получится сумма и разность двух частот, энергия помехи распределится по новым гармоникам, а их амплитуда упадёт. Чтобы гармоники перемножились, достаточно немного ослабить выходной фильтр преобразователя блока питания, т.е. увеличить высокочастотные пульсации на выходе источника (главное – не переборщить). Тогда пульсации, попадая на нелинейные элементы схемы, будут перемножаться с другими частотами. Если же частота преобразователя зависит от нагрузки, вы можете «размазывать» спектр, нагружая преобразователь

активным резистором. Однако дополнительная нагрузка одновременно увеличит пульсации.

Два последних примера представляют собой «тонкую» настройку уровня помех, излучаемых устройством. Такие способы применяют в последнюю очередь, когда все остальные пути уже перепробованы.

В заключение необходимо отметить, что проектирование оборудования, удовлетворяющего требованиям ЭМС, невозможно без творческого подхода. Кроме использования стандартных приёмов, описанных в литературе, требуется глубокое понимание процессов, происходящих в схеме, а также знание высокочастотной схемотехники и теории антенн. Способность предвидения, даже в мелочах, является признаком профессионализма.

Введение в России новых ГОСТов на электромагнитную совместимость, несомненно, дисциплинирует разработчиков РЭА и повысит конкурентоспособность отечественной техники на российском и мировом рынках.

## ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ Р 51317, ГОСТ Р 51318.
2. *Отт Г.* Методы подавления шумов и помех в электронных системах. Мир, 1979.
3. *Семенов В.* Сертификация радиоэлектронной аппаратуры на соответствие требованиям электромагнитной совместимости. Chip News. 2004. № 3 (86).
4. <http://www.rohde-schwarz.ru>.
5. *Полонский Н.Б.* Конструирование электромагнитных экранов для радиоэлектронной аппаратуры. Советское радио, 1979.
6. *Уайт Р.* Электромагнитная совместимость электронных средств и непреднамеренные помехи. Советское радио, 1977.
7. *Барнс Дж.* Электронное конструирование: методы борьбы с помехами. Мир, 1990.
8. *Рогинский В.Ю.* Экранирование в радиоустройствах. Энергия, 1969.
9. *Кравченко В.И.* Радиоэлектронные средства и мощные электромагнитные помехи. Советское радио, 1987.
10. *Иванов В.А.* и др. Электромагнитная совместимость радиоэлектронных средств. Техника, Киев, 1983.
11. *Князев А.Д.* и др. Проблемы обеспечения совместной работы радиоэлектронной аппаратуры. Советское радио, 1971.
12. *Волин М.Л.* Паразитные процессы в радиоэлектронной аппаратуре. Радио и связь, 1981.



## Новости мира News of the World Новости мира

### MagnaChip делает ЖК-дисплеи экономичнее

Корейская компания MagnaChip Semiconductor, созданная Hynix в конце 2004 г. для производства широкого спектра полупроводниковой продукции за исключением микросхем памяти, заявила о разработке технологии Smart Mobile Luminance Control (SMLC), которая позволит сделать ЖК-дисплеи более экономичными. Благодаря специальному алгоритму управления тыловой подсветкой энергопотребление обслуживающей электроники снижается до 50% в зависимости от размеров и типа ЖК-матрицы. Компания MagnaChip рассчитывает на успех своей технологии, в первую очередь, у производителей ЖК-дисплеев для мобильных телефонов и другой портативной электроники.

Специалисты предложили способ анализа изображения и управления интенсивностью излучения тыловой подсветки в зависимости от содержимого картинки. К примеру, в некоторых случаях яркость светодиодной (LED) подсветки ЖК-дисплеев небольшой диагонали может уменьшаться наполовину. В рамках новой технологии периодическая разгрузка блока подсветки приводит к значительной экономии энергии.

Разработчики из MagnaChip включили в SMLC четыре режима работы с изображением: установленные пользователем настройки, режим графического интерфейса, работа со статическим изображением и режим видео. Данные предустановки помогут пользователю самостоятельно выбрать оптимальный режим экономии энергии батареи портативного устройства в зависимости от личных предпочтений.

Технология SMLC поддерживает распространённые типы сигналов управления подсветкой, в том числе сигналы с широтно-импульсной модуляцией, цифровые последовательные и параллельные шины. В октябре этого года компания MagnaChip реализовала возможности SMLC в новой микросхеме TA8551, которая представляет собой однокристалльный драйвер ЖК-дисплея с разрешением WQVGA (432 × 240).

[techon.nikkeibp.co.jp](http://techon.nikkeibp.co.jp)

### Электронная бумага с рекордным разрешением

Компания LG.Philips представила свою новую разработку – гибкий дисплей с диагональю 14,3 дюймов. Небольшой экран формата А4 поддерживает разрешение



1280 × 800 пикселей, отображает 16,7 млн. цветов. Толщина устройства составляет 300 мкм, а угол обзора равен 180 градусам. Главным преимуществом новинки перед предшественниками называется высокое разрешение – на данный момент по этому показателю равных ей нет. Нельзя не отметить также возможность отображать свыше 16 млн. цветов и оттенков. Угол обзора экрана достигает 180 градусов, чему позавидуют многие современные панели. Таким образом, новая разработка, имея все преимущества, характерные для электронной бумаги, по техническим характеристикам вплотную приблизилась к современным традиционным жидкокристаллическим дисплеям.

Массив тонкоплёночных транзисторов формируется на гибкой основе из металлической фольги. Это позволяет дисплею поддаваться сгибанию и при этом легко восстанавливать свою форму и оставаться весьма прочным устройством.

Напоследок отметим, что компания LG.Philips LCD также готовит к выпуску монохромный гибкий дисплей, эквивалентный по размеру листу формата В5, с самым высоким в мире для такого класса устройств разрешением. Релиз этой новинки состоится уже в этом году.

*Foreastgizmos*

### Суперкомпьютер раскрывает тайну тунгусского метеорита

Использование вычислительной мощности современных суперкомпьютеров помогает учёным сделать новые удивительные открытия – одним из последних достижений исследователей, занимающихся проблемой тунгусского метеорита, стало новое объяснение во многом загадочной катастрофы, которая имела место 30 июня 1908 г. Дать новую теорию тунгусского феномена учёным помог суперкомпьютер Sandia, который осуществлял сложнейшие расчёты математической модели, описывающей столкновение Земли и космического тела.

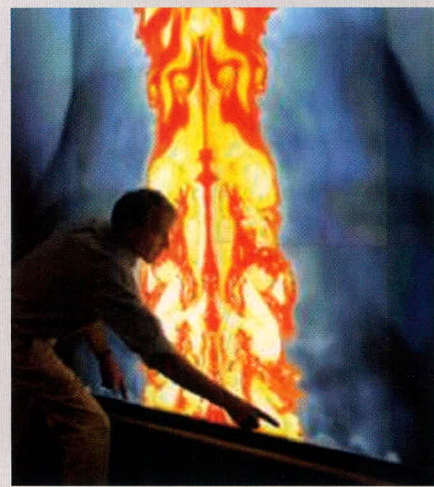
В отличие от предыдущих исследований, в этот раз учёные взяли в расчёт до-

полнительные факты, которые привели к довольно неожиданным результатам. Согласно результатам моделирования, размеры астероида были значительно меньше, нежели считалось ранее, а столь значительный эффект был вызван необычным характером падения астероида. Дело в том, что космическое тело взорвалось, не достигнув поверхности Земли, но обломки астероида продолжали двигаться со сверхзвуковой скоростью, в результате чего образовался раскалённый газовый поток. Не менее интересен и тот факт, что мощность взрыва значительно уменьшена – всего лишь от трёх до пяти мегатонн, тогда как предыдущие расчёты указывали на взрыв мощностью 10...20 мегатонн.

Впервые подобная техника моделирования, использованная Марком Бослоу (Mark Boslough) и его коллегами, хорошо зарекомендовала себя при составлении прогноза развития событий при столкновении с Юпитером кометы Шумейкера-Леви, который с высокой степенью точности совпал с наблюдаемым явлением. Возвращаясь в проблеме тунгусского метеорита, стоит отметить, что исследователи в данном случае добавили в качестве одного из граничных условий характер повреждений, вызванных его падением. До этого момента экологический фактор учёными в расчёт не принимался.

Это в очередной раз доказывает, сколь необходимо для проведения современных научных исследований использование возрастающей вычислительной мощности суперкомпьютеров. Ведь для того чтобы с высокой точностью описать произошедшие события или наблюдаемые феномены, крайне необходимо учитывать все доступные сведения, которые значительно усложняют математические вычисления.

*Supercomputing Online*




# Практический курс сквозного проектирования цифровых устройств на основе ПЛИС фирмы Xilinx

(часть 11)





Валерий Зотов (Москва)

В одиннадцатой части курса рассмотрен процесс выполнения этапа синтеза разрабатываемого устройства. Приводится описание структуры отчёта о выполнении этапа синтеза.

## Выполнение этапа синтеза проектируемого устройства для последующей реализации на базе ПЛИС семейств CPLD

Процесс синтеза активируется двойным щелчком левой кнопки мыши на строке *Synthesize – XST* в окне процессов (*Processes Window*) Навигатора проекта. При этом в начале указанной строки появляется пиктограмма , которая информирует о том, что данный процесс находится в стадии выполнения. Сведения о ходе выполнения этапа синтеза последовательно выводятся в окне консольных сообщений *Transcript Window*. После окончания этого процесса в начале строки *Synthesize – XST* отображается пиктограмма, вид которой информирует о характере завершения данного этапа.

Возможны следующие варианты завершения процессов:

-  – текущий процесс выполнен успешно;
-  – процедура исполнена без ошибок, но имеются предупреждения;
-  – при выполнении процесса обнаружены ошибки;
-  – результаты выполнения процесса устарели (не соответствуют исходным данным).

Чтобы получить более подробную информацию о ходе и результатах выполнения этапа синтеза, можно открыть отчёт о результатах синтеза. Для этого необходимо в окне процессов *Processes Window* переключить в развёрнутое состояние пункт *Synthesize – XST*, после чего дважды щёлкнуть левой кнопкой мыши на строке *View Synthesis Report*. При этом открывается новое окно встроенного

HDL-редактора (в режиме «только чтение»), в котором отображается сформированный отчёт.

Описание структуры генерируемого отчёта о выполнении процесса синтеза разрабатываемого устройства для большей наглядности сопровождается конкретным примером. Ниже приведён отчёт о выполнении процесса синтеза схемотехнического описания счётчика Джонсона, информация о котором приведена в предыдущих частях данного курса.

Отчёт содержит девять основных разделов, выделенных двойными штриховыми линиями. В начале этого документа приведена информация об используемой версии средств синтеза и о содержании сформированного отчёта.

```
Release 8.2.03i - xst I.34
Copyright (c) 1995-2006 Xilinx,
Inc. All rights reserved.
--> Parameter TMPDIR set to
./xst/projnav.tmp
CPU : 0.00 / 0.65 s | Elapsed :
0.00 / 1.00 s
----
--> Parameter xsthdpdir set to
./xst
CPU : 0.00 / 0.65 s | Elapsed :
0.00 / 1.00 s
----
--> Reading design: jc2_top.prj
----
```

TABLE OF CONTENTS

- 1) Synthesis Options Summary
- 2) HDL Compilation
- 3) Design Hierarchy Analysis
- 4) HDL Analysis
- 5) HDL Synthesis
  - 5.1) HDL Synthesis Report
  - 6) Advanced HDL Synthesis

- 6.1) Advanced HDL Synthesis Report
- 7) Low Level Synthesis
- 8) Partition Report
- 9) Final Report

В первом разделе указаны установленные значения параметров синтеза, рассмотренных выше, и некоторых общих параметров проекта (семейство и тип ПЛИС), а также форматы входных и выходных файлов.

```
=====
*Synthesis Options Summary*
=====
---- Source Parameters
Input File Name : "jc2_top.prj"
Input Format : mixed
Ignore Synthesis Constraint File
: NO
----
---- Target Parameters
Output File Name : "jc2_top"
Output Format : NGC
Target Device : CoolRunner2
CPLDs
----
---- Source Options
Top Module Name : jc2_top
Automatic FSM Extraction : YES
FSM Encoding Algorithm : Auto
Mux Extraction : YES
Resource Sharing : YES
----
---- Target Options
Add IO Buffers : YES
MACRO Preserve : YES
XOR Preserve : YES
Equivalent register Removal : YES
----
---- General Options
Optimization Goal : Speed
Optimization Effort : 1
Keep Hierarchy : YES
RTL Output : Yes
Hierarchy Separator : /
Bus Delimiter : <>
Case Specifier : maintain
----
```

```
---- Other Options
lso : jc2_top.lso
verilog2001 : YES
safe_implementation : No
Clock Enable : YES
wysiwyg : NO
=====
```

Второй раздел содержит информацию о ходе компиляции объектов исходных описаний в соответствии с иерархией проекта.

```
=====
*HDL Compilation*
=====
Compiling vhdl file
"D:/PRJ/jc2_sch/jc2_top.vhf" in
Library work.
Entity <FDC_MXILINX_jc2_top> com-
piled.
Entity <FDC_MXILINX_jc2_top>
(Architecture <BEHAVIORAL>) com-
piled.
Entity <FJKC_MXILINX_jc2_top>
compiled.
Entity <FJKC_MXILINX_jc2_top>
(Architecture <BEHAVIORAL>) com-
piled.
Entity <M2_1_MXILINX_jc2_top>
compiled.
Entity <M2_1_MXILINX_jc2_top>
(Architecture <BEHAVIORAL>) com-
piled.
Entity <SR4CLED_MXILINX_jc2_top>
compiled.
Entity <SR4CLED_MXILINX_jc2_top>
(Architecture <BEHAVIORAL>) com-
piled.
Entity <jc2_top> compiled.
Entity <jc2_top> (Architecture
<BEHAVIORAL>) compiled.
=====
```

В третьем разделе приведены сведения о результатах анализа иерархической структуры сформированного описания проектируемого устройства.

```
=====
*Design Hierarchy Analysis*
=====
Analyzing hierarchy for entity
<jc2_top> in library <work>
(architecture <BEHAVIORAL>).
Analyzing hierarchy for entity
<FJKC_MXILINX_jc2_top> in library
<work> (architecture <BEHAV-
IORAL>).
Analyzing hierarchy for entity
<SR4CLED_MXILINX_jc2_top> in
library <work> (architecture
```

```
<BEHAVIORAL>).
Analyzing hierarchy for entity
<FDC_MXILINX_jc2_top> in library
<work> (architecture <BEHAV-
IORAL>).
Analyzing hierarchy for entity
<M2_1_MXILINX_jc2_top> in library
<work> (architecture <BEHAV-
IORAL>).
Building hierarchy successfully
finished.
=====
```

Четвёртый раздел представляет результаты HDL-анализа скомпилированных объектов исходных описаний разрабатываемого устройства.

```
=====
*HDL Analysis*
=====
Analyzing Entity <jc2_top> in
library <work> (Architecture
<BEHAVIORAL>).
Set user-defined property
"HU_SET = dir_reg1_11" for
instance <dir_reg1> in unit
<jc2_top>.
Set user-defined property
"HU_SET = jcounter_9" for
instance <jcounter> in unit
<jc2_top>.
Set user-defined property
"HU_SET = run_reg_10" for
instance <run_reg> in unit
<jc2_top>.
Entity <jc2_top> analyzed. Unit
<jc2_top> generated.
----
Analyzing Entity
<FJKC_MXILINX_jc2_top> in library
<work> (Architecture <BEHAV-
IORAL>).
Set user-defined property
"HU_SET = I_36_32_0" for
instance <I_36_32> in unit
<FJKC_MXILINX_jc2_top>.
Entity <FJKC_MXILINX_jc2_top>
analyzed. Unit
<FJKC_MXILINX_jc2_top> generated.
----
Analyzing Entity
<FDC_MXILINX_jc2_top> in library
<work> (Architecture <BEHAV-
IORAL>).
Entity <FDC_MXILINX_jc2_top> ana-
lyzed. Unit <FDC_MXILINX_jc2_top>
generated.
----
Analyzing Entity <SR4CLED_MXIL-
INX_jc2_top> in library <work>
(Architecture <BEHAVIORAL>).
```

```
Set user-defined property
"HU_SET = UL0_3" for instance
<UL0> in unit
<SR4CLED_MXILINX_jc2_top>.
Set user-defined property
"HU_SET = UL1_2" for instance
<UL1> in unit
<SR4CLED_MXILINX_jc2_top>.
Set user-defined property
"HU_SET = UL2_1" for instance
<UL2> in unit
<SR4CLED_MXILINX_jc2_top>.
Set user-defined property
"HU_SET = UL3_7" for instance
<UL3> in unit
<SR4CLED_MXILINX_jc2_top>.
Set user-defined property
"HU_SET = UR0_4" for instance
<UR0> in unit
<SR4CLED_MXILINX_jc2_top>.
Set user-defined property
"HU_SET = UR1_5" for instance
<UR1> in unit
<SR4CLED_MXILINX_jc2_top>.
Set user-defined property
"HU_SET = UR2_6" for instance
<UR2> in unit
<SR4CLED_MXILINX_jc2_top>.
Set user-defined property
"HU_SET = UR3_8" for instance
<UR3> in unit
<SR4CLED_MXILINX_jc2_top>.
Entity <SR4CLED_MXILINX_jc2_top>
analyzed. Unit
<SR4CLED_MXILINX_jc2_top> gener-
ated.
----
Analyzing Entity
<M2_1_MXILINX_jc2_top> in library
<work> (Architecture <BEHAV-
IORAL>).
Entity <M2_1_MXILINX_jc2_top>
analyzed. Unit
<M2_1_MXILINX_jc2_top> generated.
=====
```

В пятом разделе содержится информация о последовательности синтеза скомпилированных объектов исходных описаний проектируемого устройства. В отдельной секции этого раздела расположены данные об обнаруженных макросах.

```
=====
*HDL Synthesis*
=====
Performing bidirectional port
resolution...
----
Synthesizing Unit
<FDC_MXILINX_jc2_top>.
```

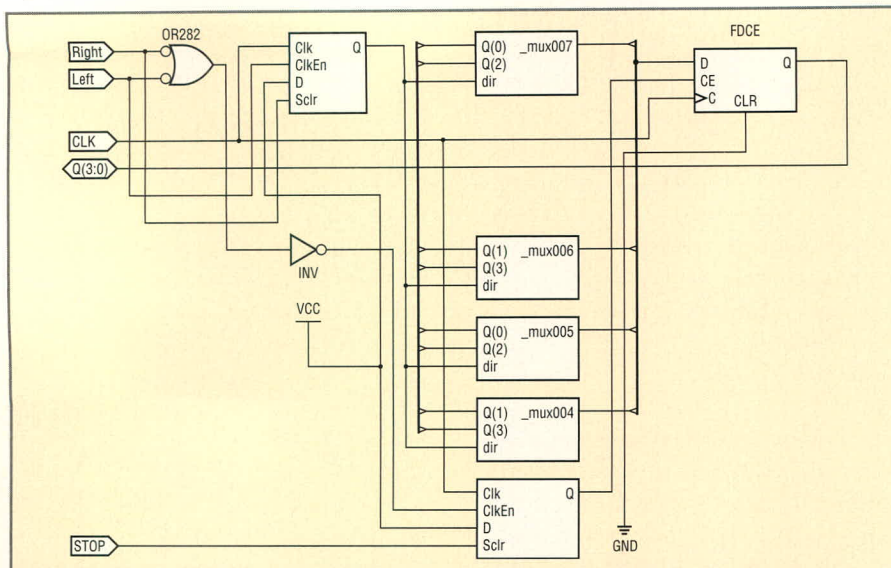


Рис. 5. Отображение списка соединений VHDL-описания счётчика Джонсона на RTL-уровне в схематической форме

```

Related source file is
"D:/PRJ/jc2_sch/jc2_top.vhf".
Unit <FDC_MXILINX_jc2_top> syn-
thesized.
----
Synthesizing Unit
<M2_1_MXILINX_jc2_top>.
Related source file is
"D:/PRJ/jc2_sch/jc2_top.vhf".
Unit <M2_1_MXILINX_jc2_top> syn-
thesized.
----
Synthesizing Unit
<FJKC_MXILINX_jc2_top>.
Related source file is
"D:/PRJ/jc2_sch/jc2_top.vhf".
Unit <FJKC_MXILINX_jc2_top> syn-
thesized.
----
Synthesizing Unit <SR4CLELED_MXIL-
INX_jc2_top>.
Related source file is
"D:/PRJ/jc2_sch/jc2_top.vhf".
Unit <SR4CLELED_MXILINX_jc2_top> syn-
thesized.
----
Synthesizing Unit <jc2_top>.
Related source file is
"D:/PRJ/jc2_sch/jc2_top.vhf".
Unit <jc2_top> synthesized.
-----
HDL Synthesis Report
-----
Found no macro
    
```

В шестом разделе отчёта приводят-ся сведения о результатах дальнейше-го синтеза, выполняемого с исполь-зованием усовершенствованных ал-горитмов.

```

-----
*Advanced HDL Synthesis*
-----
Advanced HDL Synthesis Report
----
Macro Statistics
# Registers : 5
Flip-Flops : 5
-----
    
```

Седьмой раздел отображает после-довательность оптимизации, выпол-няемой в процессе низкоуровневого синтеза.

```

-----
*Low Level Synthesis*
-----
Optimizing unit <jc2_top> ...
Optimizing unit
<FDC_MXILINX_jc2_top> ...
Optimizing unit
<M2_1_MXILINX_jc2_top> ...
Optimizing unit
<FJKC_MXILINX_jc2_top> ...
Optimizing unit <SR4CLELED_MXIL-
INX_jc2_top> ...
-----
    
```

В восьмом разделе содержатся сведения о разбиении разрабатыва-емого проекта на секции и детали-зированная информация об этих секциях.

```

-----
*Partition Report*
-----
Partition Implementation Status
-----
    
```

No Partitions were found in this design.

В заключительной части отчёта приведены данные об основных пара-метрах процесса синтеза и статисти-ческие данные полученных результа-тов: количество используемых EDIF-элементов и блоков ввода/вывода. В этом же разделе отображаются ито-говые сведения о количестве обнару-женных ошибок и предупреждений.

```

-----
*Final Report*
-----
    
```

```

Final Results
RTL Top Level Output File Name :
jc2_top.ngr
Top Level Output File Name :
jc2_top
Output Format : NGC
Optimization Goal : Speed
Keep Hierarchy : YES
Target Technology : CoolRunner2
CPLDs
Macro Preserve : YES
XOR Preserve : YES
Clock Enable : YES
wysiwyg : NO
----
Design Statistics
# IOs : 8
----
Cell Usage :
# BELS : 29
# AND2 : 8
# GND : 4
# INV : 5
# OR2 : 10
# OR3 : 2
# FlipFlops/Latches : 6
# FDCE : 4
# FDCP : 2
# IO Buffers : 8
# IBUF : 4
# OBUF : 4
# Others : 15
# AND2B1 : 10
# AND3B1 : 2
# AND3B2 : 2
# OR2B2 : 1
-----
CPU : 20.61 / 21.29 s | Elapsed
: 21.00 / 22.00 s
--
-->
Total memory usage is 116136
kilobytes
--
    
```

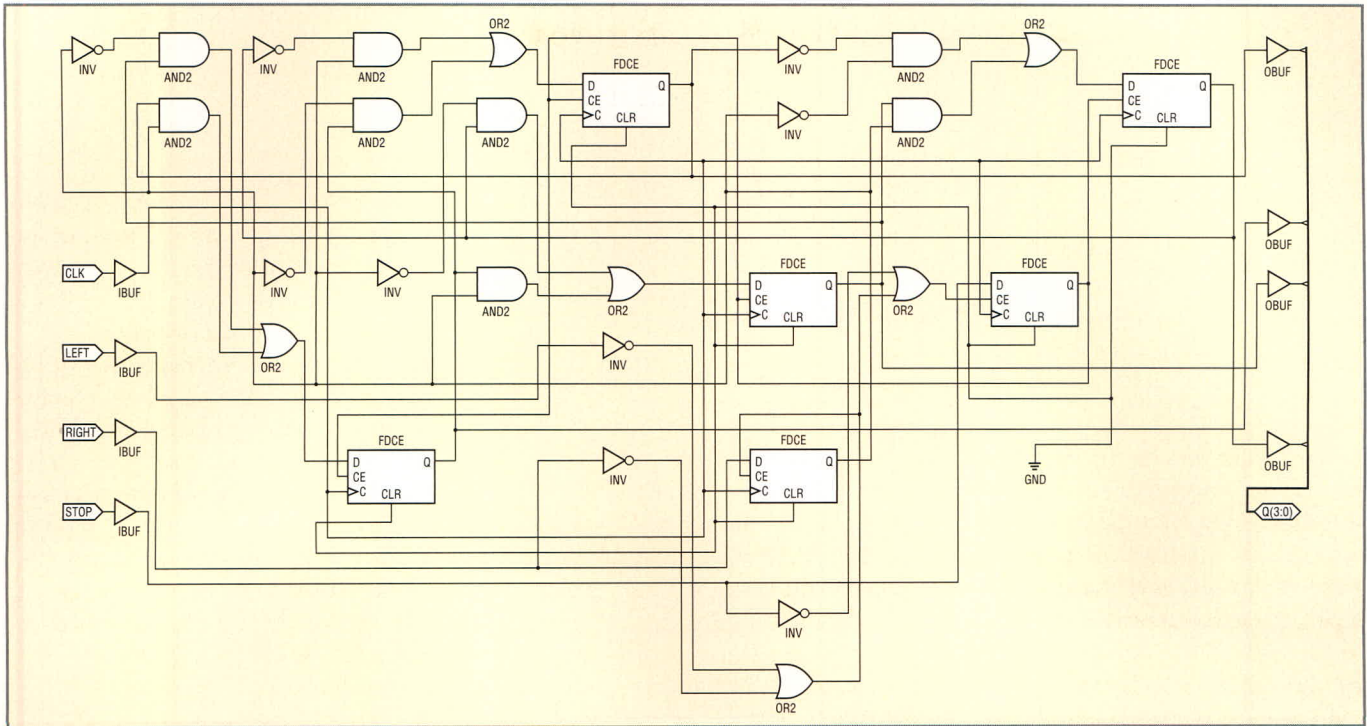


Рис. 6. Отображение результатов синтеза VHDL-описания счётчика Джонсона на технологическом уровне в схематической форме

Number of errors : 0 ( 0 filtered)  
 Number of warnings : 0 ( 0 filtered)  
 Number of infos : 0 ( 0 filtered)

Кроме текстового отчёта о выполнении этапа синтеза, средства пакета САПР серии Xilinx ISE позволяют отобразить список соединений (*netlist*) проектируемого устройства на RTL-уровне в схематической форме, если перед выполнением этого процесса для параметра *Generate RTL Schematic* было установлено значение *YES* или *ONLY*. В качестве компонентов принципиальной схемы, отражающей RTL-представление синтезируемого устройства, применяются обобщённые элементы, вид которых не зависит от архитектурных особенностей семейства ПЛИС, используемого для последующей реализации этого устройства. Для просмотра принципиальной схемы, отражающей список соединений разрабатываемого устройства на уровне RTL, следует в окне процессов *Processes Window* поместить курсор на строку *View RTL Schematic* и дважды щёлкнуть левой кнопкой мыши. При этом открывается окно программы *RTL Viewer*, вид которого подобен изображению окна схематического редактора.

В открывшемся окне отображается условный графический образ (УГО),

представляющий модуль верхнего уровня иерархии проекта. Кроме того, в окне исходных модулей (*Sources Window*) Навигатора проекта (*Project Navigator*) появляется новая страница *Design*, на которой приводится информация об иерархической структуре и элементах синтезированного проекта. Для перехода к принципиальной схеме, соответствующей списку соединений проектируемого устройства на RTL-уровне, следует поместить курсор мыши на изображение УГО или на строку с названием модуля верхнего уровня иерархии проекта, расположенную на странице *Design* окна исходных модулей (*Sources Window*), и дважды щёлкнуть левой кнопкой мыши. В качестве примера на рисунке 5 приведена схема, соответствующая списку соединений на RTL-уровне VHDL-описания счётчика Джонсона.

В последних версиях САПР серии Xilinx ISE также предусмотрены средства отображения результатов синтеза разрабатываемых устройств на технологическом уровне в форме принципиальных схем. В качестве исходного файла для построения этих схем используется основной файл результатов процесса синтеза с расширением *NGC*. Состав компонентов принципиальной схемы, отражающей представление синтезированного устройства на технологическом уровне, зависит от типа архитектуры применяемого семейства ПЛИС.

Чтобы сформировать представление результатов синтеза проектируемого устройства на технологическом уровне, необходимо в окне процессов *Processes Window* поместить курсор на строку *View Technology Schematic* и дважды щёлкнуть левой кнопкой мыши. После этого в области расположения рабочих окон Навигатора проекта открывается окно просмотра *Technology Viewer*, вид которого аналогичен изображению окна программы *RTL Viewer*. При этом в окне исходных модулей (*Sources Window*) Навигатора проекта добавляется страница *Design*, которая открывает доступ к элементам иерархической структуры синтезированного проекта. Просмотр результатов синтеза на технологическом уровне в окне программы *Technology Viewer* осуществляется тем же способом, что и в программе *RTL Viewer*. Чтобы продемонстрировать отличия двух рассмотренных форм представления списка соединений синтезированного устройства, на рисунке 6 показана принципиальная схема, отражающая результаты синтеза на технологическом уровне VHDL-описания счётчика Джонсона.

После успешного завершения процесса синтеза можно перейти к очередному этапу разработки устройства – размещению и трассировке проекта в кристалле ПЛИС, который рассматривается в следующей части статьи. ©

Продолжение следует

# Повышение эффективности работы сепаратора алмазов за счёт цифровой обработки сигналов

Евгений Владимиров, Леонид Казаков,  
Наталья Колосова (Санкт-Петербург)

Предложен метод повышения эффективности рентгенолюминесцентной селекции алмазов от других люминесцирующих минералов в сепараторах алмазов на основе цифровой автокорреляционной обработки. Данный метод реализован в виде программируемого аналого-цифрового блока регистрации, сопряжённого с персональным компьютером.

## ВВЕДЕНИЕ

Метод рентгенолюминесцентного обогащения широко применяется в сепараторах алмазов, работающих на российских и зарубежных предприятиях. Физические основы метода базируются на способности различных минералов по-разному люминесцировать под воздействием рентгеновского излучения. Используя эти различия, можно отделять алмазы от других люминесцирующих минералов при обогащении алмазосодержащих руд. Для этого применяется рентгенолюминесцентный сепаратор, структурная схема которого представлена на рис. 1. Сепаратор состоит из устройства точечной подачи материала, источника возбуждающего рентгеновского излучения ИРИ, устройства регистрации сигнала люминесценции, устройства обработки сигнала люминесценции и устройства отделе-

ния алмазов от потока материала. Чтобы выявить различия в люминесцирующих минералах, сигналы люминесценции в сепараторе регистрируют с помощью фотоэлектронного умножителя ФЭУ. Для повышения производительности используется до восьми независимых ФЭУ, оформленных в виде фотоприёмных устройств ФПУ, куда также входят управляемый источник высоковольтного питания и предварительный усилитель. В сепараторах могут использоваться режимы как непрерывного [1], так и импульсного возбуждения рентгеновским излучением. Поскольку в большинстве типов сепараторов для улучшения качества обогащения используется импульсное излучение, в дальнейшем будет идти речь только об этом режиме работы. В этом режиме после каждого возбуждающего импульса рентгеновского излучения

следует интервал времени, в течение которого производится приём, обработка сигнала люминесценции, выявление отличительных признаков, по которым принимается решение об отделении или не отделении минерала из потока материала.

## АМПЛИТУДНО-ВРЕМЕННОЙ МЕТОД СЕЛЕКЦИИ АЛМАЗОВ С ЧАСТИЧНЫМ ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАЗЛИЧИЯ СИГНАЛОВ ЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ

Типичный вид сигнала люминесценции на выходе ФПУ показан на рис. 2.

Можно выделить два интервала, на которых сигнал имеет разные свойства: во время действия импульса возбуждения и после окончания этого импульса. На первом интервале  $0 < t < t_{и}$  сигнал люминесценции описывается моделью:

$$u_1 = U_B + U_{БК} + A_{МК}(1 - \exp(-t/\tau)), (1)$$

где  $U_B$  – амплитуда люминесценции воздуха,  $U_{БК}$  – амплитуда «быстрой» компоненты люминесценции (БК),  $A_{МК}$  – амплитуда «медленной» компоненты люминесценции (МК),  $\tau$  – постоянная времени МК.

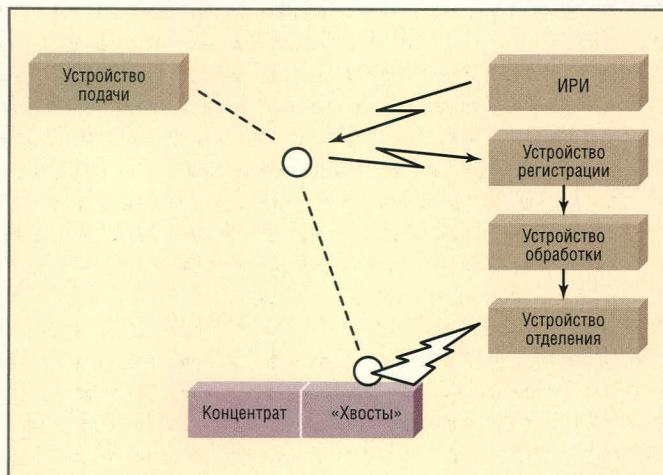


Рис. 1. Структурная схема сепаратора

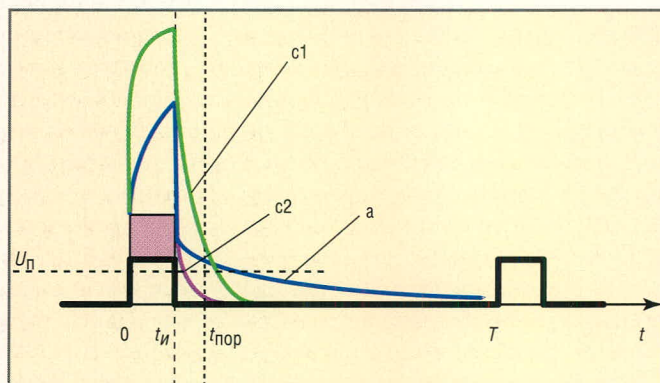


Рис. 2. Типичный вид сигнала люминесценции на выходе ФПУ  
а – огибающая сигнала люминесценции алмаза,  
с1 – огибающая малоинтенсивной люминесценции циркона,  
с2 – то же для «яркого» циркона,  $U_{п}$  – напряжение порога

В интервале  $t_{и} < t < T$  модель сигнала люминесценции представляется как:

$$u_2 = U_{\max} \exp(-t/\tau) + U_{\text{ш}} \quad (2)$$

где  $U_{\max}$  – максимальное значение МК при  $t = t_{и}$ ,

$U_{\text{ш}}$  – амплитуда шумов.

Что касается постоянной времени  $\tau$ , то предполагается, что в (1) и (2) её значение одинаково.

В большинстве сепараторов [2] в качестве отличительного признака используется значение медленной компоненты затухания люминесценции. При этом предполагается, затухание люминесценции алмаза происходит дольше, чем у большинства сопутствующих люминесцирующих минералов. Структурная схема обработки сигнала люминесценции, использующая этот признак, приведена на рис. 3. На схеме показан аналоговый ключ DA1, подключающий (в отсутствие импульса возбуждения) сигнал люминесценции минерала на первый вход компаратора DA2, на второй вход которого подано постоянное напряжение – «порог разделения», определяющий границу между алмазом и сопутствующим минералом. От переднего фронта импульса возбуждения запускается ждущий мультивибратор DD1, формирующий задержку на затухание люминесценции. Выход мультивибратора подключен на первый вход схемы «И» DD2, на второй вход которой подключен выход компаратора DA2. Сигнал на выходе DD2 соответствует условиям: интенсивность люминесценции превышает амплитудный порог  $U_{\text{пор}}$ , время затухания превышает пороговую длительность  $t_{\text{пор}}$ . Этот режим регистрации условно назван «пороговым». Используя приведённую выше модель (2), условие обнаружения полезного минерала для «порогового» режима можно записать:

$$u_2(t_{и} + t_{\text{пор}}) > U_{\text{пор}} \quad (3)$$

где  $t_{\text{пор}}$  – длительность задержки (отсчитывается от заднего фронта импульса возбуждения), при котором производится сравнение сигнала с порогом  $U_{\text{пор}}$ .

Данный амплитудно-временной способ разделения прост в реализации, но имеет существенный недостаток, который можно увидеть, вернувшись к рис. 2: не удаётся «отличить» относительно интенсивный, но

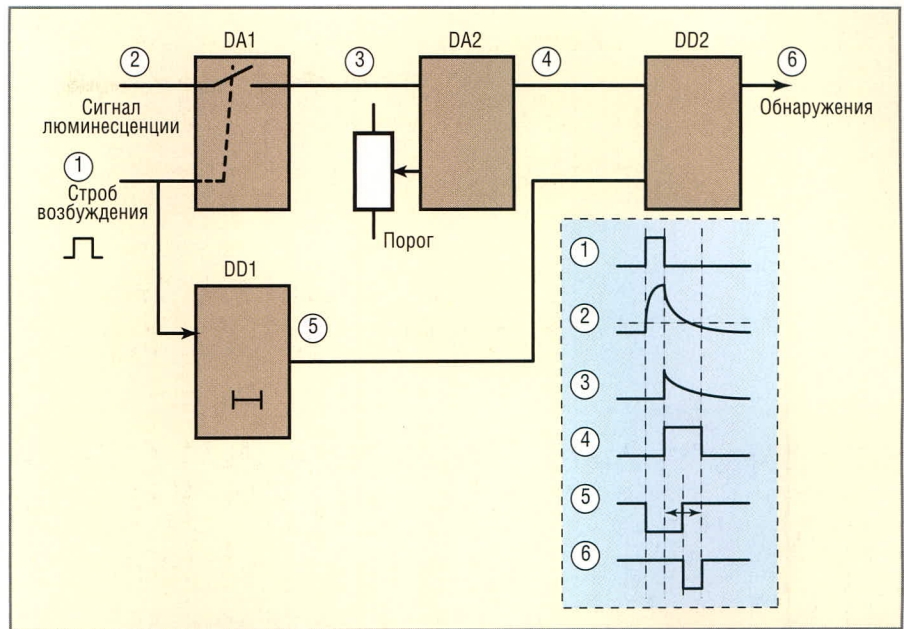


Рис. 3. Схема обработки сигнала люминесценции, где в качестве разделительного признака используется значение медленной компоненты затухания люминесценции

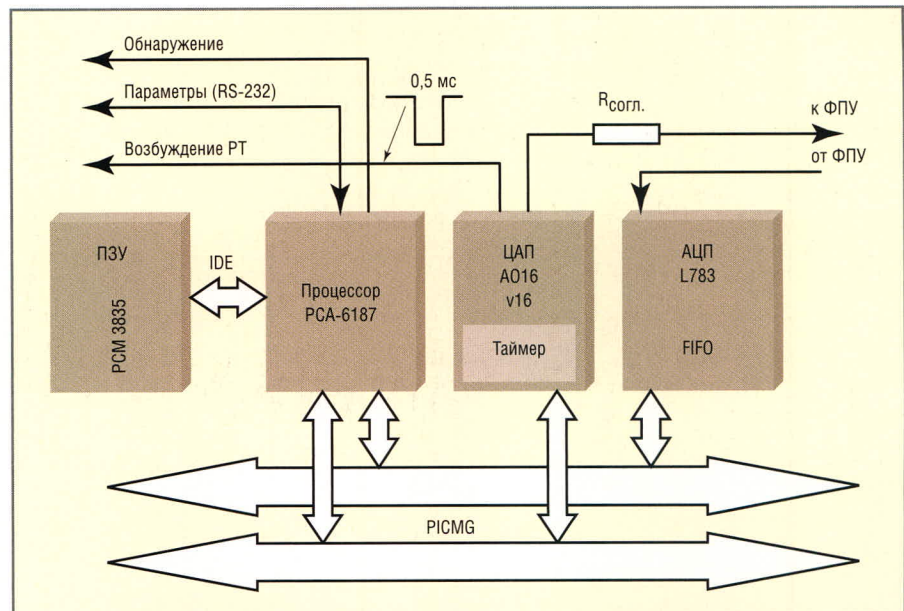


Рис. 4. Устройство цифровой обработки сигнала люминесценции с аналого-цифровым преобразованием

быстро затухающий сигнал (с) от относительно слабого (а) медленно затухающего сигнала.

### АВТОКОРРЕЛЯЦИОННЫЙ СПОСОБ СЕЛЕКЦИИ АЛМАЗОВ С ПОЛНЫМ ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАЗЛИЧИЯ СИГНАЛОВ ЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ

Для преодоления указанного недостатка был предложен способ более полного учёта как быстрой, так и медленной компонент (БК и МК) сигнала люминесценции, а также используется оценка распределения мощности люминесценции между компонентами [5]. Этот метод получил условное

наименование «селективного» и был реализован в цифровом устройстве, структурная схема которого приведена на рис. 4. Устройство построено на базе промышленного компьютера, содержащего в своём составе процессорную плату с ОЗУ, модуль программной памяти с флэш-диск, быстрый многоканальный АЦП и ЦАП.

Устройство работает в реальном масштабе времени и производит следующие операции (рис. 5):

- генерацию строба возбуждения и аналого-цифрового преобразования (АЦП);
- накопление цифрового массива, отображающего сигнал на некото-

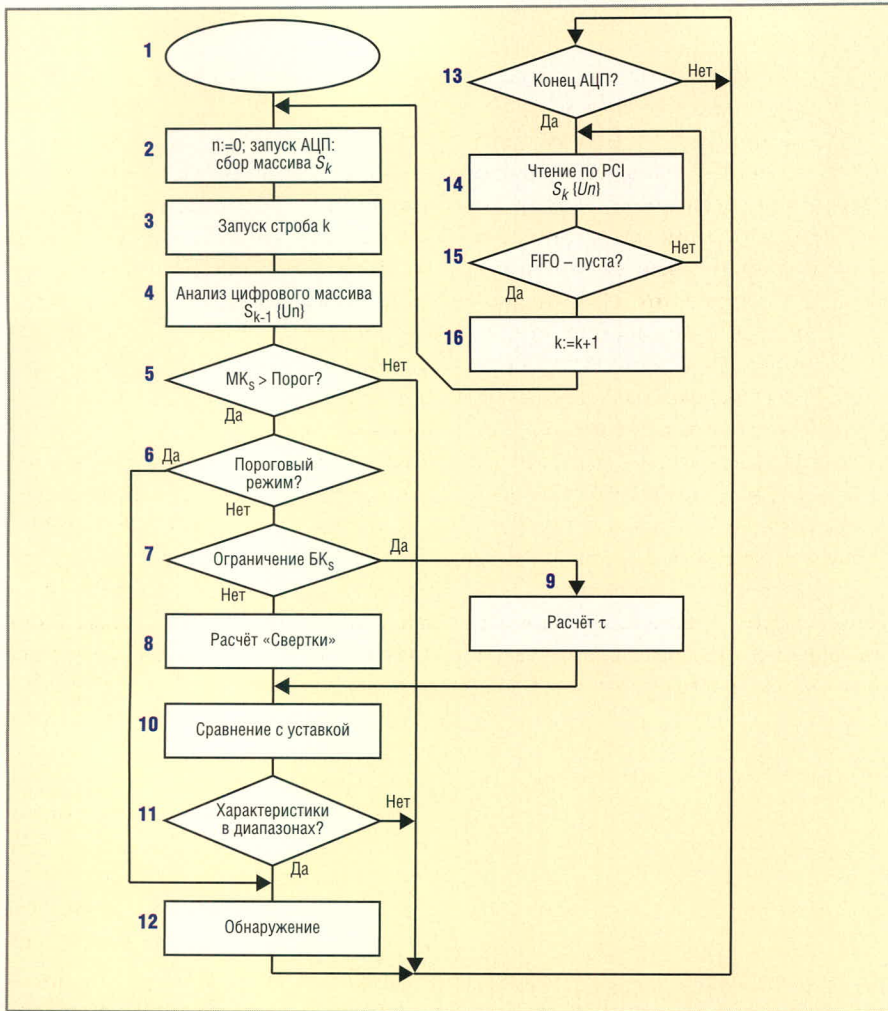


Рис. 5. Алгоритм расчёта критериев разделения

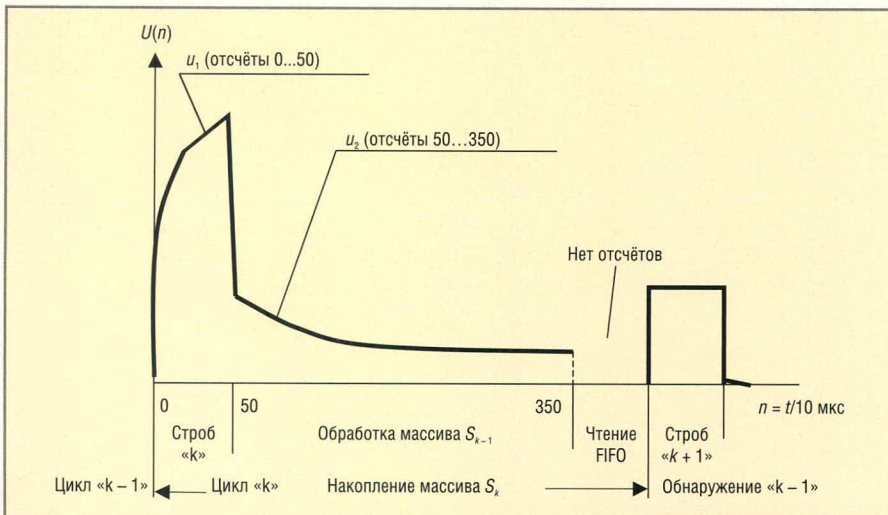


Рис. 6. Диаграмма, поясняющая чередование стадий сбора и обработки сигнала в реальном времени

ром интервале (обычно периоде возбуждения);

- чтение массива данных из буферной памяти АЦП (FIFO) в ОЗУ;
- обработку данных и сравнение результатов обработки с заданными пороговыми значениями признаков. Цифровые отсчёты сигнала на интервале (1) и на интервале (2) люминесценции, представленные в виде

цифрового массива, могут быть записаны в следующем виде:

$$S\{n\} = U_1\{n\}|_{0 < n < 50} + U_2\{n\}|_{50 < n < 350}, \quad (4)$$

где  $U_1\{n\}$  и  $U_2\{n\}$  – цифровые массивы, представляющие сигнал  $u_1$  и  $u_2$ .

Интервал между отсчётом  $n = 350$  и концом периода  $T$  не используется. В этом интервале осуществляется че-

ние и передача принятого массива  $S_k\{n\}$  из FIFO АЦП в ОЗУ по шине PCI. Индекс  $k$  указывает на циклический характер формирования, передачи и обработки массивов. Объём массива в каждом  $k$ -ом цикле составляет 350 двухбайтных слов на каждый канал регистрации (канал АЦП). При восьми каналах в сепараторе, таким образом, массив составит 5600 слов. Блок-схема алгоритма обработки приведена на рис. 5. На рис. 6 приведена диаграмма, поясняющая чередование стадий сбора и обработки сигнала в реальном масштабе времени. Предполагается, что до начала обработки заданы как способ селекции («пороговый» или «селективный»), так и параметры признаков селекции. Предполагается также, что имеется цифровой массив  $S_k - 1\{n\}$ , собранный в течение предшествующего ( $k - 1$ )-го периода возбуждения. Массив  $U_n$  содержит  $n$  членов, следующих с интервалом времени в 10 мкс. Для определённости примем, как указывалось выше,  $n = 350$ .

Цикл (см. рис. 5) начинается (2) с запуска АЦП. Выполняется накопление элементов массива, начиная с  $n = 0$ . Запускается строб возбуждения (3)  $k$ -цикла (завершение строба производится в «прерывании» от таймера через 0,5 мс). Одновременно со сбором массива  $S_k\{n\}$  производится обработка массива  $S_k - 1\{n\}$ , сформированного в предыдущем цикле (периоде) возбуждения. Обработка массива  $S_k\{n\}$  выполняется в цикле ( $k + 1$ ).

Обработка начинается (4) с анализа цифрового массива  $S_k - 1\{n\}$ . Если при анализе (5) выявляется, что значение амплитуды МК превышает «Порог» (ветвь «да»), обработка продолжается, в противном случае («нет») программа переходит на (13) – проверку завершения сбора массива  $k$ -цикла.

Продолжение обработки включает в себя:

- проверку заданного режима (6); если задан «пороговый», то следует переход на (12) – «обнаружение» (импульс обнаружения формируется одновременно с новым «стробом»),
- если задан «селективный», то выполняется расчёт характеристик, отражающих обе компоненты люминесценции.

В качестве функции, формирующей признак различия сигналов люминесценции, выбрана автокорреляционная функция АКФ [3]. На-

помним, что эта функция определяется [4, 5] как интеграл от произведения функции сигнала  $f(t)$  на её сдвинутую копию  $f(t - t_{CB})$ :

$$AKФ = \int_0^T f(t)f(t - t_{CB})dt, \quad (5)$$

где  $t_{CB}$  – параметр АКФ – «сдвиг» копии во времени.

Интеграл берётся в области определения функции ( $0 < t < T$ ), но реально эта область ограничивается промежутком, где существует сигнал. Для исключения влияния на АКФ амплитуды сигнала производим расчёт нормированной автокорреляционной функции НАКФ. Для сохранения размерности АКФ нормируется (делится) на интеграл в том же интервале от квадрата функции сигнала  $f^2(t)$ .

Для цифровых отсчётов интегрирование в формуле (5) заменяется суммой. В результате чего получаем выражение для НКФ:

$$НКФ = \frac{\sum_{n=n_{CB}}^{n=350} \{U_n(n - n_{CB})U_n(n)\}}{\sum_{n=0}^{n=350} U_n(n)U_n(n)} \quad (6)$$

Здесь  $n_{CB} = T_{сверт.}/10$ ,

$U_n(n)$  – массив цифровых отсчётов сигнала.

При дальнейшем анализе сигнала по алгоритму рис. 5 необходим переход (7) проверки амплитудного ограничения сигнала (в первую очередь оно выявляется в области БК), так как при ограничении сигнала НКФ искажается и использовать этот критерий для различения нельзя. Для повышения селективности целесообразно выполнить операцию определения постоянной времени – затухания люминесценции МК (9). Параметр  $\tau$  – постоянная времени вычисляется путём поиска экспоненты, максимально приближенной к огибающей массива  $S_{(k-1)}\{U_n\}$ . Условие такого поиска [6] – минимальное среднеквадратичное отклонение искомой экспоненты от огибающей цифрового массива:

$$\sum_{n=60}^{n=350} \{U_n - U_m \exp(-n\Delta t) / \tau\}^2 = \min. \quad (7)$$

Здесь:

$U_n$  – значение сигнала на  $n$ -отсчёте АЦП,

$\tau$  – постоянная времени искомой экспоненты,

$\Delta t$  – период дискретизации АЦП (10 мкс).

Поскольку операция вычисления значения НКФ и сравнение его с уставкой – заданным диапазоном разделения – ведётся в реальном времени, вычисления производятся для одного конкретного значения параметра  $n_{CB}$ . Выбор этого значения поясняется на рис. 7, где на основной форме приведены огибающие массивов двух сигналов: алмаза (красная кривая) и сопутствующего минерала (синяя). На вкладке приведены соответствующие этим сигналам НКФ в зависимости от параметра  $T_{сверт.}$ . Анализ последнего графика показывает, что кривые НКФ алмаза и сопутствующего минерала максимально отстоят друг от друга в области значений параметра, соответствующих  $n_{CB} = 60...100$ . Именно в этом диапазоне будет обеспечено наилучшее разделение полезного минерала – алмаза от сопутствующих, мешающих минералов.

При рассмотрении алгоритма обработки сигналов люминесценции

## Клеммы и соединители для печатных плат



**WAGO**  
INNOVATIVE CONNECTIONS







Реклама



**ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР В РОССИИ И СТРАНАХ СНГ**

МОСКВА Телефон: (495) 234-0636 • Факс: (495) 234-0640 • E-mail: info@prosoft.ru • Web: www.prosoft.ru  
 С.-ПЕТЕРБУРГ Телефон: (812) 448-0444 • Факс: (812) 448-0339 • E-mail: info@spb.prosoft.ru • Web: www.prosoft.ru  
 ЕКАТЕРИНБУРГ Телефон: (343) 376-2820 • Факс: (343) 376-2830 • E-mail: info@prosoftsystems.ru • Web: www.prosoftsystems.ru  
 САМАРА Телефон: (846) 277-9166 • Факс: (846) 277-9165 • E-mail: info@samara.prosoft.ru • Web: www.prosoft.ru  
 НОВОСИБИРСК Телефон: (383) 202-0960; 335-7001; 335-7002 • E-mail: info@nsk.prosoft.ru • Web: www.prosoft.ru  
 КИЕВ Телефон: (+380-44) 206-2343/2478/2496 • Факс: (+380-44) 206-2343 • E-mail info@prosoft-ua.com • Web: www.prosoft.ru  
 УФА Телефон: (347) 2925-216; 2925-217 • Факс: (347) 2925-218 • E-mail: info@ufa.prosoft.ru • Web: www.prosoft.ru

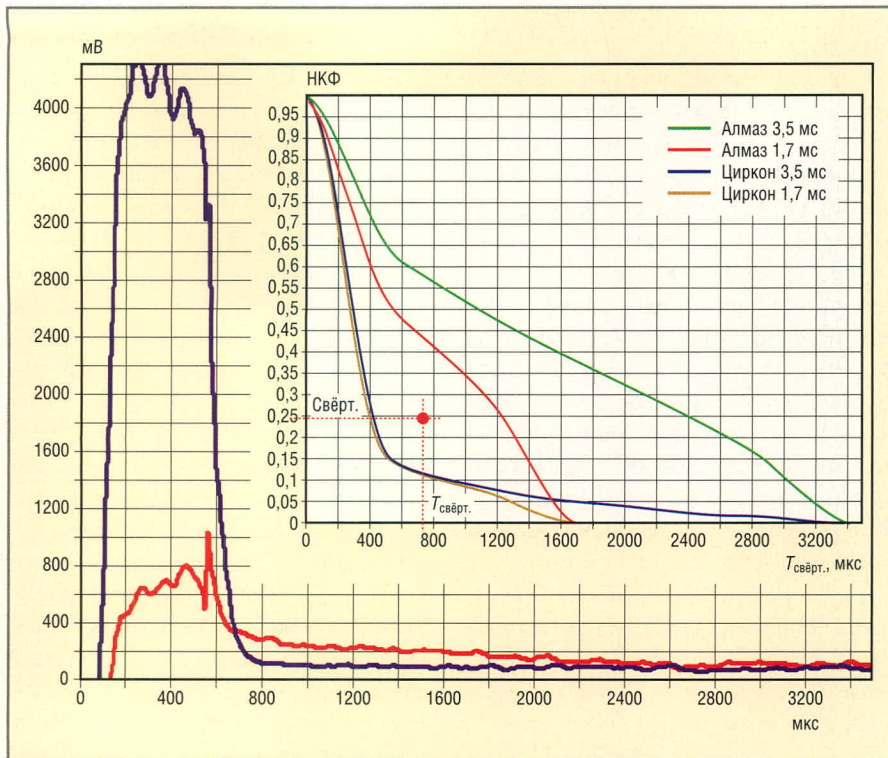


Рис. 7. Временная диаграмма сигналов алмаза и сопутствующего минерала (циркона) и соответствующие этим сигналам НКФ для двух значений времени сбора данных: 3,5 мс и 1,7 мс

не было ничего сказано о мешающих факторах, снижающих эффективность отделения алмазов от остальных минералов. Если обратиться теперь снова к рис. 2 и соответствующей модели сигнала люминесценции в виде выражений (1) и (2), то увидим, что в интервале действия импульса возбуждения  $0 < t < t_n$  в измеренные цифровые отсчеты  $U(n)$  входит составляющая  $U_B$  – амплитуда люминесценции воздуха, а на интервале  $t_n < t < T$  в состав  $U(n)$  входит составляющая  $U_{III}$  – амплитуда шумов, не связанных с люминесцентными свойствами обогащаемого минерала. Очевидно, для того, чтобы рассчитанные значения НКФ и  $\tau$  адекватно отображали люминесцентные свойства минералов, в процессе расчётов указанные выше составляющие  $U_B$  и  $U_{III}$  необходимо учесть в расчётных формулах (3), (6) и (7). «Вычитание» люминесценции воздуха из оцениваемой люминесценции материала сводится к вычитанию из значений конкретных реализаций – элементов массива  $S_k \{U_n\}_{0 < n < 50}$ , среднего в некотором смысле значения сигнала люминесценции воздуха, измеренного по многим массивам. Для этого «подходят» массивы  $S_m$ , в которых не наблюдается люминесценции минералов. Такие массивы

характеризуются минимальными значениями сигналов в области отсчётов  $0 < n < 50$ . Подход к определению среднего значения  $U_{III}$  аналогичен. Вариации  $U_B$  и  $U_{III}$  в конкретных реализациях служат источником погрешности вычисления характеристик по выражениям (6) и (7). Эта погрешность заставляет во избежание потерь ценного продукта – алмаза – расширять границы диапазона селекции и в конечном счёте допускать ухудшение селективности отбора, поскольку риск потери алмаза существенно важнее риска выработки ложного сигнала обнаружения.

Предположение, сделанное ранее, о том, что имеется цифровой массив  $S_{k-1}\{n\}$ , собранный в течение предшествующего  $(k-1)$ -го периода возбуждения, характеризует работу устройства с методической задержкой принятия решения, связанной с тем, что после сбора массива данных требуется время на его обработку. Чтобы провести сбор массива данных, его обработку и принятие решения за один период возбуждения люминесценции, необходимо уменьшить время работы АЦП, а освободившееся время использовать на обработку цифровых отсчётов и принятие решения. Однако при этом число отсчётов уменьшится.

Для анализа погрешности, которая в этом случае может возникнуть, было выполнено сравнение двух вариантов обработки: 3,5 мс (350 отсчётов) и 1,7 мс (170 отсчётов) по одним и тем же сигналам, принадлежащим алмазу и циркону. Результаты расчётов показаны на вкладке рис. 7, откуда можно сделать вывод, что зависимость от длины интервала для сигналов с малой постоянной времени затухания МК мала. Напротив, при большой постоянной времени погрешность возрастает: значение функции свёртки уменьшается, а значение постоянной времени относительно реального увеличивается. Это потребовало изменения алгоритма и программы функционирования устройства цифровой обработки. Такая программа также была испытана на реальном сепараторе алмазов и показала практически одинаковые результаты по извлечению алмазов по сравнению с первым вариантом.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Применение цифровой обработки сигналов люминесценции при возбуждении импульсным рентгеновским излучением показало возможность привлечения нового селективного признака разделения для обогащения алмазного материала на потоке.

Реализация устройства селекции как составной части сепараторов алмазов в виде программируемого аналого-цифрового блока регистрации, сопряжённого с компьютером, позволила осуществлять селекцию алмазов в реальном масштабе времени в течение одного периода импульсов возбуждения.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Поташиников А.К. Цифровая обработка сигналов в рентгенолюминесцентных сепараторах алмазов. Датчики и системы. 2005. № 5.
2. SU 1510185 А. В03В13/06, В07С 5/346, 1996.
3. RU 2 271 254 С2. В07С 5/342, В03В 13/06, 2006.
4. Энциклопедия современной техники. М.: Советская энциклопедия, 1963. Т. 2. С. 124–129.
5. Автокорреляционная функция – Википедия. <http://ru.wikipedia.org/wiki/>.
6. <http://alglib.sources.ru/interpolation/lin-leastsq.php>.

# Новости мира News of the World Новости мира

## Freescalе усиливает позиции на рынке MEMS-систем

Известный американский производитель полупроводникового оборудования компания Freescale Semiconductor ввела в строй новую 200-мм производственную линию по выпуску микроэлектромеханических систем (MEMS) в г. Остин (США). На данный момент компания уже имеет фабрику по производству MEMS-датчиков в г. Сендай (Япония), использующую 150-мм кремниевые пластины. Ожидается, что новое производство усилит позиции компании на рынке сенсорных устройств, ориентированных на использование в составе промышленных, автомобильных и медицинских приложений и продуктов потребительской электроники.

«Потребительская электроника в последнее время резко подстёгивает развитие MEMS-технологий в таких областях, как производство сенсоров ускорения и давления, — утверждает Джин Кристоф Эллой (Jean-Christophe Eloy), аналитик компании Yole Development, занятой исследованием рынка микроэлектромеханических систем. — Мы ожидаем, что общий объём рынка MEMS-систем вырастет с 6 млрд. долл. США в 2006 г. до 9,7 млрд. долл. в 2010, по мере того как все ведущие производители полупроводниковой продукции будут уделять всё больше внимания данному сегменту рынка».

Особенностью новой производственной линии Freescale является её ориентированность на выпуск MEMS-датчиков с малым форм-фактором, благодаря которому компания надеется снизить энергопотребление систем и увеличить экономическую эффективность их использования для производителей.

[freescale.com](http://freescale.com)

## Результаты и достижения Intel в 2007 году

На днях корпорация Intel обнародовала данные о своей коммерческой деятельности в четвёртом квартале 2007 г. Выручка компании составила 10,7 млрд. долл., операционный доход — 3 млрд. долл., чистый доход — 2,3 млрд. долл., а чистая прибыль на акцию — 38 центов. За 2007 г. операционный доход компании увеличился на 45%.

В 2007 г. оборот Intel достиг 38,3 млрд. долл., операционный доход составил 8,2 млрд. долл., чистый доход — 7 млрд.

долл., а чистая прибыль на акцию — 1,18 долл. Корпорация привлекла более 12 млрд. долл. наличными в результате заключения сделок, выплатила дивиденды наличными в размере 2,6 млрд. долл. и выкупила 111 млн. основных акций на сумму 2,75 млрд. долл.

За этот период поставки микропроцессоров и наборов микросхем Intel достигли рекордного уровня. Корпорация Intel представила 32 микропроцессора, созданные на базе 45-нм технологии производства с использованием диэлектрика high-k на основе гафния и металлического затвора. На международной выставке бытовой электроники корпорация Intel предоставила описание новых недорогих процессоров Intel с низким уровнем энергопотребления, разработанных для создания потребительской электроники, ультрапортативных устройств.

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

## Matsushita, Hitachi и Canon создали новый ЖК-альянс

Вслед за Sharp и Toshiba, которые недавно договорились о взаимном сотрудничестве в сфере производства ЖК-телевизоров, подобное соглашение подписали три другие японские компании: Matsushita, Hitachi и Canon. Стороны объявили о создании альянса, ключевой задачей которого является дальнейшее развитие ЖК-индустрии и упрочнение рыночных позиций участников объединения.

В рамках новой договорённости компании Canon и Matsushita к концу марта будущего года выкупят по 24,9% акций Hitachi Displays, подразделения Hitachi, которое занимается производством ЖК-панелей малого и среднего размеров для мобильных телефонов, видеокамер и фотоаппаратов. По завершению сделки у Hitachi останется 50,2% акций Hitachi Displays.

Сообщается также, что Canon и Matsushita будут активно развивать производство дисплеев на органических светодиодах (OLED). Безусловно, данное решение кажется целесообразным в свете больших перспектив OLED-дисплеев и их реальных шансов стать альтернативой ЖК-экранам в ряде прикладных задач.

Кроме того, стороны озвучили планы по приобретению корпорацией Matsushita контрольного пакета акций компании IPS Alpha Technology — совместного предприятия по выпуску ЖК-дисплеев,

созданного Toshiba, Hitachi и Matsushita. Были высказаны намерения построить новую ЖК-фабрику при IPS Alpha Technology для удовлетворения растущего спроса на телевизионные панели.

Следует заметить, что серьёзные инвестиции в ЖК-индустрию со стороны Matsushita могут указывать на плавное смещение её интересов от плазменных телевизоров к ЖК-устройствам. До сих пор в эволюции плоскочелюстных телевизоров в сегменте от 40 дюймов и выше японская корпорация отдавала приоритетное положение именно плазменной технологии.

Что касается Hitachi, в продаже акций Hitachi Displays и вступлении в ЖК-альянс руководство компании видит путь к улучшению рентабельности производства панелей. В свою очередь, Canon рассчитывает на то, что подписанное соглашение обеспечит ей стабильный и надёжный канал поставки ЖК-дисплеев для цифровых фотоаппаратов, видеокамер, принтеров, медицинского оборудования.

[etimes.com](http://etimes.com), [techon.nikkeibp.co.jp](http://techon.nikkeibp.co.jp)

## Patriot построит в Тайване фабрику по производству памяти DRAM и NAND

Пресс-служба американского разработчика Patriot Memory на днях объявила о намерениях компании в скором будущем построить фабрику по производству чипов DRAM и флэш-памяти NAND на территории Тайваня.

Решение об открытии новых мощностей эксперты связывают с постепенным ростом объёмов производства Patriot. Согласно данным зарубежных информационных источников, на первых порах компания вложит 3,08 млн. долл. в запуск двух производственных линий.

Нужно сказать, что у Patriot есть свой офис в Тайване, однако ввиду особенностей политики компании и рынка большую часть производственных структур компании по изготовлению памяти DRAM и NAND пришлось разместить в компаниях-аутсорсерах. Тем не менее, рост обоих сегментов заставил руководство Patriot задуматься об открытии собственной фабрики по изготовлению чипов памяти, которая, возможно, станет центром деятельности компании в Азиатско-Тихоокеанском регионе.

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

# Пакет программ «Нейроматематика»: решение сложных прикладных математических задач с использованием нейросетевых алгоритмов

(часть 2)

Светлана Коробкова, Минип Аляутдинов, Илья Воронков,  
Александр Галушкин, Павел Казанцев, Артём Лодягин,  
Георгий Остапенко, Павел Скрибцов (Москва)

Статья посвящена применению программного пакета «Нейроматематика» для решения сложных прикладных задач с помощью нейронных сетей. Приведено описание его модулей, используемых для решения задач аэродинамики, а также результаты вычислений на тестовых прикладных задачах.

## ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ (ИНТЕРФЕЙСЫ) СИСТЕМЫ

*Задача* – объект, который создается системой на отдельном вычислительном узле. При этом данный объект обладает набором стандартных call-back процедур, которые вызываются системой для задания начальных данных, вычислений и выгрузки результатов. Также у объекта имеется набор служебных call-back-процедур для определения статуса задачи, сброса её в начальное состояние и т.п. В данной статье предполагается, что каждая параллельно выполняемая подзадача может быть описана на языке C++ как множество некоторых функций или объектов и может быть скомпилирована в отдельный исполняемый модуль (DLL). Это налагает ограничение на возможность использования подобной системы для распараллеливания с применением аппаратных средств и предполагает использование специальных команд или парадигм программирования.

Иначе говоря, если узел не умеет запускать процессы в виде исполняемых exe- или DLL-модулей, то данную систему применить нельзя<sup>5</sup>.

Приятной особенностью «задачи» в пакете «Нейроматематика» является наличие полноценного имени (а не просто номера), позволяющего отражать структуру разбиения вычислений на подзадачи. Например, задача может иметь имя вида «(0,1)», что означает «задача, соответствующая элементу объема с координатами 0,1». Это удобно при отладке, особенно при сложной структуре разбиения данных. Обыкновенный и привычный числовой номер задачи является частным случаем «имени».

*Менеджер задач* – объект, занимающийся запуском параллельных вычислений и ответственный за выдачу средств обмена данными между параллельно работающими узлами. Реализация менеджера задач может быть построена с использованием концепций нитей (threads) или процессов (process) и оптимизирована для многоядерных процессоров или для многопроцессорных систем.

*Коммуникатор* – объект, которым снабжается каждая задача. Он осуществляет синхронную и асинхронную отправку данных другим узлам вычислительной сети, а также отвечает

за синхронный приём данных. Менеджер задач может выдавать задачам различные реализации коммуникаторов, например, в случае разнородной вычислительной среды. Средства связи между процессами могут быть реализованы при помощи разнообразных механизмов, начиная от TCP/IP и заканчивая разделяемой памятью, в зависимости от доступных аппаратных средств и протоколов.

*Менеджер данных* – вспомогательный объект, отвечающий за создание начальных данных и сбор результатов, а также за определение очередности сбора результатов. Например, совокупные результирующие данные от всех задач могут не уместиться в памяти центрального узла, и необходимо записать их в файл в определённой последовательности. Поскольку сложно прогнозировать последовательность завершения вычислений на узлах кластерной сети, у некоторых задач будет задержана пересылка результатов до получения результатов от других задач.

## ОСНОВНЫЕ ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В версии «Нейроматематика» 1.0 используются следующие технологии:

- операционная система Windows XP/2000;
- среда разработки Microsoft Visual Studio 2003;
- базовый язык программирования C++ как платформы и модулей ППЗ;

<sup>5</sup> Например, GPU-алгоритмы невозможно задавать при помощи SIPICS, поскольку на пиксельном процессоре нельзя запустить exe-процесс. Однако, если возможно параллельное исполнение специализированного кода на наборе ПЭВМ с GPU, то SIPICS для данного случая тоже применим.

- библиотека Microsoft Foundation Classes (MFC) для организации пользовательского интерфейса и общего функционирования системы;
- OpenGL в качестве средства визуализации объёмных данных;
- nVIDIA/Cg для управления графическими процессорами, которые используются в качестве аппаратных ускорителей нейросетевых алгоритмов;
- MPI/MPICH как средство для одной из реализаций подсистемы работы с «виртуальным кластером»;
- Winsockets как средство альтернативной реализации подсистемы работы с «виртуальным кластером».

### Задачи аэродинамики и модули для их решения

#### Описание задачи управления самолетом с помощью эжекции на крыльях

Эжекция на крыльях (вдув струи газа на обтекаемую поверхность) изменяет структуру течения вокруг крыла, что позволяет управлять аэродинамическими характеристиками самолёта. Данная задача может быть нестационарной и связанной с взаимодействием пограничных слоёв, струй и ударных волн (если обтекание будет локально сверхзвуковым). Поэтому её решение должно быть основано на численном интегрировании нестационарных уравнений Навье-Стокса для многокомпонентной системы газов (эжектируемые струи могут иметь отличные от обтекающего воздуха химические и физические свойства).

Геометрия крыльев является трёхмерной, поэтому задача должна решаться в трёхмерной постановке. Поскольку геометрия крыльев, как правило, не может быть описана элементарными геометрическими примитивами, необходим её импорт из систем автоматизированного проектирования.

Для определения свойств крыла с заданными геометрическими и эжекционными параметрами необходимо знать динамику аэродинамических параметров, таких как давление, скорость газа по трём базовым направлениям, энергия газа и плотность смеси газов в некоторой области вокруг исследуемого крыла. Тогда по этим параметрам можно предска-

зать поведение летательного аппарата в полёте.

Эксперименты по определению данных параметров опытным путем, как правило, проводятся в аэродинамических трубах, являются дорогостоящими и сложными в постановке. Поэтому перспективным направлением является прогнозирование данных параметров с помощью различных моделей.

Для решения задачи необходимы следующие объекты:

- солид – описание геометрии крыла (и, возможно, фюзеляжа);
- газ – описание физических и химических свойств набегающего потока и эжектируемых струй;
- газ с постоянными значениями во времени – описание граничных условий в областях эжекции и граничных условий вдува набегающего потока.

#### Описание задачи прогнозирования ветровой обстановки в застроенных кварталах

Исходными данными для данной задачи являются:

- начальное распределение газодинамических параметров в счётной области;
- геометрия жилого района;
- граничные условия для набегающего потока.

Результатом расчёта является получение распределения газодинамических параметров в счётной области для заданного момента времени.

#### Нейросетевая постановка задачи

Входом трёхмерной клеточной нейронной сети является вектор:

$$\bar{X} = \{X_{ijk}\} = \{(U \ V \ W \ E \ P \ \rho \ \gamma)_{ijk}\},$$

где  $U, V, W$  – скорости газа в данной ячейке по направлениям  $x, y, z$  соответственно,  $E$  – полная энергия газа в данной ячейке,  $P$  – давление газа в данной ячейке,  $\rho$  – плотность газа в данной ячейке,  $\gamma$  – значение адиабаты газа в данной ячейке.

Выходом трёхмерной клеточной нейронной сети являются рассчитанные нейронной сетью значения вектора

$$\bar{Y} = \{Y_{ijk}\} = \{(U \ V \ W \ E \ P \ \rho \ \gamma)_{ijk}\}$$

после  $n$  расчётных итераций.

Желаемый выход трёхмерной клеточной нейронной сети – значения вектора

$$\bar{T} = \{T_{ijk}\} = \{(U \ V \ W \ E \ P \ \rho \ \gamma)_{ijk}\}$$

по прошествии заданного времени, рассчитанные с помощью пакета GDT.

Нейронная сеть представляет собой двухслойную клеточную нейронную сеть с равным количеством нейронов первого и второго слоя. Количество нейронов в первом слое равно количеству ячеек сетки. Каждый нейрон первого слоя связан с четырьмя соседями в первом слое и вышележащим нейроном второго слоя, аналогично, каждый нейрон второго слоя связан с четырьмя соседями в первом слое и его выход поступает на вход нижележащего нейрона первого слоя. Веса связей (внутри первого или второго слоя) задаются как площади граней сетки, веса связей между слоями равны 1. По связям передаются векторы типа  $(U \ V \ W \ E \ P \ \rho \ \gamma)$ , описывающие значения параметров газа в ячейке.

#### Реализация

Решение задач аэродинамики с помощью нейронных сетей реализовано программным и программно-аппаратным способом в виде модулей «Эжекция» и «Ветер» программного комплекса «Нейроматематика».

Поддерживаются три варианта аппаратной поддержки вычислений:

- вычисления на рабочей станции;
- вычисления на кластерной системе из 17 ПЭВМ;
- вычисления на рабочей станции с графическим ускорителем.

#### Тестовая задача: исследование обтекания крыла F15 (Эжекция)

В ходе эксперимента моделируется влияние дозвуковой эжекционной струи на сверхзвуковое течение воздуха вокруг консоли крыла одной из модификаций истребителя F-15.

Актуальность задачи связана с резким повышением требований к маневренности современных пилотируемых летательных аппаратов, одной из важнейших характеристик которой являются максимально допустимые углы атаки, при которых не происходит срыва потока на аэродинамических плоскостях. Повышению

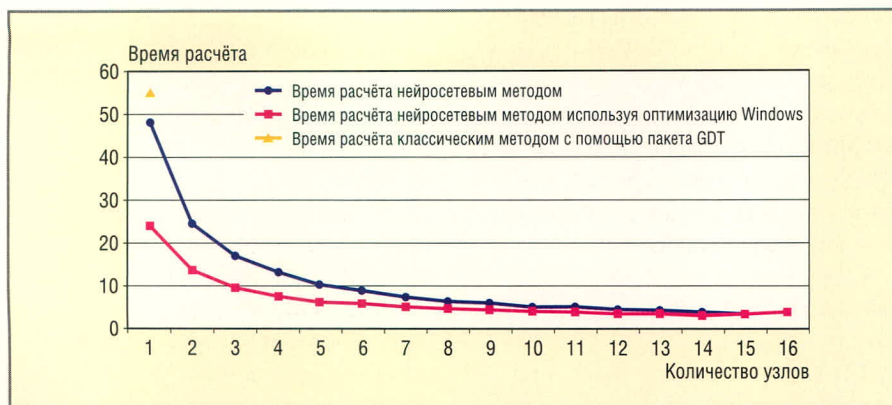


Рис. 4. Зависимость времени расчёта от количества узлов классического кластера для задачи прогнозирования ветровой обстановки

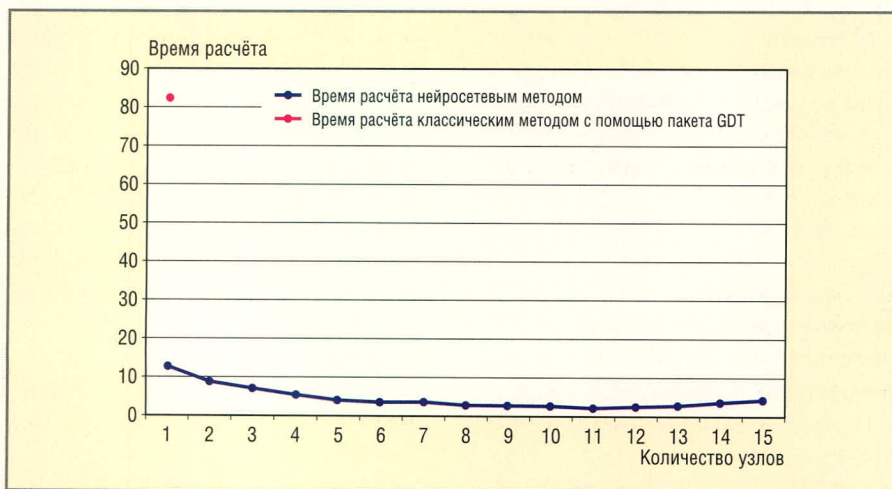


Рис. 5. Зависимость времени расчёта от количества узлов классического кластера для задачи управления F15 с помощью эжекции на крыльях

величины критического угла атаки способствует в том числе вдув струи газа на обтекаемую поверхность.

Для проведения эксперимента были выбраны следующие параметры среды: давление в набегающем потоке 101 325 Па, плотность набегающего потока 1,29 кг/м<sup>3</sup>, скорость набегающего потока 700 м/с. Давление эжекционной струи 303 975 Па, плотность эжекционной струи 1,29 кг/м<sup>3</sup>, скорость эжекционной струи 112 м/с. Угол наклона эжекционных сопел 16,5 градусов к поверхности консоли. Угол атаки консоли 9 градусов. Консоль не подвержена деформациям. Воздух считается газом, течение которого описывается уравнениями Навье-Стокса.

В файле F15\_ejection.dat содержатся начальные данные, описывающие трёхмерную область, размерность которой 75 × 175 × 175 ≈ 2 × 10<sup>6</sup> ячеек. Существует два подхода к проблеме определения количества неизвестных для задач аэродинамики:

- количество переменных определяется как произведение количества

ячеек области расчёта на количество параметров ячейки. В данном случае (для задачи прогнозирования ветровой обстановки в застроенных кварталах) каждая ячейка газового поля содержит восемь газодинамических параметров (скорости по трём направлениям, энергия, давление, плотность, параметр адиабаты и тип ячейки). Требуется рассчитать все параметры, кроме типа ячейки, который остается неизменным на протяжении всего расчёта. Таким образом, имеем 7 × 2 × 10<sup>6</sup> ≈ 1,4 × 10<sup>7</sup> неизвестных;

- количество переменных определяется как произведение количества ячеек области расчёта на количество параметров ячейки и на количество шагов расчета. В данном случае (для задачи прогнозирования ветровой обстановки в застроенных кварталах) каждая ячейка газового поля содержит восемь газодинамических параметров (скорости по трём направлениям, энергия, давление, плотность, параметр адиабаты и тип ячейки). Требуется рас-

считать все параметры, кроме типа ячейки, который остаётся неизменным на протяжении всего расчёта. Для контрольно-демонстрационной задачи выполняется десять шагов расчёта. Таким образом, имеем 10 × 7 × 2 × 10<sup>6</sup> ≈ 1,4 × 10<sup>8</sup> неизвестных. При тестировании был применен первый подход, когда считается, что количество переменных равно количеству ячеек расчётной области, т.е. 1,4 × 10<sup>7</sup>.

Второй подход к определению количества переменных задачи используется в случае хранимых значений рассчитанных параметров области после каждого шага. Данная реализация требуется для исследования динамики изменения рассчитываемых параметров. Так как в большинстве случаев представляет интерес только конечный результат, был выбран первый подход.

#### Тестовая задача: исследование воздействия ветра на здания Сиднейской оперы (Ветер)

В ходе эксперимента требуется определить характеристики воздушного потока и его воздействие на здание Сиднейской оперы при скорости ветра, существенно превышающей нормальную.

Актуальность задачи связана с изменением климатической обстановки в мире. Для тестирования разработанного модуля «Ветер» ПКНМ решалась задача прогнозирования ветровой нагрузки на здания Сиднейской оперы. Резкое увеличение числа ураганов и торнадо, в том числе в районах, где ранее их не наблюдалось, а также форма рассматриваемого здания, приводящая к повышению коэффициента аэродинамического сопротивления, требуют отдельного рассмотрения ветровой нагрузки на данное здание в целом и его уязвимые детали (в первую очередь, окна).

Для проведения эксперимента были выбраны следующие параметры среды: давление в набегающем потоке 101 325 Па, плотность в набегающем потоке 1,29 кг/м<sup>3</sup>. Приведённая фронтальная скорость ветра 50 м/с. Здание не подвержено деформациям.

В файле Sidney\_Opera.dat описана трёхмерная область, размерность которой 200 × 100 × 300 = 6 × 10<sup>6</sup> ячеек. Аналогично предыду-

шей задаче можно посчитать количество неизвестных для задачи прогнозирования ветровой обстановки здания Сиднейской оперы двумя способами:

- 1)  $7 \times 6 \times 10^6 \approx 4 \times 10^7$  неизвестных;
- 2)  $10 \times 7 \times 6 \times 10^6 \approx 4 \times 10^8$  неизвестных.

При тестировании был применен первый подход, когда считается, что количество переменных равно произведению количества ячеек расчетной области на количество параметров ячейки, т.е.  $4 \times 10^7$ .

**Описание и результаты экспериментов**

В ходе проведения экспериментов было доказано, что результаты расчета аэродинамических задач с помощью модулей «Ветер» и «Эжекция» полностью совпадают либо различаются не более чем в пятом знаке от результатов расчета тех же задач при помощи пакета GDT.

Далее приведены временные характеристики работы представленных модулей при расчете тестовых аэродинамических задач прогнозирования ветровой нагрузки на зда-

ние Сиднейской оперы и исследования обтекания крыла F15. На рисунках 4 и 5 представлены зависимости времени расчета от количества узлов классического кластера для задач прогнозирования ветровой обстановки и исследования обтекания крыла соответственно.

*Продолжение следует*

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Галушкин А.И. Теория нейронных сетей. Радиотехника, 2000.
2. Галушкин А.И., Цыткин Я.З. Нейронные сети: история развития теории. Радиотехника, 2001.
3. Галушкин А.И. О современных направлениях развития нейрокомпьютеров. Радиотехника, 1997.
4. Галушкин А.И. Нейрокомпьютеры. Радиотехника, 2002.
5. GPGPU – General Programming on Graphics Processing Units, www.gpgpu.org.
6. Горбаченко В.И. Нейрокомпьютеры в решении краевых задач теории поля. ИПРЖР, 2003.
7. Горбаченко В.И. Нейрокомпьютеры и решение краевых задач теории поля.

8. Аубакиров Т.О., Белоцерковский С.М., Желанников А.И., Ништ М.И. Нелинейная теория крыла и ее приложения. Алматы, 1997.
9. Акустика океана. Под ред. Бреховских Л.М. Наука, 1974.
10. Бреховских Л.М., Лысанов Ю.П. Теоретические основы акустики океана. Л.: Гидрометеониздат, 1982.
11. Вагин А., Расчет лучевых картин, суммарного звукового поля в точке, его угловой временной, фазовой и энергетической структуры в двумерно-неоднородной среде. Акустический институт, 1979.
12. Аляутдинов М.А., Антонова А.В., Баранов В.А. и др. Программный комплекс «Нейроматематика». Пояснительная записка к техническому проекту ОКР по теме ИТ-13.3/001 «Разработка прикладных технологий для инженерных задач с плотными системами уравнений и сверхбольшим числом неизвестных», 2006.
13. Delgado H.J., Thursby M.H., Ham F.M. A novel neural network for the synthesis of antennas and microwave devices. IEEE Transactions on neural networks. Vol. 16. № 6. Nov. 2005.
14. Лось В.Ф. Микрополосковые и диэлектрические резонаторные антенны. ИПРЖР, 2002.



# Новые высокоэффективные DC/DC-преобразователи компании MPS

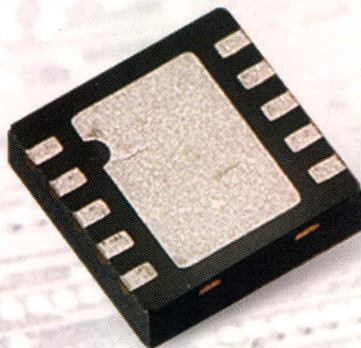
**Понижающие DC/DC-преобразователи. Температурный диапазон -40...+85°C**

Наименование	U <sub>вх</sub> , В	I <sub>вых макс</sub> , А	Частота, МГц	Корпус
<b>С синхронным выпрямлением</b>				
MP2303	4,7...28,0	3,0	0,34	SOIC8N/QFN10
MP8640	4,5...23,0	3,0	0,60	QFN14
MP38872	4,5...21,0	6,0	0,60	QFN14-34
MP38891	4,5...30,0	6,0	0,40	QFN14
MP38874	4,5...21,0	8,0	0,60	QFN14
<b>MP38671</b>	<b>4,5...25,0</b>	<b>10</b>	<b>0,60</b>	<b>QFN14</b>
<b>С диодом Шоттки</b>				
MP4459	4,5...36,0	1,5	4,0	TQFN10-3
MP4460	4,5...36,0	2,5	4,0	QFN10-3
MP4461	4,5...36,0	3,5	4,0	QFN10-3

**Повышающие DC/DC-преобразователи. Температурный диапазон -40...+85°C**

Наименование	U <sub>вх</sub> , В	I <sub>вых макс</sub> , А	Частота, МГц	Корпус
MP3410	1,8...6,0	6	0,5	TSOT23-5
MP3115	1,1...2,5	0,2	1,3	SOT23-6

- Высокая стабильность и повторяемость характеристик микросхем
- Высокая устойчивость схемы управления
- Высокая эффективность
- Готовое изделие не требует регулировки



Официальный дистрибьютор MPS в России  
 ПРОСОФТ — АКТИВНЫЙ КОМПОНЕНТ ВАШЕГО БИЗНЕСА  
 (495) 232-2522 • info@prochip.ru • www.prochip.ru

psk.narva

# Сравнительные характеристики алгоритмов расчёта CRC16 последовательным и табличным способом на примере микроконтроллера AVR

Вячеслав Бородулин (г. Хабаровск)

В статье приведено сравнение скорости подсчёта контрольной суммы CRC-16 последовательным (побитовым) и табличным программными алгоритмами, реализованными на ассемблере микроконтроллеров серии AVR фирмы Atmel. Контрольная сумма рассчитывалась для интерфейса USB.

## ВВЕДЕНИЕ

При передаче данных по цифровым интерфейсам связи всегда существует проблема достоверности принятых данных. Чем хуже характеристики используемого канала, тем больше вероятность повреждения данных. Одним из методов проверки целостности данных является анализ контрольной информации, передаваемой вместе с пакетами данных. Наиболее широкое распространение получил метод подсчёта циклической контрольной суммы CRC (Cyclic Redundancy Code – циклический избыточный код) на основе полиномиальной арифметики [1, 2]. Существуют два основных метода расчёта CRC – побитовый и табличный. Их основные характеристики приведены в таблице 1.

Контрольные суммы различаются по надёжности контроля целостности данных. Чем больше разрядность рассчитываемой суммы, тем она надёжнее, но и тем сложнее её реализация. При расчёте могут использоваться различные полиномы, которые обычно оговариваются стандартом используемого интерфейса. В статье проводится расчёт 16-разрядной контрольной суммы CRC-16 согласно стандарту передачи данных USB.

Таблица 1. Характеристики методов расчёта

Метод	Достоинства	Недостатки
Побитовый	Малые затраты памяти	Низкая скорость выполнения
Табличный	Более высокая скорость выполнения	Большие затраты памяти

Из общих соображений очевидно, что побитовый алгоритм работает медленнее, т.к. он работает с битами. Табличный алгоритм работает быстрее, т.к. часть вычислений уже произведена при написании программы, а их результаты сведены в таблицу. В данной статье приводятся точные временные характеристики работы алгоритмов. В качестве аппаратной части для расчёта CRC были выбраны распространённые микроконтроллеры серии AVR фирмы Atmel. Оба алгоритма были реализованы на ассемблере. Для каждого алгоритма приводится схема пошагового выполнения.

## РЕАЛИЗАЦИЯ ПОБИТОВОГО АЛГОРИТМА

Сам алгоритм и его математическая основа подробно рассмотрены в [3, 4]. Схема алгоритма представлена на рисунке 1. Исходный код, соответствующий данному алгоритму, приведён в листинге:

```
; ПОДПРОГРАММА РАСЧЁТА CRC16
; ПОБИТОВЫМ АЛГОРИТМОМ
; ПОМЕЩЕНИЕ В СТЕК
; ИСПОЛЬЗУЕМЫХ РЕГИСТРОВ
PUSH BITCNT
```

```
PUSH POLYL
PUSH POLYH
PUSH LENL
PUSH LENH
PUSH XL
PUSH XH
PUSH TMP
```

```
; ЗАГРУЗИТЬ НАЧАЛЬНОЕ ЗНАЧЕНИЕ
РЕГИСТРА CRC
; ДЛЯ USB НАЧАЛЬНОЕ ЗНАЧЕНИЕ
CRC-16 $FFFF
LDI SUMH, $FF
LDI SUML, $FF
; ЗАГРУЗИТЬ ПОЛИНОМ $A001
LDI POLYH, $A0
LDI POLYL, $01
```

```
_ВУТЕРПРОС:
; ЗАГРУЗКА ИЗ ПАМЯТИ ОЧЕРЕДНОГО
БАЙТА ДЛЯ РАСЧЁТА
LDI TMP, X+
; СУММИРОВАНИЕ ПО ХОРО СО
ЗНАЧЕНИЕМ РЕГИСТРА CRC
EOR SUML, TMP
; ЗАГРУЗИТЬ СЧЁТЧИК
НЕОБРАБОТАННЫХ БИТ
LDI BITCNT, 8
```

```
_БИТПРОС:
; СДВИГ РЕГИСТРА CRC ВПРАВО НА
ОДИН РАЗРЯД
LSR SUMH
ROR SUML
; ЕСЛИ ИЗ РЕГИСТРА ВЫДВИНУТ НОЛЬ
_ENDLOOP
BRCC _ENDLOOP
; ИНАЧЕ СЛОЖИТЬ СОДЕРЖИМОЕ
РЕГИСТРА CRC С ПОЛИНОМОМ
EOR SUML, POLYL
EOR SUMH, POLYH
```

```
_ENDLOOP:
; ОРГАНИЗАЦИЯ ЦИКЛА ОБРАБОТКИ
БАЙТА
DEC BITCNT
```



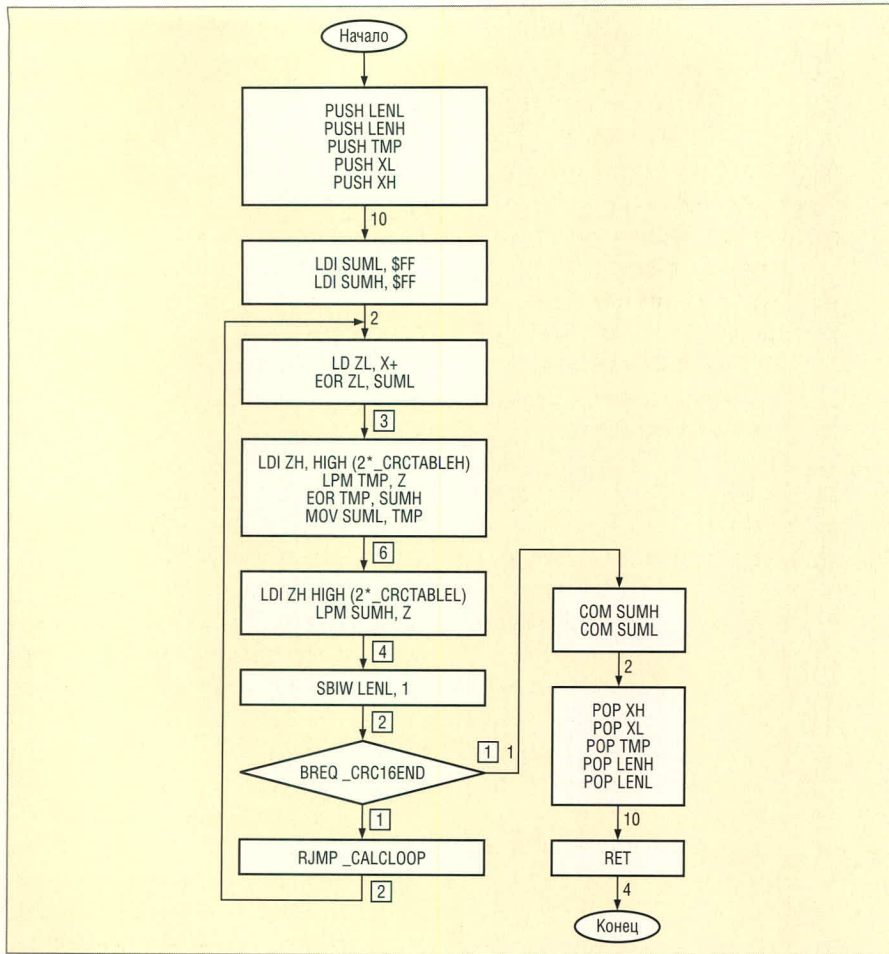


Рис. 2. Блок-схема табличного алгоритма

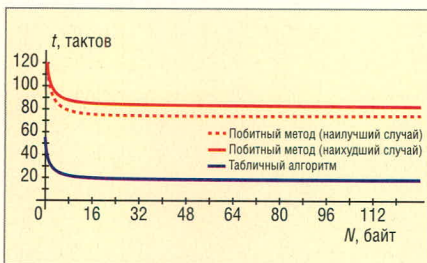


Рис. 3. Сравнение времени выполнения алгоритмов (в тактах)

**РЕАЛИЗАЦИЯ ТАБЛИЧНОГО АЛГОРИТМА**

Подробное описание табличного алгоритма можно найти в [3, 4].

Таблица 3. Временные затраты при реализации табличного алгоритма

Размер сообщения, байт	Тактов вне цикла	Тактов в цикле	Всего тактов	Тактов на один байт
1	29	18	47	47,0
2	29	36	65	32,5
4	29	72	101	25,3
8	29	144	173	21,6
16	29	288	317	19,8
32	29	576	605	18,9

Таблица 4. Сравнение объемов занимаемой памяти

Алгоритм	Flash-память, байт	SRAM, байт
Побитовый	74	0
Табличный	564	0

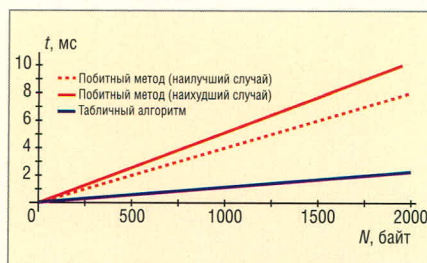


Рис. 4. Сравнение времени выполнения алгоритмов (в миллисекундах)

Блок-схема алгоритма представлена на рисунке 2, исходный код – в листинге, приведенном на сайте журнала.

Из блок-схемы алгоритма видно (см. рис. 2), что скорость его выполнения зависит от количества байт обрабатываемого сообщения и не зависит от их значения. При расчёте табличным способом используются те же параметры, что и в подпрограмме расчёта последовательным методом. Данные о временных затратах в тактах процессорного времени приведены в таблице 3.

**СРАВНЕНИЕ СКОРОСТИ ВЫПОЛНЕНИЯ АЛГОРИТМОВ**

Для сравнения скорости расчёта построим графики, отображающие зависимость времени выполнения расчёта в процессорных тактах (см. рис. 3) и миллисекундах при тактовой частоте 16 МГц (см. рис. 4) от количества обрабатываемых байт сообщения. Данные об используемой памяти отображены в таблице 4.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Проанализировав полученные данные, можно сделать следующие выводы:

- табличный алгоритм превосходит побитовый как минимум в 2,5 раза по скорости выполнения при размере сообщения в 1 байт и в 4 раза при размере сообщения более 32 байт;
- табличный алгоритм занимает на 490 байт больше памяти программ, чем побитовый;
- ввиду детерминированности времени выполнения подпрограммы расчёта контрольной суммы табличным алгоритмом, её можно использовать в качестве задержки на заданную величину.

Таким образом, использование табличного алгоритма при подсчёте контрольной суммы CRC программным способом является более эффективным даже при использовании младших моделей микроконтроллеров серии AVR.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. CRC16 – Описание алгоритма и пример расчёта на языке Си. <http://piclist.by.ru/SCRC16-RUS/CRC16.html>.
2. Методы расчёта CRC16 на микроконтроллерах серии PIC18. <http://2aplusa.ru/info/inf2.html>.
3. Williams R.N. Элементарное руководство по CRC-алгоритмам обнаружения ошибок. Rocksoft Pty. 1993.
4. Юров В.И. Assembler. Практикум. СПб.: Питер, 2006.
5. Atmel AVR Atmega16(L) datasheet.

# Новости мира News of the World Новости мира

## Рынок плазменных телевизоров: жизнь налаживается?

Жёсткая конкуренция на рынке телевизоров, резкое падение цен и давление со стороны ЖК-индустрии заставили ряд компаний заметно сбавить объёмы производства плазменных панелей, а то и вовсе оставить данную нишу. Можно привести несколько примеров. Для компаний Samsung SDI и LG Electronics, занимающих второе и третье место в ранге производителей PDP-панелей, прошедший 2007 г. оказался самым трудным по причине значительного снижения рыночных цен и падения рентабельности сегмента «плазмы». Японская компания Pioneer была вынуждена сократить производство панелей и снизить объёмы поставок сторонним сборщикам PDP-телевизоров. А вот заслуженный ветеран отрасли, компания Fujitsu General, приняла решение повторить поступок Sony полугодовой давности и покинуть рынок плазменных панелей.

Тем не менее, многие аналитики успокаивают приверженцев «плазмы» и утверждают, что отрасль выдержит удар и постепенно выйдет из кризиса. Благодаря ряду преимуществ перед ЖК-дисплеями и другими альтернативными решениями плазменные панели будут пользоваться устойчивым спросом как минимум до 2010 г. В особой степени это касается сегмента больших диагоналей с разрешением Full HD.

В связи с этим весьма обнадеживающим выглядит обещание LG Electronics довести в наступившем году годовой объём производства PDP-панелей до 6,5 млн. Для сравнения, в 2007 г. корейской компанией было выпущено около 3,5 млн. плазменных дисплеев.

Ещё один влиятельный игрок рынка «плазмы», компания Matsushita Electric, настроена не менее решительно и предсказывает на этот год подъём уровня продаж PDP-телевизоров. Владелец торговой марки Panasonic к этому хорошо подготовился, имея в своём ассортименте новые модели с улучшенными характеристиками. Как заметил глава североамериканского подразделения Matsushita, плазменную технологию не стоит недооценивать.

Однако некоторые аналитики имеют иное мнение по вопросу повышения интереса к плазменным телевизорам. Предполагается, что наблюдаемый подъём PDP-отрасли обусловлен, прежде всего, дефи-

цитом ЖК-дисплеев, вызванным уменьшением инвестиций в ЖК-индустрию после серьёзных убытков вследствие перепроизводства в 2006 у. В свете растущего спроса на плоскочастотные телевизоры многие покупатели переключают внимание на плазменные аппараты.

Понятно, что такая ситуация будет продолжаться до нормализации объёмов поставок ЖК-панелей. Более того, в будущем году индустрия «плазмы» рискует испытать следующий резкий спад, — полагают специалисты. Его причиной может стать введение в строй крупными производителями линий восьмого поколения (8G) для массового выпуска 50-дюймовых ЖК-панелей.

reuters.com

## Рынок NAND: прогноз благоприятный

Согласно прогнозу компании DRAMeXchange, главной отраслевой электронной торговой площадки, спрос на микросхемы флэш-памяти типа NAND будет уверенно расти в течение всего 2008 г. Рост потребности в чипах NAND будет наблюдаться во всех ключевых сегментах рынка потребительской электроники: мобильных устройств связи, портативных медиаплееров, цифровых камер и USB-накопителей, причём в этой гонке не будет явных аутсайдеров.

Общий же рост спроса на чипы NAND по итогам 2008 г. прогнозируется агентством на уровне 130%.

Наибольший спрос на модули NAND, по мнению аналитиков агентства, следует ожидать со стороны производителей мобильных устройств связи (включая мобильные телефоны, смартфоны, коммуникаторы и GPS-навигаторы). Он вырастет на 10% к уровню 2007 г. и составит в текущем году 1,23 млрд. долл. США. Вторыми в списке с объёмом, равным 200 млн. долл. США, и ростом спроса в 20% годовых следуют производители портативных MP3- и видеоплееров.

Третье и четвёртое места в рейтинге DRAMeXchange занимают производители USB-накопителей и цифровых фотокамер с ожидаемой потребностью в чипах NAND в 170 и 130 млн. долл. США соответственно. При этом первые смогут похвастать самым высоким ростом спроса по отношению к уровню прошлого года, равным 25%. Производители цифровых фотокамер довольствуются ростом в 14%.

Рост предложения на рынке NAND в течение текущего года прогнозируется на уровне 130...140%, поскольку все ведущие производители намерены увеличить количество выпускаемых микросхем памяти NAND в связи с массовой миграцией на новые проектные нормы. Подобные темпы увеличения производства, полагают агентство, приведут к равновесию спроса и предложения на исследуемом рынке к середине 2008 г.

eetimes.com

## Sony уходит с рынка проекционных ТВ и ищет партнёров для ЖК-альянса

Развитие ЖК-индустрии ударило не только по рынку плазменных панелей. В числе пострадавших оказались и проекционные телевизоры. А со вчерашнего дня, судя по всему, можно говорить об их полной «капитуляции». Компания Sony, последний крупный производитель телевизоров задней проекции, заявила о своём решении уйти с этого рынка.

По словам официального представителя Sony Синдзи Обана (Shinji Obana), японский электронный гигант планирует в феврале будущего года полностью остановить производство проекционных телевизоров на трёх заводах в Японии и за её пределами. Освободившиеся ресурсы планируется сфокусировать на более перспективных технологиях: ЖК и OLED.

Источник напоминает, что в начале этого месяца с подобным заявлением выступила японская компания Seiko Epson. Ещё один влиятельный игрок рынка проекционных телевизоров, компания Hitachi, начала сворачивать их производство ещё в начале этого года.

Стоит также добавить несколько слов о реакции Sony на объединение сил конкурентов на рынке плоскочастотных телевизоров. Уже созданы два альянса, организованных компаниями Matsushita, Hitachi, Canon, а также Sharp и Toshiba. В этой связи любопытным выглядит попытка Sony найти себе новых партнёров, несмотря на тесные отношения с Samsung. Со ссылкой на интервью президента компании Райожи Чубаши (Ryoji Chubashi) сообщается, что растущий спрос на телевизоры заставляет Sony искать новые надёжные каналы поставки ЖК-панелей в дополнение к существующим.

reuters.com

## АВТОБУСАМ И ТРАМВАЯМ – СОВРЕМЕННЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ!

«Использование средств отображения информации на общественном транспорте» – тема одного из круглых столов деловой программы «Электроника-Транспорт 2008» (12–14 марта 2008 г., Москва, ЦВК «Экспоцентр»).

Москвичи, жители Петербурга, Уфы, Казани и других городов по достоинству оценили появившиеся в последние годы светодиодные указатели маршрута на городском транспорте, бегущие строки в трамваях и поездах метро, информационные табло на остановках, интерактивные справочные системы. На круглом столе планируется проанализировать первичный опыт эксплуатации, замечания пассажиров, перспективы новых информационных систем.

Приглашаем компании, имеющие профильные разработки и решения, рассказать о них на семинаре!

Открыт прием заявок на выступление с докладом, а также участие в

выставке и заказ пригласительных билетов <http://transport.chipexpo.ru/rus/programm.htm/>.

**Дирекция форума  
«Электроника-Транспорт»:  
тел.: (495) 221-5015**

## ОРГАНИЗУЕТСЯ КОЛЛЕКТИВНЫЙ СТЕНД ПРЕДПРИЯТИЙ – ЧЛЕНОВ РОССИЙСКОЙ ИНЖЕНЕРНОЙ АКАДЕМИИ

В рамках соглашения, подписанного между Российской инженерной академией и ЗАО «ЧипЭКСПО», на выставке «Электроника-Транспорт 2008» будет организован коллективный стенд предприятий – членов академии.

К участию в экспозиции приглашены НИИ Вычислительных комплексов им. Карцева, МТУСИ, ФГУП НИИ «Полус», НПО «Полет», Лотес ТМ, «Отраслевой центр внедрения новой техники и технологий ОАО РЖД».

Готовится выступление по вопросу развития российской транспортной электроники вице-президента

РИА, а также участие предприятий РИА в мероприятиях деловой программы. Более подробную информацию вы можете получить по адресу: <http://transport.chipexpo.ru/rus/programm.htm/>.

«Электроника-Транспорт» – российская выставка. Вышеуказанные мероприятия проводятся с целью продвижения отечественных разработок.

Выставка-форум «Электроника-Транспорт 2008» – III специализированная выставка по электронике, электротехнике и системам управления для транспорта и транспортных коммуникаций – состоится 12–14 марта 2008 г. в ЦВК «Экспоцентр», павильон № 7. Экспозиция и деловая программа форума готовятся при поддержке и участии специалистов ОАО «РЖД», Международной ассоциации «Метро», Российской инженерной академии, Роспрома, департамента Транспорта и связи Правительства Москвы.

**Дирекция форума  
«Электроника-Транспорт»:  
тел.: (495) 221-5015**

**ЭЛЕКТРОНИКА**  
КОМПОНЕНТЫ • ОБОРУДОВАНИЕ • ТЕХНОЛОГИИ

**ChipEXPO** ОКТЯБРЬ 1-3  
**-2008**  
6-Я МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА  
РОССИЯ • МОСКВА • ЭКСПОЦЕНТР

ПРИ ПОДДЕРЖКЕ:



Министерство промышленности и энергетики Российской Федерации  
Федеральное агентство по промышленности  
Департамент науки и промышленной политики города Москвы  
Московская торгово-промышленная палата  
Российская Инженерная Академия

ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА



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

СОВМЕСТНО С  
ВЫСТАВКОЙ

**DISPLAY**

# ЭкспоЭлектроника-2008 – ваша контактная площадка!

Окончательно определившись к концу 2007 г. с преобладанием политической власти, руководство Российской Федерации дало понять бизнес-сообществу как внутри страны, так и за её пределами, что экономический курс в целом останется прежним. В наступившем году продолжатся довольно активные по сравнению с прежними временами инвестиции в высокотехнологичный сектор, а значит, рынок профессиональной электроники как минимум сохранит прежние темпы роста и развития.

Одним из важных показателей развития рынка является развитие и укрепление статуса специализиро-

ванных бизнес-мероприятий российского электронного сектора, в центре которых на протяжении уже более десяти лет уверенные позиции держит международная выставка «ЭкспоЭлектроника», объединённая с активно развивающейся выставкой технологического оборудования и материалов «ЭлектронТехЭкспо».

В 2008 г. эти выставки будут проводиться с 15 по 18 апреля в новом третьем выставочном павильоне МВЦ «КрокусЭкспо». По данным организатора мероприятия – выставочной компании «Примэкспо» – «ЭкспоЭлектроника» и «ЭлектронТехЭкспо» соберут более 500 участников из

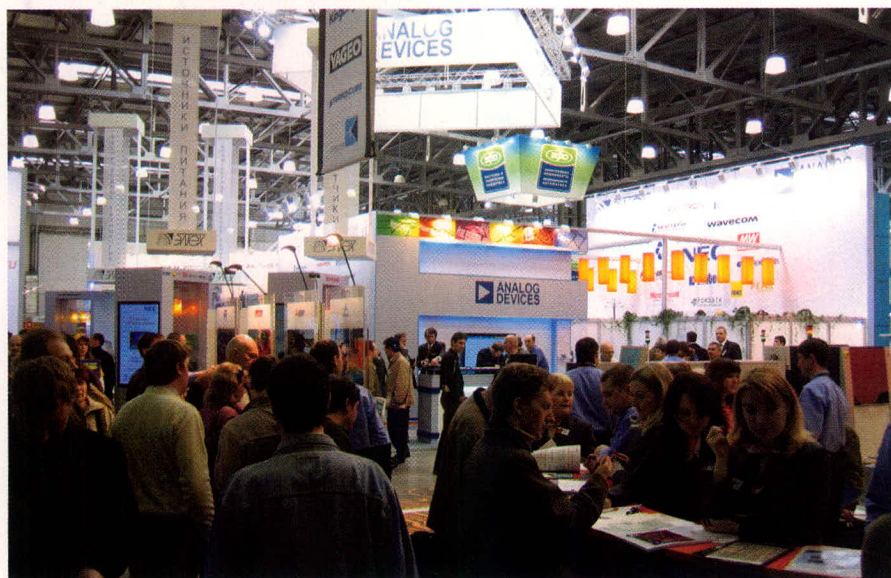
25 стран мира. Национальными стендами на объединённом мероприятии будут представлены Тайвань, Германия, Китай, Гонконг, Корея и Великобритания. Рост выставочной площади должен составить порядка 15%.

Международные выставки «ЭкспоЭлектроника» и «ЭлектронТехЭкспо», проводимые на выставочных площадях МВЦ «КрокусЭкспо», сохраняют и продолжают укреплять статус центрального делового мероприятия российского рынка профессиональной электроники. С каждым годом эти выставки набирают силу и влияние, и на сегодняшний день объединённое мероприятие полностью соответствует европейскому уровню организации подобных шоу.

Очевидным фактом является безусловный интерес крупнейших западных производителей электроники к растущему российскому рынку. Это активно подтверждается постоянно умножающимся числом зарубежных участников «ЭкспоЭлектроника», среди которых – большое количество признанных международных брендов. Ещё не так давно для того, чтобы познакомиться с новинками ведущих мировых производителей, таких как Panasonic, Siemens, Analog Devices, Tyco Electronics, Assembleon, Philips, Sharp, Omron Electronics, Rohde & Schwarz, Agilent Technologies, Tektronix, Atotech и многих других, необходимо было отправиться в Мюнхен на международные выставки Productronica и Electronica. Сегодня это доступно посетителям «ЭкспоЭлектроника» и «ЭлектронТехЭкспо». Интересен тот факт, что уже третий год подряд объединённое мероприятие является крупнейшей в Восточной Европе выставкой электронных компонентов и технологического оборудования.

Есть все основания полагать, что объединённые выставки «ЭкспоЭлектроника-2008» и «ЭлектронТехЭкспо-2008» укрепят свой статус одного из лидирующих деловых мероприятий в Европе, продемонстрировав высокую эффективность и отдачу как для участников, так и для посетителей.

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

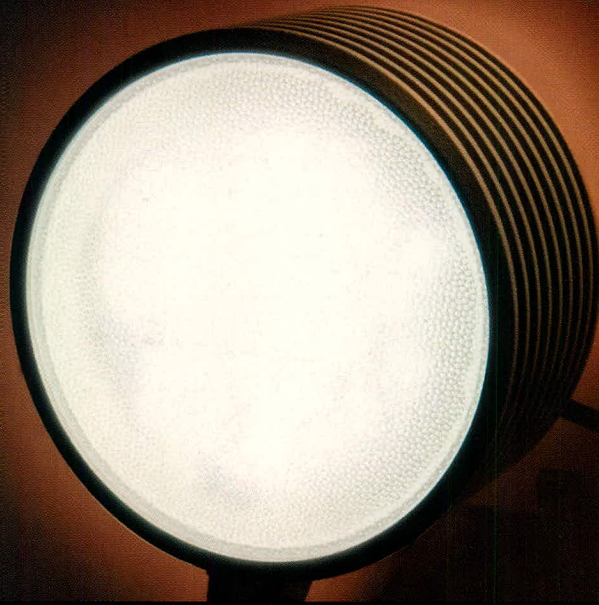


# ИКСЛАЙТ XLight

Революция уже началась!

**5 лет  
ГАРАНТИЯ**

Промышленные прожекторы XLight™ —  
надёжность, экологичность, энергоэффективность



#### Общие сведения

- Степень защиты IP67
- Напряжение изоляции 5 кВ

#### Области применения

- Промышленные объекты (производственные цеха, склады, строительные площадки)
- Подземные и наземные автостоянки
- Подземные коммуникации (тоннели, метрополитен)
- Архитектурное освещение
- Специальное освещение

#### Модификации прожекторов SSL-FL:

1. **SSL-FL-15D220AC** – монохромные прожекторы с напряжением питания 220 В, 50 Гц и диммированием внешним ШИМ-сигналом.
2. **SSL-FL-15D48DMX** – монохромные и RGB-прожекторы с напряжением питания 48 В постоянного тока и управлением по протоколу DMX.

ПРОСОФТ – ЭКСКЛЮЗИВНЫЙ ПОСТАВЩИК ПРОДУКЦИИ XLIGHT В РОССИИ И СТРАНАХ СНГ

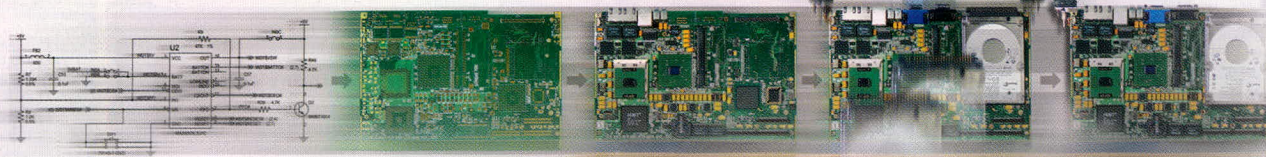
**PROSOFT**®

**ПРОСОФТ – АКТИВНЫЙ КОМПОНЕНТ ВАШЕГО БИЗНЕСА**

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

*Реальность, созданная интеллектом*

*Разработка • Образцы • Серийное производство • Крупные проекты*



## КОНТРАКТНОЕ ПРОИЗВОДСТВО ЭЛЕКТРОНИКИ

- Монтаж на линиях SMD и селективной DIP-пайки
- Автоматизированная оптическая инспекция качества
- Документированный рентген-контроль BGA
- Электромеханическая корпусная сборка шкафов
- Отлаженное комплектование производства
- Печатные платы безупречного качества
- Кабели, шлейфы, жгуты, контроль качества
- Передние панели, шильды, радиаторы
- Влагозащита, контроль качества лакирования
- Программирование, тестирование, испытания
- Разработка, редизайн, замена компонентов
- Светотехнические решения CREE

**Fasteko**  
[www.fasteko.ru](http://www.fasteko.ru)

Тел.: (495) 739-0775 • Факс: (495) 739-0776 • E-mail: [product@fastwel.ru](mailto:product@fastwel.ru)

**Представительства:** ООО «Элтикон» г. Минск, тел. +375 (17) 289-6333, E-mail: [smt@elticon.ru](mailto:smt@elticon.ru)  
НПФ «Индустриальные технологии» г. Новосибирск, тел. (383) 330-6556, E-mail: [procomp@i-techno.ru](mailto:procomp@i-techno.ru)

реклама

# DSPA-2008

Москва  
26 – 28 марта 2008 г.

10-я Международная Конференция и Выставка

Цифровая Обработка  
Сигналов и ее Применение

Digital Signal Processing  
and its Applications



## Тематика выставки

- Новые компоненты различных производителей для цифровой обработки сигналов
- Отечественные и зарубежные изделия на базе DSP
- Новые технические и алгоритмические решения в области цифровой обработки сигналов
- Новые области применения приборов на базе DSP

AUTEX Ltd.

Тел.: (495) 334-7741, 334-9151  
Факс: (495) 234-9991, 334-8729  
e-mail: info@autex.ru  
http://www.autex.ru

## Тематика конференции

- Теория сигналов и систем
- Теория и методы цифровой обработки сигналов (ЦОС)
- Цифровая обработка многомерных сигналов
- Цифровая обработка речевых и звуковых сигналов
- Цифровая обработка изображений
- ЦОС в системах телекоммуникаций
- ЦОС в радиотехнических системах
- ЦОС в системах управления
- Цифровая обработка измерительной информации
- Нейрокомпьютерная обработка сигналов и изображений
- Цифровое телерадиовещание
- ЦОС в системах защиты информации
- Проектирование и техническая реализация систем ЦОС
- Проблемы подготовки специалистов в области ЦОС

РНТОРЭС им. А. С. Попова  
Тел.: (495) 621-0610, 621-7108  
Тел./факс: (495) 621-1639  
e-mail: nto.popov@mtu-net.ru  
http://www.rntores.ru

Подробная информация: [www.autex.ru](http://www.autex.ru) [www.dspa.ru](http://www.dspa.ru)