

СОВРЕМЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

1

2011

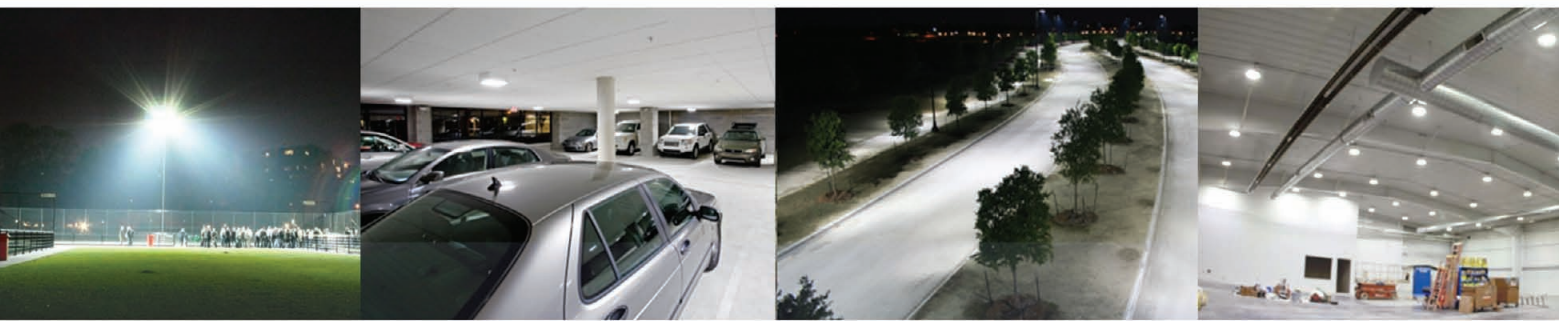
В номере

- Радиационная стойкость модулей МЭМС
- Светодиоды фирмы Nichia
- Дифференциальные пары в Cadence Allegro
- Методы проектирования систем на кристалле ПЛИС
- Безопасное обновление ПО для Embedded Linux

и многое другое

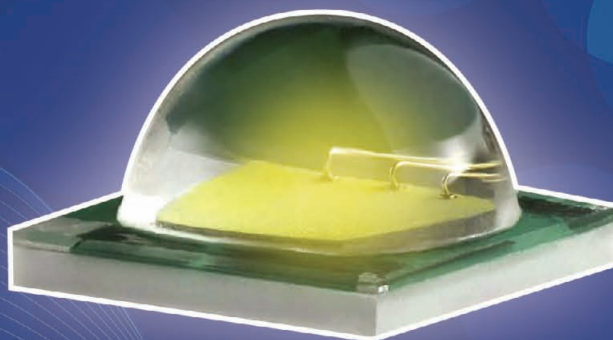
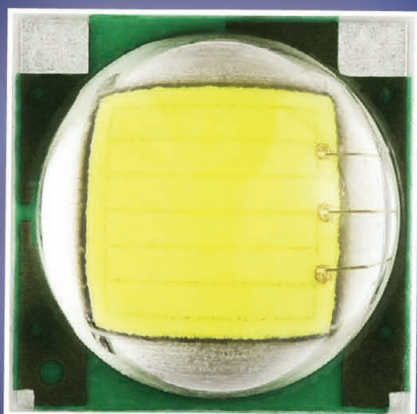
Я
И
Ю
ВЫИ
ГОД





Уникальный светодиод от Cree

Эффективность 161 Лм/Вт



XLamp XM-L

- Эффективность до 161 Лм/Вт
- Максимальный ток 3 А
- Световой поток до 840 Лм (при токе 3 А)
- Стоимость одного люмена 0,63 \$
- Тепловое сопротивление 2,5°C/Вт
- Размер 5 x 5 мм

реклама

Полная линейка приборных корпусов

Технология EuroPacPRO — ГАЛАКТИКА ВОЗМОЖНОСТЕЙ



CompacPRO

**Простой и удобный
переносной корпус**

- Разнообразные конфигурации
- Идентичные передняя и задняя рамки
- Простота сборки – компоненты фиксируются с внешней стороны
- Высокая прочность и надежность
- Привлекательная цена

PropacPRO

**Прочный переносной корпус
с системой электромагнитного
экранирования**

- Разнообразные конфигурации
- Привлекательный дизайн
- Прочная литая передняя рамка
- Возможность электромагнитного экранирования
- Может использоваться для медицинского оборудования

RatiopacPRO

**Универсальный корпус
для любых применений**

- Настольное, переносное или стоечное исполнение
- Произвольные размеры и разнообразные конфигурации
- Возможность электромагнитного экранирования
- Эффективные системы охлаждения

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР ПРОДУКЦИИ SCHROFF

PROSOFT®

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

Главный редактор

Александр Майстренко

Зам. главного редактора

Татьяна Крюк

Редакционная коллегия

Александр Балакирев, Андрей Данилов,
Виктор Жданкин, Сергей Сорокин

Вёрстка

Олеся Фрейберг

Обложка

Дмитрий Юсим

Служба распространения

(info@soel.ru)
Ирина Лобанова

Служба рекламы

(advert@soel.ru)
Ирина Савина

Издательство «СТА-ПРЕСС»

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

Журнал выходит 9 раз в год

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

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

Перепечатка материалов допускается только
с письменного разрешения редакции.
Ответственность за содержание рекламы
несут рекламодатели.
Ответственность за содержание статей
несут авторы.
Материалы, переданные редакции,
не рецензируются и не возвращаются.
© СТА-ПРЕСС, 2010

1/2011 Contents

MARKET	
News from the Russian Market	4
ELEMENTS AND COMPONENTS	
Radiation Hardness of Microelectromechanical Modules	10
<i>Dimitr Dimitrov, Nikolai Danilin, Il'yas Sabirov</i>	
Hall-Effect Sensors of Weak Magnetic Fields	12
<i>Igor' Buslov, Valerii Bautkin, Aleksandr Drapezo, Vyacheslav Yarmolovich</i>	
DEVICES AND SYSTEMS	
Motherboards for Industrial Embedded Systems	18
<i>Nikolai Kol'skii</i>	
Intel Atom Platform and Related Solutions for Embedded Systems	22
<i>Petr Pavlov</i>	
PRACTICAL ELECTRONICS	
Control Unit for Heat Gun	26
<i>Sergei Shishkin</i>	
Two Ways to Measure Temperature Using Thermocouples Feature Simplicity, Accuracy, and Flexibility	32
<i>Matthew Duff, Joseph Towey</i>	
Computing Power Going Platinum	40
<i>Michael O'Loughlin</i>	
DESIGN AND SIMULATION	
Operation with Differential Pairs in Cadence Allegro	44
<i>Anatolii Sergeev, Petr Savchenko</i>	
Construction of Effective Signal Processing Channel Using the CUDA Technology	50
<i>Aleksandr Tumachek, Andrei Ermakov</i>	
Architecture, Technology, and Methods for FPGA Design	52
<i>Aleksei Shmatok</i>	
Simulation of Transients in High-Frequency AC Welding Inverter	54
<i>Vadim Bardin, Dmitrii Borisov</i>	
PROGRAMMING	
Use of the RMS Scheduling Algorithm in Microcontrollers	56
<i>Nikolai Balandin, Aleksandr Krapivnyi</i>	
DDR SDRAM Controller for DK-START-3C25N Printed-Circuit Board	60
<i>Aleksei Grebennikov</i>	
Embedded Linux: Techniques for Embedded Software Safe Upgrade	66
<i>Viktor Polstyuk</i>	
THEORY	
Multisensor Bridge Measuring Systems	68
<i>Georgii Volovich</i>	
Variable Word Length in IIR Cascade Filters	70
<i>Aleksandr Mingazin</i>	
EVENTS	
V International Industrial Forum Radio Electronics, Instrument Making, Automation-2010: The Results	76
PCB Technology Workshop: Effective Application of New Technologies in Designing Printed-Circuit Boards with QFN and BGA	77
In April Information Technologies will Meet Transport!	77
The Focus of the Exhibition LEDTechExpo – LEDs	78

Содержание 1/2011

РЫНОК

4 **Новости российского рынка**

ЭЛЕМЕНТЫ И КОМПОНЕНТЫ

10 **Радиационная стойкость модулей МЭМС**

Димитр Димитров, Николай Данилин, Ильяс Сабиров

12 **Датчики слабых магнитных полей на эффекте Холла**

Игорь Буслов, Валерий Бауткин, Александр Драпезо, Вячеслав Яромлович

ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

18 **Материнские платы для промышленных встраиваемых систем**

Николай Кольский

22 **Платформа Intel Atom и решения на её основе для встроенных систем**

Пётр Павлов

ПРАКТИЧЕСКАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

26 **Блок управления тепловой пушкой**

Сергей Шишкин

32 **Два способа измерения температуры при помощи термопар**

Мэтью Дафф, Джозеф Тови

40 **Источники питания компьютеров приближаются к «платиновому» уровню стандарта**

Михаэль О'Лафлин

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И МОДЕЛИРОВАНИЕ

44 **Работа с дифференциальными парами в Cadence Allegro**

Анатолий Сергеев, Пётр Савченко

50 **Построение эффективного тракта обработки сигналов с использованием технологии CUDA**

Александр Тумачек, Андрей Ермаков

52 **Архитектура, технологические особенности и методы проектирования систем на кристалле ПЛИС**

Алексей Шматов

54 **Моделирование переходных процессов в сварочном инверторе переменного тока высокой частоты**

Вадим Бардин, Дмитрий Борисов

ПРОГРАММИРОВАНИЕ

56 **Использование алгоритма планирования RMS в микроконтроллерах**

Николай Баландин, Александр Крапивный

60 **Контроллер DDR SDRAM для платы DK-START-3C25N**

Алексей Гребенников

66 **Embedded Linux: методы безопасного обновления встроеного программного обеспечения**

Виктор Полстюк

ВОПРОСЫ ТЕОРИИ

68 **Многодатчиковые мостовые измерительные схемы**

Георгий Волович

70 **Длина слова переменных в каскадных БИХ-фильтрах**

Александр Мингазин

СОБЫТИЯ

76 **Итоги V Международного промышленного форума «Радиоэлектроника. Приборостроение. Автоматизация – 2010»**

77 **Семинар PCB technology «Эффективное использование новых технологий в проектировании печатных плат с QFN и BGA»**

77 **В апреле информационные технологии встретятся с транспортом!**

78 **В центре внимания выставки LEDTechExpo – светодиоды**

Уважаемый читатель!

Число бесплатных подписчиков журнала «Современная электроника» неуклонно растёт, соответственно растёт и число рассылаемых по почте журналов. Безусловно, нам приятно осознавать рост читательского интереса к нашему журналу. Но вместе с тем, всё больше подписчиков сообщают нам о фактах пропажи журнала на почте или из почтового ящика.

Редакция гарантирует только отправку журнала бесплатному подписчику, но не может гарантировать его доставку.

Риск пропажи журнала можно уменьшить. Во-первых, можно обратиться в отдел доставки вашего почтового отделения и оформить получение журнала до востребования. Во-вторых, можно оформить платную подписку на журнал, и в этом случае почта будет нести ответственность за его доставку.

Преимущества платной подписки:

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

«Роспечать»

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

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

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

«Артос-ГАЛ»

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

«Интер-Почта-2003»

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

«Орикон-М»

тел./факс: (495) 937-4959, 937-4958
oricon@sovintel.ru

«Урал-Пресс»

http://www.ural-press.ru

Читатели из дальнего зарубежья могут оформить подписку через агентство

«МК-Периодика»

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

Новости российского рынка

Элементы и компоненты

Шаговые сервоприводы

Компания ООО «НПФ Электропривод» приступила к поставкам шаговых сервоприводов EZI-SERVO.



Ezi-SERVO – это комплекты шаговых приводов с обратной связью, объединяющие все плюсы использования сервопривода и шагового привода:

- обеспечивают непрерывный контроль положения вала двигателя и точное позиционирование с высоким разрешением;
- усовершенствованное векторное управление током фаз – привод разгоняется до 3000 об/мин за доли секунды и сохраняет высокое значение крутящего момента на больших скоростях;
- плавное движение во всём диапазоне скоростей, отсутствие вибрации при работе с низкими скоростями, контроль потери синхронизации без применения дополнительных датчиков;
- простота ввода в эксплуатацию и лёгкость управления без необходимости длительной настройки;
- управление стандартными сигналами «Шаг»/«Направление» или программирование от компьютера (поддерживает шины CAN, RS-232, RS-485).

www.electroprivod.ru

Тел.: (812) 493-2726; (812) 703-0981;
(495) 649-8726

Качественно новые высокочастотные малошумящие прецизионные кварцевые генераторы

ОАО «МОРИОН» (Санкт-Петербург) представляет качественно новые высокочастотные малошумящие прецизионные кварцевые генераторы.

ГК218-ТС: миниатюрный термостатированный кварцевый генератор в корпусе $25 \times 25 \times 10$ мм. Поставляется с частотами от 48 до 1000 МГц. Характеризуется высокой температурной стабильностью частоты (до 5×10^{-8}) в широком интервале рабочих температур, высокой долговременной стабильностью частоты (до 2×10^{-7} за год) и низким уровнем фазовых шумов: до -170 дБ/Гц для частоты 100 МГц при отстройке 100 кГц. ГК218-ТС имеет выходной сигнал SIN и напряжение пи-

тания 12 или 5 В. Характерной особенностью новой модели является малое время установления частоты – <60 с. Доступен вариант исполнения в корпусе с SMA-разъёмом.

ОАО «МОРИОН» заканчивает разработку кварцевого генератора ГК219-ТС с теми же габаритно-присоединительными размерами, как и у описанного выше ГК218-ТС. Обладая схожими электрическими характеристиками, ГК219-ТС будет иметь существенно более высокую стойкость к внешним воздействующим факторам. Предназначен для специальных применений и будет поставляться в категории качества «ВП».

Уникальные характеристики делают указанные генераторы эффективнейшим решением для применения в различных типах радиолокационного оборудования, а также для любых видов синтезаторов частот.



Дополнительная информация об этих и других новых приборах доступна на обновлённом сайте www.morion.pф.

www.morion.com.ru

Тел. (812) 350-7572, (812) 350-9243

Миниатюрные высокостабильные кварцевые генераторы со сверхнизкой потребляемой мощностью

ООО «Мэджик Кристалл», г. Омск, уже более 10 лет специализирующееся в разработке и производстве опорных термостатированных кварцевых генераторов, представляет серию миниатюрных кварцевых генераторов МХО37 с ультранизкой потребляемой мощностью и высокой стабильностью частоты.

Генераторы построены на основе резонаторов-термостатов, в которых система термостатирования размещена внутри вакуумированного корпуса кварцевого резонатора и поддерживает температуру только кварцевой пластины. Из-за этого существенно уменьшаются размеры, потребляемая мощность и время разогрева генератора, а стабильность частоты и уровень фазового шума могут достигать значений, соответствующих параметрам лучших термостатированных кварцевых генераторов традиционной конструкции.

Генераторы серии МХО37 имеют размеры и расположение выводов, совместимые

с корпусами DIP14 ($20 \times 15 \times 10$ мм) и DIP8 ($15 \times 15 \times 10$ мм). Кроме этого, имеются SMD-версии этих генераторов (МХО37/8S и МХО37/14S), а также герметичный вариант в металлическом корпусе с размерами $20 \times 20 \times 12,6$ мм (модель МХО37/R).



Потребляемая мощность генераторов МХО37 в стационарном режиме в зависимости от рабочего интервала окружающей температуры составляет 120...150 мВт. Время установления частоты после включения генератора (с точностью 1×10^{-7}) в стандартной версии составляет около 60 с и может быть сокращено до 15 с по требованиям заказчика.

Температурная стабильность частоты таких генераторов для рабочей частоты 10 МГц достигает значений 1×10^{-8} в температурном диапазоне $-40...+85^\circ\text{C}$, а долговременная стабильность – 3×10^{-8} в год, что соответствует параметрам лучших термостатированных генераторов с традиционной конструкцией термостата.

Уровень фазового шума генераторов серии МХО37, работающих на частоте 10 МГц, может достигать -100 дБс/Гц при отстройке от несущей 1 Гц и -170 дБс/Гц при отстройке 10 кГц. Типичное значение вариации Аллана за 1 с таких генераторов 1×10^{-11} и может быть уменьшено до 5×10^{-12} по специальным требованиям.

Генераторы серии МХО37 изготавливаются для широкого диапазона частот – от 8 до 250 МГц с напряжением питания 5 и 3,3 В, с синусоидальным или КМОП-выходом. На частотах выше 130 МГц в генераторах используется внутреннее умножение частоты.

Сочетание очень малых размеров и потребляемой мощности с высокой стабильностью частоты и низким фазовым шумом делает генераторы серии МХО37 идеальным решением не только в портативных устройствах с батарейным питанием, но и в других радиоэлектронных приборах, где до сих пор применялись термостатированные генераторы традиционной конструкции.

Дополнительная информация об этих и других термостатированных кварцевых генераторах размещена на сайте компании «Мэджик Кристалл».

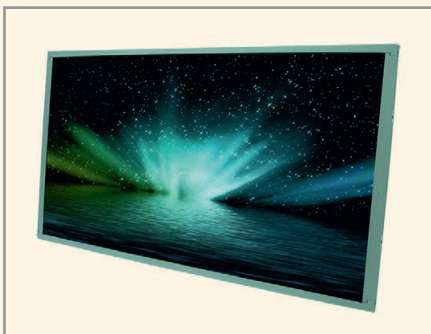
www.magicxtal.com

Тел.: (3812) 433-967, 433-968, 381-640

Новости российского рынка

31,5-'' ЖК-дисплей высокой яркости с системой задней подсветки на светодиодах

Компания Litemax Electronics, лидер в области производства ЖК-дисплеев с повышенной яркостью свечения экрана, начала выпуск 31,5-'' ЖК-панелей серий DLF/DLH3245 с системой задней подсветки на светодиодах, расширив своё известное семейство Durapixel. Новые модели с изображением высокой чёткости (HD – High Definition) с яркостью свечения 1000 кд/м², светофильтром с высоким коэффициентом пропускания, поляризаторами с высоким пропусканием, низкой потребляемой мощностью могут применяться для информационных киосков, демонстрации рекламных роликов, в морской и студийной аппаратуре.



Технические характеристики дисплеев серий DLF3245/DLH3245:

- ЖК-панель со светодиодной подсветкой, размер диагонали 31,5'';
- рабочая площадь экрана: 697,69 × 392,26 мм;
- яркость: 1000 кд/м²;
- разрешение: 1366 × 768 пикселей (формат изображения WXGA);
- контрастность: 2500 : 1;
- угол обзора: +88°/–88° (в горизонтальной плоскости), +88°/–88° (в вертикальной плоскости);
- число воспроизводимых цветов: 16,7 млн.;
- время оптического отклика: 7 мс (тип.).

Модель DLH3245-ENN-G01 комплектуется платой управления AD2662GD, которая обеспечивает работу с видеовходами VGA и DVI-D, плата экранного меню обес-



печивает регулировку яркости, контрастности, цвета, положения изображения по горизонтали и вертикали. В комплект поставки модели DLF3245-ENN-A01 входит только драйвер светодиодной подсветки LID32 с соединительным кабелем. По заказу может быть установлен сенсорный экран.

Основные свойства:

- высокая стойкость к ударным и вибрационным воздействиям;
- высокая равномерность распределения яркости;
- отсутствие в конструкции свинца и ртути;
- низкий уровень электромагнитных помех;
- КПД платы управления светодиодной подсветкой более 90%;
- широкий диапазон регулировки яркости (контрастное отношение 2500 : 1);
- питание от сети постоянного тока;
- разнообразие конструктивных исполнений;
- длительный ресурс (свыше 70 000 ч).

www.prosoft.ru

Тел.: (495) 234-0636

Дисплей EL160.120.39 теперь работает и при –50°С

Компания Planar Systems расширила диапазон рабочих температур популярного малоформатного электролюминесцентного дисплея EL160.120.39 до –50...+70°С. Диапазон температур хранения –60...105°С.



Тонкоплёночные EL-дисплеи с успехом применяются в медицине, на транспорте. Возможности и преимущества EL-дисплеев:

- работа при низких температурах без использования дополнительного обогрева;
- широкий угол обзора – свыше 160°;
- быстрый отклик дисплея – менее 1 мс;
- компактный корпус и обрамление;
- высокая надёжность – MTBF 116 000 ч;
- потеря яркости до 25...30% после 11-летней эксплуатации.

Интерфейс EL160.120.39 поддерживает большим количеством современных интегральных схем. Четырёхбитовый видеоинтерфейс обеспечивает низкую стои-

мость, гибкость в управлении яркостью и потребляемой мощностью.

Габариты корпуса (Ш × В × Г): 93,6 × 61,5 × 20 мм. Активная площадь экрана 62,3 × 46,7 мм (размер диагонали 3,1'').

www.prosoft.ru

Тел.: (495) 234-0636

Источники питания AC/DC 40...65 Вт для медицинской аппаратуры

Компания TDK-Lambda UK представляет серию CSS65 компактных одноканальных источников питания (все модели соответствуют требованиям к безопасности стандарта UL/EN/IEC60601-1). По требованиям к кондуктивным помехам и помехам излучения они соответствуют стандарту EN55011-B, по стойкости к импульсным напряжениям – EN60601-1-2.



Модули имеют стандартную площадь печатной платы 2 × 4'' (50,8 × 101,6 мм) и высоту 30 мм; цепи фазы и нейтрали защищены предохранителями (15 А, 250 В). Диапазон рабочих температур 0...+70°С с конвекционным отводом тепла, при этом обеспечивается мощность 65 Вт при температуре окружающей среды +50°С. Ток утечки на землю меньше 250 мкА при входном напряжении 264 В/60 Гц. Выходные напряжения от 5 до 48 В, КПД более 87%. Электрическая прочность изоляции 4000 В, изоляция между первичной цепью и цепями заземления 1500 В. Имеется защита от длительного короткого замыкания и перенапряжения с самовосстановлением.

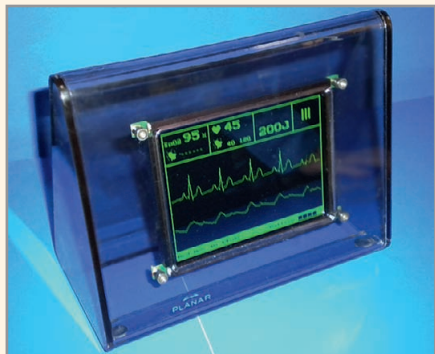
www.prosoft.ru

Тел.: (495) 234-0636

Электролюминесцентный монохромный дисплей с изображением зелёного цвета

Компания Planar Systems, выпускающая электролюминесцентные дисплеи с

Новости российского рынка



изображением ярко-жёлтого цвета, предлагает для производителей серийного оборудования EL-дисплеи с изображением зелёного цвета. Спектр излучения электролюминофора в значительной степени определяется активатором. В монохромных EL-дисплеях с изображением янтарного цвета применяется люминофор из Mn. Для применений, где требуется изображение зелёного цвета, Planar предлагает малоформатные QVGA-дисплеи EL320.240.36 (размер диагонали 5,7"), выполненные с применением активатора из другого вещества. При этом сохраняются все оптические и эксплуатационные параметры моделей янтарного цвета.

EL-технология длительное время прочно занимает нишу в применениях, требующих особой надёжности и высоких эксплуатационных характеристик:

- военная техника;
- транспорт;
- промышленность;
- медицина;
- аппаратура морской техники.

www.prosoft.ru

Тел.: (495) 234-0636

Программируемые ИВЭП Genesys TM с функцией приёма мощности от нагрузки

Программируемые источники питания Genesys компании TDK-Lambda весьма эффективны и просты во многих применениях. Теперь модели с выходными мощностями 750 и 1500 Вт доступны с опцией Power Sink (PSINK), что позволяет принимать энергию от нагрузки.



Основные характеристики:

- поглощение пиковой мощности 200 Вт;
- сохранение установок выходного напряжения безотносительно к полярности выходного напряжения (и режима источника или приёмника).

Основные применения:

- тестирование электродвигателей с ШИМ-регулируемым скоростью (эти системы часто возвращают мощность в источник питания при торможении);
- автоматическое испытательное оборудование, требующее быстрой установки пониженного напряжения в режиме холостого хода;
- испытание конденсаторов и батарей;
- тестирование приводов автомобилей, например, силовых приводов стеклоподъёмников, зеркал и регулировок сидений.

www.prosoft.ru

Тел.: (495) 234-0636

Преобразователь напряжения для применения в подводной окружающей среде

Компания Schaefer, производитель прочных и надёжных источников питания, представляет новый преобразователь напряжения, который является идеальным для подводной разведки полезных ископаемых или для других глубоководных применений.



Этот преобразователь напряжения демонстрирует технические и конструкторские возможности компании Schaefer, предоставляя решения для уникальных и требовательных приложений в жёстких условиях или удалённых расположениях. Применение компонентов промышленного класса обеспечивают высокоэффективное компактное решение наряду с повышенной механической прочностью и тропическим исполнением, способствующих надёжному функционированию в жёсткой окружающей среде.



Основанная на испытанном преобразователе напряжения серии S3700, прочная конструкция обеспечивает в нагрузке мощность до 1100 Вт с регулируемым стабилизированным выходным напряжением 24 В. Специалисты Schaefer могут также разработать модули, способные работать при повышенном входном напряжении (до 5000 В постоянного тока) или формировать более высокие напряжения и мощность. Для стабильной работы не требуется подгружать выход при отключении нагрузки. Преобразователь оптимизирован таким образом, чтобы морская вода могла быть использована в качестве обратного пути для тока входной цепи.

Преобразователь напряжения работает с конвекционным отводом тепла в широком диапазоне температур от -20 до +75°C. Всё рассеиваемое тепло эффективно отводится через единственную плоскую алюминиевую поверхность, которая может быть смонтирована на подводной конструкции. В конструкции предусмотрена защита от перегрева с аварийными сигналами с автоматическим восстановлением.

Дополнительные функции и комплексные цепи защиты включают выносную обратную связь, сигналы Power-OK, DC-OK, ограничение тока, защиту от короткого замыкания, перенапряжения и перегрузки по току.

www.prosoft.ru

Тел.: (495) 234-0636

100- и 150-Вт источники питания AC/DC серии ZWS-BAF от TDK-Lambda

С началом производства источников питания AC/DC серии ZWS-BAF компания TDK-Lambda – ведущий производитель источников питания – значительно улучшила общие технические характеристики источников питания серии ZWS-AF предыдущего поколения. Сочетанием высокой эффективности даже при небольших нагрузках с широким диапазоном рабочих температур, небольшими

Новости российского рынка



размерами и электролитическими конденсаторами с 10-летним ресурсом, TDK-Lambda усилила своё конкурентное превосходство на рынке общепромышленного оборудования.

Обладая такими свойствами, как активная коррекция коэффициента мощности и высокая стойкость входа к импульсам напряжения, источники питания ZWS100BAF и ZWS150BAF способны работать от сети переменного напряжения с диапазоном 85...265 В или от сети постоянного тока с диапазоном 120...370 В и соответствуют широкому ряду применения, включая автоматизированные системы управления предприятием, измерительное и испытательное оборудование и светодиодные системы освещения. Предлагаются модели с номинальными значениями выходного напряжения от 3,3 до 48 В, которые могут регулироваться на $\pm 10\%$ от номинального значения для обеспечения систем нестандартными напряжениями.

По сравнению со своей серией источников питания ZWS-AF первого поколения, оснащённая микропроцессором конструкция ZWS-BAF имеет минимизированные внутренние тепловые потери, что позволило уменьшить размеры печатной платы. К тому же улучшенное рассеивание тепла обеспечивает более широкий рабочий температурный диапазон от -10 до $+70^\circ\text{C}$ и 100-% мощность в нагрузке при температуре окружающей среды $+50^\circ\text{C}$. Значение КПД модели ZWS150BAF-24 достигает 90%, что является высоким для источников питания, выполненных на печатной плате. Стандартными функциями являются защита от перегрузки по току и перенапряжения; в качестве дополнительной функции доступно дистанционное включение/выключение.

С активной коррекцией коэффициента мощности (ККМ), которая соответствует стандарту EN61000-3-2, модели ZWS-BAF характеризуются электрической прочностью изоляции между первичными и вторичными цепями 3 кВ (действующее зна-

чение); кондуктивные помехи и помехи излучения соответствуют требованиям стандартов EN55011/EN55022-B, FCC-B, VCCI-B. Модули обеспечиваются 5-летней гарантией и сертифицированы на предмет электрической безопасности в соответствии с требованиями, установленными стандартами UL/CSA/EN60950-1 и EN50178.

www.prosoft.ru

Тел.: (495) 234-0636

Модуль поддержки напряжения уменьшает ёмкость буферного конденсатора на 80%

Компания XP Power представила модуль удержания выходного напряжения MTH100, разработанный для кратковременного поддержания мощности в критических авиационных системах в случае просадки напряжения шины. Эти герметизированные модули значительно уменьшают величину ёмкости накопительного конденсатора, часто значительно больше, чем на 80%.



Модуль MTH100 разработан для применения в системах с входным током до 10 А. Выходное напряжение зарядного устройства может быть запрограммированным, позволяя ему работать как с военными, так и промышленными DC/DC-преобразователями. Предназначенный для работы в диапазоне входных напряжений от $+10$ до $+40$ В постоянного тока, модуль MTH100 автоматически определяет просадку входного напряжения и инициализирует длительное удержание с применением конденсаторов, заряженных до высокого напряжения.

Зарядка конденсаторов до более высокого напряжения, чем номинальное значение напряжения в системе $+28$ В (обычно $+36$ или $+45$ В), значительно уменьшает значение требуемой ёмкости

ти конденсатора. Рассмотрим систему электропитания, которая должна работать при просадке напряжения в течение 200 мс при мощности в нагрузке 30 Вт, без прерывания использования DC/DC-преобразователя при минимальном входном напряжении 10 В. Без модуля поддержания, если просадка напряжения произойдёт при 16 В, система потребовала бы применения конденсатора ёмкостью 90 000 мкФ. При использовании модуля MTH100 система потребует конденсатора только 7000 мкФ, что меньше на 92%. Это сказывается на уменьшении стоимости, веса и экономии площади платы, значительной помощи инженерам, сталкивающимся с требованием сжатой компоновки большого числа громоздких компонентов при каждом уменьшении площади системы в случае сжатия критерия просадки и поддержания напряжения.

При габаритах всего лишь $40 \times 26 \times 12,7$ мм, модуль MTH100 с отводом тепла через основание корпуса характеризуется значением КПД 98%, работает в диапазоне температур от -55 до $+100^\circ\text{C}$ и поддерживается трёхлетней гарантией.

www.prosoft.ru

Тел.: (495) 234-0636

48- и 60-Вт источники питания AC/DC для питания переносной аппаратуры соответствуют требованиям современных стандартов к эффективности

Компания XP Power объявила о начале поставок высокоэффективных одноканальных источников питания AC/DC серии AFM с выходными мощностями 48 и 60 Вт, которые предназначены для питания переносного и настольного медицинского и IT-оборудования. Предлагаются



Новости российского рынка

модели с выходными напряжениями 12, 15, 18 и 24 В. Характеризующиеся значением КПД до 88%, эти высокоэффективные модули соответствуют самым новейшим обязательным стандартам к энергоэффективности оборудования, таким как Energy Star Level V, EISA2007 и CEC2008 (США) и ErP Directive для Европейского союза. Эти стандарты определяют среднюю энергетическую эффективность и максимальное потребление в режиме холостого хода. Модули серии AFM45 потребляют в режиме холостого хода не более чем 0,3 Вт, а модули AFM60 – менее 0,5 Вт.

Кроме того, модули серии AFM соответствуют требованиям международных стандартов безопасности к IT-оборудованию IEC60950-1/UL60950-1/EN60950-1. Они также соответствуют требованиям стандартов IEC60601-1/UL60601-1/EN60601-1 к медицинскому оборудованию.

Модули предлагаются с разнообразными типами сетевых соединителей: IEC320-C14, -C6 или -C08. Соединитель типа IEC320-C8 обеспечивает заземление, как того требует оборудование класса II. По заказу также доступны модели с установленным зажимом, ограничивающим изгибание сетевого шнура.

Компания XP Power имеет собственное сертификационное оборудование (XP Power является партнёром Energy Star), что позволяет осуществлять собственное тестирование на предмет соблюдения требований стандартов по энергетической эффективности.

Модули серии AFM поддерживаются трёхлетней гарантией.

www.prosoft.ru
Тел.: (495) 234-0636

100-Вт низкопрофильные источники питания AC/DC для монтажа на печатную плату

Компания TDK-Lambda UK увеличила выходную мощность компактных источников питания AC/DC серии ZPSA для монтажа на печатную плату, начав поставки 100-Вт модели. Новые одноканальные модели ZPSA100 способны работать в широком диапазоне входных напряжений, имеют очень низкую высоту (26,6 мм) и стандартную площадь основания печатной платы (127 × 76,2 мм), что делает их идеальным выбором для таких применений, как светодиодные рекламные вывески и системы освещения, торговое оборудование, оборудова-



ние передачи данных, видео-/аудиомаршрутизаторы и контрольно-измерительное оборудование.

Эти 100-ваттные источники питания доступны с наиболее популярными выходными напряжениями от 5 до 48 В. Характеризующиеся значениями КПД до 90%, эти модели хорошо подходят для работы при конвекционном отводе тепла или принудительном воздушном охлаждении в диапазоне температур от 0 до +70°C с понижением выходной мощности. Светодиодный индикатор зелёного свечения светится при включенном модуле, другими стандартными функциями являются защита от перенапряжения и короткого замыкания. Модули выполнены в виде открытой печатной платы с соединителями Molex для подключения входных и выходных цепей.

Способность работать в широком диапазоне входных напряжений 90...264 В переменного тока (частота сети 47...440Гц) или 120...370 В постоянного тока позволяет применять модули ZPSA100 в любой стране мира без необходимости переключения диапазона входного напряжения. Стандартная площадь печатной платы делает их идеальным выбором в качестве прямой замены существующих источников питания, наряду с этим низкий профиль позволяет установить их в большинство компактных приложений.

Модули источников питания серии ZPSA100 сертифицированы в соответствии с требованиями международных стандартов электробезопасности IEC/EN/UL/CSA60950-1 (издание 2), кондуктивные помехи и помехи излучения соответствуют требованиям стандарта EN55022-B (без дополнительной фильтрации или компонентов), а помехоустойчивость соответствует требованиям ряда стандартов EN61000-4. Все модели серии ZPSA поддерживаются двухлетней гарантией производителя.

www.prosoft.ru
Тел.: (495) 234-0636

Многофункциональный панельный ПК с 32-дюймовым широкоформатным ЖК-дисплеем повышенной яркости

Компания Litemax Electronics выпустила панельные ПК PPS3245 на базе процессора Intel® ATOM™ D510 1,66 ГГц. Компьютеры оснащены 32-дюймовым ЖК-дисплеем со светодиодной подсветкой, обеспечивающей яркость свечения экрана 1000 кд/м², что позволяет наблюдать изображение при ярком солнечном свете. Кроме того, светодиодная подсветка характеризуется длительным ресурсом. Оснащённый проективным ёмкостным сенсорным экраном и высокоэффективным встроенным процессором Intel, PPS3245 может применяться для информационно-развлекательных систем, локальных цифровых видеосетей, используемых для демонстрации мультимедийной рекламы и информационных сообщений.



Основные технические характеристики:

- панельный ПК с 32-дюймовым TFT ЖК-дисплеем с разрешением 1366 × 768 точек (формат изображения WXGA);
- светодиодная подсветка обеспечивает низкое потребление мощности и постоянную яркость;
- яркость свечения экрана 1000 кд/м² обеспечивает считывание изображения при солнечной засветке;
- процессор Intel® Atom™ D510 со встроенным графическим акселератором Intel® 3150;
- ОЗУ DDRII 533/667 × 2 4 Гб (макс.);
- НЖМД SATAII 2,5" 250 Гб;
- интерфейсы: RJ-45 × 2, USB2.0 × 4, COM port RS232 × 2, VGA × 1, DVI-I × 1, вход звукового сигнала/линейный выход × 1;
- датчик внешней освещённости;
- проективный ёмкостный сенсорный экран обеспечивает простое и интуитивное взаимодействие с приложением;

Новости российского рынка



- питание от сети переменного тока 90...240 В;
- потребляемая мощность 58 Вт;
- монтаж VESA200/VESA400;
- габариты 780 × 475 × 80 мм;
- вес 22 кг.

www.prosoft.ru
Тел.: (495) 234-0636

Энкодер положения джойстика AS5013

Компания austriamicrosystems выпустила сенсор джойстика на эффекте Холла AS5013 с низкой потребляемой мощ-

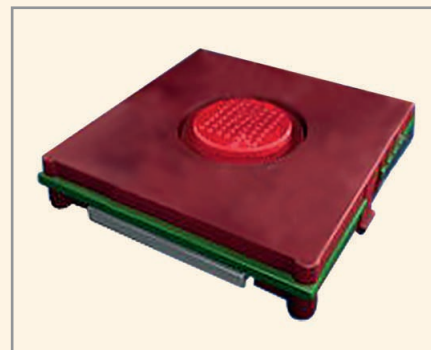
ностью, предназначенный для применения в мобильных телефонах и других переносных устройствах.

Особенностями энкодера являются пять интегрированных элементов Холла для определения смещения магнита джойстика, аналогово-цифровой преобразователь высокого разрешения, встроенный контроллер для измерения перемещения по XY-координатам и контроллер управления питанием. Исполнение схемы на одном кристалле позволило отказаться от внедрения сложных алгоритмов в основной процессор мобильного устройства и повысить его надёжность.

Информация о XY-координатах положения джойстика и магнитном поле для каждого элемента Холла передаётся в основной процессор посредством двухпроводного последовательного интерфейса I²C.

Энкодер AS5013 выпускается в 16-выводном QFN-корпусе с размерами 4 × 4 × 0,55 мм. Диапазон рабочих температур составляет -20...+80°C.

На базе сенсора AS5013 компания austriamicrosystems выпускает готовые ми-



ниатюрные модули джойстиков Easy-Point.

Краткие характеристики:

- напряжение питания 2,7...3,6 В;
- ток потребления менее 190 мкА (изменения положения джойстика с частотой 50 Гц);
- ток потребления в режиме бездействия 3 мкА;
- диапазон перемещения в радиусе до 2 мм;
- интерфейс I²C с частотой до 3,4 МГц;
- конфигурирование прерывания для детектирования движения.

www.prochip.ru
Тел. (495) 232-2522

События

13-я Международная конференция «Цифровая обработка сигналов и её применение – DSPA'2011»

30 марта – 1 апреля 2011 г. в Москве состоится 13-я Международная конференция «Цифровая обработка сигналов и её применение – DSPA'2011».

В программе конференции пленарные выступления ведущих российских специалистов в области цифровой обработки сигналов по наиболее интересным направлениям развития отрасли; секционные доклады ученых и специалистов; круглый стол.

Место проведения: Москва, Профсоюзная 65, ИПУ РАН.

Организаторы: РНТОРЭС им. А.С. Попова (www.rntores.ru), IEEE Signal Processing Society (www.ieee.sps.com), Российская

секция IEEE, Институт радиотехники и электроники РАН (www.radel.ran.ru), Институт проблем управления РАН (www.ipu.ru), Институт проблем передачи информации РАН, Московский научно-исследовательский телевизионный институт (ЗАО МНИТИ), Компания AUTEX Ltd. (АВТЭК) (www.autex.ru).

Направления работы конференции:

- теория сигналов и систем;
- теория и методы 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 и робототехники;

- цифровая обработка измерительной информации;
- нейροкомпьютерная обработка сигналов и изображений;
- цифровое телевидение;
- цифровое радиовещание;
- ЦОС в системах защиты информации;
- проектирование и техническая реализация систем ЦОС;
- ЦОС в открытых системах;
- проблемы подготовки специалистов в области ЦОС.

Заседания секций будут проходить в аудиториях, оборудованных мультимедийными проекторами.

Слушатели приглашаются на конференцию бесплатно.

www.autex.ru,
www.dspa.ru,
www.rntores.ru

13-я Международная Конференция
Цифровая Обработка Сигналов и ее Применение



DSPA-2011

30 марта - 1 апреля 2011 г.

Москва

Институт проблем управления
им. В. А. Трапезникова (ИПУ РАН)

Радиационная стойкость модулей МЭМС

Димитр Димитров, Николай Данилин, Ильяс Сабиров (Москва)

В статье приведён обзор результатов зарубежных исследований радиационной стойкости модулей МЭМС различного назначения.

ВВЕДЕНИЕ

Модули микроэлектромеханических систем (МЭМС) с точки зрения радиационной стойкости являются уникальными изделиями, поскольку интегрируют микроэлектронные и микромеханические структуры, каждая из которых по-разному чувствительна к радиационным воздействиям. Микроэлектронные составляющие МЭМС

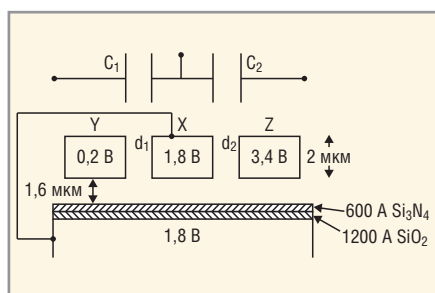


Рис. 1. МЭМС-структура акселерометра

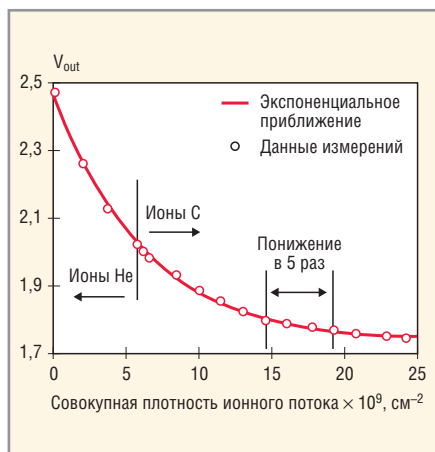


Рис. 2. Зависимость изменения V_{out} от интенсивности радиационного воздействия

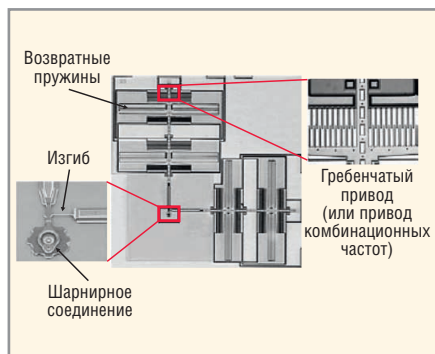


Рис. 3. МЭМС-структура микродвигателя Sandia National Laboratories

реализованы, как правило, на основе КМОП или биполярных технологий, особенности влияние радиации на которые известны.

Если микроэлектронные кристаллы давно являются объектом радиационно-стойкого проектирования, производства и тестирования, то производители и потребители МЭМС не представляют последствий воздействия радиации на микромеханическую структуру. К настоящему моменту, особенно с развитием разработки микроспутниковых систем, вопрос радиационной стойкости модулей МЭМС приобрёл большую значимость [1].

Первой некоммерческой МЭМС, протестированной ионным пучком, был акселерометр [2]. С помощью соответствующей фокусировки ионизирующий пучок был направлен на микромеханическую структуру кристалла. После некоторого варьирования интенсивности потока и угла направленности были замечены существенные изменения качества функционирования МЭМС. В результате накопления зарядов в изолирующем слое (который является частью микромеханической структуры) появились структурные изменения в материале, что привело к функциональным несоответствиям. Такое накопление зарядов через соответствующее электромагнитное поле влияет на правильный отчёт значений ускорения.

Последующее тестирование других типов МЭМС – радиочастотных ключей, микроэлектродвигателей, цифровых зеркальных матриц – также подтвердило радиационные повреждения в изолирующих слоях.

В связи с этим возникла задача определения радиационной стойкости при ионизирующем излучении в зависимости от электромагнитной чувствительности изолирующих слоёв микромеханических структур. При этом не были точно установлены механизмы возникновения еди-

ничных сбоях от тяжелых заряженных частиц.

В предлагаемой статье на примере нескольких типовых модулей МЭМС (акселерометр, микродвигатель и ВЧ-реле) проведён обобщённый анализ их радиационной стойкости и обозначены эффекты радиационных воздействий.

ТЕСТИРОВАНИЕ МЭМС НА РАДИАЦИОННУЮ СТОЙКОСТЬ

Акселерометр. Первой исследованной на радиационную стойкость МЭМС был коммерческий акселерометр ADXL50, используемый для запуска автомобильных подушек безопасности. Ввиду малого веса, габаритов и потребляемой мощности было принято решение о его применении в микроспутниковой системе в рамках программы NASA (New Millenium Program). Прибор выполнен на кремниевой подложке, покрытой двумя слоями Si_3N_4 и SiO_2 . Схема управления акселерометра реализована по КМОП-технологии. Измеряемое ускорение пропорционально напряжению на выходе (V_{out}) схемы (см. рис. 1). Был проведён эксперимент по радиационному воздействию протонами с энергией 65 МэВ. В результате накопления зарядов в слоях Si_3N_4 и SiO_2 напряжение V_{out} изменялось согласно зависимости, приведённой на рисунке 2 [3]. Указанное изменение напряжения модифицирует характеристики электрического поля между пластинами в конструкции акселерометра, что смещает пластины относительно друг друга и тем самым меняет определяемую ими ёмкость и связанное с ней выходное напряжение V_{out} . Подобные результаты были получены и с акселерометром ADXL04, у которого на изолирующем слое нанесён проводящий поликристаллический кремний, связанный с пластинами прибора. При достаточном накоплении зарядов возможно возникновение тиристорного эффекта, что приводит к неработоспособности акселерометра.

Микродвигатель. На рисунке 3 представлен микродвигатель, разработанный Sandia National Laboratories для ряда космических приложений [4, 6]. Ме-

ханические и электрические характеристики микродвигателя оказались зависимыми от различных типов ионизирующих излучений, таких как электронные и протонные пучки или рентгеновское лучение. При этом было обнаружено непредусмотренное ограничение угла поворота выходного вала и в некоторых случаях временное или постоянное «заклинивание» вала. Физические эффекты радиационного воздействия аналогичны изменениям, выявленным при тестировании акселерометра ADXL04. Экспериментальные результаты показывают следующее:

- рентгеновское излучение вызывает неконтролируемое увеличение скорости вращения исходящего вала уже при накопленной дозе до 100 крад. В то же время при заземлении определённых выводов цепей управления и обратной связи такой эффект не наблюдается и при накопленной дозе 3 Мрад;
- электронный поток порядка $(1...3) \times 10^{13}/\text{см}^2$ вызывает непредусмотренный останов вращения вала. С применением заземляющего поликремниевых слоя влияние такого потока может быть в значительной степени устранено;
- протонный поток порядка $10^{13}/\text{см}^2$ существенно влияет на характеристики вращения двигателя.

ВЧ-реле. Типовое применение таких реле в космической аппаратуре – это антенны с электронным сканированием. Лаборатория NASA (Jet Propulsion Laboratory) провела испытания двух ВЧ-реле, которые отличаются только местоположением изолирующего слоя (см. рис. 4) [5]. Для тестирования был использован ис-

точник гамма-излучения $\text{Co } 60$. В зависимости от взаимного расположения металлизированного и изолирующего слоёв, а также от полярности и величины подаваемого образцового напряжения, установлено, что при положительном образцовом напряжении и стандартной геометрии изолирующего слоя, расположенного непосредственно у металлизированного слоя, уже при накопленной дозе 100...150 крад происходит сбой в работе реле.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Уменьшение чувствительности МЭМС к радиационным воздействиям затрудняется существующей методологией их проектирования (отсутствуют типовые радиационно-стойкие библиотечные решения), а также «классической» кремниевой технологией, которая не является радиационно-стойкой на некоторых стадиях производства [7].

Поскольку к настоящему времени действующие методики и нормативная документация по тестированию полупроводниковых гибридных структур «законно» применяются по отношению к МЭМС, необходимо отметить следующие важные направления дальнейшего развития проектирования, производства и тестирования радиационно-стойких модулей МЭМС:

- разработка методов проектирования радиационно-стойких и тестопригодных структур МЭМС;
- выбор и апробация кремниевых технологий для производства радиационно-стойких МЭМС;
- разработка методологии для «раздельного» радиационного тести-

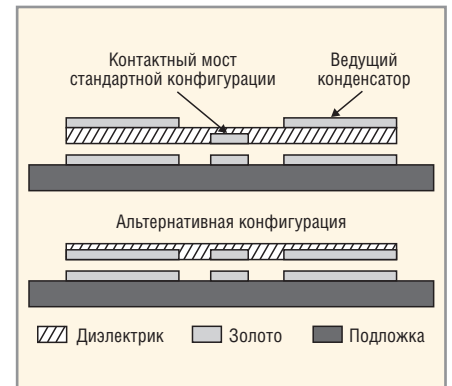


Рис. 4. Два варианта структуры ВЧ-реле

рования структур МЭМС (в части микроэлектроники и микромеханики).

ЛИТЕРАТУРА

1. Osinder S., Garrison A., Champion J. MEMS and Microstructures in Aerospace Applications, Taylor&Francis, 2006.
2. Knudson A., Buchner S., McDonalds P. The effect of radiation on MEMS accelerometers, IEEE Transaction on Nuclear Science. Nov. 1998. Vol. 43.
3. Edmonds L., Swift G., Lee C. Radiation response of a MEMS accelerometer : an electrostatic force, IEEE Transaction on Nuclear Science. Dec. 1999. Vol. 45.
4. Space Radiation Effects and Microelectromechanical Systems. Short Course. NGC, NY, 2002.
5. Clure S., Edmands I. Radiation effects in MEMS: RF relays. IEEE Transaction on Nuclear Science. Dec. 1998. Vol. 49.
6. Marshall P., Marshall C. Proton effects and test issues for satellite applications. IEEE Nuclear and Space Radiation Effect Conference: Short Course. VA, 1999.
7. Lacoce R. CMOS scaling, design principles and hardened-by-design methodologies. IEEE Nuclear and Space Radiation Effect Conference: Short Course. CA, 2003.



НА ПУТИ К ВЕРШИНЕ УСПЕХА

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

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

Датчики слабых магнитных полей на эффекте Холла

Игорь Буслов, Валерий Бауткин, Александр Драпезо, Вячеслав Ярмолович (Минск, Беларусь)

Проанализировано современное состояние датчиков слабых электромагнитных полей. Рассмотрена возможность использования микроминиатюрных преобразователей Холла с ферромагнитными концентраторами магнитного потока для регистрации вектора индукции магнитного поля. Приведены расчёты коэффициентов усиления концентраторов различной формы и размеров.

Проблема создания электронных датчиков электромагнитных полей (ЭМП), позволяющих контролировать вектор индукции магнитного поля в диапазоне частот $0 \leq f \leq 5$ МГц и амплитуд $0,01$ мкТл... 2 мТл (уровень слабых полей), приобрела дополнительную актуальность в конце 1990-х годов, когда многими исследователями было установлено, что у животных и людей, длительно находившихся в зоне ЭМП, напряженность которых превышала напряженность природных ЭМП, увеличилась агрессивность, ухудшалось состояние иммунной системы, возрастала частота возникновения злокачественных опухолей, а также были выявлены признаки ускоренного старения [1]. Как результат, были разработаны и введены в практику СанПиНы и другие нормативные документы, ограничивающие пребывание людей в зонах воздействий ЭМП.

Хорошо известно, что электромагнитные поля биологически активны. Длительное воздействие на человека электромагнитных полей промышленной частоты (50 Гц) приводит к расстройствам, которые субъективно выражаются жалобами на головную боль в височной и затылочной области, вялость, расстройство сна, снижение памяти, повышенную раздражительность, апатию, боли в сердце, нарушение ритма сердечных сокращений. Могут наблюдаться функциональные нарушения центральной нервной системы, а также изменения в составе крови.

При воздействии квазистатических магнитных полей могут наблюдаться нарушения функций нервной, сердечнососудистой и дыхательной систем, пищеварительного тракта, изменения в составе крови. При локальном дей-

ствии магнитных полей (прежде всего, на руки) появляется ощущение зуда, бледность и синюшность кожных покровов, отёчность и уплотнение, а иногда ороговение кожи.

При длительном воздействии ЭМП радиочастотного диапазона даже умеренной интенсивности могут произойти расстройства нервной системы, обменных процессов, изменения состава крови. На ранней стадии нарушения носят обратимый характер, но в дальнейшем происходят необратимые изменения в состоянии здоровья, стойкое снижение работоспособности и жизненных сил.

В настоящее время проводятся исследования по воздействию искусственного электромагнитного излучения на человека в медицинских и военных целях. Например, установлено, что ЭМП сверхдлинного диапазона с частотами $0,001$... 100 Гц воздействуют на мозг и сердце, а ЭМП диапазона 100 ... 1000 Гц – на мышцы человека.

Для регистрации магнитного поля Земли и слабых квазистатических магнитных полей широко используются феррозонды, которые не могут быть изготовлены групповыми методами микроэлектроники и являются индивидуальными изделиями, причём со сложной схемой регистрации гармоник и обработки сигнала, а также СКВИДы, для функционирования которых требуются очень низкие температуры.

Вследствие низкой магнитной чувствительности полупроводниковых плёночных датчиков Холла их непосредственное применение для регистрации слабых магнитных полей является малоэффективным. Например, элемент Холла из лучшего материала – полупроводниковой эпитаксиальной

плёнки n-InSb – обладает чувствительностью 300 ... 500 мкВ/мТл при размерах чувствительной области $0,1 \times 0,1 \times 0,003$ мм [2, 3]; при этом нижний порог регистрации величины индукции магнитного поля в зависимости от качества применяемой электроники составляет не менее $0,01$... $0,1$ мТл, что явно недостаточно. Использование плёнок широкозонных полупроводников, например, легированных GaAs, позволяет повысить чувствительность в 2–3 раза, но возрастает как временная нестабильность, так и уровень шумов.

Значительно большей магнитной чувствительностью обладают полупроводниковые магниторезисторы на основе ГМР-эффекта. Например, германиевый магниторезистор с размерами чувствительной области $8 \times 0,6 \times 0,2$ мм при токе питания 3 мА имеет чувствительность 50 мВ/мТл. Кроме больших размеров такой магниторезистор имеет узкий частотный диапазон измеряемых сигналов (до 1 кГц) и значительный уровень шумов [4].

Относительно высокая магнитная чувствительность магнитодиода 5 ... 10 В/Тл реализуется только в сочетании с подмагничивающим полем $B_{\text{п}} \approx 0,3$ Тл, что неприемлемо при регистрации слабых магнитных полей.

Среди магнитотранзисторов лучшей магнитной чувствительностью обладают двухколлекторные магнитотранзисторы с вертикальными коллекторами (современные магнитотранзисторы изготавливаются многоколлекторными). Спектральная плотность шума в них зависит от частоты, достигая максимума на низких частотах, но не превышает 1 ... 5 мкТл в зависимости от типа транзистора [4].

Пермаллоевые тонкоплёночные магниторезистивные элементы обладают чувствительностью порядка 10 В/Тл; в полосе частот до 1 МГц при комнатной температуре отношение ЭДС сигнала к ЭДС теплового шума составляет примерно 97 дБ. Пермаллоевые магниточувствительные элементы, функционирующие на планарном эффекте Холла, при эквивалентном уровне собственных шумов 0,1 мкТл имеют

чувствительность в слабых полях ≈ 10 В/Тл [5], что в 20 раз превышает чувствительность классического элемента Холла на гетероструктуре n -InSb- i -GaAs. Использование планарного эффекта Холла в сверхтонких (нанотолщинных) плёнках, например, пермаллоев позволяет создать элементы, обычно в форме круга, с магнитной чувствительностью, в 20–30 раз превышающей среднестатистическую магнитную чувствительность классического элемента Холла, причём с высокой временной стабильностью. Другой важной особенностью нанотолщинных магниточувствительных элементов является возможность их встраивания в магнитопроводы без разрыва магнитных цепей, например,

при изготовлении датчиков тока. Не менее ценным является их технологическая совместимость с ИС ЦМД. Серьёзным недостатком элементов, функционирующих на планарном эффекте Холла, является гистерезис выходного сигнала.

В настоящее время формируется мировая тенденция использования магнитомягких ферромагнитных концентраторов магнитного потока для повышения магнитной чувствительности классических (полупроводниковых) элементов Холла [6], в том числе в плоском исполнении [7], что позволяет использовать элементы Холла для регистрации слабых магнитных полей. Используя явление концентрации магнитного потока магнитомягки-

ми ферромагнитными телами определённых геометрических форм, можно на два-три порядка увеличить магнитную чувствительность без ухудшения шумовых характеристик и временной стабильности.

Наибольшее распространение получили концентраторы, выполненные в виде осесимметричных фигур (длинные стержни, в том числе конусообразные или с закруглением и т.п.). Дилемма создания микроэлектронных датчиков квазистатических магнитных полей с ферромагнитными концентраторами заключается в значительном уменьшении коэффициента усиления магнитного потока $K_Y = B/B_0$ внешнего магнитного поля B_0 с уменьшением геометрической длины кон-



**Ваши потребности —
в соцветии наших возможностей**

Фаворит-ЭК. Нам 5 лет!

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

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

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

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

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

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

Реклама

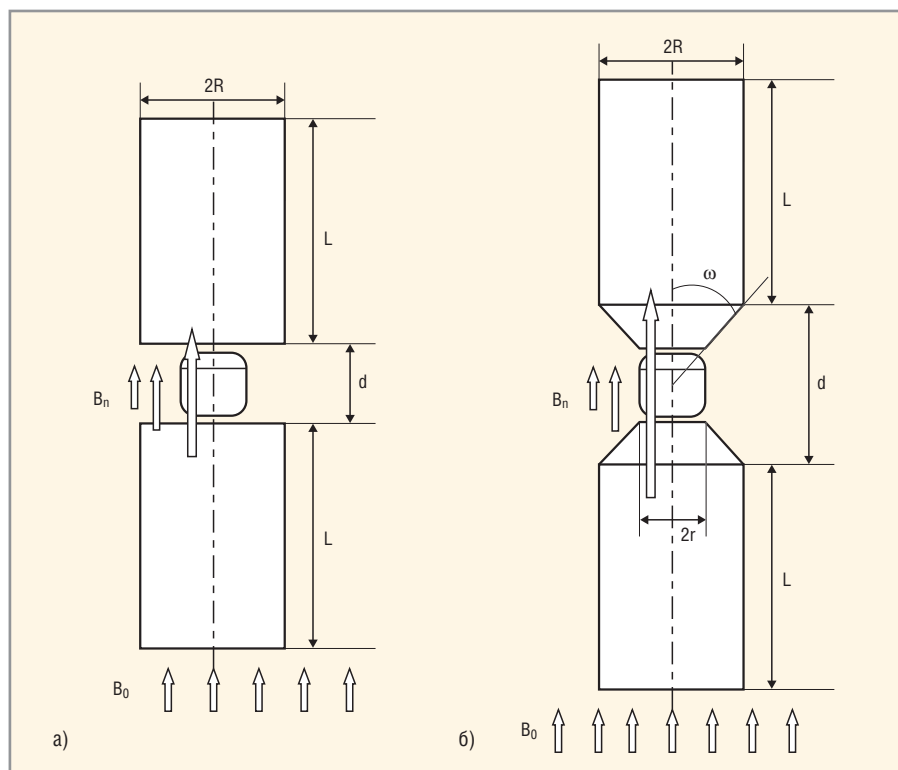


Рис. 1. Разновидности концентраторов магнитного потока

а) пара цилиндрических концентраторов, б) пара цилиндрических концентраторов в виде усечённых конусов с заострёнными концами, расположенными навстречу друг другу

центраторов (B – индукция магнитного поля в зазоре концентраторов, где установлен преобразователь Холла). Для получения высоких значений K_H в небольших габаритах необходима оптимизация геометрических размеров концентраторов, их формы и зазора на основе магнитных свойств материала концентратора. Оптимизацию целесообразно выполнять с помощью компьютерного моделирования. В этой связи была разработана компьютерная модель функционирования датчика слабых квазистатических магнитных полей, состоящая из классического элемента Холла, расположенного в зазоре ферромагнитных осесимметричных концентраторов.

Поскольку концентраторы считались осесимметричными, задача по расчёту индукции магнитного поля вырождалась в плоскую. С помощью компьютерной программы femm [8] решалось уравнение Пуассона для векторного магнитного потенциала A , где индукция магнитного поля $B = \text{rot}A$. Для полного определения функции A использовалось условие $\text{div}A = 0$, которое являлось калибровкой Кулона. Уравнение, описывающее магнитные свойства материалов конструкции, записывалось в виде $B = \mu H + B_r$, где H – напряженность магнитного поля, μ – магнитная проницаемость вещества,

которая являлась функцией $|B|$, т.е. $1/\mu = f|B|$, что выражает нелинейную связь между полями B и H вследствие насыщения магнитного потока в месте его сужения. Для этой модели граничные условия выражались через векторный потенциал. Тангенциальная составляющая $A = 0$ на границе, находящейся в бесконечности (т.е. достаточно удалённой, чтобы магнитную энергию можно было полагать равной нулю). На оси симметрии вращения принималось условие $A = 0$, а в плоскостях магнитной и геометрической симметрии $dA/dn = 0$, т.е. линии потока были перпендикулярны этим плоскостям.

Область расчёта магнитного поля выбиралась как минимум на два порядка больше характерных размеров (длин) концентратора и разбивалась на конечные элементы задаваемых размеров, которые для выполнения дискретизации рассматриваемой области имели вид треугольников различных размеров, увеличивающихся при приближении к границам модели в бесконечности. Общее количество точек, в которых осуществлялся расчёт, составляло не менее 50 тысяч. Дискретизация выполнялась автоматически. Постпроцессор решал систему линейных алгебраических уравнений таким образом, чтобы сходимость уравнений уменьшалась до 10^{-8} .

Для задания постоянного квазиоднородного магнитного поля использовалась осесимметричная двумерная модель соленоида длиной 760 мм. Индукция магнитного поля внутри соленоида B_0 задавалась величиной тока обмотки. В отсутствие ферромагнитного концентратора неравномерность B_0 в пределах длины 200 мм средней части соленоида по оси Z не превышала 3,5%, а вдоль радиуса – 2%.

Модель концентратора магнитного потока представляла собой два осесимметричных стержня, разнесённых на расстояние d (см. рис. 1а и 1б). При расчётах использовались магнитные характеристики магнитомягких ферромагнетиков, в том числе стали Steel 45 (начальная магнитная проницаемость 4689) и 1117Steel (начальная магнитная проницаемость 1117) и некоторых ферритов группы общего применения. Зависимости индукции магнитного поля от напряжённости $B(H)$ для магнитных материалов аппроксимировались кубическими сплайнами.

На рисунке 1а представлена пара цилиндрических концентраторов магнитного потока с радиусом R и длиной L с размещённым в зазоре элементом Холла. На рисунке 1б изображена пара цилиндрических концентраторов магнитного потока в виде усечённых конусов с заострёнными концами, расположенными навстречу друг другу. Угол между образующей усечённого конуса и его осью обозначен ω , длина концентратора – L , зазор – d , радиус меньшего основания усечённого конуса – r . Расстояние d варьировалось при расчётах и ограничивалось только толщиной классического плёночного элемента Холла с подложкой, в нашем случае 0,15 мм.

Коэффициент усиления K_H магнитного потока (или индукции магнитного поля) является главной характеристикой концентратора. Основной задачей при проектировании концентраторов магнитного потока любой конфигурации является достижение высоких значений K_H при уменьшении геометрических размеров концентратора. При этом к концентратору предъявляются следующие требования:

- 1) значение коэффициента усиления K_H в слабых полях стремится к максимуму, а геометрические размеры – к минимуму;

- 2) величина индукции магнитного поля B_n практически не изменяется в месте расположения элемента Холла, т.е. все части элемента Холла находятся в однородном поле;
- 3) высокая воспроизводимость усиления магнитного потока, что требует применения материалов с низкой коэрцитивной силой, а также с высокой начальной магнитной проницаемостью, обладающей повышенной временной стабильностью;
- 4) высокий порог величины индукции внешнего магнитного поля, при котором концентратор входит в режим насыщения;
- 5) при функционировании в переменных ЭМП – широкий частотный диапазон.

Очевидно, что подобрать единственный материал и небольшие размеры на все случаи использования концентраторов в датчиках магнитных полей крайне затруднительно, но установить взаимосвязи и влияние геометрических размеров, конфигурации и магнитных свойств на прохождение магнитного потока по концентратору представляется важным для понимания принципов проектирования и оптимизации датчиков.

На рисунке 2 представлено расчётное распределение индукции магнитного поля B_n , начиная с оси симметрии вдоль радиуса, для концентратора, который изображен на рисунке 1а, выполненного из стали 45 с размерами $L = 100$ мм, $d = 1$ мм, $R = 1$ мм при $B_0 = 2,5$ мТл. Значения коэффициента усиления K_γ при различных геометрических размерах концентратора приведены в таблице 1, от величины B_0 – в таблице 2. Расчётным путём показано, что при длине каждого из стержней 100 мм и зазоре 0,15 мм можно достичь усиления магнитного потока примерно в 400 раз.

Из проведённых расчётов следует, что K_γ постоянно только при небольших значениях внешнего магнитного поля B_0 . В общем случае K_γ является функцией как геометрических параметров, так и B_0 , и стремится к 1 при больших значениях B_0 , что соответствует состоянию насыщения концентратора, когда $B = K_\gamma B_0$ приближается к B_s – индукции технического насыщения материала концентратора. Если выбран материал концентратора с большой начальной магнитной проницаемостью, то при небольших значениях B_0 коэффициент усиления K_γ

определяется только геометрическими размерами концентратора; с повышением B_0 начинают сказываться магнитные характеристики материала концентратора, описываемые петлёй гистерезиса $B(H)$.

Не менее важным является вопрос степени заострения концентратора, если он выполнен в соответствии с рисунком 1б. Очевидно, что технологически необходимо размещать элемент Холла в зазоре с приближённо одинаковым значением индукции магнитного поля. Поэтому необходимо обеспечить, чтобы площадь меньшего основания конуса была минимально возможной для размещения элемента Холла и одновременно выполнялись приведённые выше требования (1) и (2).

На рисунке 3 представлены расчётные зависимости индукции магнитного поля B_n в зазоре концентраторов магнитного потока со свойствами стали 1117Steel. Приведены аналогичные зависимости и для феррита марок 2000МН, 3000МН как функции расстояния от оси концентратора при величине индукции внешнего магнитного поля $B_0 = 0,001$ мТл и следующих геометрических размерах концентратора (согласно рисунку 1б): $L = 30$ мм, $2R = 3$ мм, $d = 0,15$ мм, $r = 0,25$ мм, что позволяет разместить элемент Холла с размерами $0,3 \times 0,3 \times 0,150$ мм. Зависимость I соответствует $\omega = 10^\circ$, II соответствует $\omega = 20^\circ$, III соответствует $\omega = 45^\circ$; зависимость IV соответствует случаю, когда концы концентраторов не заострены (см. рис. 1а), т.е. $\omega = 90^\circ$. В таблице 3 приведены расчётные значения коэффициентов усиления K_γ при различных значениях углов ω , что позволяет оптимизировать диапазон значе-

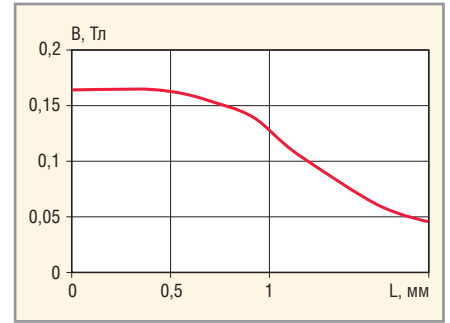


Рис. 2. Распределение индукции магнитного поля для концентратора магнитного потока

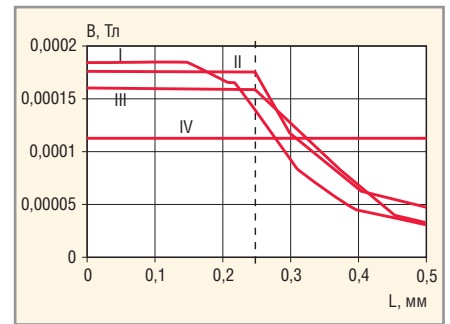


Рис. 3. Расчётные зависимости индукции магнитного поля B_n в зазоре концентраторов магнитного потока

ний угла ω , при котором выполняются основные требования.

Анализ полученных данных показывает, что оптимальным является диапазон угла ω , равный $17,5...22,5^\circ$, что соответствует углу при вершине конуса $2\omega = 35...45^\circ$ [9].

Результаты расчётов были использованы при изготовлении трёхкоординатного датчика слабых магнитных полей на эффекте Холла для применения в малых космических аппаратах в рамках программного мероприятия № 2.5 научно-технической программы Союзного государства «Разработка базовых элементов, технологий создания и применения орбитальных и на-

Таблица 1. Значения коэффициента усиления $K_\gamma(d)$ при различных геометрических размерах концентратора магнитного потока

Геометрические параметры, мм	$L = 100$ $d = 0,15$	$L = 100$ $d = 0,25$	$L = 100$ $d = 0,5$	$L = 100$ $d = 1$	$L = 100$ $d = 2$	$L = 100$ $d = 4$
K_γ	404	204	120	66	33,6	15,0
B_0 , мТл	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5

Таблица 2. Значения коэффициента усиления K_γ при различных величинах B_0

Геометрические параметры, мм	$L = 100, d = 0,15$						
	K_γ	404	174	128	102	50	5
B_0 , мТл		2,5	5,0	7,5	10,0	25,0	250

Таблица 3. Расчётные значения коэффициентов усиления K_γ при различных значениях углов ω

ω , град	10	20	30	45	90
K_γ	183...134	177	169	159	84,5

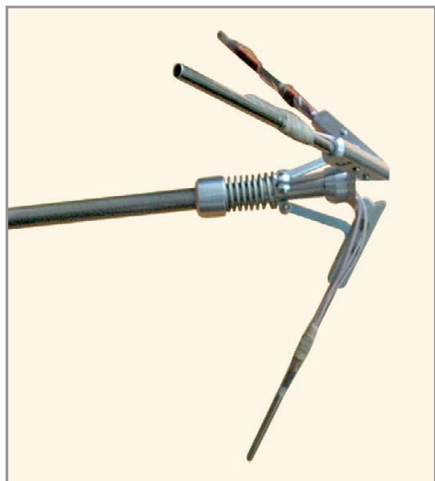


Рис. 4. Датчик магнитного поля в раскрытом состоянии

земных средств многофункциональной космической системы».

На рисунке 4 приведена фотография датчика магнитного поля в рас-

крытом состоянии. Зазоры d , в каждом из которых помещалось по микроминиатюрному преобразователю Холла площадью $0,3 \times 0,3$ мм, не превышали $0,15$ мм. Такие элементы Холла выпускаются на основе гетероэпитаксиальных структур n-InSb-i-GaAs с магнитной чувствительностью 250 мВ/Тл.

ЛИТЕРАТУРА

1. <http://www.telepat-defence.com>.
2. Прокошин В.И., Шепелевич В.Г., Ярмолевич В.А. Устройства автоматизации и робототехники на эффекте Холла. Минск: РМ ИПК, 1991.
3. Дранезо А.П., Прокошин В.И., Ярмолевич В.А. Групповая технология изготовления тонкопленочных элементов Холла из гетероструктур n-InSb1-xBix-i-GaAs. Материалы конференции НАНО-2008. Минск, 2008.

4. Яковлев Н.И. Бесконтактные электроизмерительные приборы для диагностирования электронной аппаратуры. Энергоатомиздат, 1990.
5. Дранезо А. П., Прокошин В.И., Ярмолевич В.А. Нанотолщинные детекторы слабых магнитных полей из плёнок пермаллоев. Сб. докладов ФТТ-2005. Т. 2. Минск, 2005.
6. Integrated sensor having a magnetic flux concentrator. Patent US 2006175674, Publication date 2006-08-10.
7. Predrag M., Drlja F.V., Besse P.-A. Design of planar magnetic concentrators for high sensitivity Hall devices. Sensors and Actuators A: Physical. 2002. Vol. 97–98. P. 10–14.
8. <http://femm.foster-miller.com>, Finite Element Method Magnetics (femm) v4.2.
9. Соколов С.Н., Тарасевич С.В., Дранезо А.П., Ярмолевич В.А. Магнитометр. Патент РБ на полезную модель №6454 от 17.09.2009 г. Опубл. 30.08.2010, МПК G01R33/00. ©

Новости мира News of the World Новости мира

Схема вольтодобавки для светодиодных систем задней подсветки

Компания ON Semiconductor представляет CAT3649, шестиканальную схему управления светодиодами с четырьмя режимами работы для смартфонов, цифровых фотокамер, медиаплееров и других переносных потребительских приборов. Мультирежимная архитектура вместе с функцией CABC (Content Adaptive Brightness Control) гарантирует высокий КПД при работе со светодиодными системами задней подсветки. Используются только внешние конденсаторы. CAT3649 имеет четыре режима подкачки заряда (1x, 1,33x, 1,5x и 2x) вместо обычных трёх.

Дополнительный режим 1,33x повышает КПД по сравнению с обычными схемами с режимом 1,5x примерно на 10%. Это обеспечивает увеличение срока службы батареи мобильных устройств, оснащённых

этой микросхемой. Схема вольтодобавки поддерживает входные напряжения 2,4...5,5 В. Аналоговым регулятором через однопроводной интерфейс могут устанавливаться 32 значения тока светодиода. Дополнительные регулировки могут выполняться посредством ШИМ-системы.

ШИМ-система регулирования яркости совместима с CABC по частотам ШИМ-сигналов от 100 до 200 кГц. CAT3649 поставляется в корпусе TQFN-16 без содержания свинца размером 3×3 мм.

www.onsemi.com

Защита от перегрузки в первичных и вторичных цепях

Фирма Schurter расширяет диапазон номинальных токов инерционного в соответствии с требованиями IEC предохранителя поверхностного монтажа на 250 В типа UMZ 250 и предлагает в настоящее время

18 номиналов тока в диапазоне от 80 мА до 4 А.

Допустимое номинальное напряжение составляет 250 В переменного и 125 В постоянного напряжения согласно IEC и 277 В переменного и 250 В постоянного напряжения согласно UL. Изделие обладает разрывной способностью до 200 А при номинальном напряжении. Небольшие монтажные размеры и конструкция под планарный монтаж определяют возможность быстрого цикла монтажного автомата.

Инженеры-разработчики могут сэкономить место на печатной плате, решая проблему защиты от перегрузки в первичных и вторичных цепях одним типом. Целевыми приложениями являются сетевые приборы, запоминающие системы, базовые станции мобильных телефонов и радиосетей и другие электронные системы. UMZ 250 соответствует требованиям директивы RoHS и не является галогенсодержащим, имеет все основные допуски и предлагается в пластиковых пакетах и в рулонах.

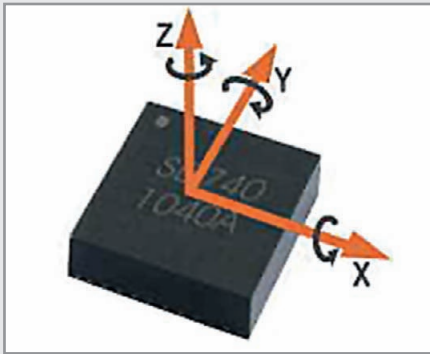
www.schurter.com

Двумерные и трёхмерные датчики угловой скорости

Микромеханические X-Y- и X-Y-Z-датчики угловой скорости SD742 и SD740 производства фирмы SensorDynamics имеют диапазон измерения до $\pm 4096^\circ/\text{с}$, потребляемый ток около 5 мА и размеры корпуса $6 \times 6 \times 1,8$ мм. Оба датчика, размещённые в корпусе QFN40, рассчитаны на рабочее



Новости мира News of the World Новости мира



напряжение 2,6...3,3 В и рабочий температурный диапазон $-40...+85^{\circ}\text{C}$.

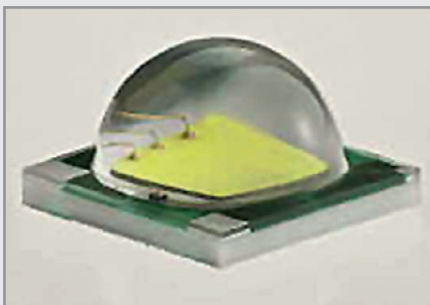
Максимальное смещение нуля при комнатной температуре составляет $10^{\circ}/\text{c}$, дрейф нуля во всём рабочем температурном диапазоне $5^{\circ}/\text{c}$. Стандартный диапазон измерения при использовании интегрированного интерфейса I²C или SPI задан производителем равным $\pm 1024^{\circ}/\text{c}$, по специальному заказу диапазон измерения может быть расширен до $\pm 4096^{\circ}/\text{c}$.

Внутреннее обновление результатов измерений происходит с частотой не менее 10 кГц, логометрические аналоговые выходы могут быть сконфигурированы под диапазоны измерения ± 64 , ± 128 , ± 256 или $\pm 512^{\circ}/\text{c}$. Датчики угловой скорости пригодны для использования в приложениях с питанием от батарей и для задач промышленного регулирования и измерения.

www.msc-ge.com

Светодиоды достигают 1000 лм при уровне эффективности 100 лм/Вт

Фирма Cree предлагает светодиоды осветительного класса со световой отдачей 160 лм/Вт при токе 350 мА. Светодиоды XLamp XM особенно пригодны для использования в приложениях, требующих высокой яркости, таких как системы уличного освещения и освещение складских помещений. Светодиоды XLamp XM размещены в корпусе размером 5×5 мм.



Светодиоды холодного белого свечения XM LED (6500 K) достигают при токе 3 А светового потока до 1000 лм при уровне эффективности 100 лм/Вт. При 350 мА световая отдача светодиодов равна 160 лм/Вт.

При 700 мА показатели достигают значений 315 лм и 150 лм/Вт.

www.cree.com

Комплектная система регулирования двигателя в чипе

Компания STMicroelectronics представляет L6470 – одночиповую систему регулирования двигателя. С ней могут быть реализованы приводы с электродвигателями, например, для камер наблюдения, банкоматов и билетных автоматов, промышленных систем позиционирования, сценических прожекторов, принтеров и торговых автоматов.

Элемент вырабатывает прецизионную синусоиду для питания обмоток двигателя с разрешением 128 микрошагов на оборот. Ещё одним преимуществом является минимизация резонансной характеристики, механических шумов, а также вибраций на низких оборотах. Также на малых оборотах снижаются пульсации вращающего момента. Наряду с защитой от перегрева чип имеет защиту от перегрузки и функцию распознавания состояния блокировки двигателя.

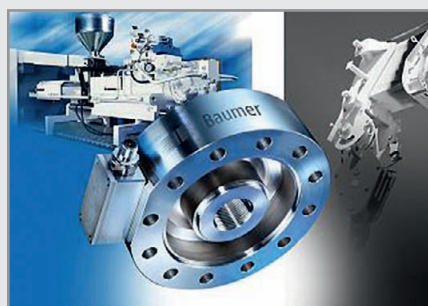
Основные технические данные:

- два полных DMOS-моста с $R_{DS(ON)} = 0,28 \text{ Ом}$;
- стандартный SPI-интерфейс управления;
- пиковый выходной ток 7 А (3 А ср. кв.);
- диапазон рабочего напряжения 8...45 В.

www.st.com

Тарированные измерители силы

Фирма Baumer предлагает элементы измерения силы серии DLRx с температурной компенсацией для прямого измерения силы с температурным коэффициентом $<0,005\%/K$. При собственной малой деформации измерительные элементы обеспечивают высокую точность измерений и точность позиционирования. Они соответствуют классу защиты IP67 и пригодны для использования в промышленности упаковочных материалов, в машиностроении и других промышленных установках.

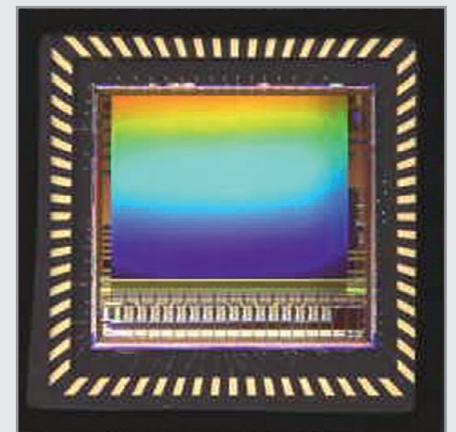


Диапазоны измерения датчиков от 0 до 500 кН при общей погрешности $<0,1\%$ максимального значения при стабильности повторяемости $<0,03\%$ максимального значения. Датчики измерения силы применяются в расширенном температурном диапазоне $-30...+100^{\circ}\text{C}$. Их компенсированный температурный диапазон $-10...+55^{\circ}\text{C}$. В качестве выходных сигналов могут выбираться токи 4...20 мА, а также напряжения 10 В. Все датчики серии оттарированы на заводе.

www.baumer.com

Датчики изображений с 2,3 и 5,3 мегапикселями

Компания Cypress представляет два семейства датчиков изображений VITA: VITA 2000 с 2,3 мегапикселями и VITA 5000 с 5,3 мегапикселями. Они пригодны для промышленной обработки изображений, для задач обеспечения безопасности, чтения штрих-кодов и интеллектуальных транспортных приложений.



Датчики имеют синхронизированный центральный затвор с конвейерным режимом и обычный щелевой затвор, скорости до 92 кадров в секунду для VITA 2000 и 75 кадров в секунду для VITA 5000, а также аналого-цифровые преобразователи с разрядностью 10 бит с параллельным выходом или с последовательной передачей с шириной полосы до 620 Мбит/с.

VITA 2000 может выдавать два выходных формата: обычный для сегмента обеспечения безопасности HD-формат (1920 \times 1080) и формат 4 : 3 (1600 \times 1200), более предпочтительный в системах промышленной обработки изображений. Сенсорная матрица предназначена для 3/4-дюймовой оптики и выдаёт данные по четырём параллельным LVDS-каналам. Тип VITA 5000 в оптическом 1-дюймовом формате выдаёт со своего цифрового выхода сигналы монохромных или цветных изображений.

www.cypress.com

Материнские платы для промышленных встраиваемых систем

Николай Кольский (Москва)

В статье показано, что материнские платы потребительского класса для персональных компьютеров не являются продуктами двойного назначения, одинаково пригодными для изделий потребительского и промышленного рынков. Гарантией долговременного успеха и стабильности работы компаний на этих рынках является использование материнских плат промышленного уровня, предлагаемых в виде COTS, – коммерческих «коробочных» продуктов.

ВВЕДЕНИЕ

На рынке коммерческих приложений – игрового оборудования, торговых и информационных терминалов, систем видеонаблюдения – удобно использовать в качестве аппаратных платформ материнские платы для современных персональных компьютеров. Они содержат вычислительную подсистему для работы с графикой; при необходимости в разъёмы расширения может быть установлен модуль захвата видео и (или) специализированный интерфейс. Стандартный набор интерфейсов материнской платы позволяет работать с одним или несколькими дисплеями и переключаться между ними. Такие возможности готовых материнских плат создают возможность быстрого выхода на рынок компьютерных платформ потребительского класса. Они могут быть приобретены в разнообразных конфигурациях и стоят относительно недорого. Однако экономия зачастую сопровождается отсутствием понятия «стабильная конфигурация» и проблемами с долговременной поддержкой произведённого оборудования.

Для начавшего расти около 10 лет тому назад рынка коммерческих игровых систем, POS/POI-терминалов, цифровых информационных и рекламных

систем, цифровых систем видеонаблюдения не подходит ПК-совместимые аппаратные платформы потребительского рынка. И не столько по своим формальным характеристикам, но и из-за того, что для компьютерных изделий потребительского уровня не принято поддерживать стабильную конфигурацию в течение длительного срока, который для промышленного рынка составляет 10 – 15 лет против 1 – 2 лет, принятых на потребительском рынке.

Попытки использовать для создания упомянутых выше систем материнские платы потребительского класса приводили к большим эксплуатационным расходам, высокому энергопотреблению и уменьшению среднего времени наработки на отказ, как правило, из-за поломок систем принудительного охлаждения. Габариты плат, предназначенных для рынка потребительских компьютеров, и решения для конструкций их систем охлаждения не соответствовали стандартам встроённых систем по компактности, надёжности конструкции и стандартизации форм-факторов. Не меньше проблем возникало и при разработке оригинальных плат, в первую очередь из-за того, что использованные в них компоненты снимались с производства к тому времени, когда завершался цикл разработки платы.

Таблица 1. Базовые характеристики процессоров для встраиваемых систем, предлагаемых компанией VIA Technologies

Процессор	Тактовая частота, ГГц	Тактовая частота системной шины FSB, МГц	Потребляемая мощность, Вт	Технологический процесс, нм	Корпус/габариты, мм
VIA C7	1,0...2,0	400/800	9...20	90	NanoBGA2/21 × 21
VIA Eden	0,4...1,2	400	2,5...7	90	NanoBGA2/21 × 21
VIA Eden ULV	0,5; 1,0; 1,6	400	1; 3,5; 8	90	NanoBGA2/21 × 21

Поставщики платформ x86: ВНИМАНИЕ К РЫНКУ ВСТРОЕННЫХ СИСТЕМ

Компьютерный рынок обеспечен тем, что лет 10 назад казалось недостижимой мечтой, – компактными (в габаритах менее 150 кв. см), потребляющими мало энергии (10...12 Вт), надёжными, ПК-совместимыми платформами, которые стали приобретать стабильность: создатели компьютерных компонентов для потребительского рынка увидели, что они могут участвовать и в дележе растущего рынка встраиваемых (embedded) систем.

Сегодня компания AMD предлагает для рынка встраиваемых систем такие семейства процессоров, как Opteron Athlon/Athlon X2 Dual-Core, Mobile Turion64 X2 Dual-Core, Turion Neo X2/Athlon Neo X2 Dual-Core, Sempron ASB1 (BGA)/Mobile Sempron.

Корпорация Intel в линейке для встраиваемых применений не только предлагает все свои процессоры Pentium с индексами 4/М/III, а также Celeron M/D, Core Duo/Core 2 Duo и даже Xeon, но и производит по технологии SoC (система на кристалле) микросхемы EP80579: Intel намерена оснастить многие популярные ядра своей x86-архитектуры (работа начата с Pentium M) всевозможной периферией и выйти на рынок встраиваемых систем с платформой более гибкой по сравнению с платформами ближайших конкурентов.

Линейка компонентов для рынка встраиваемых систем есть и у компании VIA Technologies. В таблице 1 приведены наименования и основные характеристики процессоров для встраиваемых систем, предлагаемых этой компанией.

Естественно, все процессоры, позиционируемые основными поставщиками платформ x86 в качестве встраиваемых компонентов, поддерживаются наборами системной логики с теми же сроками жизни на рынке. Использование же поставщиками материнских плат для встраиваемых применений разъемов, допускающих смену процессора, расширяет масштабируе-

мость вычислительных возможностей платформы (платы) в целом.

Компании, являющиеся поставщиками x86-процессоров, продвигают свои изделия на рынок встроенных систем не только за счёт снижения энергопотребления и увеличения времени присутствия на рынке, но и за счёт совершенствования конструкций материнских плат. При этом сформировался новый сегмент рынка – материнские платы для промышленных применений.

Примером активности в этом направлении стало предложение корпорацией Intel стандарта Intel ECX (расширенный стандарт для компактных встроенных систем). Он позволял в габаритах 105 × 146 мм (снижение по сравнению с MicroATX на 75%) поддерживать платформу Centrino (процессор Intel Pentium M и набор микросхем Intel 915GM).

Стандарт Intel ECX был ориентирован на автомобильные развлекательно-информационные решения, медицинское оборудование и кассовые терминалы. Например, компьютер PCS-8220 для автомобиля, разработанный компанией Portwell в 2006 г. на основе материнской ECX-платы с набором микросхем Intel 915GM и процессором Intel Celeron M, являлся, по сути, встраиваемой в автомобиль развлекательной и информационной системой на основе обычного компьютера, работающего в условиях вибраций и удовлетворяющего особым требованиям по минимизации энергопотребления и габаритов. Компьютер PCS-8220 поддерживал два дисплея, его материнская плата включала интегрированный тюнер DVB-T/FM и обеспечивала работу интерфейсов Bluetooth, WiFi и GPS. Использование в его конструкции энергоэффективной процессорной платформы позволило уменьшить габариты материнской платы и, следовательно, повысить её жёсткость и стойкость к механическим нагрузкам.

В основу другого одноплатного компьютера, РЕВ-2736, выполненного в формате Intel ECX, компания Portwell положила процессоры Intel Atom Z500. Для расширения был предусмотрен разъём, поддерживающий интерфейсы SDVO/PCI Express x1/USB, а также разъём PCI Express x1.

Весьма важными для формирования рынка материнских плат для промышленных применений стали инициативы компании VIA Technologies. Материнские платы семейства ITX (см. таблицу 2) образуют платформу VIA EPIA (иннова-

ционная архитектура встраиваемых платформ). Появление этой платформы ориентировано на формирование рынка встраиваемых систем для телевидения высокого разрешения, игровых приставок, цифровых информационно-рекламных систем. Разработчики получили в виде VIA EPIA ПК-совместимые аппаратные платформы почти промышленного уровня изготовления и поддержки жизненного цикла. Это «почти» означает отказ от типового годового цикла жизни платформы и энергопотребления в десятки ватт и получение взамен нескольких лет поддержки платформы на рынке и уровня энергопотребления около 10 Вт.

Возможности масштабирования стандартных материнских плат промышленного уровня

Что касается масштабирования габаритов стандартных материнских плат промышленного уровня и ПК-совместимых процессорных модулей, то его диапазон составляет от 170 × 170 мм для форм-фактора Mini-ITX до форм-факторов модулей COM (компьютер на модуле), самый большой из которых имеет габариты 95 × 125 мм.

В качестве примера можно привести материнские платы форматов Mini-ITX от компании Fujitsu-Siemens Computers (D2703-S) и компании Kontron (KT690/mITX), а также модуль форм-фактора COM Express компании Pinacole Data Systems COMX-S1 (95 × 125 мм). Все эти изделия объединяет использование в их конструкции набора микросхем системной логики AMD M690T + SB600 и разъёма S1 (Socket S1). Изображённый на рисунке 1 разъём позволяет устанавливать на D2703-S и KT690/mITX процессоры Mobile AMD Sempron (одноядерный) или двухъядерный AMD Turion 64 X2. Их тепловыделение может составлять от 8 до 35 Вт. Применение процессора Sempron упрощает создание аппаратной платформы, не нуждающейся в принудительном охлаждении. При необходимости активного охлаждения платформы D2703-S (см. рис. 2) на основе

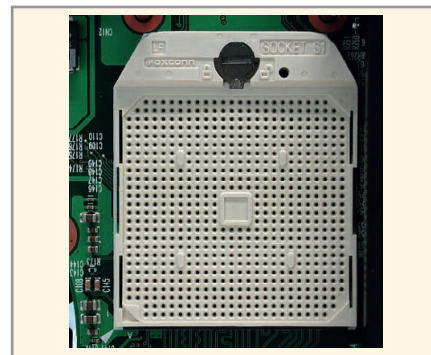


Рис. 1. Разъём Socket S1

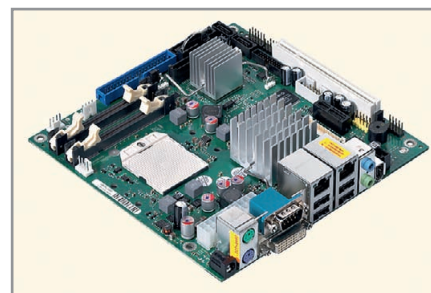


Рис. 2. Плата D2703-S форм-фактора Mini-ITX, созданная компанией Fujitsu-Siemens Computers

набора компонентов (AMD Turion 64 X2) + (M690T + SB600) можно использовать до трёх управляемых вентиляторов.

Система интерфейсов платы D2703-S включает DVI-I, LVDS, последовательный порт, четыре порта USB 2.0, два порта Gigabit Ethernet, разъёмы расширения на основе шин PCIe и PCI. Для подключения систем хранения данных предусмотрены интерфейсы ATA или SATA (возможно объединение до четырёх накопителей SATA в RAID-массив), а также разъём для подключения карт памяти Compact Flash. Система питания рассчитана как на прямое подключение источника питания с выходным напряжением 24 В, так и на подачу питания через стандартный разъём ATX.

Что касается модуля COMX-S1, то он предоставляет разработчику те же вычислительные мощности, что и материнские платы D2703-S и KT690/mITX, а возможность его использования в сочетании с платой-носителем расширяет свободу манёвра разработчика в части формирования интерфейсной подсистемы. Правда, за эту гибкость придётся заплатить увеличением со-

Таблица 2. Элементы архитектуры VIA Embedded Platform Innovative Architecture

Параметр	Mini-ITX	Em-ITX	Nano-ITX	Pico-ITX
Габариты, мм	170 × 170	120 × 170	120 × 120	72 × 100
Шины расширения*	PCI Express, PCI, Compact Flash	PCI Express, PCI, Card Bus, LPC	Mini PCI	Нет

* Для Mini-ITX номенклатура может изменяться в конкретных изделиях разных производителей

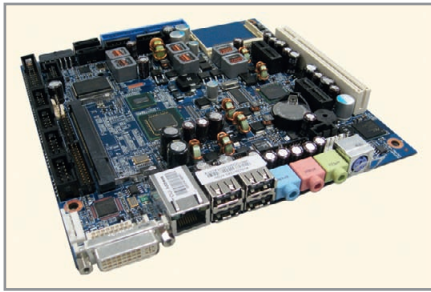


Рис. 3. Плата KTUS15

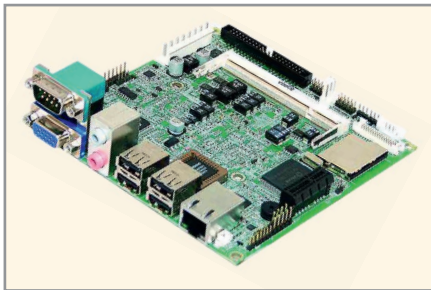


Рис. 4. NANO-8044 – материнская плата форм-фактора Nano-ITX на основе Intel Atom

вокупных габаритов. Так, предлагаемая той же фирмой Pinnacle Data Systems плата-носитель для COMX-S1 имеет габариты microATX, но позволяет не только количественно нарастить систему интерфейсов, но и реализовать нестандартные интерфейсы.

Форм-фактор Mini-ITX также позволяет совместить хорошие вычислительные возможности с большим набором интерфейсов. В качестве примера наиболее производительных платформ формата Mini-ITX можно привести изделие тайваньской компании Advansus i965GM-DCQI на основе процессорного ряда Intel Core 2 Duo/Core Duo/Core 2 Solo/Core Solo и набора микросхем (Intel GME965 + ICH8M). Соревнуясь (и превосходя по ряду возможностей) с современными настольными мультимедийными компьютерами, плата Advansus i965GM-DCQI в первую очередь ориентирована на встраиваемые приложения. В связи с этим изделие Advansus поддерживает такие технологии повышения надёжности работы, как «сторожевой» таймер и возможность перезагрузки системы, мониторинг температуры/напряжения на процессоре и состоянии охлаждающего вентилятора, автоматика защиты процессора от перегрева. Она оборудована модулем доверенной платформы (TPM), аппаратно поддерживающим технологии криптографической защиты данных. Встроенная (компьютерная) система на основе платы Advansus i965GM-DCQI обеспечивает вывод изображения на два дисплея в комбинациях (CRT + LVDS)

или (CRT + DVI-D), а также позволяет организовать два независимых звуковых потока. В наборе интерфейсов – десять портов USB (четыре внешних и шесть внутренних), четыре порта RS-232, а также порт EIDE и три порта Serial ATA. Плата Advansus i965GM-DCQI поддерживает также работу двух портов гигабитного Ethernet.

На другом полюсе возможностей форм-фактора Mini-ITX находится плата KTUS15 (см. рис. 3). Спроектированная под процессор Intel Atom Z530/1,6 ГГц и набор микросхем Intel US15 (т.е. всего две базовые ИС, а не три, как в стандартных мультимедийных компьютерах), эта плата обеспечивает тепловыделение около 2,3 Вт, поддержку графики на плоскостильном мониторе или экране на основе ЭЛТ (CRT) и звука высокого разрешения, восьми портов USB 2.0, двух портов SATA150/300, порта 10/100/1000 Мбит/с Ethernet. В качестве шин расширения разработчик может использовать два интерфейса PCI Express x1, один PCI и разъём для карт памяти Compact Flash. В целом плата KTUS15 – это удобный набор современных и унаследованных технологий ввода-вывода и работы с графикой и самая современная, экономичная вычислительная платформа для систем с пассивным охлаждением.

Некоторые производители предлагают возможность создания связки модуль COM + плата-носитель (со всеми достоинствами специализации конечного решения) в габаритах Mini-ITX. Плата conga-ITX/X (170 × 170 мм) компании congatec AG стала носителем COM-модулей XTX (95 × 114 мм). О возможностях набора интерфейсов этой комбинации можно судить по тому, что сама по себе плата-носитель имеет по четыре порта USB и RS-232, два порта Ethernet, интерфейсы VGA, LPT, интерфейс PS/2 для подключения мыши и клавиатуры. Кроме этого, в набор интерфейсов носителя входят порты IDE и SATA, разъём для карт Compact Flash на нижней стороне conga-ITX/X. Помимо модуля XTX, плата conga-ITX/X может работать с модулями расширения на базе интерфейсов PCI Express, miniPCI Express и PCI. Сочетание плат Mini-ITX со сменными модулями XTX позволяет гибко конфигурировать систему процессор + набор интерфейсов (PCI Express, Serial ATA, USB), а также возможности цифрового звука. Для некоторых разработчиков является важным наличие интерфейса LPC (эмуляция шины

ISA в последовательном формате) на модуле XTX. Модули XTX также могут аппаратно поддерживать технологии криптографической защиты данных благодаря наличию модуля TPM.

Иной подход к созданию специализированных интерфейсов компьютерной платформы промышленного класса в форм-факторе Mini-ITX предлагает компания LiPPERT Embedded Computers. Это технология Adaptive-IO на основе «дочерней» платы (daughter-board concept), подключаемой через современные интерфейсы PCI Express, USB или SDVO. Особенности технологии определяют как специальный разъём, так и формат дочерней платы. Первым опытом внедрения новой технологии стала плата Thunderbird-NG. Наряду с более или менее стандартным набором интерфейсов для изделий формата Mini-ITX на этой плате имеется разъём Adaptive-IO. Для подключения к нему компания разработала платы расширения. Одна из них позволяет добавить в систему последовательный и параллельный порт, интерфейс PS/2 и интерфейс для подключения привода гибкого диска; вторая плата – мультимедийные интерфейсы SDVI-D, HD-Audio и TV-Out.

МАТЕРИНСКИЕ ПЛАТЫ В ФОРМ-ФАКТОРАХ МЕЖДУ MINI-ITX И COM

Компанией VIA Technologies разработан стандарт материнских плат Nano-ITX с размерами 120 × 120 мм. Поместить компьютерную систему в такие габариты стало возможным в связи с прогрессом в области микроархитектур, технологий производства полупроводниковых микросхем и технологий управления энергопотреблением x86-процессоров. Правда, в некоторых комментариях по поводу возможностей платформы Nano-ITX в качестве её недостатка упоминается необходимость использования несоизмерно больших (по сравнению с габаритами самой платы) пассивных теплоотводов.

Одной из первых материнских плат форм-фактора Nano-ITX на платформе Intel Atom стала NANO-8044 (см. рис. 4). В её конструкции используются процессоры Intel Atom Z510/Z530 и системный контроллер US15W. Помимо портов ввода-вывода (RS-232/422/485, USB 2.0), интерфейсов для работы с дисплеем и сетью (VGA / LVDS, Ethernet), плата имеет один разъём расширения на основе шины PCI-Express x1.

Официальное позиционирование платформы Nano-ITX связано с цифровыми системами для рынка развлекательных услуг и автомобильными компьютерами, а также с рынком «тонких» клиентов.

Весной 2009 г. компания VIA Technologies анонсировала стандарт форм-фактора Em-ITX с габаритами плат 120 × 170 мм. Он больше Nano-ITX и компактнее Mini-ITX лишь на 30%, однако для плат такой конфигурации улучшаются условия вентиляции и обеспечивается больше места для интерфейсных портов и разъёмов (см. рис. 5). Последние размещены как вдоль длинных сторон печатной платы (RS-232/422/485, RJ45, DVI, VGA, LVDS, USB 2.0, разъём питания), так и поддерживаются разъёмом Em-IO, параллельным короткой стороне. Выводы разъёма Em-IO обеспечивают работу таких интерфейсов, как USB 2.0, GPIO, LPC, PCI Express, IDE, IEEE 1394, Serial ATA, PCI, DVI, HDMI, Gigabit Ethernet, Card Bus. Процессор на первой плате форм-фактора Em-ITX, представленной VIA Technologies, размещён на обратной стороне платы, что позволяет оптимизировать теплоотвод.

Апробация стандарта Nano-ITX сподвигла VIA Technologies на создание спецификации ещё более миниатюрной платы, стандарт которой получил приставку Pico. Однако общепринятые представления не позволяют отнести плату форм-фактора Pico-ITX (габариты 72 × 100 мм) к материнским платам, поскольку она не имеет разъёмов расширения, хотя порты USB, COM, DVI, LVDS, 10/100 Мбит/с Ethernet присутствуют.

Ситуацию с невозможностью развития функциональных возможностей систем на основе плат форм-фактора Pico-ITX исправила ассоциация Small Form Factor Special Interest Group (SFF-SIG), которая разработала спецификацию Pico-ITX. Этот стандарт содержит рекомендации по размещению модуля расширения на основе разъёма SUMIT на плате Pico-ITX. По сути SUMIT (технология построения коммуникаций в системе унифицированных модулей при создании «этажерочных» конструкций встраиваемых систем) – это спецификация разъёма, в котором сконцентрирована поддержка интерфейсов PCI Express, USB, LPC, I²C и SPI. Конструкция разъёма позволяет строить «многослойные» конструкции при подключении модулей расширения ввода-вывода к одноплатным компьютерам. В этом смысле разъём универсален; он не рассчитан

только на модули Pico-ITX. Технология монтажа модуля расширения с помощью разъёма SUMIT на модуле Pico-ITX позволяет реализовать конструкцию высотой всего лишь 15,24 мм.

Спецификация Pico-ITX не регламентирует местоположение модуля расширения, чтобы не ограничивать разработчиков платы в размещении трасс высокоскоростных сигналов. Жёсткими требованиями спецификации являются не пересечение модулем расширения кромки платы Pico-ITX и взаимное расположение разъёма SUMIT и отверстий для фиксации модуля расширения. Ассоциацией SFF-SIG также разработан стандарт модуля расширения с габаритами 60 × 72 мм (Pico I/O). Плата VIA EPIA-P710 (см. рис. 6) компании VIA Technologies стала одним из первых изделий стандарта Pico-ITX.

Ещё одним направлением развития материнских плат для встраиваемых применений стала «индустриализация» без минимизации габаритов. Использование технологической «доводки» позволяет несколько снизить расходы на разработку материнских плат для тех встраиваемых систем (компьютеров для встраиваемых применений), где габаритные ограничения не играют большой роли.

Основными технологиями «индустриализации» стали оптимизация разводки печатных плат и размещения термонагруженных компонентов для обеспечения эффективного отвода тепла, выбор в качестве процессоров и наборов микросхем, включённых поставщиками в линейку продуктов для встроённых систем (embedded product line), специализированных сетевых контроллеров (например, порты Ethernet материнских плат компании Beckhoff поддерживают технологию EtherCAT – интерфейса полевой шины на основе технологии Ethernet реального времени), а также проведение дополнительных испытаний компонентов перед их установкой на плату и адаптация BIOS к специальным требованиям заказчиков.

Предлагая материнские платы для промышленных применений, компании могут включать в систему их поддержки предложение специализированных модулей расширения. Так, в связи с тем, что ряд материнских плат компании Beckhoff включает разъём расширения на основе шины Mini PCI, под него были разработаны модули поддержки полевых шин PROFIBUS, CANopen, DeviceNet, SERCOS и модули памяти NOVRAM (энерго-

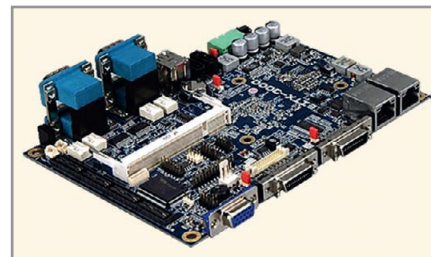


Рис. 5. Материнская плата форм-фактора Em-ITX

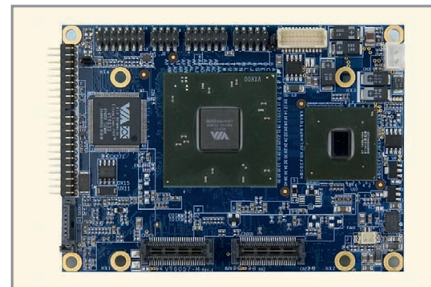


Рис. 6. Плата VIA EPIA-P710 на основе конфигурации SUMIT-AB

независимого ОЗУ) объёмом 128/256/512 Кб. Поддержка поставок материнских плат для промышленного применения обеспечивается, как правило, на протяжении 5 лет и более.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Обычная материнская плата персонального компьютера не является продуктом двойного назначения, одинаково пригодным для использования в изделиях потребительского и промышленного рынков. Она, как правило, не соответствует ограничениям на габариты, накладываемым требованиями встроённой системы, а также менее надёжна в эксплуатации. Настольные ПК на основе материнских плат потребительского класса могут использоваться лишь для макетирования встроённых систем благодаря установке в имеющиеся разъёмы расширения специализированных плат, поддерживающих оцифровку сигналов, плат – шлюзов полевых шин и т.п.

Гарантией долговременного успеха и стабильности в таких сегментах рынка, как торговые и информационные терминалы, системы видеонаблюдения, является использование материнских плат промышленного уровня, предлагаемых в виде COTS – коммерческих «коробочных» продуктов. Эти изделия компактны, масштабируемы по вычислительным возможностям или габаритам, обладают характеристиками надёжности и времени присутствия на рынке, характерными для устройств промышленного исполнения. При этом они являются ПК-совместимыми платформами.

Платформа Intel Atom и решения на её основе для встроенных систем

Пётр Павлов (Москва)

В статье представлены достоинства и недостатки новой процессорной платформы Intel Atom и сделан обзор коммерческих (Commercial-of-the-Shelf) решений на её основе.

Современный рынок встроенных систем (embedded) использует широкий круг процессоров, включая и те, которые относятся к серверному классу, однако компактность габаритов процессорных платформ и их небольшое энергопотребление всегда были конкурентными преимуществами.

Закрепляя свои позиции на рынке встроенных систем, корпорация Intel провела глубокую ревизию своей x86-платформы. Обладая, по заявлениям корпорации, лучшей производительностью на ватт потребляемой мощности по сравнению с конкурентами, новые процессоры Intel Atom должны конкурировать в приложениях с «типичным энергопотреблением в несколько ватт» (для этого используется, в частности, новая технология «глубокого» отключения питания Deep Power Down Technology). Являясь ПК-совместимым, Intel Atom позволяет разработчикам приложений опираться на поддержку программного обеспечения (ПО), обслуживающего обширный рынок ПК.

Процессоры x86-архитектуры, среди которых по степени известности первые два места занимают изделия корпорации Intel и компании AMD, ассоциируются в первую очередь с настольными ПК и ноутбуками. Среди людей, знакомых с названиями процессоров этих компаний, меньшая часть осведомлена о том, что изделия Intel и AMD работают не только в офисных ПК и серверах, но и во многих промышленных компьютерах, производимых десятками фирм на основе открытых стандартов ассоциации PICMG (PCI Industrial Computer Manufacturers Group, ассоциация разработчиков и производителей промышленных компьютеров на основе шины PCI). Это компьютеры, выполненные по стандартам CompactPCI, CompactPCI Plus, AdvancedTCA и MicroTCA.

Существует также большое семейство промышленных компьютеров на осно-

ве т.н. Small Form Factor Boards, или SFFBs (процессорные модули компактных форм-факторов), и десятки производителей таких модулей и промышленных компьютеров на их основе. В качестве примеров SFFBs можно привести материнские платы промышленного назначения стандартов Mini-ITX, EPIC; платы, созданные на основе семейства стандартов PC/104 (PC/104, PC/104-Plus, PCI-104, PCI/104-Express и PCIe/104); и это перечисление является далеко не полной номенклатурой SFFBs.

Таким образом, архитектура x86 уже присутствует на рынке встроенных систем. И это касается «большой тройки» разработчиков и производителей процессоров x86-архитектуры, в которую, помимо Intel и AMD, входит компания VIA Technologies со своими изделиями, образующими семейство VIA EPIA (VIA Embedded Platform Innovative Architecture, инновационная архитектура встраиваемых платформ компании VIA Technologies).

Корпорация Intel на протяжении ряда последних лет поддерживает линейки процессоров с жизненным циклом от трёх до семи лет. Начиная с процессоров Core 2, в процессорах, отличающихся частотой, количеством ядер и размером кэш-памяти, применяется универсальная микроархитектура. Корпорация Intel разрабатывает и содействует разработке инструментария для программистов, производит и рекомендует эталонные конструкции материнских плат и компьютерных модулей других классов, активно участвует в развитии открытой стандартизации.

Сообщество Intel Communications Alliance (сегодня у него новое имя – Intel Embedded and Communications Alliance) пользуется авторитетом на рынке встроенных систем. Компании – члены альянса разрабатывают и совершенствуют стандарты модульных компьютерных платформ промышленного класса, компоненты и реше-

ния на базе технологий, процессоров, продукции и услуг корпорации Intel.

Имея развитую партнёрскую сеть, Intel активно внедряет свои процессоры на рынок встроенных систем форматов CompactPCI, MicroTCA и VME/VPX. В последних многоядерных процессорах Intel удельные показатели энергопотребления, отнесённые к вычислительным возможностям процессоров, а также развитая программная поддержка позволяют им конкурировать с архитектурой Power в системах формата 6U/3U.

ПЛАТФОРМА INTEL ATOM EMBEDDED: ДОСТОИНСТВА, НЕДОСТАТКИ, РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРИМЕНЕНИЮ

Разработка процессоров семейства Atom стала удачным решением корпорации Intel для упрочения своих позиций на рынке SFFB. Процессоры этого семейства рассчитаны и на рынок персональных компьютеров (в первую очередь нового формата «нетбук»), и на рынок встроенных систем (см. таблицу 1). Следует отметить, что главным признаком принадлежности к этому рынку являются не габариты или энергопотребление (хотя это важно для широкого круга embedded-платформ и embedded-приложений), а длительность жизненного цикла. Для процессоров Intel Atom embedded она составляет семь лет.

Семейство процессоров Atom ориентировано на приложения с типичным энергопотреблением в несколько ватт. Помимо самого процессора, в платформу Intel Atom входит ещё и набор ИС: это либо одна микросхема системного контроллера-концентратора (Intel System Controller Hub), если речь идёт о процессорах Atom Z5xx, либо две микросхемы набора Mobile Intel 945GSE Express. С учётом их энергопотребления в несколько ватт (около 5), в пределах энергопотребления систем на основе процессоров Atom может достигать до 10...12 Вт. Тактовые частоты процессоров Atom могут лежать в диапазоне от 800 МГц до 1,86 ГГц; наиболее популярные модели имеют тактовые частоты 1,1 и 1,6 ГГц.

Сравнивая производительность процессоров Atom с производительностью

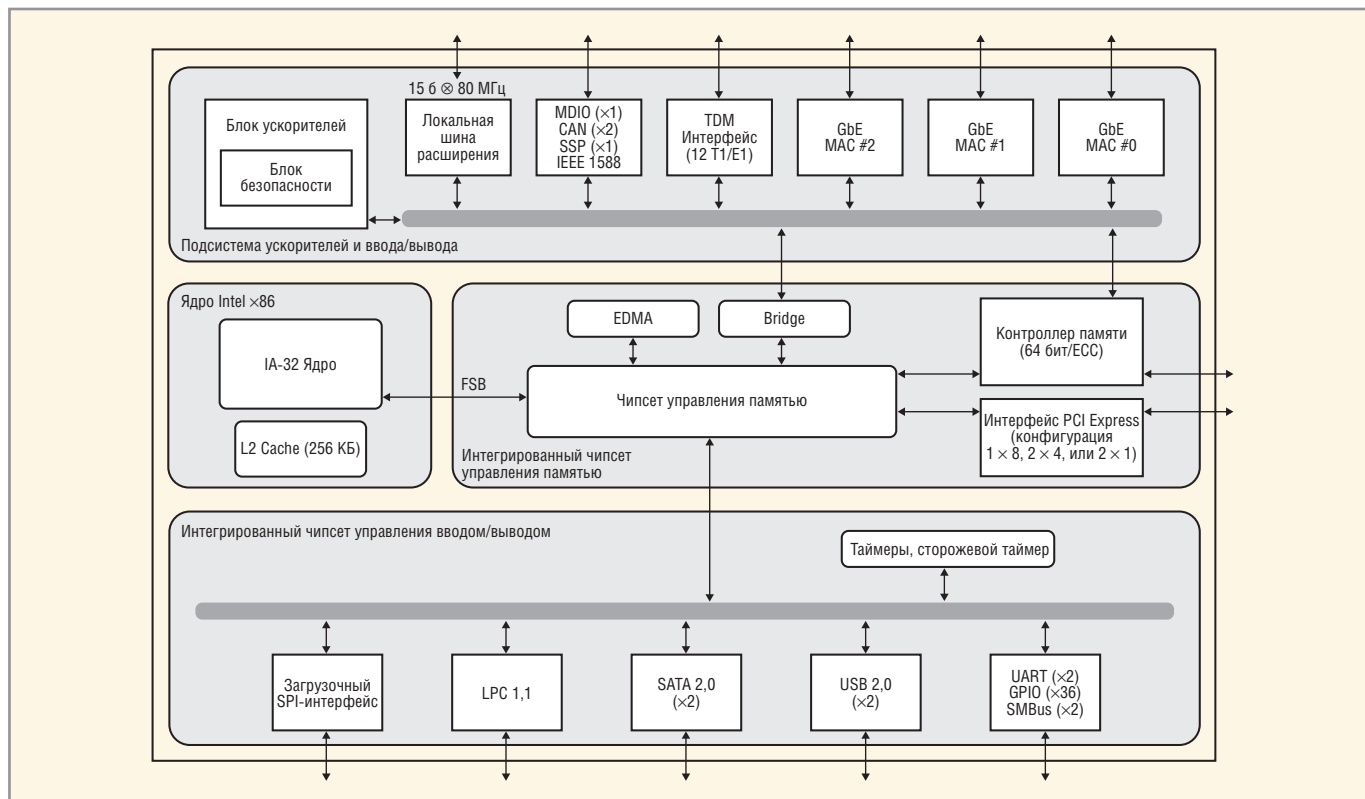


Рис. 1. Блок-схема SoC-процессоров Intel

других процессорных семейств корпорации Intel, можно сказать, что она сопоставима с производительностью «среднего» процессора Pentium M, работающего на половине своей тактовой частоты. Многопоточный режим работы процессора (в тех моделях, где он реализован) может повысить производительность на 30% при использовании оптимизированного программного обеспечения. К недостаткам самой компактной «дискретной» версии процессорной платформы Atom на основе микросхем Atom Z5xx и системного контроллера-концентратора можно отнести отсутствие сопроцессора шифрования данных и интерфейсов SATA и Ethernet MAC. Однако эти недостатки устранены в версии на основе двух микросхем и SoC-версии процессора Atom. Напомним, что корпорация Intel разработала базовую конструкцию своих процессорных SoC-микросхем на основе архитектуры IA-32 (см. рис. 1).

Сегодня в портфолио корпорации имеется свыше десяти разработок SoC-процессоров на основе ядра Atom, использующих общие шинные архитектуры и программные библиотеки. Конструкция таких микросхем интегрирует стандартное процессорное ядро (с проектными нормами 45 или 32 нм), набор ИС, а также набор специализированных ускорителей, что уменьшает габариты материнской платы, но позволяет при этом обеспечить хорошую удельную производительность на ватт потребляемой мощности.

В числе операционных систем, под которые можно создавать приложения для Intel Atom embedded, находятся Microsoft Windows XP Embedded, Microsoft Windows XP, Microsoft Windows WEPOS, Microsoft Windows Embedded CE, QNX Neutrino, Linux Red Hat, Red Flag Linux, VxWorks, Wind River Linux, MontaVista Linux. Время загрузки операционной системы QNX Neutrino мо-

жет составлять несколько миллисекунд (а не секунды) для вычислительных платформ на основе процессора Intel Atom. «Быструю загрузку», программное управление энергопотреблением, поддержку технологий беспроводных коммуникаций IEEE 802.11n и Bluetooth включила в свой embedded Linux для процессоров семейства Atom компания MontaVista.

По данным издательского дома Extension Media, около 8% разработчиков специализированных микросхем ASIC уже через год после выхода процессорной платформы Atom в 2008 г. использовали это ядро при макетировании новых изделий. Корпорация Intel адаптировала технологию производства процессоров Atom к производственному процессу тайваньской компании Taiwan Semiconductor Manufacturing, что должно расширить круг заказчиков.

Возвращаясь к «дискретной» платформе Intel Atom, необходимо отме-

Таблица 1. Процессоры семейства Intel Atom, рекомендуемые для рынка встроенных систем (embedded)

Код процессора	Объём кэш-памяти L2, Кб	Тактовая частота, ГГц	Рабочая частота системной шины, МГц	Количество ядер	Тепловыделение (макс.), Вт	Поддержка Intel Virtualization Technology	Поддержка Execute Disable Bit
Z530P	512	1,6	533	1	2,2	+	+
Z530	512	1,6	533	1	2	+	+
Z520PT	512	1,33	533	1	2,2	+	+
Z510PT	512	1,1	400	1	2,2		+
Z510P	512	1,1	400	1	2,2		+
Z510	512	1,1	400	1	2		+
N270	512	1,6	533	1	2,5		+

титель, что она позволяет сделать выбор не только между рабочими тактовыми частотами, но и между наборами ИС. Для создания встроенной системы можно использовать связку процессора Atom Z5xx и набора US15W (иногда её называют платформой eMenlow; занимаемая площадь менее 700 мм², энергопотребление около 5 Вт) или Atom N270 и набора 945GSE&ICH7M (некоторые авторы используют термин «платформа Navy Pier» для обозначения этого набора, занимающего площадь менее 2200 мм², энергопотребление около 10 Вт).

Предлагаемый компанией Intel системный контроллер-концентратор US15W поддерживает такие современные интерфейсы, как USB 2.0, GPIO, LPC, PCI Express, всё шире применяемые в промышленных приложениях. Процессорная платформа Intel Atom позволяет системным интеграторам включать в приложения поддержку беспроводных коммуникаций, включая Wi-Fi, WiMAX, и сотовых сетей, что актуально для приложений класса M2M.

Микросхема концентратора US15W, включающая графический ускоритель Intel Graphics Media Accelerator 500 (Intel GMA 500) и аппаратный ускоритель декодирования видео, обеспечивает поддержку 3D-графики, что позволяет говорить о возможности использования даже самой компактной «дискретной» версии процессорной платформы Atom в приложениях, работающих с мультимедиа (автомобильные информационно-развлекательные системы, POI/POS-оборудование розничной торговли).

Интегрированное в набор US15W аппаратное обеспечение технологии Intel High Definition Audio (Intel HD Audio) поддерживает до восьми звуковых каналов с параметрами 192 кГц/32 бит. Для сравнения: спецификация AC'97 поддерживает шесть каналов 48 кГц/20 бит. Улучшенные возможности распознавания речи с использованием систем направленных микрофонов в технологии Intel HD Audio обеспечивают более высокое качество работы приложений, связанных с голосовым вводом. Платформа eMenlow наилучшим образом подходит для использования на процессорных модулях формата Pico-ITX или COM Express формата Nano (nanoETXexpress).

Набор ИС Mobile Intel 945GSE Express имеет интегрированный графический ускоритель Intel Graphics Media Accele-

erator 950, который поддерживает 3D-графику и позволяет использовать интерфейсы SDVO, LVDS, CRT, TV-Out, PCI Express, PCI, Serial ATA, Hi-Speed USB 2.0 и технологию Intel High Definition Audio. Платформа Navy Pier подходит для модулей форм-факторов ETX или 3,5".

В качестве неофициальных рекомендаций по выбору платформ можно использовать следующие критерии.

Следует остановиться на связке Atom Z5xx + US15W, если важны:

- энергоэффективность (наилучшая производительность на ватт потребляемой мощности);
 - безвентиляторный режим работы;
 - работа с видеоформатами MPEG2/4/260;
 - создание системы класса ultra small portable;
 - поддержка технологии USB Client.
- Связка Atom N270 + 945GSE&ICH7M позволяет достичь:
- наилучшей производительности на единицу стоимости;
 - расширенных возможностей ввода/вывода;
 - лучшей поддержки 3D-графики по сравнению с платформой eMenlow.

COTS-платформы на основе INTEL ATOM

Разработчикам аппаратных платформ встроенных систем, решивших остановить свой выбор на процессорной платформе Intel Atom, можно не озадачиваться разводкой плат. Практически одновременно с анонсом Intel Atom производители аппаратных COTS-платформ для встраиваемых систем – компании MEN Mikro Elektronik, IBASE, MSC Vertriebs, Kontron, congatec AG, LiPPERT Embedded Computers, RadiSys – предложили ряд компактных одноплатных компьютеров этого формата на основе процессоров Atom.

Компания iBASE начала внедрение в свою продуктовую линейку процессоров Atom с модулями IB882 формата 3,5". При габаритах 102 × 147 мм модуль IB882 имеет два порта Gigabit Ethernet, разъём для установки модулей расширения стандарта PCI 104, восемь портов USB, интерфейс SATA, четыре последовательных порта и разъём для подключения модулей памяти формата SD/MMC.

Модули Procelerant Z500 на основе процессоров Atom Z5xx компании RadiSys имеют габариты 85 × 70 мм и совместимы по разъёму со спецификацией COM Express Type 2. Специализи-

рованный BIOS от компании General Software и инструментарий разработки позволяет использовать в проектах «интеллектуальное» управление батарейным питанием. Модули Procelerant Z500 ориентированы на портативные устройства для мобильных применений.

Компания congatec AG оперативно вывела на рынок модуль conga-CA стандарта COM Express. Созданный на базе процессора Intel Atom семейства Z5xx и контроллера-концентратора US15W, conga-CA имеет габариты 95 × 95 мм, поддерживает интерфейс Gigabit Ethernet, до двух линий PCI Express, восемь портов USB 2.0, два порта Serial ATA, один интерфейс IDE и технологию Intel High Definition Audio. Для расширения функциональных возможностей conga-CA предусмотрены два разъёма SDIO; на модуле есть интерфейс на основе шины PCI, интерфейсы I²C (поддерживающий «многомастерный» режим), а также LPC для унаследованных приложений. Помимо графических возможностей (технологии DirectX 9.0E и OpenGL 2.0, аппаратное декодирование MPEG2/4, поддержка интерфейсов LVDS и SDVO), реализуемых за счёт контроллера-концентратора US15W, модуль conga-CA поддерживает технологии EPI автоматического распознавания типа дисплея EPI и VESA DisplayID.

Conga-CA – это полностью стандартный модуль форм-фактора COM Express – стандарта «минимального» одноплатного компьютера. Но и практически вся номенклатура новейших «внесистемных» (на основе инициативных разработок) модулей, позиционируемых как форм-фактор COM Express, была разработана и выпущена в версиях на основе платформы Intel Atom. Одними из первых реальных ESMexpress-модулей стали XM1 на основе процессора Intel Atom Z530 или Z510. Первый модуль стандарта ESMmini – MM1 – создан на основе процессора Intel Atom (Z530 или Z510 с рабочей тактовой частотой до 1,6 ГГц). Компактный модуль PQ7-M102XL в соответствии с изначальной ориентацией стандарта QSeven «выстроен» вокруг процессора Intel Atom (на основе моделей Z510PT/1,1 ГГц или Z520PT/1,33 ГГц) и системного контроллера US15WPT.

Интересным предложением подразделения GE Fanuc Intelligent Platforms (ещё до распада коалиции GE и Fanuc) для ряда военных приложений оказа-

лись COM-модуль bCOM2-L8000 и плата mITX-945S-ED формата Mini-ITX на основе платформы Atom. Оба этих изделия отличают, помимо мультимедийных возможностей, ещё и развитые подсистемы коммуникаций и ввода/вывода. COM Express-модуль bCOM2-L8000 имеет порт Gigabit Ethernet, два порта Serial ATA, до двух портов IDE и восемь портов USB 2.0. Расширение функциональных возможностей обеспечивается подключением дополнительной периферии по трём линиям PCI Express. Плата mITX-945S-ED имеет два порта Gigabit Ethernet, слоты расширения на основе шин PCI Express и PCI, COM-порт, два порта Serial ATA, до двух портов IDE и четыре порта USB 2.0.

Эти примеры – далеко не полное перечисление всех предлагаемых на рынке SFFBs процессорных модулей класса COTS, куда можно отнести и изделия формата компактной промышленной материнской платы Mini-ITX (в качестве иллюстрации можно назвать плату KTUS15 от Kontron на базе процессора Intel Atom Z530/1,6 ГГц и набора Intel US15). Более интересным является то факт, что на основе Intel Atom embedded созданы и предлагаются процессорные модули форматов VME, VPX, CompactPCI, традиционно используемые под более мощные процессоры.

Компанией Concurrent Technologies разработано и предлагается для ответственных применений на основе процессора Intel Atom N270 семейство VME-модулей форм-фактора 6U VP A45/01x (см. рис. 2).

Семейство VME-компьютеров VP A45/01x предлагается как в коммерческом, так и в «усиленном» (ruggedized) исполнении, в версиях с кондуктивным и принудительным воздушным охлаждением.

На основе Intel Atom Z530, контроллера-концентратора US15W, памяти DDR2 SDRAM (512 Мб) и NAND Flash (1 Гб) компания Curtiss-Wright разработала модуль VPX3-1100 ATOMIC форм-фактора 3U VPX (см. рис. 3).

Модуль VPX3-1100 выпускается в версии для эксплуатации в расширенном диапазоне температур –40...85°C, в исполнениях для воздушного и кондуктивного охлаждения, а также в варианте исполнения VPX-REDI (VITA 48) с защитным кожухом для обслуживания в полевых условиях (двухуровневое обслуживание, two-level maintenance).

В продуктовой линейке компании General Micro Systems (GMS) появился модуль CoolOne/CC40x (см. рис. 4) формата 3U CompactPCI на основе процессора Atom.

Платформа Intel Atom уже используется и в законченных изделиях для промышленного рынка. Так, компанией Lanner Electronics на основе платформы Intel Atom N270/1,6 ГГц с набором ИС 945GSE выпущен промышленный компьютер LEC-7020 с габаритами 198 × 145 × 42 мм (последний размер – высота), поддерживающий технологии 3G, GPS и Wi-Fi. Это изделие имеет порты VGA, COM, DIO, четыре порта USB и по заказу поддерживает интерфейс LVDS. Разъём для установки SIM-карты и шина mini PCIe, обслуживающая разъём для установки модуля поддержки технологий 3G/GPS, позволяет быстро добавлять соответствующие функциональные возможности. Работа в сети Интернет обеспечивается двумя портами Gigabit Ethernet и заказной установкой модуля Wi-Fi.

Для военных и аэрокосмических приложений компанией Aitech выпущен на основе процессорной платформы Atom усиленный компьютер NightHawk RCU с массой около 2 кг. В режиме конвективного охлаждения это устройство может рассеивать до 22 Вт мощности при температуре окружающего воздуха +55°C. Ресурсы памяти NightHawk включают до 2 Гб DDR2 SDRAM и 4...8 Гб твердотельной SSD-памяти, а также (по заказу) до 250 Гб дисковой памяти. В качестве ПК NightHawk поддерживает два порта Gigabit Ethernet, шесть портов USB 2.0 и четыре многофункциональных порта RS232, двоянный порт для работы с графическими устройствами, порты для подключения клавиатуры и мыши и звуковые порты. Специализированная подсистема ввода/вывода может включать поддержку интерфейсов на основе стандартов MIL-STD-1553B, ARINC-429 и ARINC-708, CAN, Wi-Fi, порты ввода/вывода дискретных и аналоговых сигналов, восьмипортовый коммутатор Gigabit Ethernet. Возможно также подключение систем захвата и обработки видео.

Подсистема ввода/вывода компьютера NightHawk RCU организована на основе разъёмов MIL-DTL-38999. Весь комплекс мероприятий по корпусированию законченных компьютерных систем с усиленной защитой, соблюденный компанией Aitech, позволил на

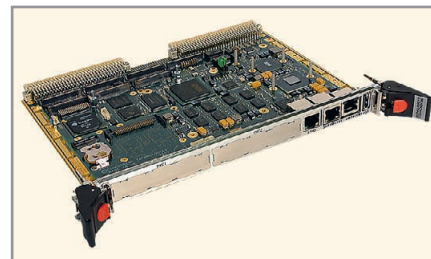


Рис. 2. 6U VME-модуль VP A45/01x компании Concurrent Technologies



Рис. 3. Модуль Curtiss-Wright VPX3-1100 ATOMIC форм-фактора 3U VPX

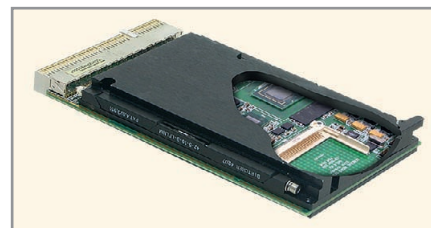


Рис. 4. Модуль CC40x формата 3U CompactPCI компании General Micro Systems

базе стандартной платформы Atom создать промышленный компьютер с рабочим температурным диапазоном –55...71°C, защитой от электромагнитных излучений на уровне требований стандарта MIL-STD-461, стойкий к воздействиям ударных нагрузок до 40 g и вибраций до 10 g (RMS) в диапазоне частот 5...500 Гц.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Главная оперативная задача платформы Intel Atom, которую она уже успешно решает, – поддержка позиций всей линейки процессоров Intel на рынке промышленных (военных) приложений. Intel Atom совместим с линейкой x86-процессоров корпорации, и именно это заставляет многих разработчиков останавливать свой выбор на этом процессоре: приложение на основе процессора Atom может быть масштабировано по цепочке Atom – Celeron – Core2 Duo.

По мере совершенствования платформы Intel Atom можно будет с большей уверенностью говорить о новых сегментах рынка встроенных систем, в которых целесообразно использовать эту платформу.

Блок управления тепловой пушкой

Сергей Шишкин (Нижегородская обл.)

В статье описана схема и алгоритм работы блока управления мощной тепловой пушкой.

Тепловые пушки (тепловентиляторы) применяются для обогрева жилых и производственных помещений, а также на производственных предприятиях в различных технологических процессах. В настоящее время на рынке представлены самые разнообразные тепловые пушки и средства их автоматизации, которые позволяют реализовать любой алгоритм работы и адаптировать тепловую пушку к технологическому процессу. Следует отметить, что на рынке работают фирмы (в том числе и отечественные, причём не только посредники, но и научно-производственные фирмы), которые могут предложить широкий спектр элементов автоматизации – от датчика температуры до терморегулятора и систем сбора данных и управления технологическим процессом. Это значительно упрощает жизнь разработчикам подобных приборов и систем.

Блок управления с подключенной тепловой пушкой и датчиком температуры реализует следующие функции:

- поддержание заданной температуры;
- задание временного интервала на выключение вентилятора;
- дистанционное управление тепловой пушкой;
- передачу измеренных значений, а также значений параметров, характеризующих работу прибора, на внешние устройства управления и сбора данных по интерфейсу RS-485;
- возможность изменения значений параметров с использованием интерфейса RS-485.

Принципиальная схема блока управления с подключенной тепловой пушкой и датчиком температуры показана на рисунке 1.

Блок управления содержит автомат защиты QF1, измеритель-регулятор AS1, реле времени AS2, симисторные блоки AF1 – AF4, AC/DC-преобразователь U1, реле K1. К блоку управле-

ния подключены тепловая пушка A1 и датчик температуры B1. Тепловая пушка A2 состоит из электронагревателя AB1 и вентилятора AB2. Рассмотрим более подробно перечисленные узлы.

Блок управления разработан на базе измерительного регулятора (далее – терморегулятор) МЕТАКОН-523-Т-ТС (AS1) фирмы «КонтрАвт». Выходной транзистор VT1 в терморегуляторе показан условно (см. рис. 1). Прибор измеряет температуру с помощью первичного термопреобразователя сопротивления и выполняет функции ПИД-регулирования с широтно-импульсной модуляцией (ШИМ) выходного сигнала и аварийной сигнализации по двум независимым уровням, выдаёт управляющие и информационные сигналы для других элементов АСУ ТП. Прибор устанавливается в стойку с контрольно-измерительной аппаратурой (КИП) и рассчитан на щитовой монтаж в вертикальной плоскости.

Основными функциями терморегулятора AS1 являются:

- измерение электрического сопротивления первичного термопреобразователя сопротивления (ТСР), преобразование сопротивления в соответствии с номинальной статической характеристикой в значение температуры и индикация результата измерения в градусах Цельсия;
- пропорционально-интегрально-дифференциальное (ПИД) (а также П, PI, PD) регулирование с широтно-импульсной модуляцией выходного сигнала;
- раздельное задание параметров ПИД-регуляторов для каждого канала;
- автоматический и ручной режимы работы ПИД-регулятора;
- «безударный» переход из ручного режима управления к автоматическому регулированию и обратно;
- отключение накопления интегральной составляющей;

- ограничение минимального и максимального значения сигнала управления;
- сигнализация по двум независимым уровням;
- диагностика обрывов линии подключения входных сигналов и перевод работы канала в аварийный режим;
- оптическая изоляция выходных цепей от остальных цепей прибора;
- индикация измеренного значения входного сигнала и значений параметров на четырёхразрядном цифровом дисплее;
- индикация кодов параметра на двухразрядном цифровом дисплее;
- светодиодная индикация состояния выходных сигналов;
- возможность автоматического переключения индикации измеренного значения входного сигнала по каналам;
- задание выполняемых функций и уставок с помощью встроенного пульта с контролем по цифровому дисплею;
- сохранение параметров регулятора в энергонезависимой памяти при отключении напряжения питания;
- защита параметров прибора от несанкционированного воздействия путём ввода пароля;
- обмен по встроенному интерфейсу RS-485.

В таблице 1 приведены основные параметры регулятора-измерителя. Терморегулятор зарегистрирован в Госреестре средств измерений. Внешний вид терморегулятора показан на рисунке 2.

Канал управления терморегулятора содержит:

- один измерительный вход (под входом понимается устройство, к которому подключаются первичные датчики);
- ПИД-регулятор с выходами ▼ и ▲;
- два компаратора Н и L с выходами Н и L.

Симисторные блоки AF1 – AF4 типа БС-440-63/40-Н изготовлены фирмой «КонтрАвт». Данный симисторный блок обеспечивает:

- коммутацию нагрузки;
- гальваническое разделение цепи управления и силовой цепи;

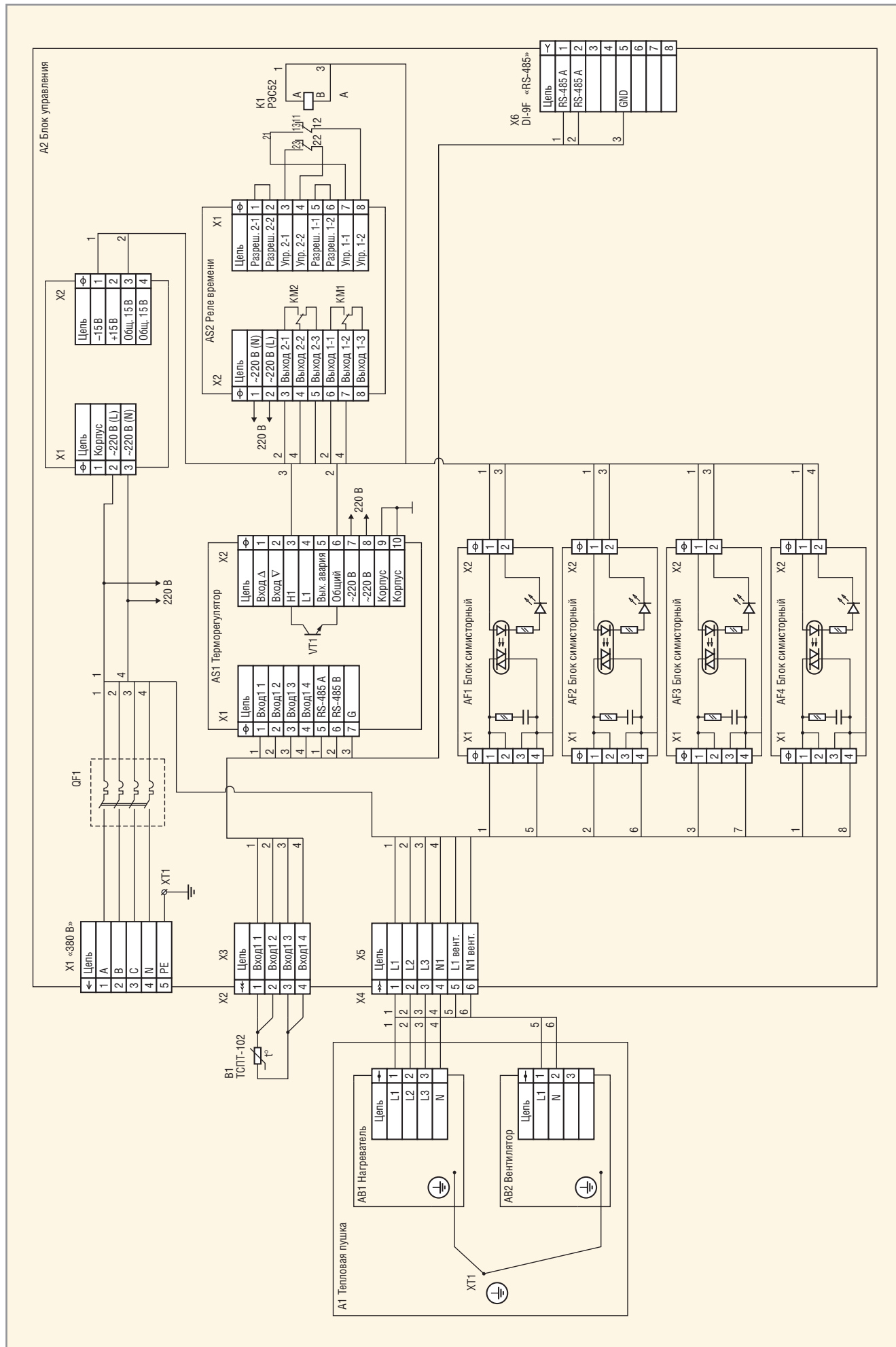


Рис. 1. Принципиальная схема блока управления с подключенной тепловой пушкой и датчиком температуры



Рис. 2. Терморегулятор

- привязку момента коммутации к переходу напряжения нагрузки через ноль;
- индикацию сигнала управления;
- защиту силового элемента от кратковременных перегрузок по напряжению.



Рис. 3. Симисторный блок

Применение подобных симисторных блоков обеспечивает дополнительное снижение коммутационных помех за счёт включения силового элемента в момент перехода сетевого напряжения через ноль. Внешний вид симисторного блока показан на рисунке 3.

Таблица 1. Основные технические характеристики регулятора-измерителя МЕТАКОН-513-Т-ТС-100-1

Количество каналов	1
Задание уровней и функций компараторов	Независимое
Типы датчиков	ТПС (по ГОСТ 6651094)
Основная погрешность измерений, не более	0,1%
Выходные сигналы	Транзистор п–р–п с открытым коллектором 24 В/150 мА, гальванически изолированные
Параметры ПИД-регулирования	$T_i = 0,1 \dots 500$ мин
	$T_d = 0 \dots 256$ с
Период ШИМ, с	1...255
Характеристики интерфейса RS-485: длина линии связи, м, не более тип линии связи скорость передачи, бод	1000 Экранированная витая пара 2400, 4800, 9600, 19200
Напряжение питания прибора	220В, 50 Гц
Потребляемая мощность, ВА, не более	9
Габариты, мм, не более	96 × 96 × 160
Масса, кг	0,8

Таблица 2. Основные технические характеристики реле времени ЭРКОН-224-Х-1-Х

Количество каналов	2
Класс точности	0,02
Тип контактов	Одна группа на переключение для каждого канала
Максимальное значение коммутируемого напряжения	Постоянное 110 В, переменное 250 В
Максимальные значения коммутируемого тока, А: при работе с активной нагрузкой при работе с индуктивной нагрузкой	5
	3
Потребляемая мощность, ВА	2
Номинальные значения напряжения питания: ЭРКОН-224-220-1-Х ЭРКОН-224-24-1-Х	220 В (+10, -5)%, 50 (±0,5 Гц) 12...36 В
Диапазоны временных уставок: ЭРКОН-224-Х-1-1 ЭРКОН-224-Х-1-2	0,1...99,9 с, дискретность 0,1 с 1...999 с, дискретность 1 с 0,1...99,9 мин, дискретность 0,1 мин 1...999 мин, дискретность 1 мин 0,1...99,9 мин, дискретность 0,1 мин 1...999 мин, дискретность 1 мин 0,1...99,9 ч, дискретность 0,1 ч 1...999 ч, дискретность 1 ч

Функцию выключения вентилятора с заданной временной задержкой после выключения электронагревателя выполняет реле времени AS2 фирмы «КонтрАвт»; его основные функции:

- формирование временных интервалов и замыкание/размыкание выходных реле;
- светодиодная индикация состояния выходных реле;
- индикация отсчёта временных интервалов в режимах прямого и обратного счёта;
- задание параметров работы реле с помощью кнопок на лицевой панели, с контролем по цифровому дисплею;
- сохранение параметров реле при отключении напряжения питания.

В таблице 2 приведены основные параметры реле времени. Функциональная схема реле приведена на рисунке 1, выходные реле КМ1, КМ2 показаны условно. Для каждого канала в реле предусмотрено два сигнала: сигнал разрешения и сигнал управления. Сигналы присутствуют, если замкнуты соответствующие клеммы. Например, в схеме присутствуют сигналы разрешения для каналов № 2 и № 1 (установлены переключки между клеммами 1 и 2, а также между клеммами 5 и 6 в соединителе Х1).

Данное реле позволяет реализовать для каждого канала десять временных диаграмм при независимой работе каналов. Кроме того, при зависимой работе каналов реализовано одиннадцать временных диаграмм. В описываемом устройстве у реле времени алгоритм работы канала № 1 соответствует временной диаграмме № 4 (согласно паспорту на реле времени), алгоритм работы канала № 2 соответствует временной диаграмме № 1. Временные диаграммы № 4 и № 1 приведены соответственно на рисунках 4 и 5.

В реле времени AS2 с помощью кнопок на лицевой панели задаются следующие параметры: временная уставка, номер временной диаграммы, номер диапазона уставок, способ взаимодействия каналов. Все вышеуказанные параметры сохраняются при отключении напряжения питания. Включение каналов в реле времени AS2 визуально контролируется индикаторами Вых1, Вых2 на передней панели. При работе канала реле времени по алгоритму времен-

ной диаграммы № 4 (см. рис. 4) включение выходного реле каждого канала происходит по уровню соответствующего сигнала управления (сигнал разрешения при этом присутствует), задержка на выключение – относительно заднего фронта соответствующего сигнала управления. Следует отметить, что пока реле не отработает заданную уставку, оно не перезапустится, т.е. если во время интервала T_1 поступят импульсы сигналов управления (например импульсы 1, 2 на рис. 4), то на их задние фронты реле времени не отреагирует. Внешний вид реле времени показан на рисунке 6.

Подробную информацию о терморегуляторе, симисторном блоке и реле времени можно найти на интернет-странице [1].

Рассмотрим работу блока управления с внешними подключенными устройствами. Сетевое напряжение ~380 В поступает на элементы блока управления с соединителя X1 через автомат защиты QF1. Симисторные блоки AF1 – AF3 подключают нагреватель АВ1 тепловой пушки А1 к сетевому напряжению, а симисторный

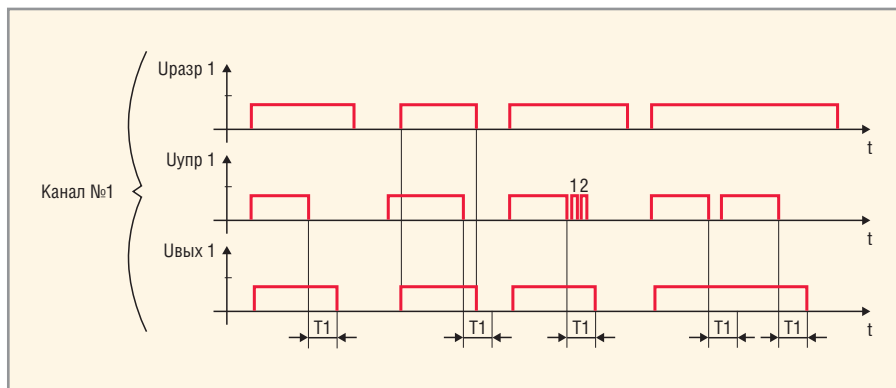


Рис. 4. Временная диаграмма работы канала № 1

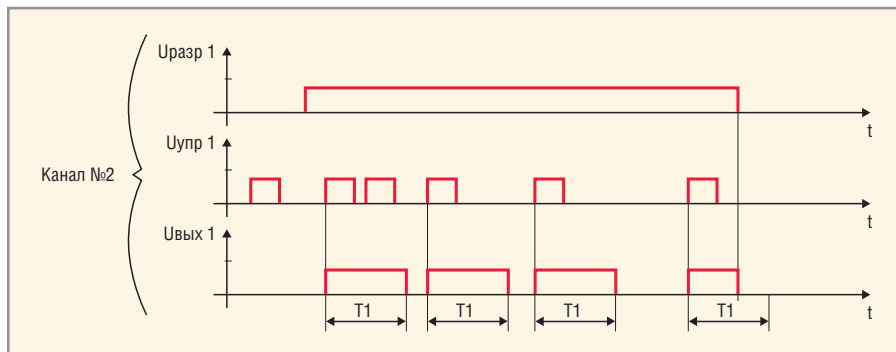


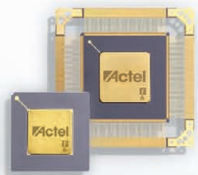
Рис. 5. Временная диаграмма работы канала № 2

блок AF4 подключает вентилятор АВ2 тепловой пушки А1 к сетевому напряжению.

Питающее напряжения цепи управления +15 В поступает с выхода AC/DC преобразователя U1. Выход Н1 термо-



Программируемая логика для коммерческого, промышленного и авиационно-космического применений



Корпорация выпускает широкий спектр однократно и многократно программируемых ПЛИС на основе технологий Antifuse и Flash, которые успешно применяются в различных областях: от бытовых портативных устройств до авиационно-космической аппаратуры. В новом поколении семейств Flash ПЛИС Actel, к легендарной надежности программируемой логики Actel добавилась высокая производительность и низкая цена.



- Минимальное энергопотребление
- Энергонезависимость
- Готовность к работе по включению питания
- Высочайшая надежность
- Иммунитет к сбоям под воздействием тяжелых частиц
- Защита от несанкционированного копирования
- Высокая производительность
- Выгодное соотношение цены и качества

Представительство Actel в России и Украине:

196066, Россия, Санкт-Петербург, Московский пр., 212 Тел./факс: +7 (812) 740 62 09 www.actel.ru
Бесплатный звонок по России со всех мобильных и стационарных телефонов: 8-800-100-62-09

Реклама



Рис. 6. Реле времени



Рис. 7. Термопреобразователь сопротивления

регулятора AS1 (контакт 3 клеммного соединителя X2) включает реле K1 и симисторные блоки AF1 – AF3 (включается нагреватель АВ1 в тепловой пушке А1). Реле K1 своими контактами замыкает выводы 3 и 4, а также 7 и 8 в клеммном соединителе X1 реле времени AS2, т.е. на каналы № 1 и № 2 реле времени подаются сигналы управления. При наличии сигналов управления и разрешения включаются выходные реле KM1, KM2 соответственно каналов № 1 и № 2 реле времени AS2 (см. рис. 4 и 5). При этом коммутируется цепь управления симисторного блока AF4 (включается вентилятор в тепловой пушке). Выходы каналов реле времени AS2 включены параллельно, поэтому при включении хотя бы одного выходного реле, KM1 или KM2, реле времени AS2 будет включать вентилятор АВ2 в тепловой пушке А1.

У мощных тепловых пушек при выключении, во избежание нагрева корпуса и выхода из строя находящихся на нём элементов управления, необходимо сначала выключить электронагреватель, а потом – с некоторой за-

держкой – вентилятор. Поэтому после выключения электронагревателя производится его обдув до тех пор, пока температура на выходе тепловой пушки не достигнет температуры окружающей среды. Требуемая задержка при выключении вентилятора зависит от технических характеристик тепловой пушки (мощность, производительность, габариты и т. д.). Например, после выключения электронагревателя типа Leister LHS Premium 60L 5 кВт 3×380 В его следует «продуть» вентилятором типа Leister Robust ACO 550 ВТ 1×220 В в течение 5 мин. Подключение электронагревателя и вентилятора показано на рисунке 1, их технические характеристики можно найти на интернет-странице [2].

Перед началом работы с блоком управления необходимо задать временные уставки T1 в каналах № 1 и № 2 реле времени AS2 (при работе с временными диаграммами № 1 и № 4 временная уставка T2 не задаётся, поэтому далее по тексту T1 для канала № 1 – T11, а для канала № 2 – T12). В терморегуляторе AS1 необходимо задать уставку температуры T для компрессора Н (верхняя граница), а также зону возврата uН. Все заданные параметры сохраняются при выключении питания.

Пусть текущая температура в обогреваемом объекте меньше заданной уставки T терморегулятора AS1. Сразу после подачи сетевого напряжения ~380 В открывается выходной транзистор VT1 в терморегуляторе AS1. Включается реле K1, включаются симисторные блоки AF1 – AF4, при этом одновременно включаются нагреватель АВ1 и вентилятор АВ2 тепловой пушки А1. Выходные реле KM1, KM2 каналов № 1 и № 2 в реле времени AS2 включены, контакты 3 и 4, а также 6 и 7 клеммного соединителя X2 замкнуты.

Через время, равное T12, выходное реле канала № 2 KM2 выключается, контакты 3 и 4 клеммного соединителя X2 размыкаются (рис. 3). Но цепь управления симисторного блока AF4 всё ещё включена (вентилятор работает), поскольку замкнуты контакты 6 и 7 клеммного соединителя X2 (включено выходное реле KM1 канала № 1).

Пусть через время $t > T21$ текущая температура превысит заданную уставку T терморегулятора AS1. Транзистор VT1 терморегулятора AS1 (выход Н1)

закрывается. Реле K1 выключается (сигнал управления с каналов № 1 и № 2 снимается), цепь управления симисторных блоков AF1 – AF3 размыкается, нагреватель АВ1 в тепловой пушке А1 выключается. При этом контакты 6 и 7 клеммного соединителя X2 реле времени AS2 замкнуты. Выходное реле канала № 1 реле времени AS2 выключится через время T11, а значит, и вентилятор АВ2 в тепловой пушке А1 выключится через время T11 с момента выключения нагревателя (в интервале времени T11 идёт продувка нагревателя).

Если же на интервале времени T11 нагреватель включится и выключится (текущая температура стала меньше уставки в терморегуляторе AS1, и нагреватель АВ1 повысил её снова), то включится выходное реле KM2 канала № 2 реле времени AS2 на время, равное T12. Если T11 – время, необходимое для продувки нагревателя, то T12 должно быть не менее 2T11, т.е. в данном случае после выключения выходного реле KM1 канала № 1 через время T11 вентилятор в тепловой пушке не выключится, а будет продолжать работать, пока не закончится интервал T21. Задержка на выключения вентилятора T3 после выключения вентилятора может быть $T12 \geq T3 \geq T11$.

Дифференциальный автомат защиты блока управления QF1 типа АД14, четырёхполюсный – С25. Датчик температуры В1 – термопреобразователь сопротивления типа ТСРТ102-100П-А4-120, его внешний вид приведён на рисунке 7. Характеристики термопреобразователя можно найти на интернет-странице [1]. AC/DC-преобразователь U1 типа МАА30-1С15СГН, его характеристики описаны в [3]. Реле K1 типа РЭС52 РС4.555.020-10 ЯЛО.455.012ТУ. Терморегулятор AS1 типа МЕТАКОН513-Т-ТС-100-1. Симисторные блоки AF1 – AF4 типа БС-440-63/40-Н. Реле времени AS2 типа ЭРКОН-224-220-1-1.

Рассмотренным блоком можно управлять дистанционно через интерфейс RS-485 терморегулятора AS1. Все необходимые параметры обмена по интерфейсу RS-485 программируются.

ЛИТЕРАТУРА

1. <http://www.contravt.ru>.
2. <http://www.olmax.ru>.
3. <http://www.aeps-group.ru>.



Новости мира News of the World Новости мира

Чип-имплантат возвращает зрение слепым

Исследователи из университета Тюбингена (Universität Tübingen) и специалисты немецкой компании Retina Implant разработали чип-имплантат, способный вернуть зрение ослепшим людям. Чип размером 3 × 3 мм с 1520 светочувствительными диодами вживляется в сетчатку пациента, а преобразованные импульсы подаются непосредственно на зрительный нерв.

Клинические испытания на пациентах с дегенерацией клеток сетчатки показали, что имплант позволяет в большинстве случаев определять не только форму и яркость различных объектов, но и даже различать некоторые предметы. А один из 11 пациентов с чипом-имплантом, Миikka Терхо (Miikka Terho), смог даже прочесть своё имя.

Основное отличие предлагаемого имплантата от других решений – отсутствие дополнительных видеокамер, так как в формировании изображения участвует непосредственно глаз пациента.

К сожалению, созданный чип может вернуть зрение далеко не каждому нуждающемуся. Имплант может частично вернуть зрение только людям, страдающим от пигментного ренита и дистрофии сетчатки, а таковых насчитывается около 200 тыс в мире. Ещё одним минусом можно считать необходимость во внешнем питании чипа и дополнительной фокусировке в виде специальных очков. В настоящее время исследователи разрабатывают новый вариант импланта с беспроводным внешним питанием.

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

Морская вода как альтернатива антеннам

Коммуникации играют важнейшую роль в обеспечении безопасности и «жизнеспособности» судов. Однако инженерам приходится сталкиваться с целым рядом проблем. Зачастую антенн нужно устанавливать много, а условия не позволяют.

Специалисты SSC Pacific (SPAWAR Systems Center Pacific, Space and Naval Warfare) предлагают использовать вместо привычных антенн морскую воду. Это позволит ре-



шить сразу несколько проблем. Во-первых, инженеры получают возможность разгрузить коммуникационные системы кораблей (в среднем на борту военного корабля приходится устанавливать около 80 антенн). Во-вторых, можно будет «формировать» антенну только тогда, когда в этом есть необходимость, так как одновременно все они используются крайне редко.

Для достижения поставленной цели учёные предлагают использовать массивное кольцо-электромагнит и водяной насос. За бортом корабля воды предостаточно, поэтому недостатка в этом ресурсе никто испытывать не будет. Кольцо создаёт электромагнитное поле, а насос – тонкую струю воды. Ключевую роль здесь играет морская соль.

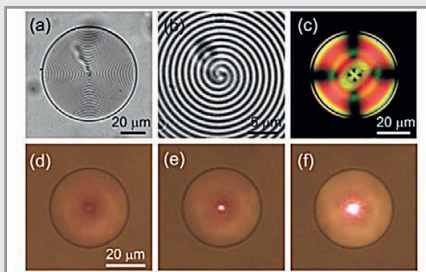
Струя высотой 24 м способна принимать и передавать сигналы в диапазоне от 2 до 400 МГц. При необходимости можно построить систему для передачи сигналов на высоких частотах.

Инженеры надеются заменить комплект из 80 антенн всего десятью «водяными», которые будут работать на разных частотах. В гражданских целях антенны из морской воды могут применяться на нефтяных вышках и спасательных кораблях.

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

Создан первый в мире 3D-микроразер

Традиционные твердотельные лазеры – надёжная и прочная вещь, но они излучают свет лишь в одном направлении. Учёные из Словении разработали «жидкий» лазер на основе оптических резонаторов Брэгга, способный излучать свет во всех направлениях. Эта технологичная разработка может найти применение во множестве сфер, включая голографические дисплеи.



По словам изобретателей, Матяса Хумара (Matjaz Humar) и Игоря Мюзевица (Igor Musevic), они разработали «3D-микроразеры, самосоздающиеся из холестерических микрокапель жидких кристаллов». Эти пузырьки создаются химическим путём, а после того, как на них направляется излучение лазера, пузырьки излучают этот свет во всех направлениях. «Учёные пытались создать подобные лазеры из твёрдых

материалов, однако представьте, насколько это трудно – создать сотни микроскопических оболочек из оптических материалов, которые по своим физическим свойствам должны быть идентичными, – рассказывает Мюзевиц. – Изящность выбранного нами подхода кроется как раз в том, что эти капли-«луковицы» создаются сами в течение долей секунды».

Создатели добавили, что лазер при необходимости можно настраивать, не осуществляя замену капель. Настройка осуществляется путём изменения температуры лазера, а также введения в систему дополнительного электрического поля. По поводу коммерциализации этой перспективной технологии пока не сказано ни слова, но мы уверены, что подобные новости не заставят себя ждать.

<http://dailytech.com/>

Создан самый чёрный материал в мире

Специалисты Центра космических полётов Годдарда (Goddard Space Flight Center) создали новый материал, который в десять раз чернее самой чёрной краски в мире. В его основе – углеродные нанотрубки, выращенные на титановой подложке.



Вскоре после проведения всех необходимых испытаний материал будет использоваться для окраски внутренних поверхностей космических камер и телескопов. Сейчас для этих целей применяется краска Z306, также разработанная специалистами NASA. Однако «черноты» Z306 не хватает для того, чтобы свести на нет отражение падающего на боковые поверхности объективов света, что в свою очередь приводит к снижению точности измерений: до 40% полученных космическими камерами данных не может быть обработано из-за зашумления изображения.

Созданный материал позволит решить эту проблему, так как он поглощает до 99,5% падающего на него света. Впервые специалисты планируют применить новый материал на аппарате ORCA (Ocean Radiometer for Carbon Assessment) – инструменте нового поколения, предназначенном для изучения процессов фотосинтеза, происходящих в мировом океане.

<http://nasa.gov/>

Два способа измерения температуры при помощи термопар

Печатается с разрешения Analog Devices, Inc. (<http://www.analog.com>)

Мэтью Дафф, Джозеф Тови (США)

Перевод Андрея Данилова

В статье приведены краткие сведения о термопарах и описаны две измерительные схемы на основе ИС компании Analog Devices.

ВВЕДЕНИЕ

Термопара является простым, широко используемым компонентом для измерения температуры. Эта статья представляет общий обзор термопар, описывает стандартные проблемы, возникающие при разработке с их использованием, и предлагает два решения для обработки сигнала. Первое решение сочетает и компенсацию эталонного спае, и обработку сигнала в одной аналоговой ИС для удобства и лёгкости использования; второе решение разделяет компенсацию эталонного спае и обработку сигнала для большей гибкости и точности измерения температуры с цифровым выходом.

ТЕОРИЯ ТЕРМОПАРЫ

Термопара, показанная на рисунке 1, состоит из двух проводников разнородных металлов, соединённых вместе на одном конце, называемом измерительным («горячим») спаем. Другой конец, где проводники не соединены, подключен к дорожкам схемы обработки сигнала, обычно сделанным из меди. Это переход между металлами термопары и медными дорожками называется эталонным («холодным») спаем.*

Напряжение, генерируемое эталонным спаем, зависит от температуры и на измерительном, и на эталонном спае. Поскольку термопара является дифференциальным устройством, а не прибором для измерения абсолютной температуры, температура эталонного спае должна быть известной, чтобы получить точные показания абсолютной температуры. Этот процесс известен как компенсация эталонного спае (компенсация холодного спае).

Термопары используются в стандартных промышленных методах экономически эффективного измерения температуры в широком диапазоне с приемлемой точностью. Они используются в разнообразных применениях вплоть до +2500°C в бойлерах, водонагревателях, печах и самолетных двигателях, и т.д. Наиболее популярной термопарой является термопара типа К, состоящая из хрома и алюминия (марки сплава никеля, содержащие хром и алюминий, магний и кремний соответственно), с температурным диапазоном от -200 до +1250°C.

ПОЧЕМУ ИСПОЛЬЗУЕТСЯ ТЕРМОПАРА?

Преимущества

Температурный диапазон. Наиболее реальные температурные диапазоны – от криогеники до выхлопа реактивного двигателя – могут быть перекрыты при помощи термопар. В зависимости от использованного металла проводников, термопара способна измерять температуру в диапазоне от -200 до +2500°C.

Надёжная. Термопары являются прочными приборами, невосприимчивыми к удару и вибрации и подходящими для использования в опасных окружающих условиях.

Быстрый отклик. Благодаря небольшим размерам и низкой теплоёмкости, термопары быстро откликаются на изменения температуры, особенно если воздействию подвергается измерительный спае. Они могут реагировать на быстро изменяющуюся температуру в пределах нескольких сотен миллисекунд.

Отсутствует саморазогрев. Поскольку термопары не требуют энергии питания, они не подвержены саморазогреву и от природы безопасны.

Недостатки

Сложная обработка сигнала. Необходимо существенная обработка сигнала, чтобы преобразовать напряжение термопары в полезные показания температуры. Традиционно обработка сигнала требовала больших затрат времени, чтобы избежать привнесённых погрешностей, которые снижали точность.

Точность. Кроме внутренних неточностей в термопарах, обусловленных их металлургическими свойствами, измерение при помощи термопары является настолько точным, насколько точно может быть измерена температура эталонного спае, традиционно в пределах 1...2°C.

Подверженность коррозии. Поскольку термопары состоят из двух разнородных металлов, в некоторых окружающих условиях коррозия с течением времени может привести к ухудшению точности. Следовательно, им может потребоваться защита, а уход и техническое обслуживание являются неотъемлемыми процедурами.

Подверженность помехам. При измерении изменений сигнала на уровне микровольт, помехи от паразитных электрических и магнитных полей могут быть проблемой. Скручивание пары проводов термопары может значительно снизить наводку от магнитного поля. Использование экранированного кабеля или укладка проводов в металлический лоток и защитный экран могут снизить наводку от электрического поля. Измерительное устройство должно обеспечивать фильтрацию сигнала либо на аппаратном, либо на программном уровне, с интенсивным подавлением частоты сети (50 или 60 Гц) и её гармоник.

* Мы используем термины «измерительный спае» и «эталонный спае», а не более традиционные «горячий спае» и «холодный спае». Традиционное наименование системы может сбивать с толку, поскольку во многих приложениях измерительный спае может быть холоднее, чем эталонный спае.

ПРОБЛЕМЫ ИЗМЕРЕНИЯ ПРИ ПОМОЩИ ТЕРМОПАР

По многим причинам нелегко преобразовать напряжение, генерируемое термопарой, в точные показания температуры: сигнал напряжения является небольшим, взаимосвязь температура–напряжение является нелинейной, эталонный спай требует компенсации, а термопары могут создавать проблемы заземления. Давайте рассмотрим эти проблемы по очереди.

Сигнал напряжения мал. Большинство общеупотребительных термопар относятся к типам J, K и T. При комнатной температуре их напряжение изменяется на 52 мкВ/°С, 41 мкВ/°С и 41 мкВ/°С соответственно. Другие, менее известные типы имеют даже меньший температурный коэффициент напряжения. Этот небольшой сигнал требует каскада с большим усилением перед аналого-цифровым преобразованием. Таблица 1 сравнивает чувствительности различных типов термопар.

Поскольку сигнал напряжения является небольшим, схема обработки сигнала обычно нуждается в усилении 100 В/В или около этого – фактически простое согласование сигнала. Более труд-

ным может быть распознавание истинного сигнала из помех, собираемых выводами термопары. Выводы термопары являются длинными и часто прокладываются в электрически зашумленном окружении. Помехи, считанные выводами, могут легко поглотить ничтожный сигнал термопары.

Чтобы выделить сигнал из помех, обычно сочетают два подхода. Первым является использование усилителя с дифференциальным входом, такого как измерительный усилитель, чтобы усилить сигнал. Поскольку большие помехи появляются на обоих проводах (синфазно), дифференциальное измерение их устраняет. Вторым является низкочастотная фильтрация, которая удаляет внеполосные помехи. Низкочастотный фильтр должен удалять и радиочастотные помехи (свыше 1 МГц), которые могут вызвать выпрямление в усилителе, и фон 50/60 Гц (источник питания). Важно расположить радиочастотный фильтр перед усилителем (или использовать усилитель с отфильтрованными входами). Расположение фильтра 50/60 Гц часто не критично – он может сочетаться с радиочастотным

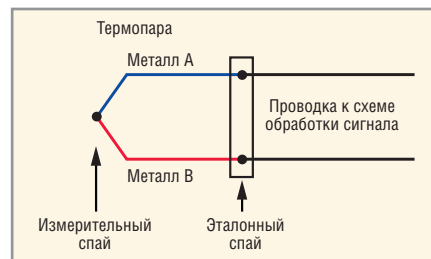


Рис. 1. Термопара

фильтром, располагаться между усилителем и АЦП, быть частью сигма-дельта-АЦП либо может быть заложен в программное обеспечение в качестве фильтра усреднения.

Компенсация эталонного спаев. Температура эталонного спаев термопары должна быть известной, чтобы получить точные показания абсолютной температуры. Когда термопары использовались впервые, это делали путём содержания эталонного спаев в ванне со льдом. Рисунок 2 изображает цепь термопары с одним концом при неизвестной температуре и другим концом в ванне со льдом (0°С). Этот метод был использован для исчерпывающего исследования параметров различных типов термопар, следовательно, почти все таблицы термопар

ИНТЕРНЕТ МАГАЗИН

Elitan.ru

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

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

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

ЭЛЕКТРОННЫЕ КОМПОНЕНТЫ

ПРИБОРЫ И ИНСТРУМЕНТ

КОМПЬЮТЕРНЫЕ КОМПЛЕКТУЮЩИЕ

1 000 000 товаров от 999 изготовителей

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

info@elitan.ru www.elitan.ru

Реклама

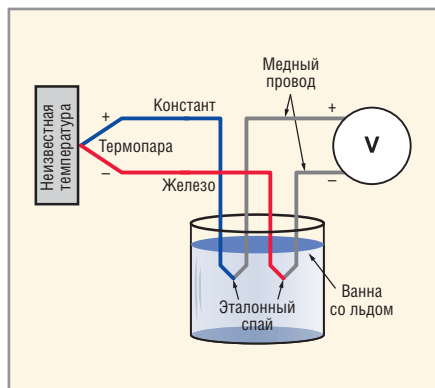


Рис. 2. Первичная цепь железо-константановой термопары

используют 0°C в качестве эталонной температуры.

Однако содержание эталонного спая термопары в ванне со льдом является непрактичным для большинства систем измерения. Вместо этого большинство систем используют технологию, называемую компенсацией эталонного спая (также известную как компенсация холодного спая). Температуру эталонного спая измеряют при помощи другого термочувствительного прибора – обычно микросхемы, термистора, диода или RTD (резистивного датчика температуры).

Отсчёт напряжения термопары затем корректируют для отображения температуры эталонного спая. Важно, чтобы эталонный спай был считан как можно более точно – с точностью датчика температуры, содержащегося при той же самой температуре, что и эталонный спай. Любая погрешность в определении температуры эталонного спая отразится на конечном отсчёте показаний термопары.

Для измерения образцовой температуры доступны различные датчики:

- **термисторы.** Они имеют быстрый отклик и небольшой корпус; однако они нуждаются в линеаризации и имеют ограниченную точность, особенно в широком диапазоне температур. Они также требуют тока для возбуждения, который может вызы-

Таблица 1. Изменение напряжения в зависимости от температуры (коэффициент термоЭДС) для различных типов термопар при 25°C

Тип термопары	Коэффициент термоЭДС, мкВ/°C
E	61
J	52
K	41
N	27
R	9
S	6
T	41

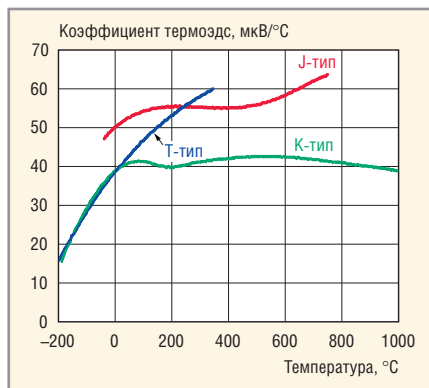


Рис. 3. Изменение чувствительности термопары с температурой

вать саморазогрев, приводящий к дрейфу. Общая точность системы в сочетании с обработкой сигнала может быть недостаточной;

- **резистивные датчики температуры (RTD).** Резистивные датчики температуры являются точными, стабильными и достаточно линейными, однако размер корпуса и стоимость ограничивают их применение в системах управления технологическими процессами;
- **удалённые термодиоды.** Это диоды, используемые для считывания температуры вблизи разъёма термопары. Формирующий кристалл преобразовывает напряжение на диоде, которое пропорционально температуре, в аналоговый или цифровой выходной сигнал. Его точность ограничена примерно ±1°C;
- **интегрированный датчик температуры.** Интегрированный датчик температуры – автономная ИС, которая считывает температуру локально, – должен быть тщательно установлен вблизи эталонного спая и может сочетать компенсацию эталонного спая и обработку сигнала. Достижимы точности в пределах малых долей 1°C.

Сигнал напряжения является нелинейным. Наклон графика характеристики термопары изменяется в зависимости от температуры. Например, при 0°C выход термопары Т-типа изменяется на 39 мкВ/°C, но при 100°C наклон возрастает до 47 мкВ/°C.

Существуют три стандартных метода компенсации нелинейности термопары.

Выбрать часть графика, которая является относительно плоской, и аппроксимировать наклон как линейный в данной области – подход, который работает особенно хорошо для измерений в ограниченном диапазоне температур. Не требуются сложные вычисления. Одной из причин, по которой

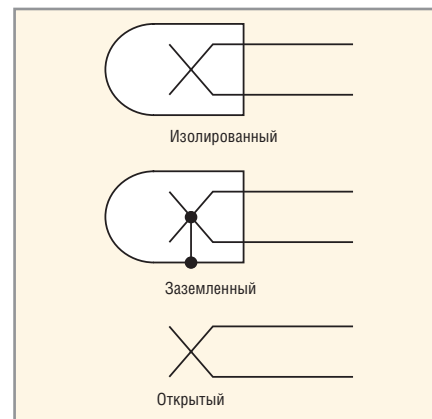


Рис. 4. Типы измерительного спая термопары

термопары К- и J-типа являются популярными, является то, что они имеют большие промежутки температуры, для которых возрастающий наклон чувствительности (коэффициент термоЭДС) остаётся фактически постоянным (см. рис. 3).

Другим подходом является сохранение в памяти просмотрной таблицы, которая соотносит набор напряжений термопары с её относительной температурой. Затем используется линейная интерполяция между двумя ближайшими пунктами таблицы для получения других значений температуры.

Третьим подходом является использование уравнений высокого порядка, которые моделируют поведение термопары. Хотя этот метод имеет наибольшую точность, он также является самым затратным по вычислениям. Для каждой термопары существуют два набора уравнений. Один набор преобразовывает температуру в напряжение термопары (полезное для компенсации эталонного спая). Другой набор преобразовывает напряжение термопары в температуру. Таблицы термопар и уравнений высокого порядка для термопар могут быть найдены на интернет-странице <http://srdata.nist.gov/its90/main/>. Все эти таблицы и уравнения основаны на температуре эталонного спая 0°C. Компенсация эталонного спая должна быть использована, если он находится при любой другой температуре.

Требования к заземлению. Промышленность выпускает термопары и с изолированными, и с заземлёнными наконечниками для измерительного спая (см. рис. 4). Обработка сигнала термопары должны быть спроектирована так, чтобы избежать петель заземления при измерении заземлённой термопарой, а также иметь контур для входных токов усилителя, когда измерение производится изолированной

Проводка уложена
слишком **плотно?**
Панели расположены
слишком **высоко?**
Проводники слишком
велики?
Будьте к этому готовы.



Представляем первые в мире гибкие токоизмерительные клещи **Fluke 376 с iFlex™**



Инновационный гибкий токовый пробник iFlex обеспечивает повышенную гибкость отображения данных индикатором. Измерения параметров проводников неудобных размеров. Улучшение доступа к проводке.

Наивысший из возможных классов безопасности

Испытаны с превышением уровней классов безопасности KAT. IV для 600 В и KAT. III для 1 000 В. Работают везде, где это необходимо.

Надежность показаний

Встроенный фильтр нижних частот и современный уровень обработки сигнала обеспечивают стабильные показания в условиях помехонасыщенных сред.

Специальная технология измерений INRUSH

Фильтрация помех, точное измерение пускового тока двигателя.

Эргономичность конструкции

Измерительный прибор может использоваться и в случае применения средств индивидуальной защиты. Большой и легко читаемый дисплей с подсветкой.

Повышенная износоустойчивость

Запрессованный корпус и проведения испытаний падением обеспечивают дополнительные уровни защиты.

Повышенные функциональные возможности при проведении измерений

- Измеряемый ток — до 2 500 А (переменный)/1 000 А (постоянный)
- Измеряемое напряжение — до 1 000 В переменного и постоянного тока с мВ-диапазоном для дополнительных принадлежностей.
- Емкость, сопротивление — до 60 кОм и выше.

Fluke 376 с iFlex:

Теперь не существует ничего, до чего нельзя было бы добраться.

Детальные технические характеристики изделия и описание всего ассортимента инновационных токоизмерительных клещей Fluke см. на веб-сайте:

www.fluke.ru

FLUKE®

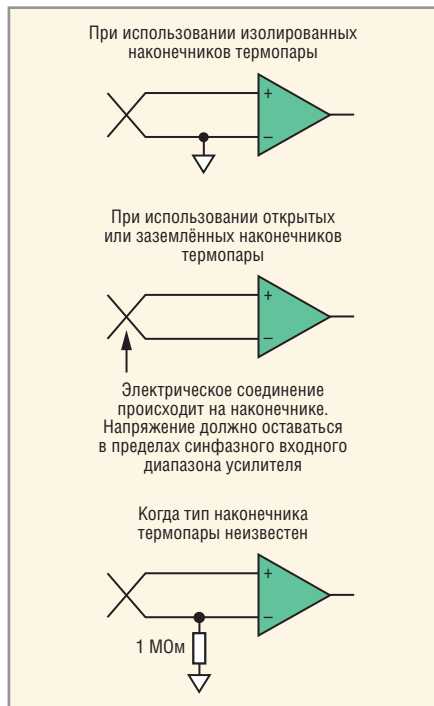


Рис. 5. Варианты заземления при использовании различных типов наконечников

термопарой. Кроме того, если наконечник термопары заземлён, входной диапазон усилителя должен выдерживать любые различия в потенциалах заземления между наконечником термопары и землёй системы измерения (см. рис. 5).

Система обработки с двойным питанием для неизолированных систем будет, как правило, более устойчивой для заземлённого наконечника и незащищённых типов наконечников. Из-за своего широкого диапазона синфазного входного напряжения, усилитель с двойным питанием может обрабатывать большое дифференциальное напряжение между заземлением печатной платы и землёй наконечника термопары. Системы с одним источником питания могут работать удовлетворительно во всех трёх вариантах наконечников, если диапазон синфазного сигнала усилителя имеет некоторую возможность

измерять потенциал ниже заземления в конфигурации с одним источником питания. Для преодоления ограничения по синфазному сигналу, в системах с одним источником питания полезно сдвигать термопару к середине напряжения питания. Это хорошо работает для изолированных наконечников термопар либо если вся система измерения является изолированной. Однако это не рекомендуется для неизолированных систем, которые предназначены для измерения заземлённых или незащищённых термопар.

Практические схемы с термопарами. Обработка сигнала термопары является более сложной, чем обработка в других системах измерения. Время, необходимое для разработки и отладки обработки сигнала, может увеличить время выхода изделия на рынок. Ошибки в обработке сигнала, особенно в части компенсации измерительного спая, могут привести к более низкой точности. Две описанные ниже схемы посвящены этим проблемам.

Первая описывает простое аналоговое интегрированное аппаратное решение, сочетающее прямое измерение термопары с компенсацией эталонного спая при помощи единственной ИС. Второе решение подробно рассматривает схему компенсации эталонного спая на основе программного обеспечения, обеспечивающую повышенную точность для измерения термопары и гибкость в использовании термопар многих типов.

РЕШЕНИЕ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ 1: ОПТИМИЗИРОВАННОЕ ДЛЯ ПРОСТОТЫ

Рисунок 6 показывает схему для измерения термопары типа К. Она основана на применении усилителя термопары AD8495, который специально разработан для термопар типа К. Это аналоговое решение оптимизировано для мини-

мального времени разработки: Оно имеет простой тракт для сигнала и не требует написания кода программы.

Как этот простой сигнальный тракт удовлетворяет требованиям обработки сигнала для термопар К-типа?

Усиление и выходной масштабный коэффициент. Малый сигнал термопары усиливается AD8495 в 122 раза, обеспечивая выходную чувствительность 5 мВ/°С (200°С/В).

Подавление помех. Высокочастотные синфазные и дифференциальные помехи удаляются внешним радиочастотным фильтром. Низкочастотные синфазные помехи подавляет измерительный усилитель AD8495. Любой оставшийся шум удаляется внешним фильтром при последующей обработке.

Компенсация эталонного спая. Усилитель AD8495, который содержит температурный датчик для компенсации изменений окружающей температуры, должен быть установлен вблизи эталонного спая, чтобы работать при той же температуре для точной компенсации эталонного спая.

Коррекция нелинейности. Усилитель AD8495 откалиброван для получения выхода 5 мВ/°С на линейном участке графика термопары К-типа, с погрешностью линейности менее чем 2°С в диапазоне температур -25...400°С. Если необходим более широкий температурный диапазон, указание по применению AN-1087 от компании Analog Devices описывает, как может быть использована просмотревая таблица или уравнение в микропроцессоре для расширения диапазона температур.

Эксплуатация изолированных, заземлённых и незащищённых термопар. Рисунок 5 показывает подсоединённый к земле резистор 1 МОм, который учитывает все типы наконечников термопар. Усилитель AD8495 был специально разработан, чтобы обеспечить измерение на уровне нескольких сотен милливольт ниже потенциала земли при использовании одного источника питания, как показано на схеме. Если ожидается большая разница в потенциалах заземления, усилитель AD8495 также может быть использован с двойным источником питания.

Более подробно о AD8495. Рисунок 7 показывает структурную схему усилителя термопары AD8495. Усилители A1, A2 и A3 и показанные резисторы образуют измерительный усилитель,

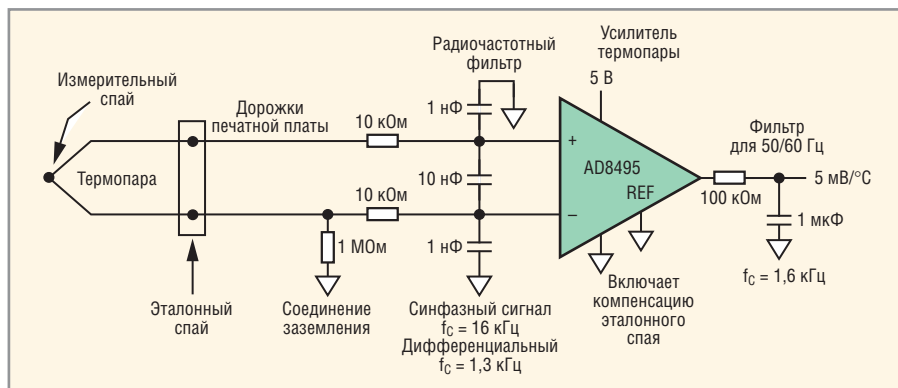


Рис. 6. Решение для измерения 1

который усиливает выходной сигнал терморпары К-типа настолько, чтобы соответствовать выходному напряжению 5 мВ/°С. Внутри блока «Компенсация эталонного спая» находится датчик окружающей температуры. Когда температура измерительного спая поддерживается постоянной, дифференциальное напряжение от терморпары будет снижаться, если температура эталонного спая возрастает по любой причине. Если миниатюрный (3,2 × 3,2 × 1,2 мм) усилитель AD8495 находится в тепловой близости к образцовому спая, схема компенсации вводит дополнительное напряжение в усилитель, с тем чтобы выходное напряжение оставалось постоянным, компенсируя, таким образом, изменение эталонной температуры.

В таблицу 2 сведены характеристики интегрального аппаратного решения, использующего микросхему AD8495.

РЕШЕНИЕ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ 2: ОПТИМИЗИРОВАННОЕ ДЛЯ ТОЧНОСТИ И ГИБКОСТИ

Рисунок 8 показывает схему для измерения терморпары J-, K- и T-типа с большой степенью точности. Эта схема включает высокоточный АЦП для измерения малых напряжений терморпары и высокоточный датчик для измерения температуры эталонного спая. Оба прибора управляются по интерфейсу SPI от внешнего микроконтроллера.

Как эта конфигурация удовлетворяет требованиям обработки сигнала, приведённым ранее?

Удалить помехи и усилить напряжение. Микросхема AD7793, показанная в подробностях на рисунке 9, является высокоточным аналоговым входным интерфейсом с малым потреблением и используется для измерения напряжения терморпары. Выход терморпары фильтруется внешним способом и подсоединяется к набору дифференциальных входов, AIN1(+) и AIN1(-). Затем сигнал поступает на коммутатор, буферный усилитель и измерительный усилитель, который усиливает малый сигнал терморпары, и на АЦП, который преобразовывает сигнал в цифровой. Компенсация температуры эталонного спая. Микросхема ADT7320 (см. блок-схему на рис. 10), будучи установленной достаточно близко к образцовому спая, может измерять температуру этого перехода с точностью до ±0,2°С в диапазоне от -10 до +85°С. Встроенный в

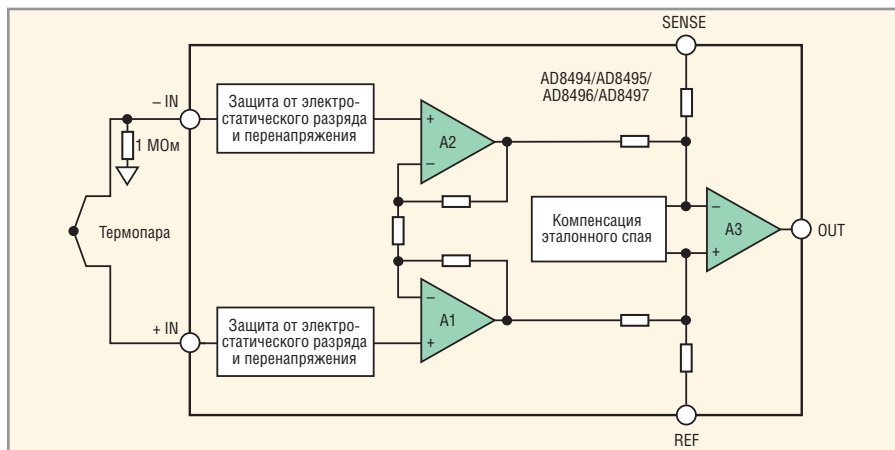


Рис. 7. Функциональная блок-схема AD8495

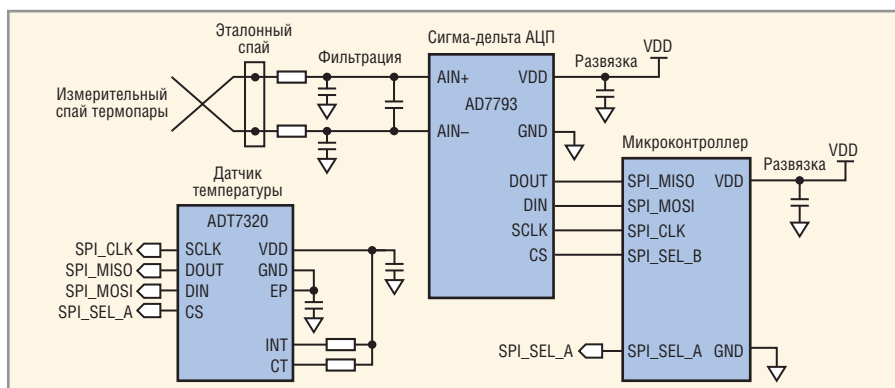


Рис. 8. Решение для измерения 2

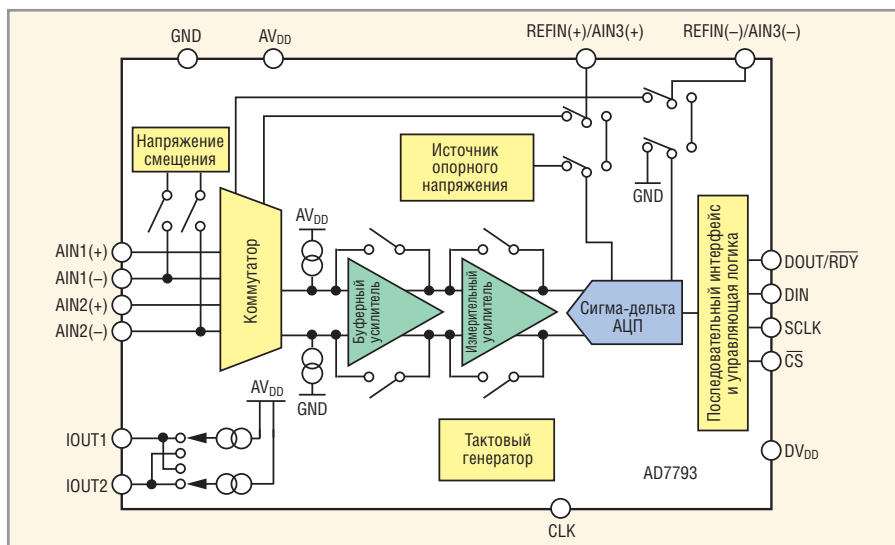


Рис. 9. Функциональная схема AD7793

кристалл датчик температуры генерирует напряжение, пропорциональное абсолютной температуре, которое сравнивается с внутренним опорным источником и прикладывается к высокоточному цифровому модулятору. Оцифрованный результат от модулятора

обновляет 16-разрядный регистр значения температуры. Регистр значения температуры затем может быть считан обратно из микроконтроллера при помощи интерфейса SPI и объединён с цифровым отсчётом из АЦП для выполнения компенсации.

Таблица 2. Решение 1 (см. рис. 6), сводка характеристик

Тип терморпары	Диапазон температуры измерительного спая	Диапазон температуры эталонного спая	Точность при 25°С	Потребляемая мощность
К	-25...400°С	0...50°С	±3°С (группа А) ±1°С (группа С)	1,25 мВт

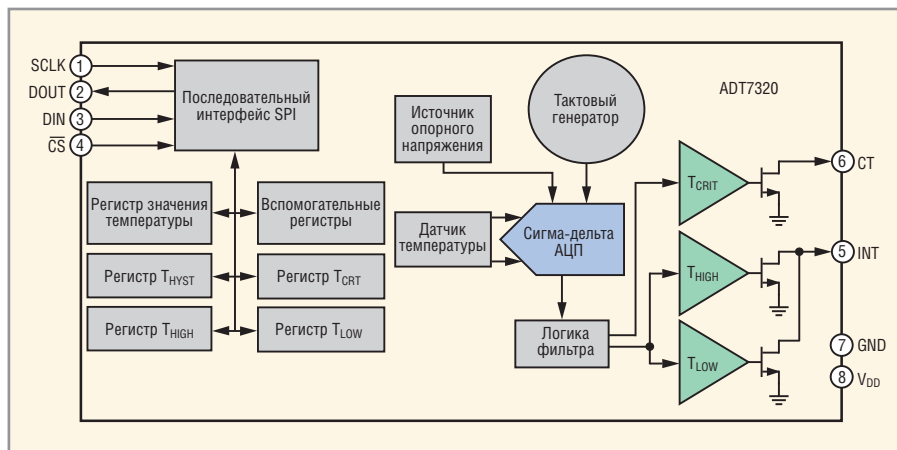


Рис. 10. Функциональная схема ADT7320

Корректировка нелинейности. Микросхема ADT7320 обеспечивает превосходную линейность в своём паспортном диапазоне температур (-40...125°C), не требующую коррекции или калибровки пользователем. Её цифровой выход, таким образом, может считаться точным представлением состояния эталонного спае. Чтобы определить фактическую температуру термопары, это эталонное измерение температуры должно быть преобразовано в эквивалентное термоэлектрическое напряжение при помощи уравнений, предоставленных Национальным институтом стандартов и технологии (NIST). Затем это напряжение добавляется к напряжению термопары, измеренному микросхемой AD7793, а итог переводится обратно в температуру термопары, снова при помощи уравнений NIST.

Эксплуатируйте изолированные и заземлённые термопары. Рисунок 8 показывает термопару с незащищённым (открытым) наконечником. Это обеспечивает наилучшее время отклика, но аналогичная конфигурация также могла бы использоваться и вместе с термопарой с незащищённым наконечником.

Таблица 3 суммирует характеристики схемы измерения эталонного спае на основе программных средств с использованием информации NIST.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Термопары позволяют надёжно измерять температуру в достаточно широком диапазоне, но инженеры часто отказываются от их использования из-за неизбежного компромисса между

временем разработки и точностью измерения. Статья предлагает экономически эффективные способы разрешения этих проблем.

Первое решение сосредотачивается на уменьшении сложности измерения посредством технологии аппаратной аналоговой компенсации эталонного спае. Это приводит к простому сигнальному тракту, не требующему программирования, с учётом интеграции, предоставленной усилителем термопары AD8495, обеспечивающего выход сигнала 5 мВ/°C, который может быть подан на аналоговый вход разнообразных микроконтроллеров.

Второе решение обеспечивает высочайшую точность измерения и также позволяет использовать различные типы термопар. Технология компенсации эталонного спае программным способом опирается на высокоточный цифровой датчик температуры ADT7320, чтобы обеспечить более точное измерение компенсации эталонного спае, недостижимое до сегодняшнего дня. Микросхема ADT7320 поставляется полностью откалиброванной и по техническим условиям соответствует диапазону температур -40...125°C. Абсолютно понятная, в отличие от измерения традиционным термистором или резистивным датчиком, она не требует ни затратного этапа калибровки после монтажа платы, ни ресурсов процессора или памяти с калибровочными коэффициентами или процедурами линеаризации. Потребляя только микроватты мощности, эта ИС избегает

Таблица 3. Решение 2 (см. рис. 8), сводка характеристик

Тип термопары	Диапазон температуры измерительного спае	Диапазон температуры эталонного спае	Точность	Потребляемая мощность
J, K, T	Полный диапазон	-10...85°C -20...105°C	±0,2°C ±0,25°C	3 мВт 3 мВт

проблем саморазогрева, которые подрывают точность традиционных решений с резистивным датчиком.

ПРИЛОЖЕНИЕ
Использование уравнения NIST для преобразования температуры микросхемы ADT7320 в напряжение

Компенсация эталонного спае термопары основана на следующем соотношении:

$$\Delta V = V_{J1} - V_{J2}, \quad (1)$$

где ΔV – выходное напряжение термопары; V_{J1} – напряжение, генерируемое на спае термопары; V_{J2} – напряжение, генерируемое на эталонном спае.

Чтобы это соотношение для компенсации работало, оба вывода эталонного спае должны содержаться при одной и той же температуре. Выравнивание температуры выполняется при помощи изотермического клеммника, который позволяет выравниваться температуре обоих выводов, обеспечивая при этом электрическую изоляцию.

После того как температура эталонного спае измерена, она должна быть преобразована в эквивалентное термоэлектрическое напряжение, которое могло быть выработано этим спае при измеренной температуре. Один из методов использует полином в виде степенного ряда. Термоэлектрическое напряжение вычисляется как:

$$E = a_0 + a_1T + a_2T^2 + a_3T^3 + \dots + a_nT^n, \quad (2)$$

где E – термоэлектрическое напряжение (микровольты); a_n – коэффициенты полинома, зависящие от типа термопары; T – температура (°C); n – порядок полинома.

NIST публикует таблицы коэффициентов полинома для каждого типа термопары. В этих таблицах перечислены коэффициенты, порядок (число составляющих полинома), применимые диапазоны температуры для каждого списка коэффициентов и диапазон погрешности. Некоторые типы термопар требуют более одной таблицы коэффициентов для перекрытия всего диапазона температур при эксплуатации. Таблицы для степенных рядов полинома перечислены в основном тексте.

Новости мира News of the World Новости мира

Варисторы с предохранителем

TDK-EPС представляет серию ETFV варисторов фирмы Epcos, которые защищены от перегрузок и предотвращают тем самым опасность возгорания. У элементов серии ETFV последовательно включен интегрированный в корпус дисковый варистор серии AdvanceD с термическим предохранителем. Облицованный специальной пластмассой термозащитный предохранитель отключает перегретый варистор от электрической схемы, предотвращая тем самым возникновение пламени и дыма.

Благодаря жаростойкости и огнезащитной конструкции варисторы выполняют требования норм UL 94 V-0. Кроме того, они соответствуют требованиям норм UL 1449 3rd Edition, UL 60691 и IEC 6 0950-1 Annex Q. Серия ETFV наряду с двумя выводами варистора имеет третий вывод, который можно использовать для выдачи сигнала предупреждения – например, сигнализация срабатывания предохранителя может быть реализована на светодиоде.



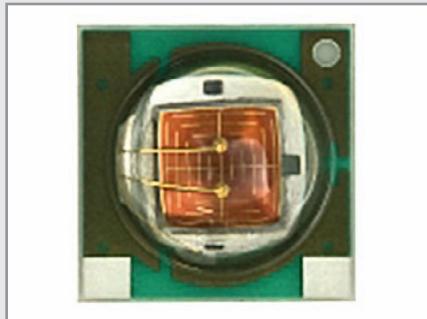
Спектр продуктов включает в себя диски, диаметр которых составляет 14, 20 и 25 мм. Различные ETFV-варианты рассчитаны на поглощение максимальных ударных токов импульсной формы 8/20 мкс от 6 до 20 кА при номинальных напряжениях от 130 до 420 В ср.кв. Нагрузочная способность к ударным токам составляет 20 000 А, при этом максимальное потребление энергии составляет 700 Дж за 2 мс.

Приложениями варисторов серии ETFV являются бытовые приборы, системы электроснабжения, инверторы для солнечных энергетических установок и приводов. Помимо этого, они используются для общей защиты приборов и кабельной проводки.

www.epcos.de

Цветные светодиодные лампы до 500 мВт

Фирма Cree дополняет линейки цветных светодиодов XLamp XP-E и XLamp XP-C мо-



делями с высокой мощностью. Типичными областями применения являются светильники, которые используются в зданиях, на транспорте и на машинах скорой помощи и пожарных машинах. Новые светодиоды пригодны к тому же для использования в системах декоративного освещения.

Светодиоды серии XLamp XP-E обеспечивают гарантированную мощность 500 мВт. Значения светового потока у синих светодиодов составляют 39,8 лм, у зелёных – 107 лм, у красно-оранжевых – 73,9 лм и у красных – 62 лм. Все значения достигаются при 350 мА. Для моделей серии XLamp XP-C мощность составляет 350 мВт, а световой поток 23,5 лм у синих, 62 лм у красно-оранжевых и 51,7 лм у красных при токе 350 мА.

www.cree.com/buyxlamp

Sharp: 3,5-дюймовый ЖК-дисплей промышленного применения

TFT-ЖК-дисплей LQ035Q3DG03 компании Sharp с диагональю экрана 3,5 дюйма (8,8 см) предназначен для использования в промышленных приложениях со сроком службы 50 000 ч при рабочей температуре $-20...+70^{\circ}\text{C}$. Благодаря своей монтажной глубине 4,7 мм при длине сторон $76,9 \times 63,9$ мм он может быть многосторонне интегрирован, например, в переносную контрольно-измерительную аппаратуру, в другие промышленные приборы, а также в индикаторы состояния производственных установок и станков.

Изображение в 16 млн. цветов при разрешении 320×240 пикселей обеспечивает точную и подробную индикацию разнооб-



разной информации. При яркости 450 кд/м² дисплей может использоваться в сложных окружающих условиях, например, на улице при прямом солнечном свете. Контрастность составляет 300 : 1.

<http://www.sharpsme.com>

В EPFL разработали камеру, создающую «честное» 3D

Если вы думаете, что 3D-революция ограничивается лишь потребительским сегментом индустрии хай-тек, то специалисты швейцарского института EPFL готовы развеять это убеждение. Исследователи из нескольких научных подразделений института объединились, создав куполообразную камеру, прообразом для которой послужил глаз обычной комнатной мухи.



Устройство состоит из множества небольших камер, каждая из которых не сложнее применяющихся в современных мобильных телефонах. Они соединены с аппаратной частью, отвечающей за обработку входящего изображения и создание «честного» 3D. Это достигается путём расчёта глубины изображения, получаемого каждой из камер, после чего следует сборка общей 3D-сцены. Процесс гораздо более сложен по сравнению со стереоскопической технологией, используемой в современных 3D-телевизорах, поскольку глубина постоянно изменяется в зависимости от смены точки обзора.

Сейчас учёные EPFL работают над подготовкой патентной заявки, и если всё сложится удачно, то мы сможем увидеть «глаз мухи» в самых различных сферах, среди которых «видеонаблюдение, создание фильмов и видеоигр».

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

Источники питания компьютеров приближаются к «платиновому» уровню стандарта

Публикуется с разрешения Texas Instruments (www.ti.com)

Михаэль О'Лафлин (Michael O'Loughlin) (США)

В статье проводится сравнительный анализ двух методов управления синхронным выпрямителем мостового преобразователя со сдвигом фазы. Сравняется их энергоэффективность.

ВВЕДЕНИЕ

Стандарт 80 PLUS™ и экологическая программа Climate Savers Computing™ initiatives устанавливают очень жёсткие требования к энергоэффективности источников питания. «Платиновый» уровень этих стандартов соответствует эффективности 90% при нагрузке 20% от номинальной, 94% при нагрузке 50% и 91% при полной нагрузке.

Для того чтобы удовлетворить этим требованиям, некоторые разработчи-

ки используют мостовые DC/DC-преобразователи со сдвигом фаз и синхронным выпрямителем. В этом случае возможно достичь коммутации при нулевом напряжении (zero voltage switching – ZVS) первичных FET. Часто применяемый способ управления синхронным выпрямителем – использование тех же сигналов управления, что и для первичных FET.

Единственная проблема заключается в «мёртвом времени», величина кото-

рого устанавливается исходя из необходимости достичь ZVS. В результате во время холостого хода оба ключа синхронного выпрямителя разомкнуты, но через диоды ключей протекает очень большой ток и энергоэффективность снижается.

Цель настоящей статьи – предложить различные временные диаграммы работы синхронного выпрямителя с целью уменьшить время проводимости диодов и тем самым повысить эффективность всей системы в целом.

Сегодня производится не очень много ШИМ-контроллеров для управления мостовыми преобразователями со сдвигом фазы, но ни в одном из них не предусмотрено управление синхронным выпрямителем (QE и QF). Используя такие ШИМ-контроллеры, разработчики вынуждены искать способ управления синхронным выпрямителем с помощью сигналов OUTA и OUTB ШИМ-контроллера. Функциональная схема преобразователя показана на рисунке 1.

ПРОБЛЕМЫ

Режим ZVS с помощью ШИМ-контроллера достигается посредством задержки включения FET моста (QA, QB, QC, QD). Задержка (t_{delay}) между включением и выключением QA и QB синхронизируется с QE и QF и должна происходить одновременно, позволяя встроенным диодам ключей оставаться в проводящем состоянии. Приведённое ниже выражение даёт хорошую оценку потерям во встроенных диодах ключей QE и QF:

$$P_{diode} = P_{out} / V_{out} V_D t_{delay} f_s,$$

где V_D – прямое падение напряжения на диоде; f_s – частота коммутации.

Чрезмерные потери мощности на диодах (P_{diode}) ключей QE и QF могут происходить, если проектировщик стремится уложиться в требования «платинового» стандарта. На рисунках 1 и 2 детально показана работа преобразователя. Сигнал OUTA управляет ключами QA и QF, а сигнал OUTB – ключами QB и QE. V_1 – напряжение на входе фильтра $L_{OUT}-C_{OUT}$, а V_{QE} и V_{QF} –

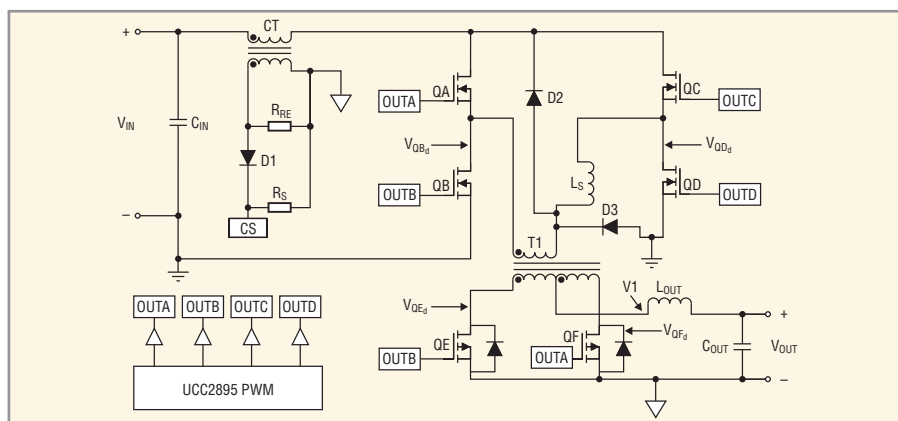


Рис. 1. Мостовой преобразователь со сдвигом фаз, модифицированный для управления синхронным выпрямителем

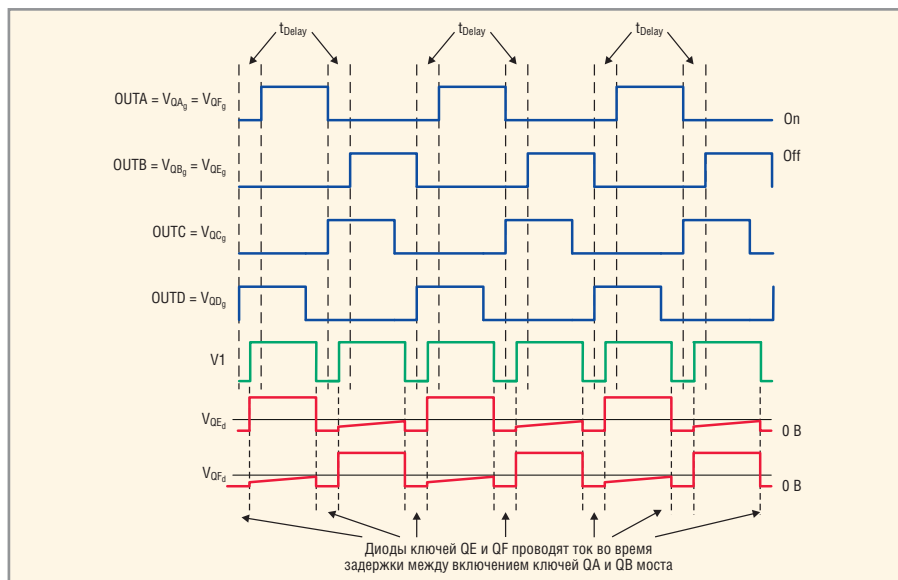


Рис. 2. Временная диаграмма работы схемы, изображённой на рисунке 1

напряжения на ключах синхронного выпрямителя QE и QF соответственно.

РЕШЕНИЕ

Решение заключается в уменьшении потери проводимости диодов ключей QE и QF во время периода задержки (t_{delay}). Управлять ключами QE и QF лучше отдельными сигналами, так чтобы импульсы включения формировались «внахлест» – в определённый момент времени оба ключа в проводящем состоянии. На рисунке 3 показана функциональная схема мостового преобразователя со сдвигом фазы и шестью управляющими сигналами QA – QF. Импульсы управления для QE (OUTE) и QF (OUTF) могут быть сформированы по фронтам импульсов QA – QD. Временные диаграммы представлены на рисунке 4 и в таблице 1.

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТА

Для того чтобы убедиться в эффективности предложенного метода уменьшения времени проводимости диодов, был использован мостовой преобразователь со сдвигом фазы 390/12 В. Его модифицировали так, чтобы управлять FET в соответствии с рисунками 2 и 4.

На рисунке 5 показаны осциллограммы работы, когда на затворы ключей QE и QF синхронного выпрямителя поступают импульсы управления OUTA и OUTB ШИМ-контроллера. На осциллограммах видно, что во время задержки (t_{delay}) наблюдается проводимость диодов ключей синхронного выпрямителя.

На рисунке 6 показаны осциллограммы работы преобразователя, когда ключи синхронного выпрямителя управляются отдельными импульсами: OUTE и OUTF (реализована схема, изображённая на рисунке 3). Эти сигналы формируются новым контроллером TI UCC28950 для мостового преобразователя со сдвигом фаз. Из рисунка видно, что диоды ключей QE и QF синхронного выпрямителя не проводят ток, когда включены оба ключа одновременно. И хотя всё же на небольшом интервале времени проводимость диодов ключей наблюдается, но она значительно меньше, чем на рисунке 5.

Была измерена энергоэффективность 600-Вт DC/DC-преобразователя для обоих вариантов схем управления при нагрузке 20...100% от номинальной. Результаты измерения представлены на рисунке 7. Из рисунка видно, что в

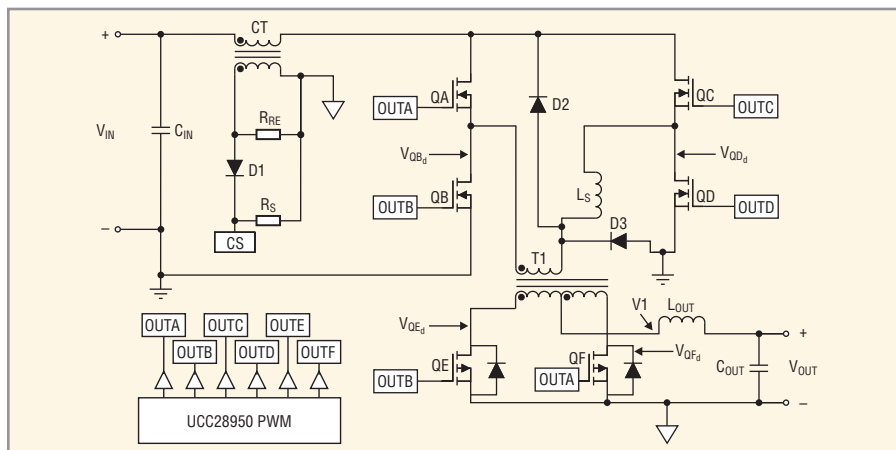


Рис. 3. Мостовой преобразователь со сдвигом фаз с временной диаграммой работы, показанной в таблице 1

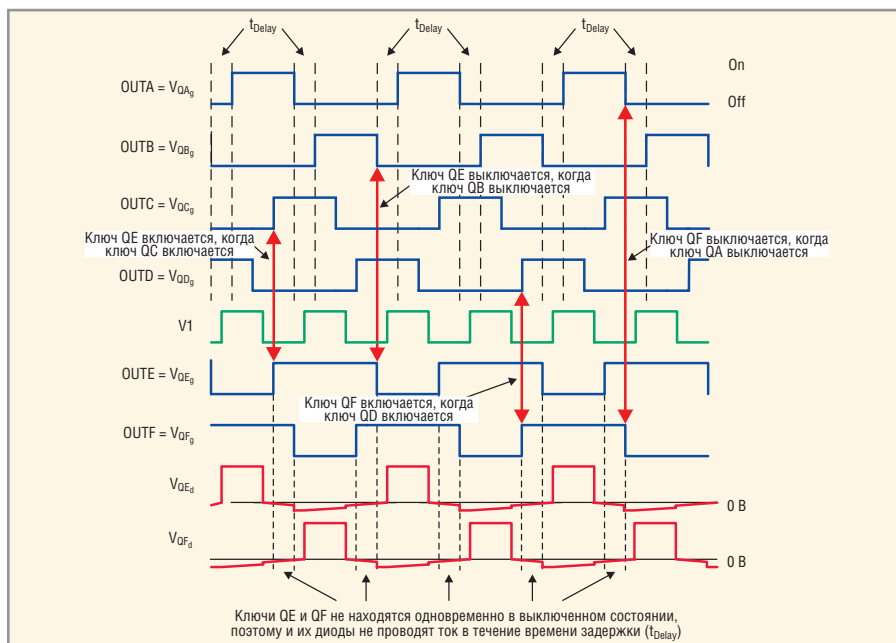


Рис. 4. Временная диаграмма работы для уменьшения времени проводимости диодов ключей QE и QF

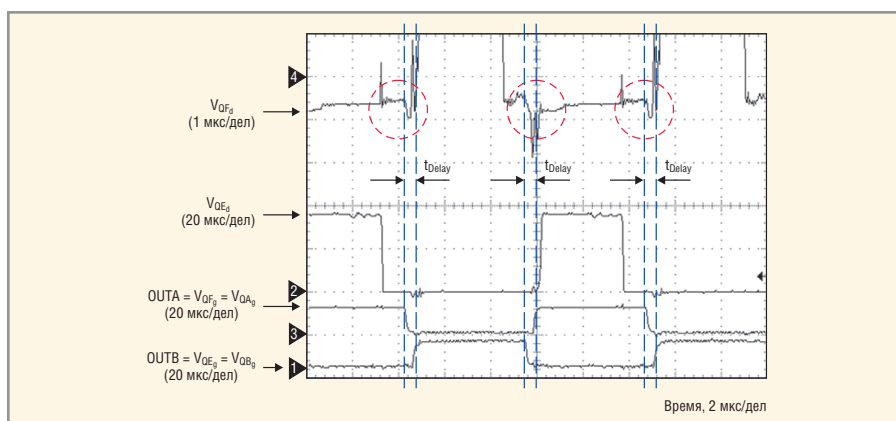


Рис. 5. Осциллограммы проводимости диодов ключей QE and QF

диапазоне нагрузок 50...100% эффективность схемы с управляющими импульсами OUTE и OUTF увеличивается

на 0,4%. На первый взгляд подобный прирост может показаться незначительным, но и он может сыграть свою

Формирование сигналов OUTE и OUTF

OUTE	Включается, когда OUTC включен	Выключается, когда OUTB выключен
OUTF	Включается, когда OUTD включен	Выключается, когда OUTA выключен

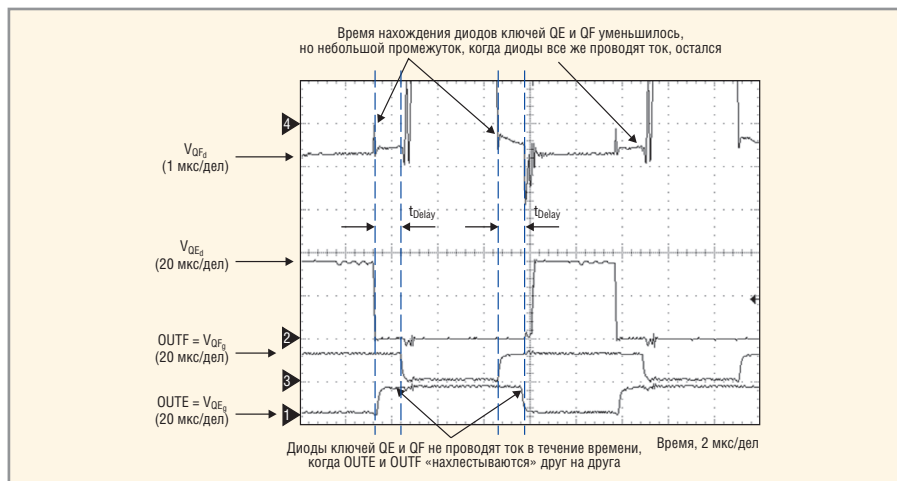


Рис. 6. Осциллограммы, показывающие сокращение времени проводимости диодов ключей QE and QF

роль, когда разработчик стремится достичь «платинового» стандарта.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Управлять синхронным выпрямителем импульсного мостового преобразователем со сдвигом фазы можно, используя импульсы OUTA и OUTB. Однако между этими импульсами предусмотрена задержка (t_{delay}) для реализации режима ZVS. Во время этой задержки оба ключа синхронного вы-

прямителя выключены, а их диоды находятся в проводящем состоянии. В статье показано, что более эффективным является способ, когда проводящее состояние ключей «нахлестывается» – существует интервал времени, когда оба ключа находятся в проводящем состоянии, при этом через диоды этих ключей ток не протекает. И хотя и в этом случае существует очень небольшой момент времени, когда диоды находятся в проводящем состоянии, всё же он зна-

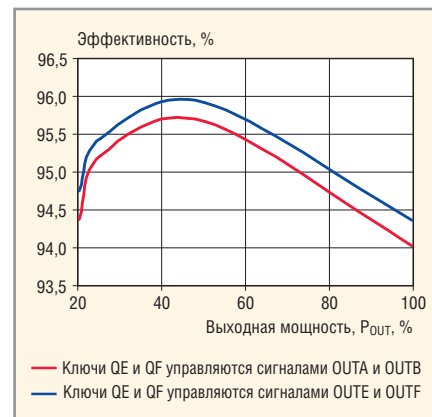


Рис. 7. Эффективность 600-Вт DC/DC-преобразователя при различных способах управления ключами QE и QF

чительно меньше, нежели в первом случае. При этом возрастает общая эффективность системы и проще достигнуть «платинового» уровня стандарта.

ЛИТЕРАТУРА

1. <http://focus.ti.com/analog/docs/power-home.tsp?familyId=64&contentType=4>.
2. <http://focus.ti.com/docs/prod/folders/print/ucc2895.html>.
3. <http://focus.ti.com/docs/prod/folders/print/ucc28950.html>.



УСТРОЙСТВА ЗАЩИТЫ ОТ ИМПУЛЬСНЫХ ПОМЕХ ТВУ

- реализация защиты от перенапряжения и высокого тока в одном устройстве
- высокая скорость срабатывания (устранение импульса за 100 нс)
- высокий уровень напряжения и тока блокировки
- прецизионное ограничение выходного тока и напряжения
- широкая полоса пропускания без вносимых помех (до 3 ГГц)
- малые габаритные размеры
- лучшее соответствие требованиям Telcordia GR-1089 и ITU K.20/K.21

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

Реклама

Новости мира News of the World Новости мира

Закон Мура получает четвёртое измерение

Сихат Сутарджа (Sehat Sutardja), президент Marvell Technology Group, считает, что за хорошими новостями полупроводниковой индустрии скрывается развивающийся кризис, который через десятилетие сотрясёт всю электронную индустрию, если ничего не предпринимать.

Закон Мура не является, в общем-то, законом. Господин Мур сформировал в своё время своего рода социальный контракт между полупроводниковой индустрией и потребителями, который позволяет технологии экспоненциально развиваться. Нет важной причины, почему закону Мура следует существовать и далее. Почему же индустрия должна его придерживаться? Потому что, несмотря на растущую финансовую стоимость следования закону, общественная цена ухода от него будет гораздо выше.

В последние 50 лет интегральные схемы лежат в основе многих товаров и услуг и являются движущей силой мировой экономики. Закон Мура описывает темпы инноваций не только в полупроводниковом мире, но в некоторой степени и во всей современной жизни. Какова же цена быстрых изменений?

Стандартное определение закона Мура заключается в том, что плотность транзисторов в компьютерных чипах растёт вдвое каждые два года, но на деле всё сложнее. Закон имеет несколько измерений, каждое из которых может быть описано как различные оси развития:

- размер (плотность). Требуемая для размещения определённого числа транзисторов площадь уменьшается с годами;
- производительность. Чипы одинакового размера становятся мощнее с точки зрения объёма памяти, скорости вычислений и т.д.;
- цена. Чем меньше чип, тем ниже стоимость. Если же переработать дизайн чипа для усиления прироста скорости от отдельных транзисторов, то цена может снижаться даже быстрее. Тем не менее, именно увеличение производительности было основным фокусом в прошедшие десятилетия.

Последние 20 лет развитие шло в сторону увеличения плотности, оставляя размер чипа примерно на одном уровне, добиваясь максимума производительности и интеграции. В последнее время процесс создания всё более сложных отдельных процессоров с ещё более мелкими транзисторами стал непомерно дорогим. Сихат Сутарджа отмечает, что, столкнувшись с новой реальностью, крупные процессорные компании переключились на многоядерный дизайн. Это работает, но за это пришлось заплатить одним из трёх измере-

ний – размером, – возможно, навсегда. Хорошая новость в том, что закон Мура по-прежнему не затронут. Сохранить темпы на прежнем уровне можно, но постепенно риски прекращения развития увеличиваются.

Сихат Сутарджа считает, что есть четвёртое, скрытое, измерение, которое позволит сохранить действие закона Мура и даже продлить его: эффективность. Эффективность объясняет, как всего за 50 лет индустрия смогла добиться такого прогресса, чтобы превратить массивные компьютеры размером с дом, нуждающиеся в собственной энергосистеме и мощном охлаждении, в ноутбуки с намного более высокой производительностью.

Несколько десятилетий назад эффективность была не особенно интересна игрокам рынка, рассуждающим примерно так: «Средний чип потребляет ватты, и даже если его потребление постепенно повысится до 100 или 200 Вт, это значение всё ещё меньше, чем у домашних ламп или электроприборов».

Но г-н Сутарджа полагает, что, позволив полупроводниковой индустрии стать самой энергоёмкой отраслью на планете, социальный контракт, которым является Закон Мура, был нарушен, и это нечестно. По его мнению, полупроводниковая индустрия призвана делать мир лучше, а не хуже, являться двигателем прогресса, но не за счёт окружающей среды.

Сихат Сутарджа говорит, что если 20% денег на исследования и разработку тратить на вопросы сокращения энергопотребления чипов на 15% в год, то среднее устройство в 2020 г. будет потреблять лишь 20% того, что требуется ему сегодня. ПК будут требовать 40 Вт, а не 200, как сейчас. Это может показаться сложным, но сегодняшние смартфоны уже потребляют минимальное количество энергии, работая при этом сутки. Если заменить каждый чип в мире на такие новые энергоэффективные процессоры, мировой рынок сможет вместить в 5 раз больше электронных продуктов, чем сегодня, без необходимости строительства новых электростанций.

Господин Сутарджа отмечает, что при этом потребитель почти ничего не будет терять. Следующее поколение чипов будет выходить не раз в 15 месяцев, а раз в 18; ноутбук будет работать на процессоре 2,4 ГГц, а не 2,8, и скидка на iPod будет сделана не в этом ноябре, а в следующем феврале: это небольшая, но необходимая жертва.

Таким образом, президент Marvell считает, что настало время нового социального контракта, который бы поддержала вся полупроводниковая индустрия: сохранение общего энергопотребления на текущем уровне. Звучит сложно, но и закон Мура,

сформулированный в 1965 г., как тогда казалось, в 2010 г. работать уже не будет. Это является новой задачей индустрии.

Другими словами, Сихат Сутарджа задекларировал то явление, которое уже происходит. Пользователи должны и даже готовы платить не только за увеличение производительности, но и за уменьшение энергопотребления.

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

В MIT разрабатывают солнечный термохимический аккумулятор

До последнего времени человечество использовало энергию солнца лишь двумя способами: для нагрева воды как теплоносителя для турбин и для обогрева зданий или преобразуя её в электричество с помощью солнечных батарей. В 70-х годах прошлого века было предложено аккумулировать энергию солнца с помощью структурных изменений в молекулах специальных веществ. Под воздействием солнечного света такие молекулы меняют свою конфигурацию, переходя в более высокое энергетическое состояние и запасая таким образом тепло. Обратный процесс соответственно сопровождается тепловыделением и возвращением структуры молекулы в исходное состояние. Главные достоинства такого термохимического способа преобразования – запасённая энергия может храниться в течение долгого времени без заметных утечек и теплоизоляции. В 1996 г. был открыт фульвален-тетракарбонилдирутений (fulvalene diruthenium), который демонстрировал такие необычные свойства.

Обратный процесс выделения тепла соединением «включался» катализатором или дополнительным нагревом. Минусом стало то, что рутений довольно редкий и дорогой элемент, что делает термохимический метод преобразования непрактичным. Однако исследования группы учёных из Массачусетского технологического института (MIT) позволили раскрыть механизм поглощения и освобождения энергии этим веществом, что даёт перспективу найти недорогую замену рутению. По словам Джеффри Гроссмана (Jeffrey Grossman), ведущего специалиста исследований, между двумя крайними состояниями фульвален-тетракарбонилдирутения существует промежуточный этап с нестабильным состоянием. Именно эта энергетическая ступень позволяет соединению рутения запасать и хранить энергию в стабильном состоянии. Обнаруженный механизм преобразования даёт надежду на замену дорогого компонента на более доступный и практичный материал.

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

Работа с дифференциальными парами в Cadence Allegro

Анатолий Сергеев, Пётр Савченко (Москва)

В статье рассмотрен стандартный стиль дифференциальных пар, а также способы их установки и настройки ограничений.

ВВЕДЕНИЕ

Тенденции развития печатных плат свидетельствуют о постоянном увеличении скорости передачи информации, с которыми не справляются традиционные технологии проектирования. Устоявшиеся понятия о параллельных интерфейсных потоках не работают при тактовых частотах свыше 200 МГц из-за взаимодействия сигналов большого количества шин. Решением этой проблемы является применение последовательных интерфейсов, использующих передачу сигналов в дифференциальном виде и обеспечивающих необходимую скорость потока.

Дифференциальная передача сигналов обеспечивает значительно более низкий уровень излучения, сокращает количество выводов устройств и сигнальных шин и предоставляет возможность передавать сигналы на относительно большие расстояния. Высокоскоростные тактовые сигналы компьютерных материнских плат и серверов передаются по дифференциальным линиям. Многочисленные устройства, такие как принтеры, коммутаторы, маршрутизаторы и процессоры сигналов, используют технологию низкоуровневой дифференциальной передачи сигналов LVDS (Low Voltage Differential Signaling).

Разводка дифференциальных пар предъявляет новые, довольно сложные требования к проектированию печатных плат. Прежде всего это относится к САПР печатных плат и расширению их инструментария. Многие современные программы давно имеют в своём составе модули для реализации такой технологии, но наиболее адекватными считаются «тяжёлые» САПР от компаний Cadence и Mentor.

В этой статье будет рассмотрена реализация дифференциальных пар в программе Allegro, где, начиная с версии 15.0, имеется возможность устанавливать электрические ограниче-

ния на стандартный стиль дифференциальных пар (имеется в виду пара цепей или распределённые цепи, прокладываемые в непосредственной близости друг от друга на поверхности одного и того же слоя платы).

Используя новые инструменты при работе с дифференциальными парами в программе Allegro, пользователь имеет возможность:

- объединять две одиночные (*nets*) или распределённые цепи (*xnets*), подразумеваются несколько разноимённых цепей, передающих один сигнал через фильтрующие конденсаторы и согласующие резисторы), обозначенные как дифференциальные пары, в один групповой объект дифференциальных пар;
- препятствовать созданию более чем двух объектов со свойством *DIFFERENTIAL_PAIR* для пользовательских дифференциальных пар;
- использовать функцию автоматической генерации дифференциальных пар в *Allegro PCB Editor* (редактор печатных плат) или *Allegro PCB SI* (модуль для анализа целостности сигналов и ЭМС) и *Constraint Manager* (таблица для управления правилами и ограничениями);
- устанавливать электрические ограничения на дифференциальные пары в разделе *Electrical Constraint Set* менеджера ограничений (*Constraint Manager*);
- не использовать дополнительные переменные, которые ранее требовались для разделения правил проверки (*DRCs*) трассировки между дифференциальными парами;
- добавлять больше ограничений на трассировку дифференциальных пар;
- контролировать все ограничения, наложенные на дифференциальные пары, в одном режиме *DRC: All differential pair checks*;

- использовать *Differential Calculator* в *Allegro PCB Editor* или *Allegro PCB SI* для вычисления вариантов ширины линий и величины зазора между ними;
- использовать диалоговое окно *Database Setup Advisor* в *Allegro PCB Editor* или *Allegro PCB SI* для загрузки требуемых библиотек и базы данных;
- разделять электрические и пользовательские дифференциальные пары в системе проверки правил проектирования (*DRC*).

В *Allegro PCB Editor* и *Allegro PCB SI* список всех дифференциальных пар можно открыть в окне *Logic – Assign Differential Pair*. Также дифференциальные пары добавлены в раздел электрических правил трассировки цепей *Constraint Manager (Setup – Constraints – Electrical* в редакторе плат).

Ниже мы рассмотрим стандартный стиль дифференциальных пар, под которыми понимаются пары, расположенные на поверхности одного и того же слоя платы. Тандемные дифференциальные пары будут рассмотрены в следующих статьях.

В программе *Cadence Allegro* все дифференциальные пары могут быть установлены двумя способами:

- 1) дифференциальные пары, описываемые моделями (электрические дифференциальные пары). Назначение такой дифференциальной пары происходит через модель прохождения сигнала (*IBISDevice*). Дополнительно такая модель может содержать паразитные параметры выводов, данные о задержке сигнала, логический пороговый уровень и буферные задержки;
- 2) пользовательские дифференциальные пары. Такие дифференциальные пары задаются вручную с использованием одного из следующих методов:
 - в *Allegro Design Entry HDL XL* (редактор схем) присвоить свойство *DIFFERENTIAL_PAIR* цепям на схеме,
 - в *Allegro PCB Editor* или *Allegro PCB SI* выбрать *Logic – Assign Differential Nets*,
 - в *Constraint Manager* выбрать цепь или групповую цепь, а затем меню *Objects – Create – Differential Pair*.

Разработчики Cadence рекомендуют использовать модельные дифференциальные пары для высокоскоростных проектов, поскольку они имеют преимущество над пользовательскими парами.

ПРИМЕРЫ МОДЕЛЕЙ

Как и в других подобных системах проектирования, электрические ограничения в проекте управляют трассировкой дифференциальных пар. Множество различных факторов влияют на конечный результат трассировки, среди которых точность моделей, сложность схемы и время, отведённое на проработку всех необходимых установок. Существуют модели схем с различной степенью детализации описаний.

Первый тип описания модели

- Настройка базы данных и библиотеки для высокоскоростного проекта с учётом поперечного сечения (*cross section*), цепей постоянного тока, классов устройств и используемых выводов;
- Назначение сигнальных моделей компонентам и критичным цепям, которые участвуют в формировании дифференциальных пар;
- Описание ограничений для дифференциальных пар с помощью *ECSet* (electrical constraint set).

Данный тип описания модели является наиболее полным и приводит к максимально точным результатам моделирования.

Второй тип описания модели

- Настройка базы данных и библиотеки для высокоскоростного проекта

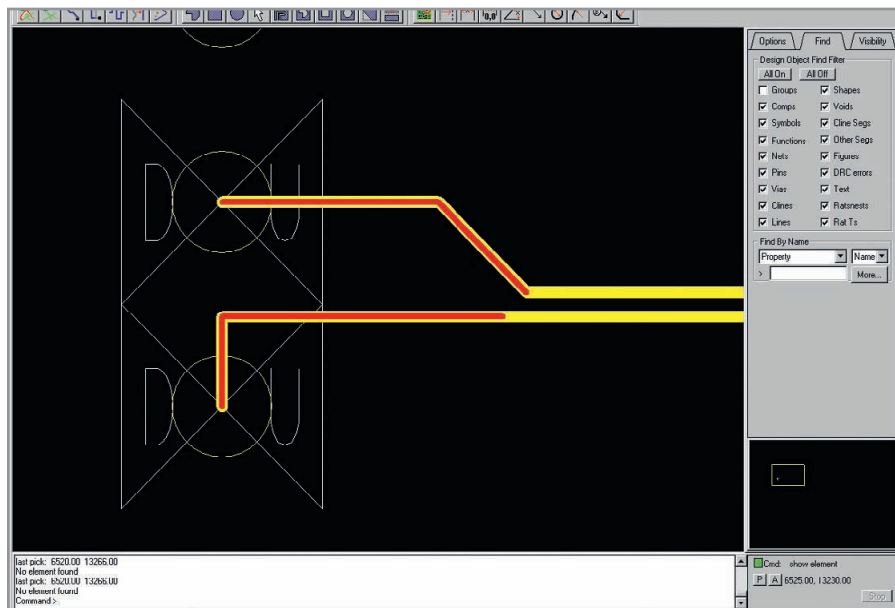


Рис. 1. Псевдосегменты – удобное средство выявления некорректной трассировки дифференциальных пар

- с использованием классов устройств и назначения выводов;
- Использование сигнальных моделей для описания дискретных компонентов;
- Использование комбинации пользовательских и «электрических» дифференциальных пар.

Третий тип описания модели

- Не настраиваются база данных и библиотеки;
- Наследуются библиотеки и данные о соединениях;
- С минимальными требованиями производится описание и ограничение дифференциальных пар (все дифференциальные пары – пользовательские).

Данный тип описания модели является минимальным и приводит к

потенциально большим погрешностям при трассировке и моделировании.

ВАРИАНТЫ НАСТРОЙКИ

Как было сказано ранее, управление дифференциальными парами может быть выполнено на различных этапах проектирования. Рассмотрим используемые варианты настроек дифференциальных пар. Разработчики Cadence рекомендуют создавать индивидуальные настройки базы данных для каждого проекта с различным набором электрических ограничений.

Управление настройками базы данных в редакторе *Allegro PCB Editor* осуществляется посредством *Setup Advisor (Tools – Setup Advisor)* через набор последовательных модулей:

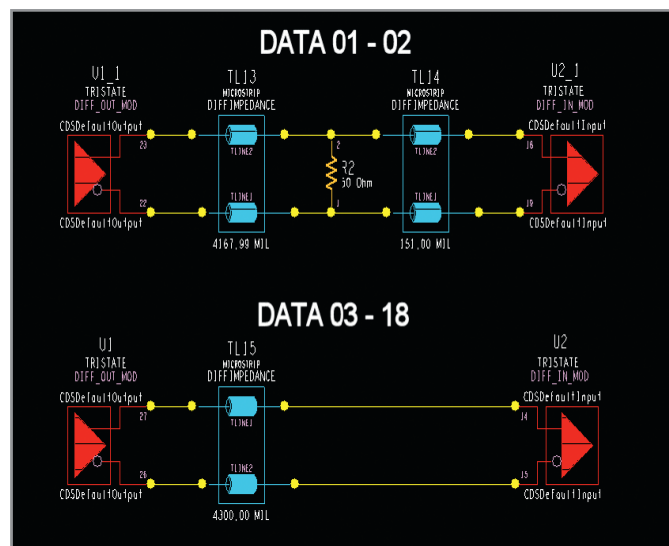


Рис. 2. Модель дифференциальной пары для шины данных в N бит

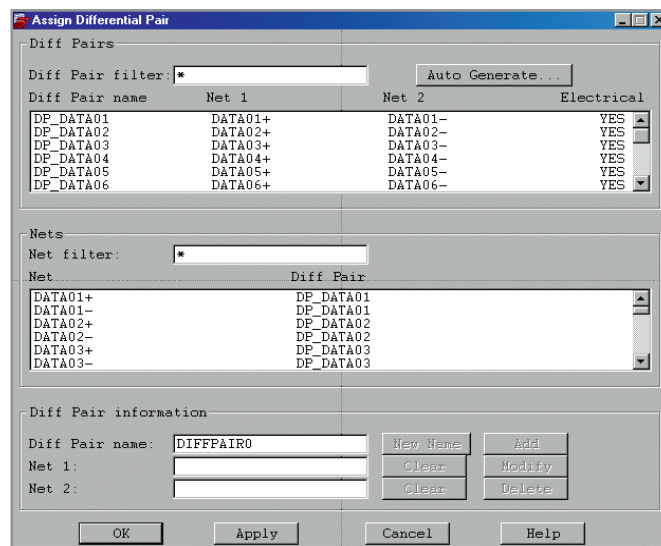


Рис. 3. Логика и распределение дифференциальных пар

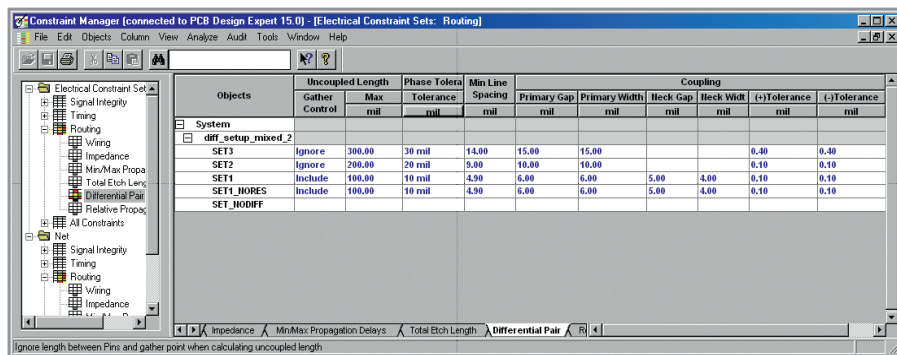


Рис. 4. Настройка ограничений дифференциальных пар в окне *Constraint Manager*

- *Cross-section* – тип и характеристики материала печатной платы, необходимые для последующего анализа сигналов;
- *DC Nets* – определение численных значений для цепей питания и земли;
- *Devices* – назначение классов устройств и типов выводов, которые не определены в библиотеках. Для таких элементов будет использоваться упрощённая модель;
- *SI Models* – модели для дискретных устройств. Здесь параметр *AUTO-SETUP* в диалоговом окне *Signal Model Assignment* используется для определения свойства *VALUE* при автоматической

генерации сигнальных моделей для двухвыводных дискретных компонентов.

Для полноты результатов следует включить в библиотеки следующие составляющие:

- сигнальные модели для дифференциальных пар;
- библиотеки компонентов для описания классов устройств и назначения выводов.

Очень важно правильно назначать выводы компонентов, привязанных к дифференциальным парам, поскольку система проверки правил проектирования отслеживает вывод источника и соответствующего

приёмника сигналов. Если частью цепей дифференциальных пар являются дискретные компоненты, например нагрузочные резисторы, то система DRC не учитывает этого по умолчанию. Поэтому необходимо представить нагрузочные резисторы как одновыводные компоненты – приёмники сигналов.

НАСТРОЙКА ОГРАНИЧЕНИЙ И СВОЙСТВ

Для определения ограничений и свойств дифференциальных пар используются следующие установки:

- *DIFF PAIR Group* – объект базы данных, который определяет две цепи дифференциальной пары как единый объект;
- *Differential Pair Constraints* – установка ограничений непосредственно на дифференциальные пары независимо от того, используется ли *ECSets* или свойства для ограничений;
- *DIFF_PAIR Property* – свойство, начинающееся на *DIFFP_*.

С новыми инструментами интерактивной трассировки можно:

- выбрать последовательно две цепи и установить соответствующие правила;

Таблица 1. Перечень параметров и ограничений для настройки правил

Поле	Величина и описание
Имя (Name)	SET1 Имя объекта дифференциальной пары
Первичный зазор (Primary gap)	6 MIL Расстояние между дорожками в дифференциальной паре
Первичная ширина трассы (Primary Line Width)	6 MIL Основная ширина трасс в паре, которая учитывается при интерактивной и автоматической трассировке
Зазор между трассами на некотором участке (Neck Gap)	5 MIL
Ширина фрагмента трассы (Neck Width)	4 MIL Эта величина ширины проводника используется, когда должны быть соблюдены более жёсткие требования к размерам, например, при трассировке компонентов с матричным расположением выводов (PGA, BGA)
Допуск связности (ряд +) (Coupled tolerance (+))	0,1 Ряд допустимых величин, на которые дифференциальная пара может отклоняться от первоначального заданного расстояния между парой трасс; трассы при этом всё ещё рассматриваются как связанные. Это значение выражается как ряд +/-
Допуск связности (ряд -) (Coupled tolerance (-))	0,1
Минимальное расстояние между трассами (Minimum line spacing)	4,9 MIL Минимально допустимое расстояние между трассами в дифференциальной паре
Контроль схождения (Gather control)	Включить (Include) Если будет превышена максимальная суммарная длина всех псевдоэлементов (участков трасс, пинов и др.), которые лежат вне заданных пользователем параметров совмещённых трасс, то DRC укажет на это. Если будет выбран режим «игнорировать» (ignore), то DRC не будет подсчитывать данную сумму и не отобразит ошибку на экране, однако величину суммарной длины по-прежнему можно будет посмотреть в отчёте <i>Constraint Manager</i>
Фазовый допуск (Phase tolerance)	10 MIL Значение длины трассы или времени задержки сигнала, которые определяют допустимые суммарные расхождения в дифференциальной паре
Максимальная расщеплённая длина (Max uncoupled length)	100 MIL Максимальная суммарная длина псевдоэлементов, которые лежат вне заданных пользователем параметров совмещённых трасс. Крайне затруднительно при трассировке достигнуть сходимости дифференциальной пары в 100%. Как правило, максимальная расщеплённая длина составляет не менее половины расстояния между источником и приёмником сигналов дифференциальной пары

- перейти на режим одиночной линии (*Single Line Mode*). Это позволит соединить две цепи дифференциальной пары в одной точке;
- просмотреть информацию о дифференциальной паре с точки зрения других электрических ограничений.

Во время автоматической трассировки *Allegro PCB Router* распознает дифференциальные пары и все ограничения. Для участков трасс, где происходит их сужение, нет необходимости создавать специальные области на плате с отдельными правилами и ограничениями для контроля расстояния между трассами и их ширины. Теперь это доступно с помощью переменных *Neck Width* (ширина участка трассы) и *Neck Gap* (зазор между соседними трассами на отдельном участке этих трасс). Очень важно задать правила и ограничения на трассировку дифференциальных пар. К минимальным требованиям здесь можно отнести ширину и длину трасс в дифференциальной паре и первичный зазор между трассами в паре.

Для контроля над системой проверки правил проектирования (*DRC*) дифференциальных пар в *Allegro PCB* или *Allegro PCB SI* и *Constraint Manager* в окне *Electrical Constraints* переключите ограничение *All Differential Pair Checks* на *On* (*Setup – Constraints – Electrical Constraints Sets – Modes tab*).

Участки трасс дифференциальных пар, которые не соответствуют наложенным пользователем ограничениям, подсвечиваются псевдосегментами (см. рис. 1), что помогает отлаживать систему *DRC*.

ПРИМЕР РАБОТЫ С ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫМИ ПАРАМИ

Рассмотрим конкретный пример реализации дифференциальной пары на печатной плате. Этот пример будет основан на следующих установках:

- расстояние между трассами в дифференциальной паре составляет 6 mils, расстояние между двумя соседними дифференциальными парами или другими цепями – 10 mils;
- каждый участок дифференциальной пары имеет одинаковую длину в пределах допуска 10 mils;
- нагрузочные резисторы располагаются на расстоянии 300 mils до ближайшей нагрузки;

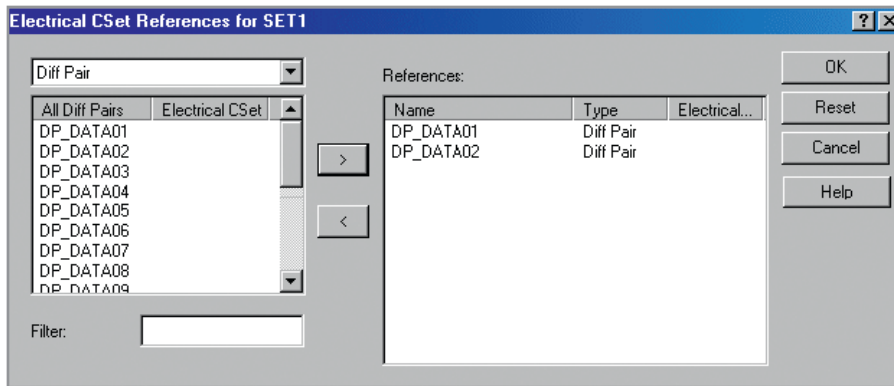


Рис. 5. Диалоговое окно настройки электрических ограничений для дифференциальных пар

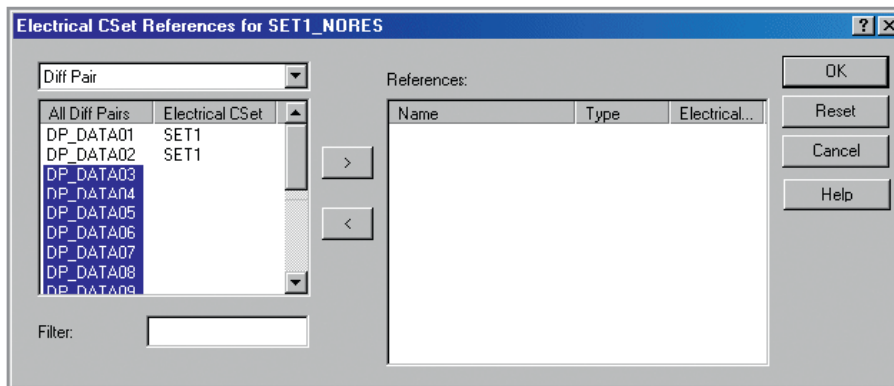


Рис. 6. Настройка SET1_NORES

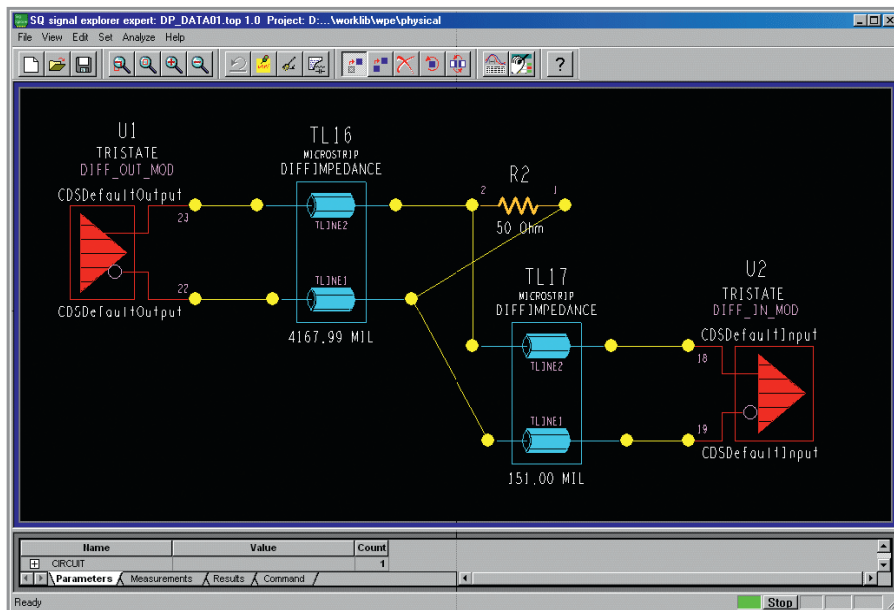


Рис. 7. Топология дифференциальных пар

- дифференциальные пары, включенные в группу, имеют одинаковую длину с допуском в 50 mils.

Пример дифференциальных пар показан на рисунке 2, где реализованы 18 пар (*DATA01 – DATA18*); пары *DATA01* и *DATA02* имеют параллельно включенный нагрузочный резистор, а остальные пары – нет.

Приступая к работе с дифференциальными парами, необходимо выполнить их описание, т.е. «сказать» программе, какие проводники явля-

ются парами. Назначение сигнальных моделей компонентам автоматически формирует дифференциальные пары.

Просмотреть список дифференциальных пар можно по команде *Logic – Assign Differential Pair*. В диалоговом окне *Assign Differential Pair* (см. рис. 3) дифференциальные пары отображаются как электрические дифференциальные пары. В этом же окне происходит назначение дифференциальных пар.

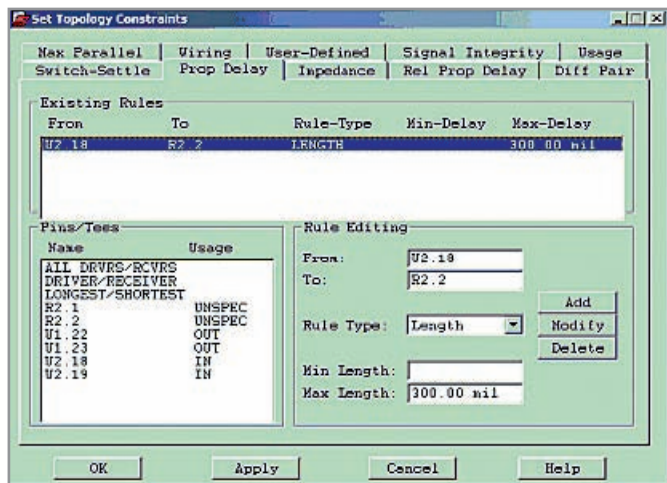


Рис. 8. Установка ограничения на топологию – вкладка Prop Delay

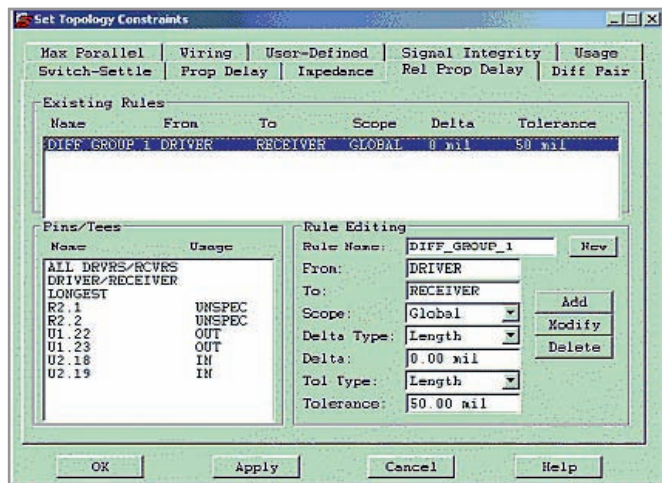


Рис. 9. Установка ограничения на топологию – вкладка Rel Prop Delay

Правила и ограничения, накладываемые на дифференциальные пары

Описание дифференциальных пар наиболее удобно производить через единую таблицу установки правил и ограничений *Constraint Manager*, которую можно вызвать из редактора схем или из редактора плат (см. рис. 4). После этого происходит создание множества электрических ограничений (*ECSet – Electrical Constraints Set*), которые назначаются объекту дифференциальной пары:

- откройте папку *Electrical Constraint Set* в дереве иерархии *Constraint Manager*;
- разверните подпапку *Routing*;
- выберите вкладку *Differential Pair*;
- выберите *Objects – Create – Electrical CSet*;
- введите имя нового ограничения *SET1*;
- введите значения для *SET 1*, как указано в таблице 1.

На этом этап формирования ограничений для дифференциальных пар *SET1* закончен.

Поскольку у нас имеется набор дифференциальных пар с нагрузками и без них, требуется создать две различные установки соответствующих электрических ограничений *EC-Set*. Одна из них должна содержать дополнительные настройки расстояния до терминаторов. Это необходимо

сделать для учёта влияния терминаторов на работу дифференциальной пары.

Ранее созданные ограничения можно копировать, редактировать и использовать для других групп объектов. Копирование настроек электрических ограничений выполняется так:

- щёлкните правой кнопкой мыши на *SET1* и выберите из выпадающего меню *Create – Electrical CSet*;
- выберите *Copy Constraint From*;
- введите имя нового ограничения *NORES1* и нажмите OK.

Убедитесь, что все параметры *NORES1* идентичны *SET1*.

При работе с элементами топологии, и в том числе с проводниками дифференциальных пар, пользователю часто приходится задавать различные правила для разных групп объектов. Распределение множества электрических ограничений на различные дифференциальные пары является важным вопросом, который встаёт перед конструктором. Чтобы установить связь между набором установок электрических ограничений и соответствующими дифференциальными парами:

- щёлкните правой кнопкой мыши на одной из *ECSet* и выберите из выпадающего меню *Electrical CSet References*. В правой стороне появивше-

гося окна *Electrical CSet References* будет доступен список всех цепей схемы (см. рис. 5);

- выберите установку *ECSet SET1*. В заголовке диалогового окна должно появиться её наименование;
- переместите объекты дифференциальных пар *DP_DATA01* и *DP_DATA02* вправо в поле *References* (как показано на рис. 5), используя кнопки перехода («стрелки»). Описанным действием для дифференциальных пар *DATA01* и *DATA02* была ранее созданная настройка правил *SET1*;
- завершите настройку нажатием кнопки OK;
- выберите *ECSet SET1_NORES* и повторите предыдущие шаги для пар с *DP_DATA03* по *DP_DATA18*, как показано на рисунке 6.

Дополнительные настройки ограничений

Для указания местонахождения резистора на заданном расстоянии от нагрузки (300 mils) настройте ограничение на задержку сигнала в цепях:

- выберите *Net/Routing/Min Max Propagation* для вывода рабочей таблицы. Будет показан список дифференциальных пар с уже установленным на них ограничением *ECSet SET1*;
- выберите дифференциальную пару *DP_DATA01* и нажмите на правую кнопку мыши. Из выпадающего списка выберите *SigXplorer*. Откроется окно *SigXplorer* с топологией, показанной на рисунке 7. Резисторы должны быть расположены на определённом расстоянии от нагрузки;
- в окне *SigXplorer* выберите *Set – Constraints*. Появится окно настройки ограничений топологии;
- перейдите на вкладку *Prop Delay*;

Таблица 2. Информация для настройки Rel Prop Delay

Rule Name (Имя правила)	DIFF_GROUP_1
Scope (Тип)	GLOBAL
Delta Type (Тип абсолютной погрешности)	LENGTH
Delta	0
Tol Type (Тип относительной погрешности)	LENGTH
Tolerance	50

- установите необходимое расстояние от резистора на входе путём выбора R2.2 из списка;
- выберите U2.18 и введите следующие значения: Rule type = length, Min Value = blank, Max Value = 300;

• нажмите *Add*. Правило будет включено в раздел *Existing Rules*, как показано на рисунке 8.

Теперь резистор расположен на расстоянии 300 mils от нагрузки. Он может быть помещён как перед нагрузкой, так и после неё.

Каждая цепь шины должна иметь одинаковую длину в пределах указанного допуска, поэтому следует добавить ко всем цепям свойство *Relative Propagation Delay* (относительную задержку распространения сигнала):

- перейдите на вкладку *Rel Prop Delay*;
- выберите *Driver/Receiver* (источник/приёмник);
- введите информацию из таблицы 2;
- нажмите *Add*. Правило появится в списке правил, как показано на рисунке 9;
- нажмите ОК. Вы настроили все ограничения;

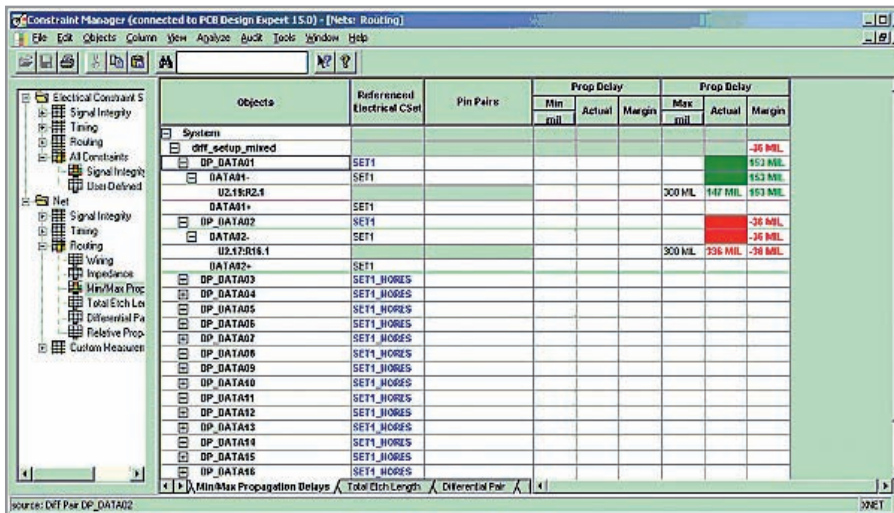


Рис. 10. Установка ограничения на топологию – вкладка *Rel Prop Delay*

- выберите *File – Update Constraint Manager*. Откройте обновлённый журнал и просмотрите все внесённые изменения;
 - закройте журнал.
- Ограничения, составленные вами в *SigXplorer*, теперь можно увидеть в *Constraint Manager* (см. рис. 10).

Теперь, после настройки всех необходимых ограничений на проект печатной платы с дифференциальными

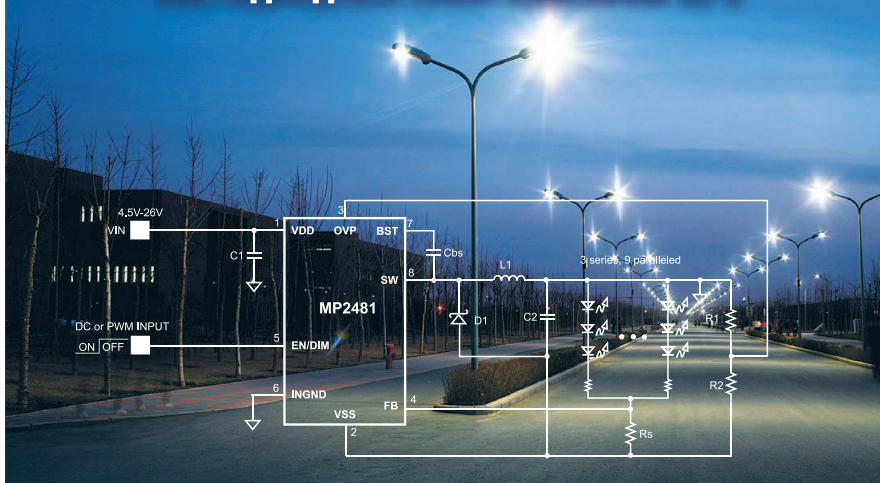
парами, можно вернуться в *Allegro PCB* или *Allegro PCB SI* для завершения трассировки проекта.

Настройки, показанные в данной статье, могут быть использованы как в редакторе печатных плат *Allegro PCB Editor* для ручной трассировки, так и в редакторе *Allegro PCB Router* (более известного в России как *Specctra*) для автоматической трассировки.



- Высокая стабильность и повторяемость характеристик микросхем
- Защита от перегрузки по току, напряжению и температуре
- Рабочее напряжение до 36 В
- Высокая эффективность до 95%
- Температурный диапазон эксплуатации -40°C ... +85°C
- Готовое изделие не требует регулировки

ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫЕ МИКРОСХЕМЫ ДЛЯ ДРАЙВЕРОВ СВЕТОДИДНЫХ ЛАМП КОМПАНИИ MPS



Наименование	NEW	Рабочее напряжение, В	Максимальное количество светодиодов	Частота, МГц	Количество каналов	Корпуса
MP2481	NEW	4,5...36	36	1,4	9	MSOP8
MP2370		4,5...24	3	1,4	1	QFN16-3
MP3021		2,7...5,5	4	1,2	4	QFN16-3
MP3001		2,7...5,5	5	1,2	5	TSOT23-6
MP3202		2,5...6,0	39	1,3	13	QFN8-2
MP3302		2,5...6,0	27	1,3	9	TSOT23-5

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР КОМПАНИИ MPS В РОССИИ



АКТИВНЫЙ КОМПОНЕНТ ВАШЕГО БИЗНЕСА
Тел.: (495) 232-2522 • info@prochip.ru • www.prochip.ru

Реклама

Построение эффективного тракта обработки сигналов с использованием технологии CUDA

Александр Тумачек, Андрей Ермаков (Москва)

В статье приводится сравнение алгоритмов ЦОС на платформах ADSP-TS201s и Nvidia GT240. Отмечено преимущество технологии CUDA при большой размерности матриц.

Известно, что системы связи характеризуются пропускной способностью и качеством принимаемых сигналов. При возрастающих требованиях к пропускной способности каналов и всё более плотном заполнении эфира важно эффективно задействовать частотно-временной ресурс. Например, системы связи с TDMA и CDMA 20 лет назад применялись весьма ограниченно, сейчас это массовый рынок оборудования с множеством сервисов и приложений.

Системы подвижной связи, такие как сотовые сети, изначально были предназначены для передачи голоса, но были приспособлены для передачи больших объёмов информации. Сотовые сети и Интернет охватывают сотни миллионов пользователей по всему миру. Возможно, в будущем мы увидим новое поколение сетей связи, а Интернет

преобразуется в симбиоз гибридных разноуровневых систем. Соединение связанных сетей – от микро- до макроячеек, от частной телефонной сети до Интернета, от низкоорбитальных спутниковых комплексов – до геостационарных платформ – станет реальностью. Инфраструктурные проекты такого масштаба возможно организовать только при снятии существующих ограничений, увеличивая мощность и эффективность связанного оборудования [1].

С появлением высокоскоростных и широкополосных систем аналого-цифрового преобразования возникает задача анализа и обработки массивов информации, полученной из эфира в реальном масштабе времени. С расширением полосы приёма возрастает нагрузка на тракт обработки сигналов и, следовательно, на подсистемы, реализующие их обработку, в том числе на демодулятор, где происходит получение оценок сигнала и восстановление энергии. Демодулятор является критичным к производительности вычислительной платформы.

Для получения оценок сигнала может применяться многоканальный пространственно-временной фильтр с оптимальными коэффициентами, полученными решением уравнения Винера Хопфа [2]. Основная математическая нагрузка при получении оценок ложится на узел расчёта оптимального вектора весовых коэффициентов (ВВК) на каждом шаге. Помимо этого, выполняется анализ спектра выборочной корреляционной матрицы сигнала и накопления собственных векторов и собственных значений.

Для расчёта ВВК применяется решение системы линейных алгебраических уравнений (СЛАУ) для квадратной выборочной корреляционной матрицы сигналов и шумов (ВКМ) размерностью $(N \times N_{\text{trackt}}) \times (N \times N_{\text{trackt}})$, где $N \times N_{\text{trackt}}$ – длина линии задержки ли-

нейного корректора, умноженная на число трактов системы. Решение основано на процедуре LU-разложения и вычислении коэффициентов из линейных уравнений для треугольных матриц. Для получения СЛАУ используются операции перемножения вектора на матрицу, внешнее и внутреннее произведение векторов, вычитание и сложение матриц. При обработке широкополосных сигналов большая часть времени уходит на выполнение этих действий.

Для повышения скорости вычислений авторами были использованы массивно-параллельные процессоры и технология CUDA (Computer Unify Design Architecture) [3]. Для тестирования и проверки тракта обработки демодулятора использовалось окружение Matlab 2010b с поддержкой GPU. Для расчёта LU-разложения и решения СЛАУ применялась следующая процедура:

```
% code analog [L,U] = lu(RxxSum);
% LU implementation on CUDA
dRxxSum = GPUArray(RxxSum);
%set GPU Matri(NxNtrackt)x(NxNtrackt)
%dRxxSum on device
[dL,dU,dpiv] = lu(dRxxSum,'vector');
L = gather(dL);
U = gather(dU);
y = L\z;
Wopt = U\y;
```

Итоговая реализация алгоритмов решения СЛАУ и вычисления QR-разложения была выполнена в виде динамических библиотек на C++ с использованием CUDA и ADSP-TS201s.

Представим некоторые результаты сравнения производительности GPU и ADSP-TS201s. На рисунке 1 показан график времени вычисления QR-разложения для GPU. В таблице 1 приведены значения времени вычисления QR-разложения для ключевых размерностей на платформах ЦОС-ADSP и GPU.

Можно заметить, что система с GPU показывает наибольшую эффективность при размерности задачи больше числа вычислительных ядер; в наших экспериментах это 128. В сравнении с



Рис. 1. QR-разложение выборочных корреляционных матриц сигнала

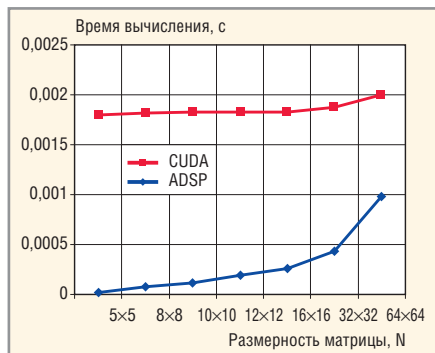


Рис. 2. QR-разложение выборочных корреляционных матриц сигнала на платформе CUDA и ADSP TS-201s

Таблица 1. Значения времени вычисления QR-разложения для ключевых размерностей на платформах ЦОС-ADSP и GPU

Размерность	Количество тактов ADSP-TS201S	Время выполнения, с, ADSP-TS201S	Время выполнения, с, NVIDIA GT 240
5 × 5	10 985	0,000017576	0,001802
8 × 8	45 685	0,000073096	0,001816
10 × 10	74 853	0,000119764	0,001825
12 × 12	118 300	0,000189280	0,001828
16 × 16	161 747	0,0002588	0,00183
32 × 32	205 194	0,00042831	0,00187
64 × 64	248 641	0,00097828	0,002

Таблица 2. Время QR-разложения при больших размерностях матриц

Размерность	Время выполнения, с, GT 240
64 × 64	0,0020364
80 × 80	0,0042650
100 × 100	0,0038563
128 × 128	0,0043692
140 × 140	0,0053865
160 × 160	0,0058847
180 × 180	0,0060568
256 × 256	0,0080498
512 × 512	0,1038184
1024 × 1024	0,0738037
2048 × 2048	0,2699768

GPU, система демодулятора на ADSP-TS201S эффективна на небольших размерностях (см. рис. 2). При использовании ADSP-TS201s для расчёта QR-разло-

жения на больших матрицах возникают проблемы недостатка памяти и устойчивости работы алгоритма для матриц плохой обусловленности. Таблица 2 со-

держит данные о времени QR-разложения при больших размерностях матриц.

Таким образом, в ходе работы по сравнению платформ ЦОС ADSP-TS201s и GT 240 Nvidia было установлено, что для расширения возможностей широкополосного приёма и обработки сигналов, для задач больших размерностей целесообразно использовать архитектуру CUDA Nvidia. Задачи меньших размерностей (для $n < 64$) по-прежнему могут решаться на платформе ADSP-TS-201s, которая обеспечивают максимум производительности на сегодняшний день. Реализация связанного оборудования на этих платформах в обоих случаях отвечает требованиям к вычислительной мощности. Для работы в широком диапазоне размерностей рекомендуется использование обеих вычислительных платформ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Lee H.-N. Adaptive Diversity Combining, Equalization and Sequence Decoding for Time-Varying Dispersive Channels. Los Angeles, Univ. of California. 1999. P. 3–4.
2. Коуэн К.Ф.Н., Грант П.М. Адаптивные фильтры. Мир, 1988. С. 31–35.
3. www.nvidia.com.



TDK-Lambda ПРОГРАММИРУЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ –

МОЩЬ И ИНТЕЛЛЕКТ



Серия ZUP

Серия ZUP (Zero-Up)

- Выходная мощность 200/400/800 Вт
- Встроенный интерфейс RS-232/485 (GPIB по заказу)
- Универсальный вход 85-265 В переменного тока
- Выходные напряжения до 120 В, ток нагрузки до 132 А
- Программная калибровка

Применения ZUP и Genesys™

- Автоматическое испытательное оборудование
- Управление технологическими процессами
- Электротренировка полупроводниковых изделий
- Лазеры



Серия Genesys™

Серия Genesys™

- Выходная мощность 750/1500/2400/3300/5 000/10 000/15 000 Вт
- Встроенный интерфейс RS-232/485 (GPIB IEEE488/488.2 SCPI, LAN по заказу)
- Выходные напряжения до 600 В, ток нагрузки до 1000 А
- Конфигурирование посредством внешнего напряжения/тока и ПО
- Драйверы LabView и LabWindows
- Высота 1U, 2U и 3U

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР ПРОДУКЦИИ TDK-LAMBDA



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

Реклама

Архитектура, технологические особенности и методы проектирования систем на кристалле ПЛИС

Алексей Шматок (Москва)

В статье обсуждаются архитектура, технологические особенности и методы проектирования систем на кристалле (СнК) ПЛИС, рассматриваются способы повышения эффективности реализации приложений.

Разработка эффективных систем – это всегда поиск компромисса в рамках технологических возможностей и ограничений элементной базы, средств и методов проектирования. Сложившаяся тенденция использования универсальных средств проектирования и высокоуровневых языков описания аппаратуры (HDL) подразумевает сокрытие особенностей аппаратной реализации, что негативно сказывается на эффективности. Явное использование

архитектурных особенностей позволяет создавать более производительные решения.

ЯЗЫКИ ОПИСАНИЯ АППАРАТУРЫ

Наиболее широко используемыми языками описания аппаратуры являются VHDL и Verilog; на их основе существует множество специфических расширений и дополнений [1, 2]. Также практикуется использование традиционных языков C++, Java и т.д. для программирования описания аппаратных компонентов (генерации HDL), для моделирования, верификации и т.п., например, в виде библиотеки классов C++ SystemC [3].

В последние годы не наблюдается качественно нового развития языков и средств описания аппаратуры (HDL), несмотря на то что степень интеграции микросхем неуклонно растёт и требуются более эффективные решения [4]. В частности, время генерации конфигурационного потока для микросхем ПЛИС высокой ёмкости может занимать от нескольких часов до нескольких суток; в таких условиях отладка проекта может продолжаться многие месяцы. Решением проблемы может быть прямое программирование конфигураций ПЛИС без использования универсальных средств разработки, поставляемых производителями ПЛИС.

АРХИТЕКТУРА СОВРЕМЕННЫХ ПЛИС

Внутреннее устройство микросхем ПЛИС организовано на базе двумерной пространственной коммутационной среды (2D-решётки), к которой через конфигурируемые коммутационные блоки (S) подключаются различные компоненты (C), такие как логические блоки (LB), блоки памяти (BRAM), блоки арифметических операций (DSP) и многие другие, что схематично отображено на рисунке 1.

Внутренние компоненты располагаются в виде столбцов и имеют свои пространственные координаты (X,Y). Для следующих поколений ПЛИС анонсирована технологическая возможность использования третьего измерения для линий распространения сигналов (многослойность).

Традиционно синхронизация работы внутренних компонентов выполняется от одного или нескольких тактовых сигналов, которые распространяются либо от глобальных буферов, расположенных в центре кристалла, либо от региональных буферов, расположенных в соответствующих областях. Глобальные тактовые сигналы формируются в специальных блоках, в которых входящий тактовый сигнал умножается, делится и сдвигается по фазе. В современных кристаллах ПЛИС могут быть синтезированы тактовые сигналы с частотами порядка 1 ГГц и выше.

РАСПРОСТРАНЕНИЕ СИГНАЛОВ И СИНХРОНИЗАЦИЯ СнК

Основополагающим элементом архитектуры ПЛИС является механизм синхронизации распространения сигналов. То, как реализована синхронизация, определяет все дальнейшие решения и существенным образом влияет на временные задержки. На рисунке 2 показан пример, в котором линии распространения глобальных тактовых сигналов расходятся по всему кристаллу от глобального буфера. Чем дальше от глобального буфера распространения тактовых сигналов (центра кристалла) располагаются компоненты, тем ниже возможная частота работы компонентов. Более эффективным является использование региональных буферов, тактовые сигналы от которых локализованы и распространяются в относительно небольшой области. Для получения максимально возможной частоты работы применяются конвейерные схемы передачи данных, в которых синхронизация выполняется между соседними компонентами (см. рис. 3).

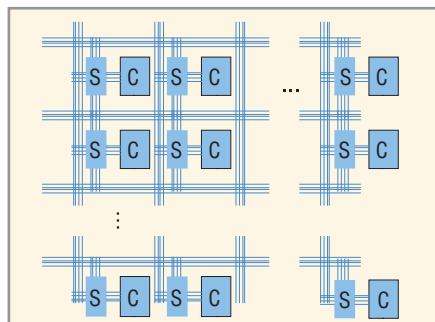


Рис. 1. Пространственная коммутационная система

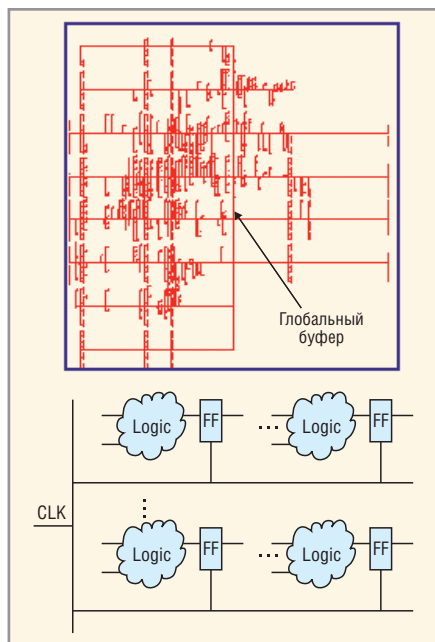


Рис. 2. Синхронизация от глобальных тактовых сигналов

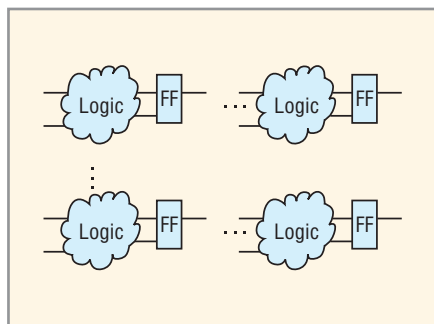


Рис. 3. Конвейерная синхронизация

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОГРАНИЧЕНИЙ

Важным инструментом повышения эффективности реализации СнК ПЛИС являются пользовательские ограничения (user constraints). Наиболее используемыми являются ограничения на время распространения сигналов и пространственные ограничения. Последние фактически уменьшают временные задержки, и их зачастую комбинируют с временными ограничениями.

РАЗРАБОТКА ПРИЛОЖЕНИЙ

Как правило, разработка сложных приложений занимает много времени. Это время можно сократить, если использовать библиотеки компонентов, специальные средства синтеза прикладной части СнК из исходных кодов последовательных программ или из специальных упрощённых языковых конструкций. С этой целью выпускаются программные продукты Catapult-C, Mitrion-SDK, Impulse-C и др. [5–7]. Их существенным недостатком является генерация высокоуровневых HDL-описаний, без достаточных механизмов эффективной реализации: не генерируются какие-либо пользовательские ограничения; используется глобальная синхронизация; используется стандартный маршрут проектирования, занимающий достаточно долгое время; генерируемые решения не масштабируются. Имеющиеся высокоуровневые средства описания аппаратуры позволяют относительно быстро получать работоспособные, но далеко не самые эффективные решения.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИЛОЖЕНИЙ

С повышением интеграции микросхем ПЛИС трудоёмкость разработки эффективных СнК будет возрастать, поэтому создание новых средств и методов проектирования весьма актуально. Одной из перспективных разработок является разработка открытого стандарта промежуточного языка описания

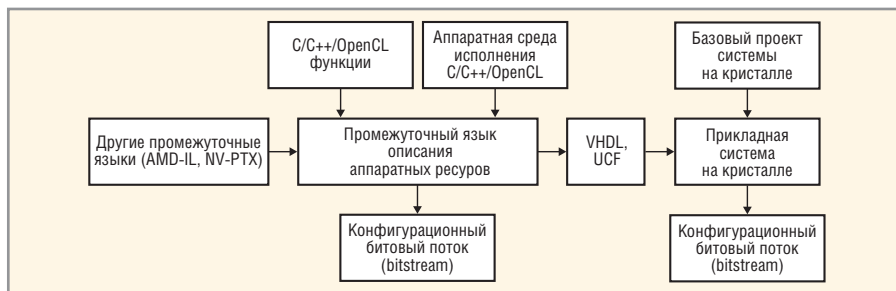


Рис. 4. Схема получения аппаратных решений (bitstream) на базе промежуточного языка описания аппаратуры (IHDL)

аппаратуры (Open Intermediate Hardware Description Language (Open-IHDL)) [8]. Промежуточный язык не скрывает особенностей реализации, а, наоборот, позволяет использовать все аппаратные возможности, при этом поддерживается масштабируемость и переносимость приложений между различными типами и поколениями ПЛИС. Прикладные задачи могут как разрабатываться непосредственно на промежуточном языке, так и создаваться путём генерации из высокоуровневого описания алгоритмов на языках C/C++/OpenCL с соответствующей аппаратной поддержкой среды исполнения. Вместе с тем обеспечивается возможность интеграции с существующими форматами и средствами разработки через трансляцию (IHDL-to-VHDL/UCF), что схематично отражено на рисунке 4.

НОВЫЕ ПОКОЛЕНИЯ РЕКОНФИГУРИРУЕМЫХ УСТРОЙСТВ

Создание новых поколений реконфигурируемых устройств происходит по мере освоения всё меньших проектных норм. На сегодняшний день анонсированы ПЛИС Xilinx и Altera с 28-нм техпроцессом [9, 10], а также заявлены 22-нм ПЛИС Achronix на техпроцессе Intel [11, 12]. Большая степень интегра-

ции приводит к усложнению внутренней архитектуры ПЛИС, изменяется схема распространения сигналов, происходит отказ от использования глобальных тактовых сигналов, вместо которых находят применение конвейерные схемы передачи данных. Развитие технологий позволяет создавать устройства, работающие на частоте порядка 1 ГГц и выше.

Перспективные разработки по созданию стандарта открытого промежуточного языка описания аппаратных ресурсов направлены на повышение продуктивности и эффективности создания приложений для ПЛИС не только сегодняшнего дня, но и будущих поколений.

ЛИТЕРАТУРА

1. <http://en.wikipedia.org/wiki/VHDL>.
2. <http://en.wikipedia.org/wiki/Verilog>.
3. <http://www.systemc.org>.
4. http://ru.wikipedia.org/wiki/Закон_Мура.
5. <http://www.mentor.com/esl/catapult/overview>.
6. <http://www.mitrionics.com/>.
7. <http://www.impulseccelerated.com/>.
8. <http://www.recompute.ru>.
9. <http://www.xilinx.com>.
10. <http://www.altera.com>.
11. <http://www.intel.com>.
12. <http://www.achronix.com>.



Адрес: Зеленоград
проезд 4806, д.6

телефон/факс:
+7(495)601-95-45
+7(495)981-54-33

- **Производитель микросхем двойного и специального назначения (ВП, ОТК, бескорпусное исполнение) в том числе:**
 - поставка отладочных средств (программные и аппаратные)
 - постоянная техническая поддержка (консультация специалистов, обучение, сотрудничество в разработке)
- **Разработка интегральных микросхем**
- **Сертификация и испытание микросхем (иностраных производителей)**

www.milandr.ru

Реклама

Моделирование переходных процессов в сварочном инверторе переменного тока высокой частоты

Вадим Бардин, Дмитрий Борисов (Саранск)

В статье изложены результаты компьютерного моделирования электрических процессов в силовой части инверторного сварочного аппарата переменного тока высокой частоты, приведены электрическая схема и компьютерная модель сварочного инвертора.

Появление мощных IGBT-транзисторов, предназначенных для работы в ключевых схемах, привело к их широкому использованию в различных преобразователях электрической энергии,

в том числе в сварочных инверторах. Отличаясь схемотехническими решениями, все сварочные аппараты инверторного типа имеют одну особенность: они предназначены для осуществле-

ния электродуговой сварки на постоянном токе.

В то же время анализ физических процессов, происходящих в сварочной дуге и сварочной ванне, даёт основания предполагать, что сварка на переменном токе высокой частоты может обеспечить более высокое качество сварного соединения по сравнению со сваркой на переменном токе промышленной частоты. Однако такое предположение требует экспериментального подтверждения. Для этого необходимо создать сварочный аппарат переменного тока частоты килогерцового диапазона и исследовать особенности его работы. Учитывая сложность задачи, целесообразно предварительно исследовать на виртуальной (компьютерной) модели аппарата, а затем проверить её адекватность на физической модели. Такой подход даёт возможность оптимизировать схемотехническое и конструктивное решение сварочного аппарата.

В настоящее время на рынке программных средств, предназначенных

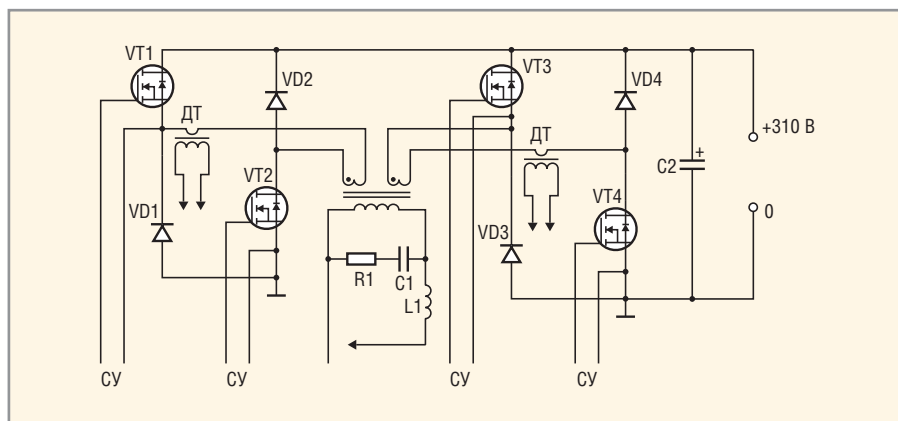


Рис. 1. Электрическая схема сварочного инвертора переменного тока высокой частоты

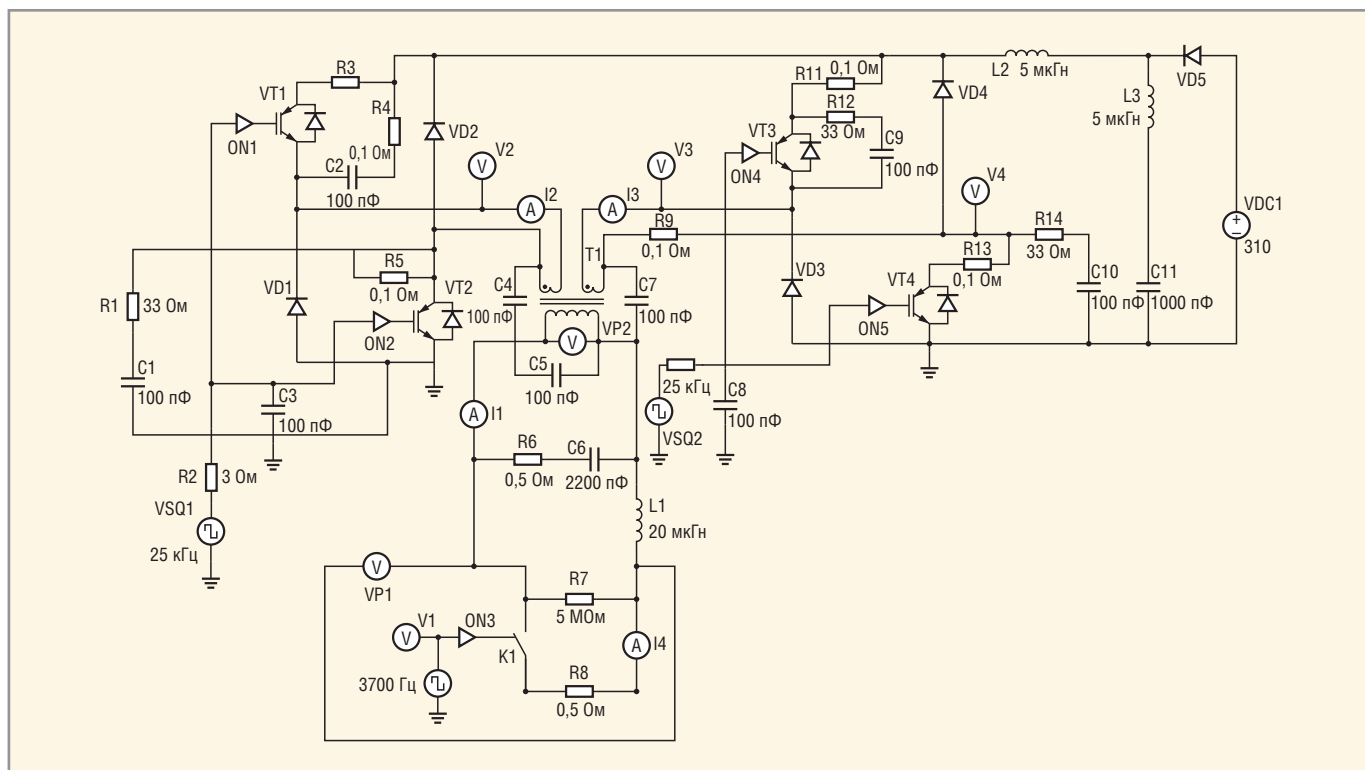


Рис. 2. Компьютерная модель сварочного инвертора переменного тока

для проектирования электронных цепей и устройств, можно насчитать более десятка специализированных пакетов. Наиболее распространёнными являются Pspice, MicroCAP, OrCAD, Matlab, Workbench, Multisim, PSIM и Simulink. Учитывая отзывы специалистов по проектированию силовых преобразователей электрической энергии, в качестве базовой среды моделирования был выбран специализированный пакет программ для моделирования схем силовой электроники PSIM.

На рисунке 1 приведена электрическая схема сварочного инвертора, а на рисунке 2 – её компьютерная модель. Левое, по схеме, плечо инвертора выполнено на транзисторах VT1, VT2, диодах VD1, VD2, правое – на транзисторах VT3, VT4, диодах VD3, VD4. IGBT-транзисторы каждого плеча преобразователя работают на частоте 25 кГц. Сигналы системы управления, подаваемые на затворы транзисторов, имитируются генераторами прямоугольных импульсов VSQ1, VSQ2. Выходы двух однотактных модулей инвертора подключены соответственно к двум первичным обмоткам трёхобмоточного силового трансформатора T1.

Для учёта паразитных параметров трансформатора в его модель введены межобмоточные ёмкости C4 и C7 и ёмкость вторичной обмотки C5. Сопротивления транзисторов в режиме насыщения имитируются резисторами R3, R5, R12 и R13. Индуктивности кабелей заданы значениями L1 и L2. Для моделирования электрических процессов в моменты возникновения и обрыва дуги, она имитируется двумя нагрузочными резисторами: высокоомным R7 и – через управляемый ключ K1 – низкоомным R8. В моменты времени, когда вторичная обмотка трансформатора T1 нагружена только на резистор R7, моделируется работа инвертора на холостом ходу.

При замыкании ключа K1 имитируется короткое замыкание, т.е. поджиг дуги. Частота коммутации ключа K1 выбрана на порядок меньшей рабочей частоты инвертора T1. Для облегчения возбуждения дуги параллельно вторичной обмотке трансформатора T1 включена цепочка R6C6, образующая с индуктивностью выходной обмотки трансформатора параллельный колебательный контур.

Целью моделирования являлся предварительный анализ характера пере-

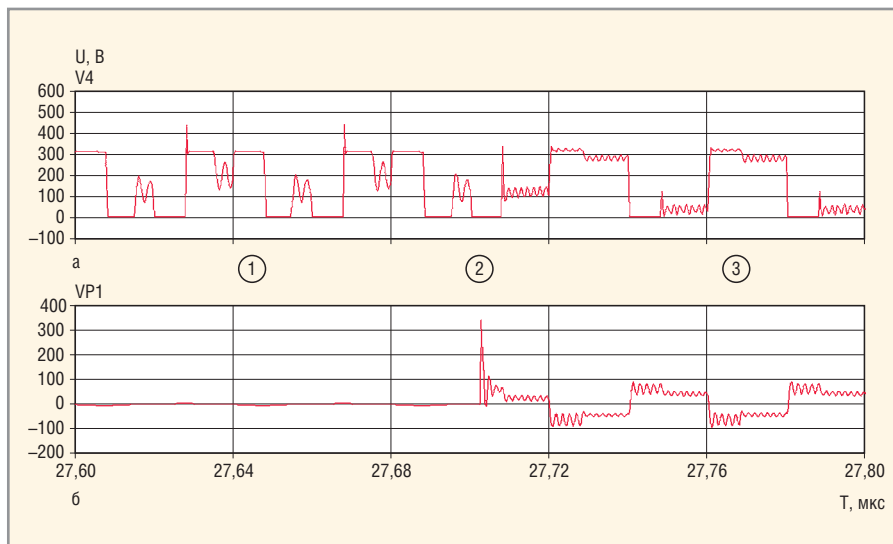


Рис. 3. Диаграммы напряжений, полученные на компьютерной модели сварочного инвертора переменного тока

а – форма напряжения на транзисторе, б – форма напряжения на вторичной обмотке трансформатора в режиме горения дуги (1), в момент обрыва дуги (2) и на холостом ходу (3)

ходных процессов для выявления наиболее значимых факторов, в частности:

- возможности резонансного возбуждения дуги;
- влияния на характер переходных процессов паразитных параметров трансформатора;
- наличия, характера и величины перенапряжений на транзисторах инвертора при их коммутации и обрыве дуги.

Полученные в результате компьютерного моделирования временные диаграммы процессов в контрольных точках схемы приведены на рисунке 3.

На основании результатов моделирования можно сделать следующие выводы:

- наличие резонансной цепи на выходе инвертора (L1C6R6) позволяет возбуждать электрическую дугу при пониженном рабочем напряжении на выходной обмотке трансформатора;
- из-за индуктивности рассеивания и ёмкости трансформатора в моменты коммутации транзисторов в схеме возникают переходные процессы, имеющие характер затухающих колебаний;
- величина перенапряжения на транзисторах в моменты их выключения может кратковременно превышать напряжение источника питания. Амплитуду этих перенапряжений можно снизить путём «затягивания» переднего фронта отпирающих импульсов. Однако из-за роста коммутационных потерь это затягивание

нецелесообразно увеличивать более 2...3 мкс;

- в момент обрыва дуги резко возрастает амплитуда перенапряжений.

Компьютерное моделирование схем сварочных инверторов позволяет не только определить характер переходных процессов при любых режимах работы аппарата, но и оценить влияние на эти процессы параметров конструктивных элементов. Так, для снижения уровня импульсных перенапряжений на транзисторах следует при конструировании трансформатора инвертора стремиться к минимизации его межобмоточных емкостей и индуктивности рассеивания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Эраносян С.А. Сетевые блоки питания с высокочастотными преобразователями. Энергоатомиздат, 1991.
2. Горский А.Н., Русин Ю.Н., Иванов Н.Р., Сергеев Л.А. Расчёт электромагнитных элементов источников вторичного питания. Радио и связь, 1988.
3. Теоретические основы электротехники. Том 2: Нелинейные цепи и основы теории электромагнитного поля. Под ред. П.А. Ионкина. Высшая школа, 1976.
4. Колтаков А. PSIM – программа анализа силовых преобразовательных устройств и систем. Электронные компоненты. 2003. № 6. С. 77–78.
5. Петров С. Схемотехника промышленных сварочных инверторов. Современная электроника. 2007. № 8. С. 42–47.
6. Петров С. «Косой» мост в картинках. <http://www.samopal.su/node/15>, 2008.

Использование алгоритма планирования RMS в микроконтроллерах

Николай Баландин, Александр Крапивный (Москва)

В статье рассмотрены различные подходы к написанию многозадачных приложений для микроконтроллеров, в том числе расширение жёсткого реального времени RMEХ для микроконтроллеров Microchip PIC18, которое использует алгоритм монотонной частоты для планирования задач и обеспечивает гарантированное время отклика.

ОСРВ для микроконтроллера

Все начинающие программисты знакомы со структурой программы для микроконтроллера, имеющей основной бесконечный цикл (loop) в теле функции *main* и выполняющей в ней все действия. При этом прерывания выполняются на переднем плане, а суперцикл – в фоновом режиме. Такая структура удобна для выполнения очень небольшого количества задач, и при необходимости увеличения числа задач программа становится довольно громоздкой и трудночитаемой. Также начинают возникать проблемы взаимодействия и синхронизации между задачами и процедурами обработки прерываний. Поэтому на сегодняшний день всё большую популярность приобретает применение операционных систем реального времени (ОСРВ) в микроконтроллерах. Такие ОС должны быть компактными, чтобы работать в микроконтроллере с объёмом программной памяти до нескольких килобайт и объёмом ОЗУ от нескольких сотен байт. Использование ОСРВ позволяет использовать больше задач, программа становится легко расширяемой, её легче читать и отлаживать.

ОСРВ для микроконтроллеров Microchip

Главная задача планировщика в ОСРВ – обеспечить, чтобы текущая выполняемая задача имела наивысший приоритет из всех задач, готовых к выполнению. В кооперативных ОСРВ программист должен явно переключать контекст внутри своих задач. Вследствие этого «зависание» одной из задач сказывается на системе в целом. При вытесняющем планировании операционная система использует свой

таймер и прерывание, т.е. «зависание» какой-либо задачи не должно повредить работе остальных задач, если они независимы друг от друга и задача с высшим приоритетом не попала в бесконечный цикл.

Приоритетный планировщик задач требует наличия в процессоре программно доступного стека задач для его сохранения при переключении. Такой планировщик труднореализуем и неэффективен в 8-битных микроконтроллерах, которые имеют программно доступный стек (например, Atmel), а на микроконтроллерах Microchip PIC16, имеющих только аппаратный стек (инструкции *call-return*), вообще нельзя реализовать (аппаратно) сохранение контекста задачи.

Наиболее известными ОС реального времени для микроконтроллеров Microchip PIC16 являются Salvo [1], OSA [2] и PICos18.

Salvo – кооперативная многозадачная ОСРВ с поддержкой приоритетов, семафоров, очередей сообщений и функций таймеров. Salvo не использует стек общего назначения (на уровне инструкций *PUSH/POP*). Переключение контекста производится только самим пользователем и на уровне задачи. Переключение задачи из подпрограммы внутри задачи приведёт к непредсказуемым последствиям.

OSA – это кооперативная многозадачная ОСРВ для микроконтроллеров. Задачами в OSA являются обычные функции. Тело функции должно содержать бесконечный цикл, внутри которого должен быть хотя бы один вызов сервиса переключения задач (иначе остальные задачи не получат управления).

PICos18 – вытесняющая, основанная на приоритетах ОСРВ для микроконтроллеров Microchip PIC18, использую-

щая стандарт OSEK и стек для сохранения контекстов задач. Такая ОСРВ безопаснее в плане переключения задач, но даже здесь существует вероятность того, что попавшая в бесконечный цикл задача с высшим приоритетом заблокирует выполнение всех остальных задач в системе.

Таким образом, многозадачные приложения для микроконтроллера, работающие в режиме жёсткого реального времени, требуют наличия планировщика задач, минимального по объёму кода и максимального по быстродействию, устойчивого к зависанию задачи и гарантирующего предсказуемое время отклика даже при наивысшей загрузке системы.

Теория алгоритма RMS

Алгоритм RMS (Rate Monotonic Scheduling – планирование монотонной частоты) разработан в 1973 г. [4] для применения в системах жёсткого реального времени. Алгоритм использует статические приоритеты для задач (static priorities), которые назначаются каждой задаче на этапе компиляции приложения. RMS позволяет определить, может ли вообще управляться планировщиком данный набор задач, т.е. каждая задача из набора будет выполнена в свой срок (deadline) даже при наихудших условиях. Таким образом, система будет иметь предсказуемое поведение. Данный алгоритм применяется в таких операционных системах жёсткого реального времени, как RTEMS и Deos.

Каждая задача в системе имеет три характеристики: время выполнения (execution time), период (period) и конечный срок (deadline). Период задачи – интервал времени между двумя её успешными выполнениями. Приоритет назначается каждой задаче в зависимости от длины её периода: чем короче период, тем выше приоритет задачи. Время выполнения – время, в течение которого задача получает доступ к процессору за один период. Конечный срок – время, к которому задача должна быть выполнена обязательно. Если задача не выполняется к конечному сроку, то планировщик дол-

жен прервать её, сообщить об ошибке и переключиться на другую задачу, чтобы остальные задачи были выполнены к своим конечным срокам. Обычно конечный срок у задачи совпадает с её периодом. Описанные выше временные характеристики задачи показаны на рисунке 1.

Показано [4], что RMS является оптимальным алгоритмом для планирования независимых периодических задач на одном процессоре; оптимальным в том смысле, что если имеется набор задач, каждая из которых может быть выполнена в свой срок, RMS осуществит планирование этого набора задач. Естественно, не все наборы задач могут быть выполнены в свой срок. Простой пример: задача 1 с периодом 20 и временем выполнения 10 и задача 2 с периодом 10 и временем выполнения 6 потребуют более чем 100-% использования процессора. Ключевым параметром для RMS является использование процессора – сумма времени выполнения задач, поделенная на период для каждой задачи:

$$U = \sum_i \frac{c_i}{p_i}$$

Очевидно, никакой алгоритм не обеспечит успешное планирование для $U > 1$. Главное правило алгоритма RMS состоит в том, что он может успешно планировать набор из n задач, если

$$U < n(2^{1/n} - 1).$$

Для одной задачи ($n = 1$) граница для U равна 100%, для двух задач 83%, и т.д. При неограниченном увеличении числа задач верхняя граница для U стремится к 69%:

$$\lim_{n \rightarrow \infty} n(2^{1/n} - 1) = \log 2 = 0,69.$$

Таким образом, если набор задач использует процессор менее чем на 69%, RMS гарантирует успешное планирование этого набора. Если же уровень использования процессора превышает 69%, то RMS также может планировать данный набор задач, но без гарантии.

Некоторые приложения имеют задачи как с жёсткими (hard deadlines), так и с мягкими сроками выполнения (soft deadlines). Набор задач с жёсткими сроками выполнения является критичным и может планироваться с помощью RMS, при этом некритич-

ные задачи не будут выполняться при полной загрузке системы. Это достигается тем, что задача мягкого реального времени с наивысшим приоритетом будет иметь приоритет ниже, чем задача жёсткого реального времени с самым низким приоритетом. Хотя RMS может быть использован и для того, чтобы назначить периоды и приоритеты задачам мягкого времени, это не является необходимым. По сути в этом случае RMS может гарантировать только выполнение задач жёсткого времени. Для них RMS позволяет определить гарантированное время ответа, – даже при наихудших условиях оно будет меньше конечного срока для этой задачи.

Ядро РАСШИРЕНИЯ МОНОТОННОЙ ЧАСТОТЫ RМЕХ

В качестве примера использования алгоритма RMS для планирования в системе жёсткого реального времени рассмотрим работу расширения монотонной частоты RМЕХ (Rate Monotonic EXtension) для микроконтроллера Microchip PIC18F2550 [6]. Расширение монотонной частоты RМЕХ берёт на себя функции планирования задач жёсткого реального времени, управления прерываниями и возможности подключения задачи мягкого реального времени. Микроконтроллер имеет отдельную память программы (флэш) 32 Кб и данных (ОЗУ) 2048 байт, 31-уровневый стек, один 8-битный таймер и три 16-битных таймера.

Приложение будет работать следующим образом. Все задачи разделяются на задачи, работающие в жёстком реальном времени (планируются при помощи алгоритма RMS), и задачи мягкого времени (планируются при помощи кооперативной многозадачности без использования таймера в фоновом режиме, прерывания выполняются на переднем плане). Ядро RМЕХ написано на языке C и состоит из исходного и заголовочного файлов (*rmex.c*, *rmex.h*), которые включаются в компоновку вместе с программой пользователя. Задачи пользователя представляют собой простые функции. Написание приложения сводится к разделению приложения на задачи, деление этих задач на критичные и некритичные по времени наборы, созданию таблицы конфигурации планировщика.

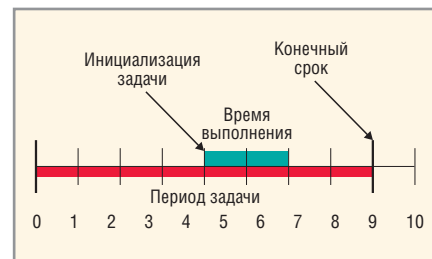


Рис. 1. Временные характеристики задачи

В отдельном заголовочном файле конфигурации планировщика указатели на задачи жёсткого реального времени заносятся в таблицу *RМЕХ_TASKS*, некритичные по времени задачи вызываются в функции *SOFT_TASK*. В простейшем варианте некритичные по времени задачи выполняются в суперцикле. Для задач реального времени информация о периоде и времени выполнения для каждой задачи заносится в таблицу *RМЕХ_TCB*. Структура *RМЕХ_TCB* состоит из следующих полей: период задачи; время, прошедшее с начала периода; максимальное время выполнения задачи; текущее время выполнения задачи:

```
struct {
unsigned char period_time;
unsigned char period_elapsed;
unsigned char exec_time;
unsigned char exec_elapsed;
} RМЕХ_TCB[CONFIGURE_RМЕХ_TASKS]
```

Если конечное время у задачи больше её периода, то необходимо взять за период задачи срок её выполнения, а если время выполнения задачи варьируется, то следует взять время при наихудших условиях.

Алгоритм RMS предполагает вытеснение задач, т.е. необходимо сохранять контекст задач (регистры *WREG*, *STATUS*, *BSR*, *FSR1*, *FSR2*, *STKPTR* и стек) при вытеснении задачи. Один адрес в стеке микроконтроллера занимает 3 байта памяти, так что для сохранения, например, 10 адресов возврата в стеке понадобится 30 байт плюс 6 байт для регистров. При этом вполне вероятно, что задача мягкого реального времени будет постоянно вытесняться и работа планировщика будет замедляться сохранением стека фоновой задачи.

Для ускорения работы планировщика кооперативные задачи и задачи монотонной частоты используют разные области стека микроконтроллера, благодаря чему планировщику не прихо-

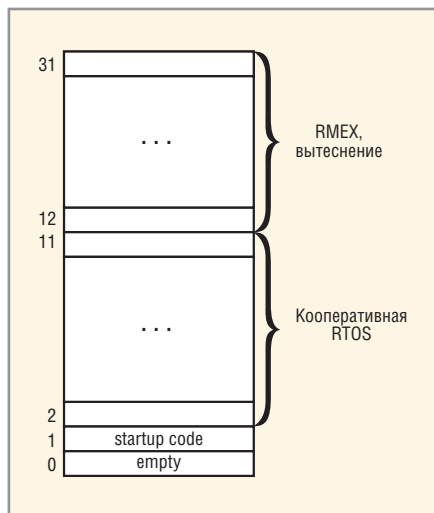


Рис. 2. Использование стека задачами реального времени и кооперативной ОС

дится постоянно тратить время на сохранение стека кооперативных задач. Отведём для кооперативных задач адреса в стеке с 2 по 11, а для задач монотонной частоты – от 12 и выше. Таким образом, при вытеснении кооперативной задачи задачей монотонной частоты с новым периодом планировщик должен сохранить только её регистры, установить указатель стека на 12-й адрес в стеке и начать выполнение новой задачи. Схема использования стека задачами приведена на рисунке 2.

Рассмотрим алгоритм работы данного расширения в микроконтроллере. В начале функции *main* выполняется инициализация всех данных программы пользователя и модулей микроконтроллера, после чего устанавливается прерывание для системного таймера, освобождается место в стеке для фоновой задачи и происходит переключение на ядро RМЕХ, т.е. запускается многозадачность. При получении управления планировщик перебирает все задачи монотонной частоты, начиная с нулевой (задачи размещены в таблице по возрастанию приоритетов для ускорения поиска), и передаёт управление первой готовой к выполнению задаче. При этом задача может быть начата заново (новый период для задачи) или возобновлена (восстановление контекста). Через заданный квант времени системный таймер сгенерирует прерывание, и вновь произойдёт вызов планировщика. Если текущая задача исчерпала свой лимит времени, то её выполнение прекращается, освобождается место в стеке, и планировщик начинает поиск новой го-

товой к выполнению задачи монотонной частоты. Если таковая отсутствует, то происходит возврат к кооперативному набору задач. Если же текущая задача не исчерпала лимит времени выполнения, то проверяется наличие готовых к выполнению задач с периодом меньше, чем у текущей задачи, и если таковые найдутся, происходит вытеснение. В противном случае прерванная задача продолжает выполняться дальше.

Структура для сохранения контекста задач монотонной частоты имеет следующий вид:

```
struct context_t {
// 3 байта адреса в стеке
unsigned char tosu_b[STACK_DEEP];
unsigned char tosh_b[STACK_DEEP];
unsigned char tosl_b[STACK_DEEP];
// указатель стека STKPTR
unsigned char stk_b;
// регистр статуса
unsigned char status_b;
// рабочий регистр
unsigned char wreg_b;
// регистр банка памяти
unsigned char bsr_b;
// регистры указатели
unsigned char fsr1_b;
unsigned char fsr2_b;
}
_RMEX_CONTEXT[CONFIGURE_RMEX_TASKS];
```

Параметр *STACK_DEEP* характеризует максимально допустимую глубину стека для задачи, а *CONFIGURE_RMEX_TASKS* – число задач монотонной частоты. Важно, чтобы задача не превышала максимально допустимую глубину стека, иначе при сохранении её контекста произойдёт потеря адреса возврата.

НЕРЕГУЛЯРНЫЕ ЗАДАЧИ С КОРОТКИМ ВРЕМЕНЕМ ОТВЕТА

Как было сказано выше, в случае использования RМЕХ программист разделяет свои задачи на периодические с жёстким конечным сроком и непериодические задачи с мягкими сроками выполнения, для которых быстрое время ответа желательно, но не гарантируется. Существуют задачи, которые не являются периодическими (их планирование при помощи алгоритма RMS не будет эффективным), но вместе с тем требующими конечного времени ответа. Как правило, такие задачи зависят от наступ-

ления какого-то внешнего события и являются случайными (*sporadic*). Использование RMS для такой задачи будет неэффективно, так как чем меньше время ответа требует данная задача, тем чаще эта задача будет выполняться, причём до наступления нужного события вообще нет смысла передавать ей управление. Другой вариант – сделать её кооперативной задачей – не подходит по причине потери гарантированного времени отклика. Выходом из данной ситуации является создание ещё одного типа задач жесткого реального времени – нерегулярных задач, создающихся в системе динамически и управляемых прерываниями. Таким образом, нерегулярная задача не будет вхолостую потреблять ресурсы процессора и обеспечит гарантированный быстрый отклик.

ВЫБОР СИСТЕМНОГО ТАЙМЕРА

Решение о том, какой конкретно таймер из четырёх возможных использовать в качестве системного таймера, определяется требованиями приложения по использованию этих таймеров.

Таймер может использоваться в качестве модуля захвата/сравнения или модуля ШИМ и, таким образом, не может быть системным. Вторым параметром является требуемая точность кванта времени для задачи. Прерывание системного таймера также должно иметь высокий приоритет (вектор прерывания 0x08), т.е. соответствующий этому прерыванию бит в регистре *IPR1*, *IPR2* или *INTCON2* должен быть установлен в 1. Большинство инструкций в микроконтроллерах PIC18 выполняются за четыре такта генератора или за один такт инструкции (за исключением инструкций переходов). Таким образом, при использовании внешнего генератора с тактовой частотой 40 МГц микроконтроллер будет работать со скоростью 10 миллионов инструкций в секунду.

Значение таймеров увеличивается при выполнении очередного такта инструкции; для них могут быть выбраны предделитель и постделитель частоты. Например, если предделитель установлен в соотношение 1 : 8, то значение соответствующего ему таймера будет увеличиваться на единицу каждые 8 тактов инструкции. Прерывание у 8-битного таймера бу-

дет сгенерировано при его переполнении с 0xFF в 0x00, у 16-битного – при переполнении с 0xFFFF в 0x0000. Любой таймер, имеющий регистр периода, может генерировать прерывание при совпадении его значения со значением регистра периода, чтобы при его использовании получить более точное значение кванта времени для задачи.

При использовании таймера 0 без предделителя в 16-битном режиме прерывание будет генерироваться примерно раз в $65\,535/10\,000\,000 = 6,5$ мс. При использовании таймера 0 в 8-битном режиме с предделителем 1 : 64 прерывание будет наступать примерно раз в 1,6 мс. Для получения кратного 10 значения кванта времени, например, 1 мс, можно использовать таймер 2 в режиме сравнения с регистром периода $PR2 = 39$, предделителем и постделителем, установленными в соотношении 1 : 16.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КООПЕРАТИВНОЙ ОС КАК ЗАДАЧИ МЯГКОГО ВРЕМЕНИ В RMEX

Расширение RMEX представляет собой микроядро, выполняющее функции многозадачности и вытеснения задач. В качестве задачи, получающей управление, когда не активна ни одна из задач жёсткого реального времени, можно использовать ядро кооперативной ОС. При этом программист освобождается от написания кооперативного планировщика и других полезных функций, реализованных в кооперативных ОС. При таком подходе кооперативные задачи сами обрабатывают прерывания, не используемые планировщиком RMEX или его задачами, и на кооперативную ОС накладываются следующие ограничения:

- кооперативная ОС не может блокировать прерывание, используемое системным таймером, или прерывания, используемые задачами жёсткого реального времени. Кооперативная ОС не должна предохранять себя от вытеснения задачами жёсткого времени;
- ядро RMEX и его задачи используют высокий приоритет прерываний, задачи кооперативного ядра – низкий приоритет, таким образом, процедуры обработки прерываний кооперативных задач также будут вытесняться прерываниями и задачами RMEX;

- при большой загруженности системы задачами монотонной частоты будет наблюдаться существенное запаздывание в работе кооперативной ОС.

В качестве примера использования кооперативной ОС возьмем OCPB OSA, которая обеспечивает переключение задач, отсчёт времени ожидания, выбор готовой к управлению задачи с наивысшим приоритетом и передачу ей управления, а также функции синхронизации задач (очереди сообщений, семафоры).

В начале функции *main* выполняется вызов функции *OS_Init()* для инициализации OSA, инициализация всех данных программы пользователя и модулей микроконтроллера, создание кооперативных задач для OSA, после чего устанавливается прерывание для системного таймера, освобождается место в стеке для фоновой задачи и происходит переключение на ядро RMEX. Следующей командой после передачи управления ядру RMEX и команд возврата по стеку является вызов функции *OS_Run()*, т.е. планировщика OSA, который получит управление сразу же, как только ни одна из RMEX-задач не останется активной. Последовательность вызова функций приведена ниже:

```
// инициализация OSA
OS_Init() ;
// инициализация данных
...
// создание задач для OSA
OS_Task_Create(0, Task_1);
OS_Task_Create(0, Task_2);
// инициализация системного таймера
RMEX_Start_Timer();
// освобождение места в стеке и
```

```
вызов ядра RMEX
RMEX_Start_Shed();
// передача управления ядру OSA
OS_Run();
```

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Алгоритмы планирования задач эволюционируют от простых (суперцикл, кооперативная многозадачность) к сложным (вытесняющая многозадачность, монотонная частота, монотонная частота с кооперативной многозадачностью и нерегулярными задачами), использующим математические модели. Цель алгоритмов – гарантировать время реакции на события, являющиеся критичными для данного приложения. Для небольших приложений подойдёт и суперцикл; если требуется их дальнейшее расширение, то подойдёт кооперативная OCPB OSA или Salvo. Для приложений жёсткого реального времени удобно использовать расширения RMEX, позволяющее интегрировать уже написанные приложения для OSA или Salvo. Выбор – за программистом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Salvo RTOS User's Manual, v. 3.2.2.
2. OSA, <http://wiki.pic24.ru/doku.php/osa/ref/intro>.
3. MPLAB C18 C Compiler User's Guide.
4. Liu C.L., Layland J.W. Scheduling Algorithms for Multiprogramming in a Hard Real Time Environment. J. of the Association of Computing Machinery. January 1973.
5. Баландин Н., Кративный А. Отладка приложений и настройка параметров конфигурации операционной системы реального времени RTEMS. Современная электроника. 2010. № 5.
6. Microchip PIC18F2550 Data Sheet. ©

ALSTON CUSTOM HARDWARE & SOFTWARE DEVELOPMENT

Разработка программного обеспечения под Ваши требования

- системное ПО и драйвера для Windows/Linux
- программирование ПЛИС
- встраиваемое ПО для 8/16/32 битных микроконтроллеров

Программное обеспечение и электроника на заказ

Разработка электроники

- на базе процессоров Intel, Freescale, Altera NIOS II
- электронные устройства «под ключ»
- проектирование на основе современных электронных компонентов

«Алстон»
www.alston-int.com
info@alston-int.com

НАШИ ПАРТНЕРЫ

intel freescale MARELLI

Реклама

Контроллер DDR SDRAM для платы DK-START-3C25N

Алексей Гребенников (Актау, Казахстан)

В статье подробно описано построение контроллера памяти DDR SDRAM на языке Verilog для отладочной платы DK-START-3C25N.

ВВЕДЕНИЕ

Отладочная плата DK-START-3C25N, краткое описание которой было приведено в [1], содержит ПЛИС Altera EP3C25F324C6 и ряд устройств, которыми эта ПЛИС может управлять, в том числе, динамическую память A2S56D40CTP. Эта память относится к DDR SDRAM и организована по структуре 4 Мбит×16×4. В данной статье рассмотрена реализация контроллера динамической памяти на языке Verilog. Обмен данными между платой и компьютером осуществляется через интерфейс JTAG, подробно рассмотренный в [1].

Принцип действия динамической памяти

Массив запоминающих элементов в динамической памяти поделен на че-

тыре банка (bank). Каждый банк состоит из набора строк (rows) и столбцов (columns). Управление памятью осуществляется при помощи команд, формируемых определенным набором сигналов CS~ (Chip Select), RAS~ (Row Access Strobe), CAS~ (Column Access Strobe), ~WE (Write Enable), BA[1..0] (Bank Address), A[12..0] (Address), CKE (Clock Enable).

Элементом хранения информации в динамической памяти является конденсатор. В связи с этим возникает необходимость периодической регенерации памяти, т.е. подзарядки конденсаторов. Параметр tREFI определяет средний интервал времени между двумя командами регенерации памяти. Одна команда выполняет регенерацию одной строки всех четырех банков.

Поскольку в данной памяти 8192 строки, полный цикл регенерации занимает время $8192 \times tREFI$.

Динамическая память должна быть инициализирована. После включения питания необходимо подождать 200 мкс, а затем подать определенную последовательность команд. После завершения цикла инициализации память переходит в режим ожидания (IDLE) и может выполнять команды контроллера. Каждое состояние памяти в рабочем режиме описывается конечным автоматом, структура которого будет рассмотрена ниже. Более подробно работа динамической памяти описана в спецификации фирмы-производителя [2] и в брошюре фирмы Micron [3].

КОНТРОЛЛЕР ПАМЯТИ

Контроллер памяти был построен в среде Quartus II 9.0 Web Edition, симуляция проекта выполнялась с помощью программы ModelSim 6.4a. Полный архив проекта в среде Quartus содержится в файле *vjtag_i_top.qar*. Файлы, необходимые для моделирования, находятся в архиве *ddr_cntr1.zip*, а управляющий сценарий на языке Tcl – в файле *cpanel.tcl*. Этот материал можно найти на сайте журнала в дополнительных материалах к статье.

Блок-схема контроллера приведена на рисунке 1. Команды компьютера принимаются VJTAG-контроллером *vjtag_decoder.v*, подробно описанным в [1]. Затем 72-битный вектор данных поступает на вход блока *ddr_decode.v*, где разделяется на данные для памяти, команду (запись, чтение и т.д.) и адрес. Блок *ddr_decode.v* определяет схему трансляции 32-битного адреса в адрес, необходимый для памяти DDR SDRAM (номера банка, строки и столбца). Из множества схем трансляции выбрана самая простая, называемая flat mapping. При этой схеме два старших бита адреса представляют номер банка, следующие тринадцать битов – номер строки, затем девять битов определяют номер столбца и самый младший бит игнорируется, т.к. минимальной адресу-

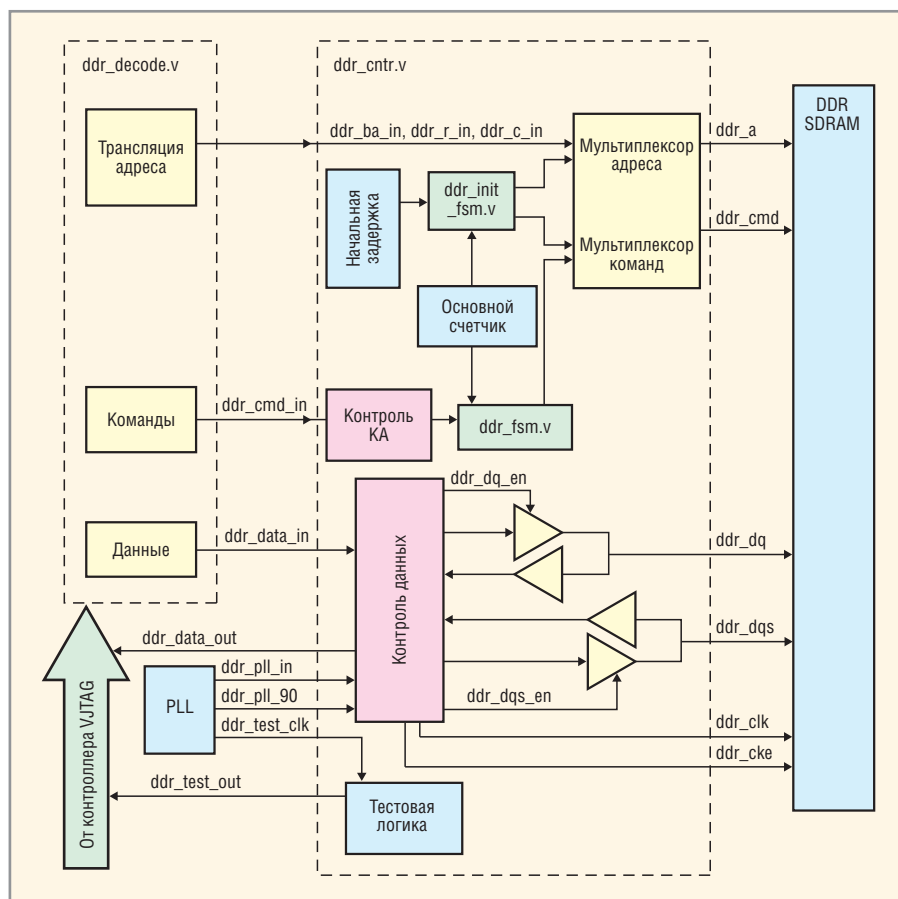


Рис. 1. Блок-схема контроллера памяти DDR SDRAM

емой ячейкой в рассматриваемой памяти является 16-битное слово. На языке Verilog это выглядит следующим образом:

```
assign ddr_dcd_ba[1:0] =
ddr_dcd_vj_cmd_in[24:23];
assign ddr_dcd_r[12:0] =
ddr_dcd_vj_cmd_in[22:10];
assign ddr_dcd_c[8:0] =
ddr_dcd_vj_cmd_in[9:1];
```

Все остальные функции контроллера реализованы в файле *ddr_cntr.v*, причём конечные автоматы инициализации и основного рабочего цикла вынесены в отдельные файлы *ddr_init_fsm.v* и *ddr_fsm.v*.

Блок *PLL* является мегафункцией пакета Quartus и формирует частоты, необходимые для работы; *ddr_pll_in* включает в себя два сигнала частотой 100 МГц, сдвинутых по фазе на 180° друг относительно друга. Тактовая частота платы DR-START-3C25N равна 50 МГц, поэтому коэффициент умножения блока *PLL* для сигналов *ddr_pll_in* равен 2. Обе частоты подаются непосредственно на вход памяти; частота *ddr_pll_inf0* является основной тактовой частотой блока *ddr_cntr.v*. Сигнал *ddr_pll_90* имеет частоту 100 МГц, сдвинут по фазе на 90° относительно *ddr_pll_inf0* и используется для записи/чтения данных в блоке *ddr_cntr.v*; *ddr_test_clk* – это сигнал частотой 200 МГц с нулевым фазовым сдвигом относительно *ddr_pll_inf0*, он является тактовой частотой тестового блока. Функция последнего – запись значений регистров контроллера в определённые моменты времени. Тестовый блок используется только во время отладки работы контроллера.

Рассмотрим подробнее работу блоков контроллера.

Инициализация

После подачи питания блок начальной задержки начинает отсчёт времени, необходимого памяти до начала инициализации (200 мкс):

```
if (ddr_start_count != 16'h4E20)
// Start delay counter
begin
ddr_start_count <=
ddr_start_count + 1'b1;
start_delay_done <= 1'b0;
ddr_cke <= 1'b0;
end
```

Число 16'h4E20 определяет период времени 200 мкс при частоте 100 МГц, в течение которого тактовая частота в памяти отключена, т.е. сигнал *ddr_cke* равен нулю. По истечении времени задержки включается основной счётчик:

```
ddr_count <= ddr_count + 1'b1;
```

Функцией основного счётчика является отсчёт времени между циклами регенерации (tREFI). Этот параметр для рассматриваемой памяти равен 7,8 мкс, что в периодах основного счётчика будет равняться шестнадцатеричному числу 30Ch.

Одновременно с запуском основного счётчика начинается процесс инициализации памяти, управляемый конечным автоматом Мура *ddr_init_fsm.v*, в котором выходной сигнал зависит только от текущего состояния автомата. Стиль программирования – с двумя блоками *always*; текущее состояние кодируется по схеме с одной единицей (*onehot*). Стиль кодирования *onehot* требует построения регистров больших размеров, однако обеспечивает более высокое быстродействие. Более подробно различные стили программирования конечных автоматов описаны в [4, 5].

Первый блок *always* содержит набор защёлоч (latches) и определяет правила перехода автомата из одного состояния в другое, а также выходной сигнал при каждом состоянии конечного автомата. При схеме кодирования *onehot* используется инвертированный оператор условия *case*, т.е. он задаётся как заведомо верный – *case (1'b1)*, и затем перебираются все биты текущего состояния автомата. Только один из битов имеет единичное значение. Второй блок *always* содержит набор триггеров и непосредственно осуществляет переход автомата из одного состояния в другое:

```
fsm_init_state <=
fsm_init_next_state;
```

Для того чтобы автомат в начальный момент времени был в известном состоянии, в блоке триггеров использована конструкция:

```
if (!fsm_init_start)
begin
fsm_init_state <= 6'b000000;
fsm_init_state[NOP_I] <= 1'b1;
end
```

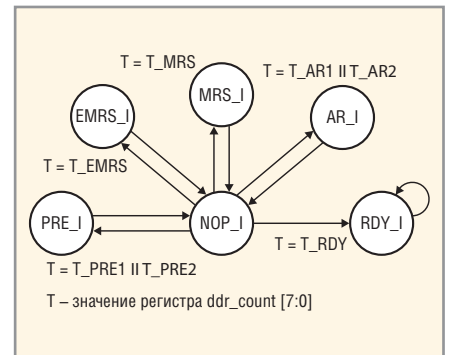


Рис. 2. Граф конечного автомата инициализации памяти

а в блоке защёлоч:

```
fsm_init_next_state = 6'b000000;
fsm_init_out = NOP_CMD_I;
fsm_init_done = 1'b0;
```

Заметим, что в блоке защёлоч применяются блокирующие операторы присваивания (=), а в блоке триггеров – неблокирующие (<=).

Входным сигналом, определяющим моменты перехода конечного автомата инициализации, является время, т.е. значения основного счётчика (*ddr_count*). Граф состояний автомата изображён на рисунке 2. В начальный момент времени процесса инициализации автомат устанавливается в состояние *NOP_I*, при этом памяти посылается команда *NOP* (no operations). Затем через промежуток времени *T_PRE1* автомат переходит в состояние *PRE_I* на время одного такта и посылает памяти команду *PREA* (precharge all banks) – зарядить ячейки всех четырёх банков. После чего автомат снова переходит в состояние *NOP_I*.

Следующий шаг – состояние *EMRS_I* с выходной командой *EMRS* (extended mode register set, установка дополнительного конфигурационного регистра). Значение регистра выставляется на адресные линии a12 – a0. Только два младших бита являются значимыми, остальные устанавливаются в нулевые значения. Бит a1 – мощность управляющего сигнала (drive strength) – тоже устанавливается в нулевое значение, что соответствует нормальной мощности. Бит a0 – включение/выключение модуля автоподстройки задержки (*DLL – delay locked loop*) – равен нулю (включено).

Через ещё один цикл *NOP_I* конечный автомат переходит в состояние *MRS_I*, в котором командой *MRS* (mode register set) устанавливается

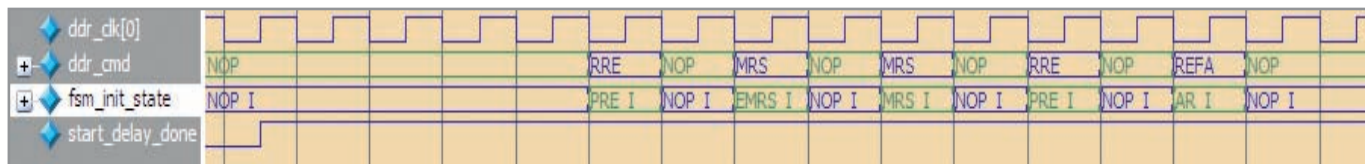


Рис. 3. Инициализация памяти

основной конфигурационный регистр динамической памяти. Значение регистра также выставляется на адресные линии a12 – a0. Биты a6 – a4 определяют латентность памяти – время между подачей команды чтения данных (READ) и появлением данных на выходных линиях DQ. При инициализации этот параметр устанавливается в значение 3'b010, что соответствует времени задержки в два периода тактового сигнала. Биты a2 – a0 определяют размер пакета данных при чтении/записи (burst length). Допустимыми значениями являются 2, 4 или 8 шестнадцатитбитных слов. При инициализации эти биты устанавливаются равными 3'b001 (два слова).

После установки конфигурационного регистра конечный автомат снова переходит в состояние PRE_I и затем выполняет два цикла регенерации памяти в состоянии AR_I. Все переходы осуществляются через состояние NOP_I. Фрагмент процесса инициализации по результатам моделирования в программе ModelSim показан на рисунке 3.

Состояние RDY_I характеризует окончание процесса инициализации – сигнал fsm_init_done устанавливается в

единичное значение, тем самым управление передаётся основному конечному автомату ddr_fsm.v:

```
fsm_init_state[RDY_I]:
begin
fsm_init_done = 1'b1;
fsm_init_next_state[RDY_I] =
1'b1;
end
```

Рассмотрим более подробно работу основного конечного автомата.

ОСНОВНОЙ КОНЕЧНЫЙ АВТОМАТ

Автомат ddr_fsm.v относится к классу конечных автоматов Мили, т.е. выходной сигнал зависит как от состояния автомата, так и от входных сигналов. Стиль программирования – с двумя блоками always, бинарным описанием состояний автомата (binary encoded) и регистровым выходом (registered output).

Состояния динамической памяти в рабочем режиме описываются конечным автоматом, полная схема которого приведена в спецификации фирмы-производителя [2]. Автомат ddr_fsm.v, граф которого показан на рисунке 4, является упрощённой версией полной схемы и реализует только циклы записи, чтения и регенерации, а также

функцию установки конфигурационного регистра.

Первоначально конечный автомат устанавливается в состояние IDLE и затем ожидает дальнейших команд от контролирующего блока. Выходной сигнал, т.е. команды для динамической памяти, зависит от состояния автомата и от значения счётчика времени fsm_state_counter. Значение счётчика устанавливается в момент переключения автомата из одного состояния в другое, который характеризуется разными значениями регистров fsm_state и fsm_next_state (текущее и следующее состояния соответственно):

```
case ({fsm_state,fsm_next_state})
{RA,WRITE}: fsm_state_counter <=
TRCDW;
{RA,READ}: fsm_state_counter <=
TRCDR;
default:
if (fsm_state_counter !=
16'h0000)
fsm_state_counter <=
fsm_state_counter - 1'b1;
endcase
```

Во все остальные моменты времени счётчик декрементируется. На рисунке 5 изображён результат моделирования цикла записи. При поступлении команды ACT_T на вход fsm_cmd_i (все команды поступают по положительному фронту сигнала ddr_clk[0]) регистр fsm_next_state устанавливается в значение RA (Row Active). При следующем отрицательном фронте тактового сигнала регистр fsm_state принимает значение fsm_next_state, то есть RA:

```
fsm_state <= fsm_next_state;
```

Одновременно с переходом автомата в состояние RA на выходе устанавливается команда ACT, которая активирует строку памяти, при этом адрес строки присутствует на адресных линиях a12 – a0.

В следующий положительный такт на вход автомата поступает команда WRITE_T, которая приводит к пере-

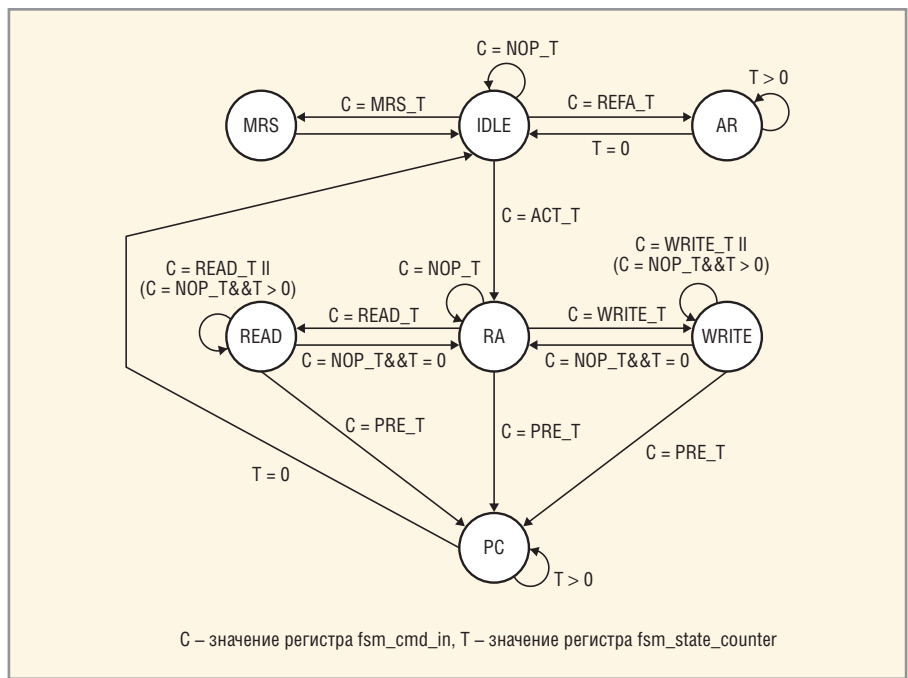


Рис. 4. Граф основного конечного автомата контроллера

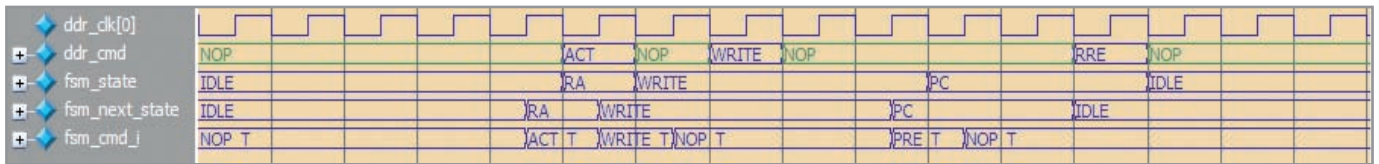


Рис. 5. Цикл записи

ключению регистра *fsm_next_state* и затем *fsm_state* в значение *WRITE*. Заметим, что при переходе из состояния *IDLE* в состояние *RA* счётчик *fsm_state_counter* сохраняет нулевое значение, поскольку в состоянии *RA* не требуются дополнительные такты ожидания до подачи команды активации строки. В то же время при переходе автомата в состояние *WRITE* необходима минимальная задержка *tRCD* (Row to Column Delay), поэтому при этом переходе счётчик *fsm_state_counter* устанавливается в значение *TRCDW*. Перейдя в состояние *WRITE*, конечный автомат выдаёт команду *NOP* до истечения времени задержки *tRCD*. После этого подаётся команда *WRITE* на один цикл, и затем снова вставляются команды *NOP* до окончания цикла записи. Команда *PRE_T* на входе *fsm_cmd_i* заканчивает цикл записи, после которого автомат

снова переходит в состояние ожидания (*IDLE*).

Аналогичным образом происходит цикл чтения данных. Рассмотрим теперь логику работы блоков, посылающих команды конечному автомату и коммутирующих входные/выходные линии контроллера.

Блок управления конечным автоматом

Функцией этого блока является создание последовательности команд для конечного автомата на основании одной команды, полученной от декодера команд. Этот блок входит в состав файла *ddr_cntr.v*. Факт получения команды фиксируется установкой соответствующего флага:

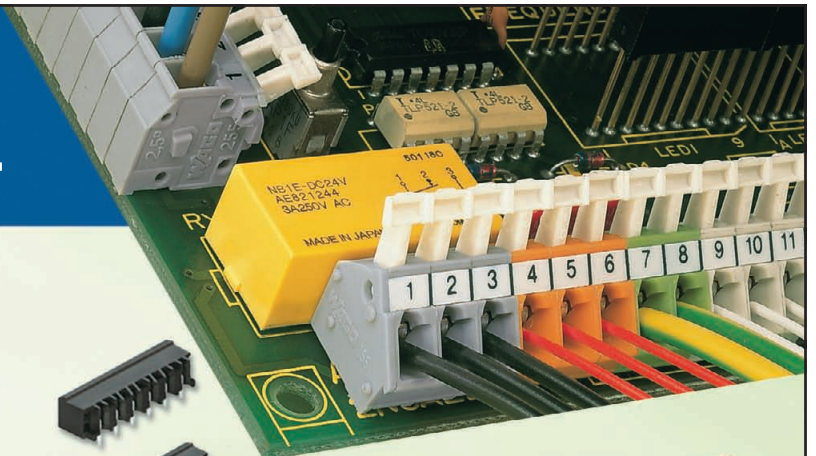
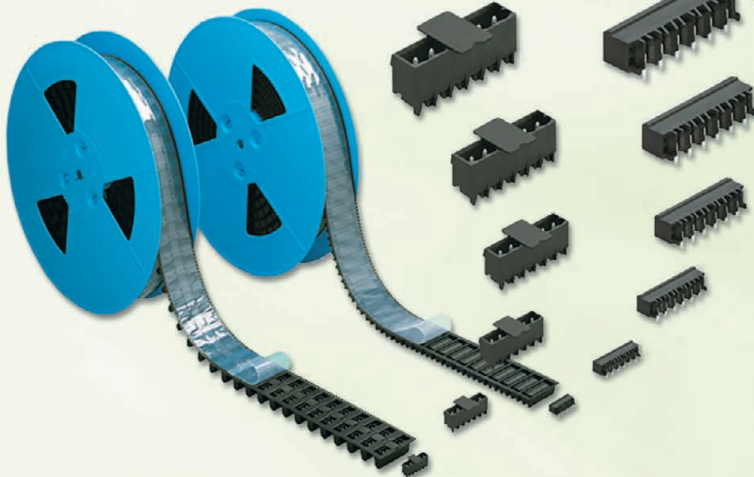
```
case (ddr_cmd_in) //Set flags
based on VJTAG commands
WR_1: vj_cmd_flag <= WR_1;
```

```
RD_1: vj_cmd_flag <= RD_1;
MRS_SETUP: vj_cmd_flag <=
MRS_SETUP;
endcase
```

Это делается для того, чтобы команда не была потеряна, если в момент передачи команды контроллер будет занят выполнением других действий, например регенерацией памяти. Затем на основании принятой команды и состояния автомата, текущего и последующего, принимается решение о подаче управляющих команд на вход конечного автомата:

```
case ({vj_cmd_flag, fsm_stat,
fsm_next_stat})//Decode VJTAG
commands
{WR_1, IDLE, IDLE}: fsm_cmd_i <=
ACT_T; //Write command
{WR_1, RA, RA}: fsm_cmd_i
<= WRITE_T;
```

Клеммы и соединители для печатных плат



К монтажу
ГОТОВЫ!

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР ПРОДУКЦИИ WAGO



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

Реклама

После выполнения задачи флаг команды устанавливается в значение *NOP_VJ* – режим ожидания.

```
Vj_cmd_flag <= NOP_VJ; //Write
cycle is done
```

В функции этого блока также входит регенерация памяти, когда на входе блока нет никаких команд и значение основного счётчика превышает 30Ch, т.е. величину *tREFI*:

```
Default:
if (ddr_count > 32'h0000030C)
//Need to do refresh
case ({fsm_stat, fsm_next_stat})
{IDLE, IDLE}: fsm_cmd_i <=
REFA_T;
default: fsm_cmd_i <=
NOP_T;
endcase
```

Данный код посылает последовательность команд конечному автомату для выполнения цикла регенерации. Когда цикл регенерации практически завершился – текущее состояние автомата равно *AR*, а следующее состояние равно *IDLE*, – происходит сброс основного счётчика. Всё остальное время счётчик инкрементируется:

```
If ({fsm_stat, fsm_next_stat} !=
{AR, IDLE})
ddr_count <= ddr_count + 1'b1;
else
ddr_count <= ddr_count -
32'h0000030C; // 30Ch is tREFI
time
```

Коммутация линий DQ и DQS

Линии DQS – это стробы данных. В памяти с 16-битными словами таких линий две – для младшего и старшего байтов. При записи данных они являются выходными для контроллера, при чтении – входными. В спецификации на память подробно указаны временные требования для этих сигналов.

При записи данных слова в памяти фиксируются по фронтам сигнала DQS. После регистрации команды записи *WRITE* динамической памятью, что происходит по положительному фронту синхросигнала (*ddr_clk[0]*), необходимо подождать время *tDQSS*, обычно равное одному периоду. После этого положительный фронт DQS

записывает в память первое слово, а отрицательный фронт – второе. Так как линии DQS обычно находятся в высокоимпедансном состоянии, также задаётся время перехода этих линий в активное состояние при цикле записи и возврата в высокоимпедансное состояние после завершения записи. Эти временные параметры называются соответственно преамбулой *tWPRES* и постамбулой *tWPST*. Включение и выключение линий DQS контролируется сигналом *ddr_dqs_en*, который отвечает вышеперечисленным временным требованиям:

```
assign ddr_dqs = (ddr_dqs_en) ?
{ddr_p11_in[0], ddr_p11_in[0]} :
2'bzz;
```

Поскольку номинальное значение *tDQSS* равно одному периоду и данные записываются по обоим фронтам синхросигнала, необходим дополнительный сигнал, сдвинутый на 90°, который заранее подготавливает данные для записи. С этой целью блок *PLL* вырабатывает сигнал *ddr_pll_90*. Логика подготовки данных для записи выглядит следующим образом:

```
case (ddr_pll_90)
1'b1: ddr_dq_drv[15:0] =
ddr_data_in[15:0];
1'b0: ddr_dq_drv[15:0] =
ddr_data_in[31:16];
endcase
```

Линии данных DQ, так же как и DQS, переводятся в активное и высокоимпедансное состояния сигналом *ddr_dqs_en*:

```
assign ddr_dq = (ddr_dqs_en) ?
ddr_dq_drv: 16'hzzzz;
```

При чтении данных важным является параметр латентности, который определяет количество периодов после подачи команды чтения *READ*, через которые данные появляются на шине. При первоначальной конфигурации этот параметр устанавливается равным двум. Заметим, что в данной реализации контроллера в качестве строба чтения используется сигнал *ddr_pll_90*, а не *DQS*.

В контроллере также есть блок тестовой логики, который позволяет при отладке записывать значения

основных регистров и затем передавать их пользователю для анализа. Частота записи значений регистров равна удвоенной частоте работы основной логики контроллера, т.е. 200 МГц.

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ КОНТРОЛЛЕРА

Как уже было отмечено выше, моделирование проекта было выполнено в программе ModelSim, которая входит в состав пакета Quartus. Моделировалось поведение блока *ddr_cntr.v*. В оригиналы файлов для Quartus были внесены некоторые изменения, которые не существенны при моделировании, а именно:

- величина первоначальной задержки в файле *ddr_cntr.v* была изменена с 16'h4E20 на 16'h0010. Этот цикл ожидания необходим только для физического устройства и никак не влияет на результаты моделирования;
- по той же самой причине в файле *ddr_init_fsm.v* время *T_RDY* было изменено с 8'hDC на 8'h20.

Для удобства чтения результатов был создан командный файл *radix1.do*, который после выполнения его командой *do* позволяет заменить числовые значения векторов состояния контроллера на более удобные в восприятии символические, как на рисунках 3 и 5.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Построение контроллера памяти DDR SDRAM на языке Verilog в сочетании с отладочной платой, такой как DK-START-3C25N, является хорошим учебным материалом для отработки навыков программирования на языках описания цифровых устройств (HDL) и освоения методов проектирования конечных автоматов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гребенников А. Интерфейс VJTAG для отладочной платы DK-START-3C25N. Современная электроника. 2010. № 9.
2. 256Mb DDR SDRAM Specification. Powerchip Semiconductor Corp.
3. Double Data Rate (DDR) SDRAM. Micron Technology, Inc.
4. Clifford E. Cummings. State Machine Coding Styles for Synthesis. Sunburst Design, Inc.
5. Clifford E. Cummings. The Fundamentals of Efficient Synthesizable Finite State Machine Design using NC-Verilog and BuildGates. Sunburst Design, Inc.



Новости мира News of the World

Датчане обзаведутся домашними ТЭЦ

Производство электрической и тепловой энергии без загрязнения воздуха и с минимальными выбросами CO₂ является очень важной научной и экономической проблемой. Весьма привлекательны с этой точки зрения твердооксидные топливные элементы (SOFC), которые уже 20 лет разрабатывает и испытывает Лаборатория технического университета Дании. И, наконец, сделан важный шаг на пути широкомасштабного внедрения этой технологии – университет подписал соглашение о сотрудничестве с компанией Topsoe Fuel Cell, которая разработала коммерческие ячейки топливных элементов и является партнёром компании Dantherm Power, производящей малые ТЭЦ. Благодаря этому коммерческому и научному союзу, уже в ближайшее время датчане смогут оснастить свои дома компактными и экологически чистыми генераторами тепла и электричества.

Твердооксидные топливные элементы производят электроэнергию и тепло с очень высокой эффективностью и практически без выбросов загрязняющих веществ, таких как оксиды серы и азота. Отдельные ячейки элементов сверхкомпактны, толщиной с лист бумаги, и каждый такой лист вырабатывает напряжение в 1 В. Для достижения желаемого напряжения и мощности достаточно просто собрать пакет из отдельных листов.

Датчане не видят перспективы в огромных центральных ТЭЦ и считают, что будущее за автономными генераторами энергии в каждом доме. Такие микроТЭЦ будут особенно эффективны в будущем, когда всё больше энергии будут поставлять возобновляемые источники энергии, такие как ветер и солнце, а домашняя энергостанция будет производить энергию в безветренную или облачную погоду.

Весной 2010 г. компания Dantherm Power уже выпустила несколько микроТЭЦ на топливных элементах, а в октябре 2010 г. были созданы ещё две системы для «профессиональных» пользователей, в частности, сантехников или электриков. Эти прототипы будут служить опытными стендами для проверки новой технологии. Они работают на природном газе и генерируют 1 кВт электрической мощности и 1 кВт тепла. В настоящее время микроТЭЦ по габаритам сравнима с большим холодильником.

В начале 2011 г. Dantherm Power рассчитывает иметь семь опытных микроТЭЦ, которые будут работать в течение всего отопительного сезона, включая весну 2011 г.

В сентябре 2011 г. компания планирует выпустить 15 новых микроТЭЦ, в конструкции которых будет учтён опыт эксплуатации прототипов. Новые приборы будут настолько надёжны и просты в использовании, что их можно будет устанавливать в частных домах. В 2012 г. в продажу поступят микроТЭЦ, позволяющих обычным людям заменить свои старые печи и системы отопления на микроТЭЦ на твердооксидных топливных элементах.

По мнению специалистов компании, настоящая революция в области домашних электростанций произойдет в 2013–2015 гг., когда многие датские семьи будут иметь микроТЭЦ, занимающие места не больше, чем посудомоечная машина. Топливом первоначально будет природный газ, позже его можно будет заменить метанолом, сжиженным нефтяным газом или биотопливом.

<http://www.cnews.ru>

Пластмассовые температурные датчики

Корпорация TDK-EPC представила лёгкие пластмассовые температурные датчики фирмы Epcos для измерения температуры масла и охлаждающей жидкости в двигателях. Благодаря пластмассовой конструкции датчиков B58101A802A, они на 50% легче, чем изделия в металлическом корпусе, и имеют улучшенную герметизацию. В результате наблюдается улучшение вибрационных характеристик, увеличение срока службы, а также упрощение вторичного использования.



Пластмассовый корпус вокруг головки датчика спроектирован так, что обеспечивается очень хорошая теплопроводность. Это даёт сокращение времени реагирования и увеличение точности измерения температуры рабочих сред в автомобилях в диапазоне температур –40...+200°C. Датчики типов B58101A802A предлагаются в диапазоне номинальных сопротивлений от 2 кОм до 1,4 МОм.

www.epcos.de

SCHAEFER

НАДЁЖНЫЕ СИСТЕМЫ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЭНЕРГИИ

Импульсные источники питания

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

Импульсные инверторы

- Инверторы DC/AC
- AC/AC-преобразователи

Области применения

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



ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР ПРОДУКЦИИ SCHAEFER

PROSOFT®

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

Embedded Linux: методы безопасного обновления встроенного программного обеспечения

Виктор Полстюк (Минск, Беларусь)

В статье рассмотрены методы безопасного обновления встроенного программного обеспечения устройств на базе Embedded Linux, а также особенности реализации этой процедуры в проектах OpenWrt, Openmoko и OpenInkpot.

Тема обновления встроенного программного обеспечения (firmware, или «прошивки») актуальна для многих устройств, начиная с бытовой электроники и заканчивая блоками промышленных систем. Для пользовательских устройств весьма полезна встроенная функция обновления ПО. Так, в случае обнаружения программных ошибок в уже выпущенной и реализованной партии устройств производитель может исправить их без возврата партии на фабрику. Это делается следующим образом: на интернет-странице продукта размещается новая «прошивка», которую пользователи могут установить самостоятельно.

Обновление ПО промышленной электроники имеет свои особенности, поскольку необходимые блоки могут быть установлены на удалённых объектах. Это затрудняет непосредственное подключение и приводит к транспортным затратам. Безусловно, для всех типов устройств ключевым и обязательным требованием является безопасность замены ПО. Пользователи предпочитают работать со старой программой, столкнувшись с высоким риском неудачного обновления.

В последнее время на рынке встраиваемых систем сформировалось несколько тенденций. Во-первых, следует отметить рост популярности ОС Linux. Широкое применение этой операционной системы обусловлено появлением новых микропроцессоров, обладающих достаточной производительностью для работы

на базе Linux при сохранении невысокой стоимости и энергопотребления (что типично для микроконтроллеров). Также использование Linux позволяет сократить время разработки устройства за счёт использования программного обеспечения со свободной лицензией.

Второй заметной тенденцией стало стремление к постоянному развитию продукта даже после его продажи. Так, производители электроники разрабатывают новое программное обеспечение для ранее выпущенных устройств, предоставляя возможность пользователям самостоятельно обновить «прошивку» и таким образом добавить новый функционал.

Сегодня возможность обновления программного обеспечения электронного устройства превратилась из дополнительного преимущества в обязательное требование. Безусловно, распространение Linux повлияло и на развитие способов обновления встроенной программы. Поэтому целью данной статьи является описание механизма обновления прошивки на основе ОС Linux и нескольких примеров его реализации.

Рассмотрим разделы памяти системы (см. рис. 1) и те части памяти, которые необходимо обновлять при переходе на новую версию ПО. Как правило, системы на базе Linux имеют следующую структуру энергонезависимой памяти: в первом её разделе хранится программа – загрузчик ядра Linux, которая, в свою очередь, может выполняться в несколько этапов. Например, начальный загрузчик малого размера копируется во внутреннюю память процессора, проводит инициализацию внешнего ОЗУ и копирует в него загрузчик второго уровня. Загрузчик второго уровня (например, U-Boot) копирует ядро Linux в ОЗУ и передаёт ему управление. В последнюю очередь происходит запуск пользовательских приложений, размещённых в последнем разделе флэш-па-

мяти. Таким образом, становится очевидной необходимость обновления раздела памяти с пользовательскими приложениями и раздела с ядром ОС.

Событиями для запуска процесса обновления ПО могут служить:

- запуск системы (в этом случае программа обновления встраивается в начальный загрузчик либо запускается при инициализации ОС);
- подключение внешнего носителя (USB- или SD-карты) во время работы устройства;
- обнаружение на сервере обновления ПО более новой версии;
- действия пользователя.

Файлы для обновления могут быть скопированы при использовании подключаемых носителей информации либо получены по сети (при наличии в системе порта Ethernet или модуля Wi-Fi). Как правило, с этой целью используется протокол TFTP, поддерживаемый различными загрузчиками. В случае, когда обновлением ПО занимается запущенная в ОС программа, копирование необходимых файлов с сервера может происходить с помощью приложения *wget* либо с использованием библиотеки *libcurl*.

Важным моментом процедуры обновления ПО является проверка версии полученных файлов и их целостности. Для этого могут быть использованы такие алгоритмы, как MD5, CRC32 и др. Также желательно проверять совместимость новой «прошивки» с данным устройством (версией печатной платы, элементной базы и т.п.).

Когда файлы для обновления получены и проверены, можно переходить к процессу их записи в ПЗУ системы. В зависимости от объёма ПЗУ реализуются различные схемы обновления ПО.

Вариант 1. Если используется ПЗУ с объёмом, достаточным для хранения старой и новой «прошивок» (см. рис. 2), реализуется схема с возможностью возврата к предыдущей версии ПО в случае неудачно завершившегося процесса обновления. Непосредственно перезапись памяти осуществляется с помощью программ *flash_eraseall* (для стирания области памяти) и *nandwrite* (для записи образа в NAND-память), которые входят в состав пакета *mtl-utils*. Далее необ-

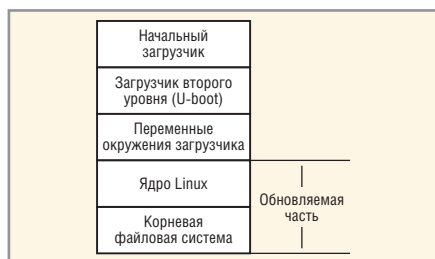


Рис. 1. Области флэш-памяти устройства на базе ОС Linux

ходимо установить переменные окружения загрузчика U-Boot для загрузки новой «прошивки». Для чтения и записи переменных окружения U-Boot из Linux используются команды *fw_printenv* и *fw_setenv* (исходные коды входят в дистрибутив U-Boot). Кроме типичных параметров, необходимых для запуска ОС (расположение образа ядра в ПЗУ, название раздела, содержащего корневую файловую систему и др.), в переменных окружения можно хранить число неудачных загрузок и при достижении определённого порога возвращаться на предыдущее ПО (см. рис. 3).

Вариант 2. При малом объёме ПЗУ ядро Linux и приложения, а также необходимые библиотеки должны быть скопированы в ОЗУ. После чего может быть проведено стирание и перезапись флэш-памяти. Очевидно, данная схема не позволяет вернуться к предыдущей «прошивке» в случае сбоя в процессе обновления.

В загрузчике U-Boot реализована встроенная функция проверки целостности загружаемого образа ядра Linux (управляется переменной *verify*), что позволяет ещё до загрузки ОС проверить её целостность и с помощью *hush*-скриптов определить альтернативные источники для загрузки ПО (старая «прошивка» или TFTP) [1].

Рассмотрим способы реализации механизма обновления встроенного ПО в нескольких открытых программных проектах, таких как OpenWrt, Openmoko и OpenInkpot.

В проекте по созданию свободного ПО для сетевых маршрутизаторов *OpenWrt* [2] прошивка может обновляться из веб-интерфейса или по TFTP. Наиболее простым для пользователя является обновление ПО через интернет-страницу. При этом пользователь посредством веб-браузера заходит на страницу настройки устройства (раздел обновления ПО) и копирует новое ПО с помощью специальной HTML-формы.

Второй вариант получения обновлений – это загрузка по TFTP. Такой способ хорошо подходит для тех пользователей, которые самостоятельно создали образ для «прошивки». В случае возникновения проблем они смогут вернуть старую «прошивку» (с помощью TFTP). Процедура происходит следующим образом: при включении устройства запускается загрузчик, который выполняет инициализацию системы, а также проверяет и загружает исполняемый код. Если «прошивка» не прошла про-

верку на целостность, загрузчик будет считать её поврежденной и автоматически перейдёт в режим ожидания загрузки прошивки по сети. После этого пользователь может загружать новую «прошивку» с компьютера по TFTP.

При необходимости загрузка ПО с TFTP-сервера может быть запущена вручную. При этом необходимо подключиться к консоли устройства CFE (Common Firmware Environment) по последовательному порту и прервать процедуру обычной инициализации устройства. Далее потребуется сконфигурировать сеть, скопировать новую «прошивку» с сервера TFTP и записать её во флэш-память устройства.

В качестве примера обновления ПО устройства через порт USB можно привести проект по созданию свободной «прошивки» для смартфонов под названием Openmoko [3]. Механизм обновления реализован в соответствии со спецификацией USB Device Class Specification for Device Firmware Upgrade [4]. Целью данного документа является создание универсального механизма обновления ПО устройства, оснащённого портом USB, т.е. механизма, который не зависит от производителя и конкретной аппаратной платформы. Это позволяет использовать одну программу в составе ОС для установки встроенного ПО на разные устройства из соответствующих образов «прошивки». Кроме записи новой «прошивки», упомянутая спецификация описывает процедуру копирования текущей «прошивки» на персональный компьютер.

В проекте Openmoko *DFU* является частью модифицированной версии загрузчика U-Boot. Также в рамках проекта разрабатывается утилита *DFU-Util*, которая позволяет передавать и записывать ПО во внутреннюю NAND-память устройства и записывать программу в его оперативную память. Последняя функция может быть использована для отладки низкоуровневого кода (например, ядра) без перезаписи флэш-памяти. Кроме того, предусмотренная в *DFU-Util* возможность считывания содержания NAND-памяти позволяет создавать резервную копию «прошивки» устройства.

Для обновления ПО электронной книги в проекте OpenInkpot используется карта памяти SD [5]. С этой целью новое ПО в виде файла с расширением *.oifw* помещается в корневой каталог SD-карты. При подаче питания модифицированный загрузчик U-boot проверяет наличие «прошивки» на карте

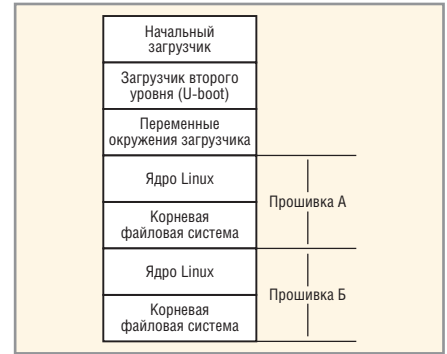


Рис. 2. Области флэш-памяти устройства с возможностью возврата к старой «прошивке»

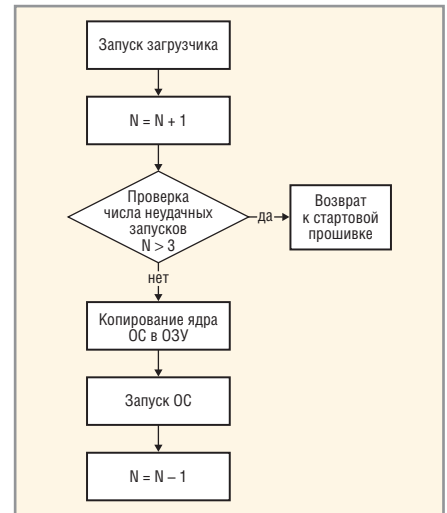


Рис. 3. Алгоритм обновления ПО с возможностью возврата к старой «прошивке»

памяти и проводит проверку её целостности, используя алгоритм CRC32. При возможности обновления он запрашивает у пользователя подтверждение выполнения операции перезаписи флэш-памяти устройства. Далее происходит обновление ядра и корневой файловой системы либо полная переустановка ПО, включая начальный загрузчик.

Следует отметить, что инженеры не ограничиваются одним способом обновления встроенного ПО устройств на базе ОС Linux, а реализуют одновременную поддержку нескольких. Это связано с тем, что при разработке устройства необходимо иметь инструмент обновления с множеством функций, а при эксплуатации устройства – максимально надёжный и понятный для пользователя.

ЛИТЕРАТУРА

1. <http://www.denx.de/wiki/DULG/Command-LineParsing>.
2. <http://wiki.openwrt.org/doc/howto/installing>.
3. http://wiki.openmoko.org/wiki/USB_DFU.
4. http://www.usb.org/developers/devclass_docs/DFU_1.1.pdf.
5. <http://openinkpot.org/wiki/0.2/InstallationGuide>.

Многодатчиковые мостовые измерительные схемы

Георгий Волович (Челябинск)

В статье рассмотрены многодатчиковые измерительные схемы, приведены основные соотношения, устанавливающие связь между входными и выходными сигналами, представлена схема на ОУ, устраняющая взаимное влияние датчиков.

Для получения информации о состоянии объекта измерений часто необходимо проводить измерения в нескольких точках объекта. Соответствующие датчики обычно включены в мост Уинстона и соединены с базовым прибором линией связи. Активные датчики имеют одну общую точку подключения к источнику питания (или к измерительному прибору), а к измерительному прибору (или к источнику питания) их подключают поочередно. При этом переходное сопротивление контактов и сопротивление проводов линии связи включаются последовательно с датчиком и искажают результат измерений.

На рисунке 1 показана схема соединений для многоточечных измерений

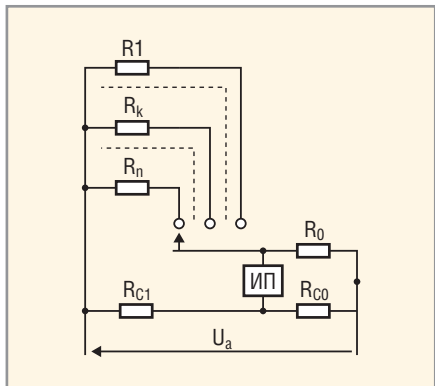


Рис. 1. Схема моста Уинстона для многоточечных измерений

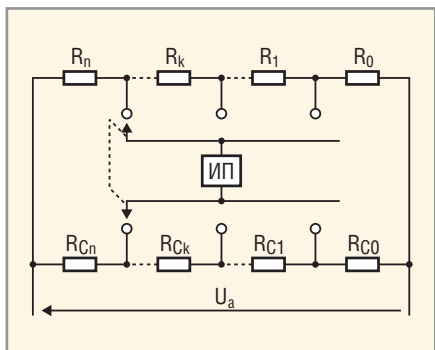


Рис. 2. Схема многодатчикового моста

обычным мостом Уинстона, а на рисунке 2 – схема многодатчикового моста [1]. Обозначения: R_k ($k = 1..n$) – датчики; R_0 – пассивный датчик, R_{C0} и R_{Ck} – пассивные резисторы; U_a – напряжение питания моста; ИП – измерительный прибор (милливольтметр или аналого-цифровой преобразователь).

В схеме, приведённой на рисунке 2, в отличие от обычного моста, все датчики соединены последовательно. Один конец этой цепочки соединён с источником питания, а второй – с началом пассивного датчика R_0 , расположенного в базовом приборе. Пассивный полумост образован последовательно соединёнными пассивными резисторами R_C .

Измерительный прибор ИП поочередно подключают к очередному датчику R_k и соответствующему пассивному резистору R_{Ck} . При этом сопротивления контактов и проводов включены последовательно с высокоомным входом измерительного прибора и не влияют на результат измерений. Поэтому можно применять электронные коммутаторы, сопротивления которых в открытом состоянии измеряются десятками ом.

В начальном состоянии сопротивление датчика $R_{Hi} = R$. Аналогично, $R_{Ci} = R_C$. В рабочем состоянии начальное сопротивление датчика изменяется на ΔR_i и равно $R_i = R_{Hi}(1 + \xi_i)$, где $\xi_i = \Delta R_i / R_{Hi}$.

В k -ом положении переключателя сопротивления плеч моста в начальном состоянии описываются формулами:

$$R_{I=k} = \sum_k^n R_i = R(n+1-k),$$

$$R_{II=k} = \sum_0^{k-1} R_i = Rk,$$

$$R_{III=k} = \sum_0^{k-1} R_{Ci} = R_C k,$$

$$R_{IVk} = \sum_k^n R_{Ci} = R_C (n+1-k).$$

В рабочем состоянии

$$R_{Ik} = \sum_k^n R_i = R \left(n+1-k + \sum_k^n \xi_i \right),$$

$$R_{IIk} = \sum_0^{k-1} R_i = R \left(k + \sum_k^{k-1} \xi_i \right).$$

Относительное напряжение сигнала моста в начальном состоянии составляет:

$$\eta_{=k} = \frac{V_k}{V_a} = \frac{R_{I=k} R_{IIIk} - R_{II=k} R_{IVk}}{(R_{I=k} + R_{II=k})(R_{IIIk} + R_{IVk})} = 0.$$

В рабочем состоянии

$$\eta_k = \frac{V_k}{V_a} = \frac{R_{Ik} R_{IIIk} - R_{IIk} R_{IVk}}{(R_{Ik} + R_{IIk})(R_{IIIk} + R_{IVk})} =$$

$$= \frac{k \sum_0^n \xi_i - (n+1) \sum_0^{k-1} \xi_i}{(n+1)(n+1 + \sum_0^{k-1} \xi_i)} \approx$$

$$\approx \frac{k \sum_0^n \xi_i - (n+1) \sum_0^{k-1} \xi_i}{(n+1)^2}.$$

Следовательно,

$$\eta_k = \eta_{=k} + \frac{k \sum_0^n \xi_i - (n+1) \sum_0^{k-1} \xi_i}{(n+1)^2}, \text{ и}$$

$$\sum_0^{k-1} \xi_i = \frac{k}{n+1} \sum_0^n \xi_i - (n+1) \Delta \eta_k,$$

где $\Delta \eta_k = \eta_k - \eta_{nk}$.

В k -ом положении переключателя определяем сигнал предыдущего датчика:

$$\xi_{k-1} = \frac{1}{n+1} \sum_0^n \xi_i - (n+1)(\Delta \eta_k - \Delta \eta_{k-1}).$$

Из условия $\xi_0 = 0$ определяем:

$$\frac{1}{n+1} \sum_0^n \xi_i = (n+1) \Delta \eta_1$$

и получаем расчётную формулу для датчиков с номерами $k = 1..n-1$:

$$\xi_k = (n+1)(\Delta \eta_1 + \Delta \eta_k - \Delta \eta_{k+1}).$$

Учитывая, что $\Delta \eta_{n+1} = 0$, определяем сигнал n -го датчика:

$$\xi_n = (n+1)(\Delta \eta_1 + \Delta \eta_n).$$

При $n = 1$ получаем формулу для определения сигнала датчика обычного моста:

$$\xi = 4\Delta\eta.$$

Применение операционных усилителей (ОУ) позволяет получить сигналы, пропорциональные параметрам датчиков, не требующие дополнительных пересчётов. Схема трёхдатчиковой цепи с ОУ представлена на рисунке 3. Измерительная цепь питается от источника стабильного тока I_a . Самый нижний по схеме резистор – датчик R_T в измерительной цепи является термокомпенсирующим. Усилители Y_1, Y_2 и Y_3 – буферные повторители, их применение необязательно при условии $R_T \ll R$. Сопротивления резисторов – датчиков $R_i = R_T(1 + \xi_i)$. Напряжение на выходе усилителя Y_4 составляет:

$$U_1 = 2R_T I_a - (R_T + R_1) I_a = (R_T - R_1) I_a = -\xi_1 R_T I_a.$$

Напряжение на выходе усилителя Y_5 :

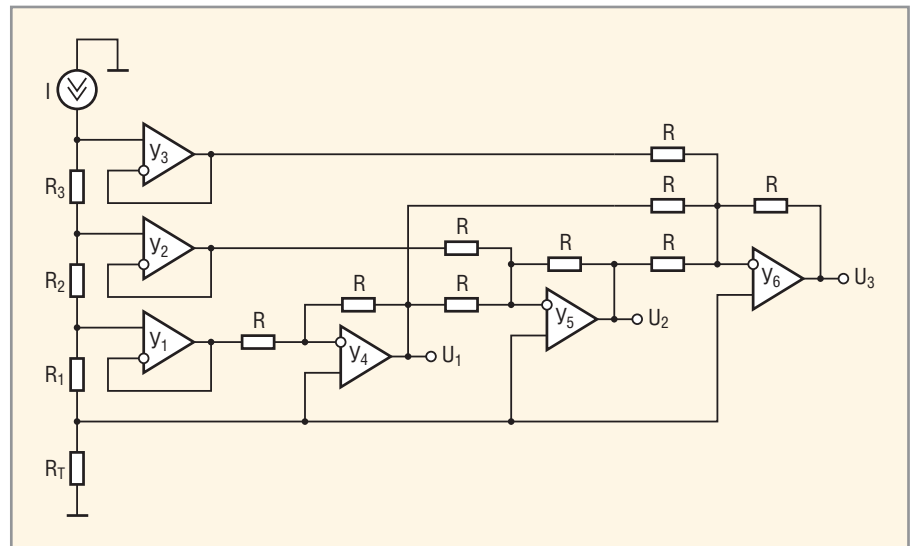


Рис. 3. Схема многодатчиковой цепи с ОУ

$$U_2 = 3R_T I_a - U_1 - (R_T + R_1 + R_2) I_a = -\xi_2 R_T I_a.$$

Аналогично, напряжение на выходе усилителя Y_6 :

$$U_3 = 4R_T I_a - U_1 - U_2 - (R_T + R_1 + R_2 + R_3) I_a = -\xi_3 R_T I_a.$$

Таким образом, входные напряжения схемы пропорциональны относительно-

ным изменениям соответствующих резисторов – датчиков. Число датчиков может быть увеличено с соответствующим увеличением сумматоров на ОУ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Волович Г., Купершляк-Юзефович Г. Измерительный мост с переключаемой диагональю измерений. Схемотехника. 2006. № 12. С. 28–30.



НИ БАЙТА ВРАГУ!



ТВЕРДОТЕЛЬНЫЕ НАКОПИТЕЛИ
для ответственных применений

Безопасность

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

Производительность

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

Надёжность

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



innoRobust®

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР ПРОДУКЦИИ INNO DISK

PROSOFT®

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

Реклама

Длина слова переменных в каскадных БИХ-фильтрах

Александр Мингазин (Москва)

В статье рассматриваются каскадные цифровые БИХ-фильтры на базе звеньев 2-го порядка прямой формы, оперирующие с фиксированной точкой. Округление в фильтрах выполняется как внутри звеньев, так и между ними, что даёт возможность выбрать неидентичными длины слов переменных в цепях прямой и обратной связи. Представлены варианты определения длины слова, основанные на вероятностной, детерминированной и фактической оценке ошибки, обусловленной округлениями. Для этих вариантов на конкретных примерах показано, как сильно отличаются длины слов в цепях прямой и обратной связи, какое упрощение даёт введение округления между звеньями и на сколько необходимо увеличить длину слова в цепях обратной связи, если требуется устранить предельные циклы на выходе фильтра при нулевом входе.

ВВЕДЕНИЕ

В процессе проектирования цифровых БИХ-фильтров важной задачей является определение длины слова переменных. Решение этой задачи позволяет в свою очередь определить, какая из альтернативных структур фильтров, обладая желаемыми свойствами, наиболее экономична в плане реализации, а также оценить для конкретного проекта пригодность имеющихся в распоряжении сигнальных процессоров, микроконтроллеров, ПЛИС или других вычислителей.

Существует многообразие структур цифровых БИХ-фильтров, отличающихся степенью сложности, чувствительностью к коэффициентам, шумовыми свойствами, проявлением предельных циклов и др. Наиболее популярными являются каскадные структуры на основе звеньев не выше 2-го порядка. При этом сами звенья выполняются, как правило, по прямой или канонической форме или являются их обращёнными версиями. Широкое применение таких фильтров обусловлено тем, что они просты по своей структуре, более других изучены и описаны во многих публикациях,

в том числе в учебниках и практических руководствах, кроме того, для их расчёта разработаны программные средства.

Данная статья посвящена проблеме определения длины слова переменных в каскадных БИХ-фильтрах на звеньях прямой формы, оперирующих с фиксированной точкой, причём округление переменных выполняется как внутри звеньев, так и между ними. Представленные ниже способы определения длины слова, которые основаны на вероятностной, детерминированной и фактической оценке ошибки, обусловленной округлениями, могут быть развиты для каскадных фильтров на звеньях других форм.

В каскадных фильтрах округление обычно выполняется внутри звеньев, что приводит к идентичным значениям длины слова переменных в цепях прямой и обратной связи, за исключением, может быть, первого звена. Введение более грубого, но допустимого округления между звеньями даёт возможность исключить эту идентичность, позволяя уменьшить длину слова в цепях прямой связи, что оправдано

в случае реализации фильтров на заказных или полужаказных СБИС. Однако в литературе этот приём не описан.

Другая мотивация выполнения округления между звеньями обусловлена желанием полного устранения предельных циклов на выходе фильтра при нулевом входе, что требуется при обработке сигналов с прерываниями, когда в паузах недопустимы какие-либо посторонние сигналы. Устранение предельных циклов на выходе БИХ-фильтра произвольной структуры может быть выполнено путём более грубого реквантования на выходе, если известна максимальная амплитуда предельного цикла [1]. Введение округления между звеньями каскадного фильтра реализует этот подход и даёт возможность избавиться от предельных циклов на выходе фильтра при нулевом входе, если известны максимальные амплитуды ошибки на выходе отдельных звеньев при нулевом сигнале на их входе.

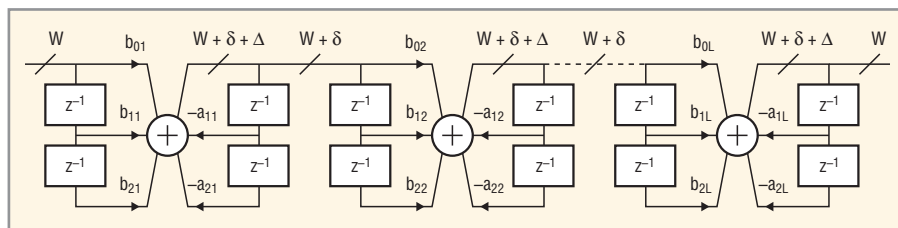
ПЕРЕДАТОЧНАЯ ФУНКЦИЯ, СТРУКТУРА И АРИФМЕТИКА КАСКАДНОГО БИХ-ФИЛЬТРА

Передающую функцию каскадного БИХ-фильтра представим в виде:

$$H(z) = \prod_{i=1}^L H_i(z) = \prod_{i=1}^L \frac{b_{0i} + b_{1i}z^{-1} + b_{2i}z^{-2}}{1 + a_{1i}z^{-1} + a_{2i}z^{-2}}, \quad (1)$$

где $L = N/2$, N – чётный порядок фильтра. Соответствующая структура фильтра на основе звеньев 2-го порядка прямой формы представлена на рисунке.

Предполагается, что фильтр оперирует с фиксированной точкой в дополнительном коде, абсолютная величина переменных меньше единицы и на входе/выходе фильтра сигнал округляется до заданной длины слова W бит, включая знак. Кроме того, в каждом звене на последнем этапе суммирования осуществляется округление результата до $W + \delta + \Delta$ бит, а между звеньями – до $W + \delta$ бит (см. рисунок). Предполагается также, что последний этап суммирования выполняется с насыщением. Это,



Структура каскадного БИХ-фильтра на звеньях прямой формы

как известно, гарантирует отсутствие колебаний переполнения в рассматриваемых звеньях при нулевом сигнале на их входе и любых значениях переменных в обратных связях.

Дополнительная длина слова переменных $\delta + \Delta$ необходима для поглощения ошибок, обусловленных округлениями внутри звеньев. Эти $\delta + \Delta$ бит иногда называют «грязными», поскольку они содержат ошибку и поэтому могут быть впоследствии отброшены. Здесь предлагается вначале отбрасывать Δ бит путём округления между звеньями. Это упрощает реализацию фильтра и при правильном выборе Δ позволяет устранить предельные циклы на выходе при нулевом входе, но увеличивает ошибку на выходе при ненулевом входе. Дополнительная длина слова δ позволяет компенсировать увеличение ошибки. На выходе фильтра δ бит также отбрасываются. Следует отметить, что введение округления между звеньями связано с определёнными затратами на его реализацию и, кроме того, может потребовать увеличения точности суммирования внутри звеньев, но, как нетрудно показать, не более чем на 1 бит.

ВАРИАНТЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДЛИНЫ СЛОВА ПЕРЕМЕННЫХ

Итак, необходимо определить длины слов $W + \delta$ и $W + \delta + \Delta$ соответственно для переменных в цепях прямой и обратной связи структуры фильтра, представленного на рисунке, а фактически – параметры Δ и δ , поскольку W задано. Упомянутые выше методы оценки ошибки на выходе фильтра, обусловленной округлениями, приводят к различным вариантам определения параметров Δ и δ , отличающимся степенью сложности, вычислительными затратами и результатами.

Оценки ошибки на основе вероятностного и детерминированного методов мы используем при нахождении пары параметров Δ , δ . Для этого положим, что уровень ошибки на выходе фильтра, связанной с округлениями на его входе и выходе, возрастает из-за округлений внутри фильтра не более чем на 3 дБ [2]. При желании это значение можно уменьшить.

Прямое моделирование применим для каждого звена по отдельности с целью нахождения фактической максимальной амплитуды ошибки на его выходе при нулевом входе. Значение этой амплитуды используем для опре-

деления Δ в каждом звене, исходя из условия, что максимальная амплитуда меньше половины младшего бита.

ВЕРОЯТНОСТНЫЙ ПОДХОД

Положим, что справедлива вероятностная модель округления чисел [3]. При этом ошибка округления является случайной величиной и трактуется как шум округления с предписанными свойствами. Рассмотрим два варианта определения параметров Δ и δ на основе вероятностных оценок ошибки.

Вариант 1. Для фильтра, показанного на рисунке, определим три составляющие дисперсии шума округления на его выходе:

$$\sigma_v^2 = \delta_v^2 G_v, v = 0, 1, 2, \quad (2)$$

где

$$G_v = \frac{1}{2\pi j} \sum_{k=m}^M \oint_{|z|=1} \prod_{i=k}^L H_i(z) H_i(z^{-1}) \frac{dz}{z} + X_v,$$

$$H_i(z) = 1 / (1 + a_{1i} z^{-1} + a_{2i} z^{-2})$$



www.prosoft.ru/ocd

WIND RIVER

Комплекс внутрисхемной отладки Wind River OCD

- Мощное JTAG-решение для полного цикла разработки устройств
- Исчерпывающая информация об устройстве вне зависимости от его состояния и работоспособности ОС
- Поддерживает многопоточность и многоядерные процессоры
- Интегрированная среда на базе Eclipse
- Совместим с ОС VxWorks, Wind River Linux и ThreadX

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР ПРОДУКЦИИ WIND RIVER

PROSOFT®

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

Реклама

при $v = 1$ и $i = k$,

$$\hat{\sigma}_v^2 = \begin{cases} 2^{-2W} / 3, & v = 0, \\ 2^{-2(W+\delta+\Delta)} / 3, & v = 1, \\ 2^{-2(W+\delta)} / 3, & v = 2, \end{cases}$$

$$X_v = \begin{cases} 1, & v = 0, \\ 0, & v > 0, \end{cases}$$

$$M = \begin{cases} L, & v > 0, \\ 1, & v = 0, \end{cases}$$

$$m = \begin{cases} 1, & v = 0, 1, \\ 2, & v = 2. \end{cases}$$

Здесь $\hat{\sigma}_v^2$ – дисперсии источника шума округления на входе или выходе фильтра ($v = 0$), внутри каждого звена ($v = 1$) и между звеньями ($v = 2$). Интеграл в выражении для G_v можно раскрыть, в частности, с помощью теоремы вычетов, что было выполнено, например, в [4].

Параметры δ и Δ найдём исходя из критерия:

$$\sigma_1^2 + \sigma_2^2 \leq \sigma_0^2.$$

Вначале, полагая $\sigma_2^2 \leq \sigma_0^2 / 2$ и используя соотношение (2), определим дополнительную длину слова:

$$\delta = \left\langle \frac{1}{2} \log_2 \frac{2G_2}{G_0} \right\rangle;$$

а затем, используя приведённый выше критерий и соотношение (2), получим дополнительную длину слова:

$$\Delta = \left\langle \frac{1}{2} \log_2 \frac{G_1}{G_0 2^{2\delta} - G_2} \right\rangle.$$

Здесь и далее $\langle x \rangle$ – наименьшее целое, большее или равное x .

Вариант 2. Определим теперь спектральные плотности мощности рассматриваемых составляющих шума на выходе фильтра:

$$S_v(f) = \hat{\sigma}_v^2 D_v(f), v = 0, 1, 2, \quad (3)$$

где

$$D_v(f) = \sum_{k=m}^M \prod_{i=k}^L |H_i(z)|_{z=\exp(j2\pi f)}^2 + X_v,$$

частота f нормирована относительно частоты дискретизации, а все другие константы и соотношения задаются как для (2).

Параметры Δ и δ найдём исходя из критерия:

$$\max_f S(f) = \max_f \sum_{v=0}^2 S_v(f) \leq 2 \max_f S_0(f),$$

где частота f изменяется в пределах полосы пропускания фильтра. Сначала используем условие $\max_f S_1(f) \leq \max_f S_0(f)$, соотношение (3) и представленные ранее выражения для $\hat{\sigma}_v^2, v = 0, 1$ с целью предварительного определения дополнительной длины слова:

$$\delta + \Delta = \left\langle \frac{1}{2} \log_2 \frac{\max_f D_1(f)}{\max_f D_0(f)} \right\rangle.$$

Затем, полагая поочередно параметр δ равным $0, 1, \dots, \delta + \Delta - 1$, а параметр Δ равным $\delta + \Delta, \delta + \Delta - 1, \dots, 1$, найдём минимальное δ и соответствующее ему Δ , при которых удовлетворяется представленный критерий. Если решение задачи не существует, то параметр $\delta + \Delta$ увеличим на 1 и повторяем процедуру.

Точные значения максимумов в приведённых выражениях вычислить трудно, но их можно найти приближённо на конечном числе частотных точек в пределах полосы пропускания фильтра.

ДЕТЕРМИНИРОВАННЫЙ ПОДХОД

Детерминированный метод [3] позволяет вычислить верхнюю границу амплитуды ошибки на выходе фильтра, обусловленной округлениями, при произвольных входных сигналах и внутренних переменных. Рассмотрим определение параметров Δ и δ на основе этой границы.

Вариант 3. Для фильтра, показанного на рисунке, верхние границы амплитуд обсуждаемых составляющих ошибки на выходе равны:

$$e_v = \hat{e}_v C_v, v = 0, 1, 2, \quad (4)$$

где

$$C_v = \begin{cases} \sum_{n=0}^{\infty} |b(n)| + 1, & v = 0, \\ \sum_{i=1}^L \sum_{n=0}^{\infty} |g_i(n)|, & v = 1, \\ \sum_{i=2}^L \sum_{n=0}^{\infty} |p_i(n)|, & v = 2, \end{cases}$$

$$\hat{e}_v = \begin{cases} 2^{-W}, & v = 0, \\ 2^{-W-\delta-\Delta}, & v = 1, \\ 2^{-W-\delta}, & v = 2, \end{cases}$$

$b(n)$ – импульсная характеристика фильтра, $g_i(n)$ – импульсная характе-

ристика от места округления в i -ом звене до выхода фильтра, $p_i(n)$ – импульсная характеристика от входа i -го звена до выхода фильтра, \hat{e}_v – максимальная амплитуда источника ошибки округления на входе или выходе фильтра ($v = 0$), внутри каждого звена ($v = 1$) и между звеньями ($v = 2$).

Параметры δ и Δ найдём, исходя из критерия:

$$e_1 + e_2 \leq (\sqrt{2} - 1)e_0 \equiv 0,414e_0.$$

Сначала, полагая $e_2 \leq 0,207e_0$ и используя (4), определим дополнительную длину слова:

$$\delta = \left\langle \log_2 \frac{C_2}{0,207C_0} \right\rangle,$$

а затем, используя приведённый критерий и соотношение (4), получим дополнительную длину слова:

$$\Delta = \left\langle \log_2 \frac{C_1}{0,414C_0 2^\delta - C_2} \right\rangle.$$

Из-за бесконечного предела суммирования в выражениях для C_v границы амплитуд e_v могут быть вычислены лишь с определённой точностью. Для фильтров с узкой полосой (пропускания, задерживания или переходной) из-за более длительных переходных характеристик потребуется большее время вычисления.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРЯМОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Известно, что при нулевом входном сигнале ошибка на выходе БИХ-фильтра, обусловленная округлением в цепях обратной связи, если не становится равной нулю, то принимает детерминированный, колебательный характер. Возникает малый предельный цикл. Фактическую максимальную амплитуду предельного цикла на выходе фильтра при нулевом входе можно найти путём прямого моделирования, применив исчерпывающий поиск для всех возможных значений переменных внутри фильтра. Область поиска ограничивается некоторой теоретической верхней границей амплитуды, например, полученной на основе детерминированного метода, которая может быть много больше фактической амплитуды.

К сожалению, эта процедура требует больших вычислительных затрат, особенно для фильтров среднего и высокого порядка, причём даже для наиболее сжатой области поиска [5]. Поэтому ещё один вариант определения Δ мы получим на основе знания фактических максимальных амплитуд предельного цикла на выходе отдельно взятых звеньев каскадного фильтра.

Вариант 4. Воспользуемся алгоритмом исчерпывающего поиска [6], разработанного для звеньев 2-го порядка прямой формы. Найденные с помощью этого алгоритма максимальные целочисленные амплитуды предельных циклов для отдельно взятых звеньев обозначим как A_i .

Для i -го звена фильтра, показанного на рисунке, исходя из критерия

$$A_i 2^{-\Delta} < 1/2, i = 1, 2, \dots, L,$$

найдем дополнительную длину слова:

$$\Delta_i = \begin{cases} 0, & A_i = 0, \\ \lceil \log_2 A_i \rceil + 1, & A_i > 0, \end{cases}$$

$$\Delta' = \begin{cases} \max \left\{ \max_i (\Delta_i), \Delta_L - \delta \right\}, & i = 1, 2, \dots, L \text{ и } \Delta_L \geq \delta + \Delta, \\ \max \left\{ \max_i (\Delta_i), \Delta \right\}, & i = 1, 2, \dots, L - 1 \text{ и } \Delta_L < \delta + \Delta. \end{cases}$$

Возможен и другой способ, когда в случае нарушения i -го условия в (5) параметр Δ для i -го звена полагается равным Δ_i при $i \neq L$ и равным $\Delta_L - \delta$ при $i = L$. Оба способа коррекции приводят к устранению предельного цикла на выходе фильтра, первый – при идентичных значениях Δ в каждом звене, а второй – при разных значениях Δ .

Заметим, что алгоритм [6] может потребовать больших вычислительных затрат, особенно в случае полюсного радиуса звена, очень близкого к единице, и/или его полюсного угла, очень близкого к 0 или π . Это связано с увеличением амплитуды предельного цикла и длительности переходных процессов для таких звеньев.

ПРИМЕРЫ

Итак, имеем три варианта определения пар параметров Δ, δ и дополнительный вариант определения Δ . Результаты, которые дают эти варианты, исследуем на конкретных примерах БИХ-фильтров 8-го и 12-го порядка, синтезированных с помощью программы DIFID [7].

где $\lfloor x \rfloor$ означает наименьшее целое большее x . Такой выбор Δ_i гарантирует, что после округления до $W + \delta + \Delta_i$ бит внутри и до $W + \delta$ бит на выходе звена предельный цикл на выходе будет отсутствовать. Очевидно, на выходе каскадного фильтра (см. рисунок) при нулевом входе предельный цикл также будет отсутствовать.

Знание параметров $\Delta_i, i = 1, 2, \dots, L$ позволяет судить о том, гарантирует ли выбор пары Δ, δ согласно вариантам 1 – 3 отсутствие предельного цикла на выходе фильтра при нулевом входе. Очевидно, предельный цикл для того или иного варианта будет отсутствовать, если выполняются следующие условия:

$$\Delta \geq \Delta_i, i = 1, 2, \dots, L - 1 \text{ и } \Delta + \delta \geq \Delta_L. \quad (5)$$

Если хотя бы одно условие в (5) не выполняется, а требуется устранить предельный цикл, то параметр Δ необходимо скорректировать; например, его можно заменить на

Пример 1. Параметры синтезированного каскадного ФНЧ 8-го порядка:

- граничные частоты 0,019 и 0,023;
- неравномерность АЧХ в полосе пропускания 0,089 дБ;
- ослабление АЧХ в полосе задерживания $\geq 60,7$ дБ;
- максимальный коэффициент передачи от входа фильтра до выхода каждого звена 0 дБ;

• соответствующие значения коэффициентов (1) приведены в таблице 1.

Результаты расчётов параметров Δ, δ и $\Delta + \delta$ согласно вариантам 1 – 4 представлены в таблице 2. Там же для удобства указаны соответствующие критерии. Видно, что значения дополнительной длины слова переменных в цепях прямой и обратной связи, т.е. δ и $\Delta + \delta$, сильно отличаются и зависят от варианта их определения.

Как показывают расчёты, если в фильтре не использовать округления между звеньями, то для каждой из этих цепей значения дополнительной длины слова будут равны 7, 10 и 11 бит соответственно для вариантов 1, 2 и 3, в отличие от значений, представленных в колонках δ и $\Delta + \delta$ таблицы 2. Это говорит о том, что введение округления между звеньями даёт существенную экономию дополнительной длины слова в цепях прямой связи фильтра и требует увеличения длины слова на 1 бит в цепях обратной связи, но лишь в случае варианта 3.

Для варианта 4 значения Δ в звеньях могут иметь отличия, что отражено в таблице 2, и, напомним, определены так, чтобы устранить предельные циклы на выходе каждого звена при нулевом сигнале на его входе. Выбор Δ согласно вариантам 1 – 3 не обеспечивает устранения предельных циклов, поскольку не выполняются условия (5). Это легко исправить описанными ранее способами коррекции Δ , полагая для всех этих вариантов $\Delta = 8$ или используя для варианта 1 значения Δ , равные 7, 7, 8, 6, а для вариантов 2 и 3 – равные 7, 7, 8, 7. Ин-

Таблица 1. Коэффициенты каскадного ФНЧ 8-го порядка

i	a_{1i}	a_{2i}	$b_{0i} = b_{2i}$	b_{1i}
1	-1,924072265625	0,932861328125	0,14501953125	-0,283203125
2	-1,956298828125	0,96923828125	0,33935546875	-0,669921875
3	-1,890380859375	0,89453125	0,025634765625	-0,04345703125
4	-1,9765625	0,991455078125	0,698486328125	-1,382080078125

Таблица 2. Результаты расчёта параметров Δ, δ и $\Delta + \delta$ для ФНЧ 8-го порядка

№	Критерий	Δ бит	δ бит	$\Delta + \delta$ бит
1	$\sigma_1^2 + \sigma_2^2 \leq \sigma_0^2$	6	1	7
2	$\max_f S(f) \leq 2 \max_f S_0(f)$	7	3	10
3	$e_1 + e_2 \leq (\sqrt{2} - 1)e_0$	7	5	12
4	$A_i \times 2^{-\Delta} < 1/2, i = 1, 2, 3, 4$	7, 7, 8, 7	-	-

Таблица 3. Коэффициенты каскадного ФНЧ 12-го порядка

i	a_{1i}	a_{2i}	$b_{0i} = b_{2i}$	b_{1i}
1	-1,423828125	0,52734375	0,03662109375	0,0302734375
2	-1,4677734375	0,68212890625	0,208984375	-0,20361328125
3	-1,51220703125	0,837890625	0,521484375	-0,71728515625
4	-1,5390625	0,9287109375	0,7666015625	-1,1435546875
5	-1,55224609375	0,97216796875	0,8955078125	-1,37158203125
6	-1,56103515625	0,99267578125	0,94580078125	-1,4609375

Таблица 4. Результаты расчёта параметров Δ , δ и $\Delta + \delta$ для ФНЧ 12-го порядка

№	Критерий	Δ бит	δ бит	$\delta + \Delta$ бит
1	$\sigma_1^2 + \sigma_2^2 \leq \sigma_0^2$	3	2	5
2	$\max_f S(f) \leq 2 \max_f S_0(f)$	5	4	9
3	$e_1 + e_2 \leq (\sqrt{2} - 1)e_0$	3	7	10
4	$A_i \times 2^{-\Delta} < 1/2, i = 1, 2, \dots, 6$	4, 3, 4, 5, 5, 7	-	-

интересно, что для варианта 1 при всех $\Delta = 8$ можно вместо $\delta = 1$ использовать $\delta = 0$. Так или иначе, цена устранения предельных циклов для отдельных звеньев составляет 0, 1 или 2 бита и зависит от варианта определения параметров Δ и δ .

Пример 2. Параметры синтезированного каскадного ФНЧ 12-го порядка:

- граничные частоты 0,10625 и 0,109375;
- неравномерность АЧХ в полосе пропускания 0,076 дБ;
- ослабление АЧХ в полосе задерживания ≥ 60 дБ;
- максимальный коэффициент передачи от входа фильтра до выхода каждого звена 0 дБ;
- соответствующие значения коэффициентов (1) приведены в таблице 3.

Результаты расчёта параметров Δ , δ и $\Delta + \delta$ представлены в таблице 4. Полученные значения δ для цепей прямой и $\delta + \Delta$ для цепей обратной связи существенно отличаются и зависят от вариантов их определения.

Можно убедиться путём расчёта, что если в данном фильтре не использовать округления между звеньями, то значения дополнительной длины слова для этих цепей будут совпадать с представленными в колонке $\delta + \Delta$ таблицы 4. Это означает, что введённые округления между звеньями даёт существенную экономию дополнительной длины слова в цепях прямой связи фильтра, особенно для вариантов 1 и 2.

Разброс по параметру Δ для варианта 4, которому свойственно отсутствие

предельного цикла при нулевом входе, здесь составляет 4 бита, а в примере 1 – всего 1 бит. Как видим, выбор Δ согласно варианту 2 обеспечивает (условия (5) выполнены), а согласно вариантам 1 и 3, не обеспечивает отсутствие предельных циклов. Последнее положение можно исправить, заменив все $\Delta = 3$ на $\Delta = 5$ или на 4, 3, 4, 5, 5, 5 и 4, 3, 4, 5, 5, 3 соответственно для вариантов 1 и 3. Таким образом, цена устранения предельных циклов для отдельных звеньев составляет 0, 1 или 2 бита и зависит от варианта определения параметров Δ и δ .

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Использование округления между звеньями каскадного БИХ-фильтра, наряду с округлением внутри звеньев, позволяет выбирать неодинаковые значения длины слова переменных в цепях прямой и обратной связи. В статье представлены варианты определения длины слова в этих цепях, основанные на критериях ограничения дисперсии, максимума спектральной плотности мощности, верхней границы амплитуды или фактической максимальной амплитуды ошибки, обусловленной округлениями.

Полученные численные результаты для двух фильтров 8-го и 12-го порядка позволяют сделать следующие выводы. Значения длины слова переменных в цепях прямой и обратной связи фильтра различаются и зависят от вариантов их определения. Введение округления между звеньями позволяет существенно экономить длину сло-

ва в цепях прямой связи фильтра при её сохранении или увеличении в цепях обратной связи, но не более чем на 1 бит. Кроме того, благодаря знанию фактических максимальных амплитуд предельного цикла для отдельно взятых звеньев, появляется возможность устранить предельные циклы на выходе фильтра при нулевом входе, но вынуждает увеличивать длины слова переменных в цепях обратной связи отдельных звеньев фильтра.

Можно предположить, что это увеличение не потребует или понадобится в меньшей степени, если определение длины слова выполнить на основе знания фактической максимальной амплитуды предельного цикла на выходе фильтра, а не отдельно взятых его звеньев. При этом возможное увеличение длины слова в цепях обратной связи необходимо будет выполнить лишь для последнего звена. К сожалению, поиск фактической максимальной амплитуды, использующий перебор возможных значений переменных, связан с большими вычислительными затратами, особенно для фильтров среднего и высокого порядка, что затрудняет его применение на практике.

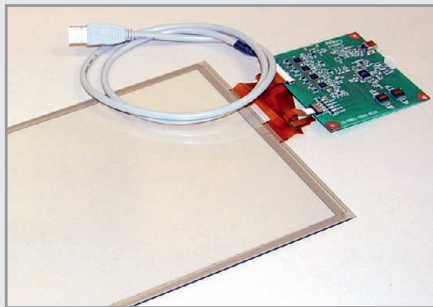
ЛИТЕРАТУРА

1. Butterweck H.-J., Ritzerfeld J., Werter M. Finite wordlength effects in digital filters. AEU. 1989. Vol. 43. № 2. PP. 76–89.
2. Dehner G. Noise optimized IIR digital filter design – tutorial and some new aspects. Signal Processing. 2003, Vol. 83. PP. 1565–1582.
3. Гольденберг Л.М., Матюшкин Б.Д., Поляк М.Н. Цифровая обработка сигналов: Справочник. Радио и связь, 1985.
4. Мингазин А.Т. Расчёт масштабных множителей и дисперсии шума каскадных рекурсивных цифровых фильтров. Электронная техника. Серия 10. 1991. № 2. С. 41–46.
5. Osés-del Campo J.D., Cruz-Roldan F., Utrilla-Manso M. Tighter limit cycle bounds for digital filters. IEEE Signal Processing Letters. 2006. Vol. 13. № 3. PP. 149–152.
6. Djebbari A., Belbachir M.F., Rouwaen J.M. A fast exhaustive search algorithm for checking limit cycles in fixed-point digital filters. Signal Processing. 1998. Vol. 69. PP. 199–205.
7. Мингазин А.Т. Программа DIFID: Эффективный синтез каскадных цифровых БИХ-фильтров. 4-я Международная конференция «Цифровая обработка сигналов и её применение (DSPA)». 2002. Т. 1. С. 90–93.



Fujitsu представила мультисенсорную резистивную панель

В мире современных технологий резистивные сенсорные панели и дисплеи стали в последнее время чем-то вышедшим из моды из-за возросшей популярности емкостных панелей. Основным недостатком резистивной технологии является отсутствие поддержки мультисенсорного ввода. Тем не менее, специалисты компании Fujitsu дали вторую молодость данной технологии, создав панель, способную распознавать сразу несколько точек воздействия.



Помимо описанного выше недостатка, резистивная технология имеет и очевидные достоинства. Это дешевизна в производстве, стойкость к загрязнению, возможность работать голыми руками, в перчатках или любым предметом.

Разработанные компанией панели имеют диагонали 5,6, 7 и 12,1 дюйма. Они предназначены в первую очередь для ноутбуков под управлением операционной системы Windows 7. Благодаря данной разработке ассортимент современных ноутбуков может пополниться недорогими моделями с сенсорным управлением. Вполне вероятно, что мы сможем увидеть первые из них уже в январе 2011 г.

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

Адаптивное LED-освещение от MIT экономит до 90% электроэнергии

Энергоэффективные источники света постепенно входят в нашу жизнь, однако исследователи Массачусетского технологического института (MIT) идут на шаг впереди, разрабатывая систему адаптивного светодиодного освещения. Основное управляющее устройство отслеживает положение пользователя, а также совмещает функции калибратора и сенсора для настройки интенсивности свечения закрепленных в тестовом пространстве светодиодных ламп.

Пользователь может выбрать желаемый оттенок свечения и его интенсивность, а

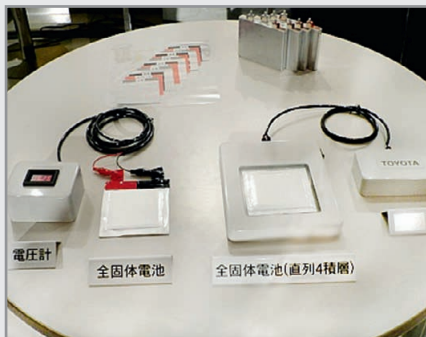


гибкая автоматическая подстройка сделает остальное. Другими словами – как бы на улице ни было темно или солнечно, рабочее пространство всегда будет освещено самым оптимальным образом. Кроме того, такой динамический подход обеспечивает до 90% экономии электроэнергии. Спонсором проекта выступает компания Philips, которая достаточно давно осваивает рынок эффективных источников освещения. Это позволяет надеяться, что технология со временем найдёт своё место в серийных продуктах.

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

Toyota представила прототип твердотельной батареи

Корпорация Toyota продемонстрировала в Японии прототип твердотельного аккумулятора – образец размером 10 × 10 см. Сейчас компания активно занимается разработкой батарей, которые могут стать заменой традиционным литий-ионным решениям – например, вышеупомянутые твердотельные аккумуляторы или литий-воздушные батареи.



Основным преимуществом твердотельной батареи является высокая выходная мощность, поскольку в идеальных условиях твердый литий распространяется быстрее жидкого электролита. Кроме того, твердотельные аккумуляторы гораздо безопаснее по сравнению с использующими органические электролиты, которые горят при высоких температурах. И поскольку

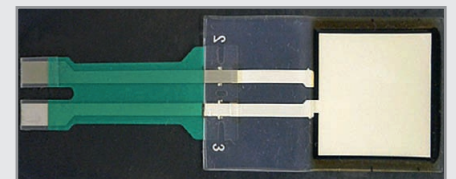
твердотельные батареи не содержат жидкой составляющей, их корпус можно сделать более простым и, как следствие, дешёвым.

Toyota подтвердила, что в текущем состоянии развития твердотельные аккумуляторы могут работать при температурах до 100°C – жидкий электролит в таких условиях просто кипит. В прототипе аккумулятора положительный электрод, отрицательный электрод и твердый электролит изготовлены из кобальтата лития (LiCoO₂), графита и сульфата соответственно. Пока что корпорация не указывает сроков появления первых серийных экземпляров батарей.

<http://techon.nikkeibp.co.jp/>

Японцы разработали сенсор, генерирующий напряжение при сгибании

Японская компания Kuraray продемонстрировала плёночный полимерный сенсор, который генерирует электрическое напряжение при сгибании. Напряжение меняется в зависимости от угла сгиба, однако для каждого конкретного угла оно остаётся практически постоянным. Интересно, что для этого самому сенсору не нужен источник питания.



Kuraray ожидает, что новинка будет использоваться в среде медицинского оборудования и различных устройств ввода, а годовой объём рынка составит около \$1,2 млрд. Конструктивно сенсор очень гибкий, а его форму и размеры можно изменять в зависимости от предполагаемого применения и уровня напряжения, который ожидается получить.

Устройство может определять угол сгиба пластины, что открывает ещё один способ применения сенсора – например, в таких устройствах, где необходимо отслеживать изменения в форме объекта (объединяя сенсоры в матрицы). Вспоминается технология захвата движений (motion capture) – вот где такой энергоэффективный сенсор может пригодиться! Что касается медицинского применения, то Kuraray предлагает встраивать устройство в одежду либо прикреплять к телу.

<http://techon.nikkeibp.co.jp/>

Итоги V Международного промышленного форума «Радиоэлектроника. Приборостроение. Автоматизация – 2010»

С 16 по 18 ноября в Петербургском СКК прошел V Международный выставочный форум «Радиоэлектроника. Приборостроение. Автоматизация – 2010», организаторами которого является выставочное объединение FarExpo совместно с НТФ «ТехноКом».

Традиционно в рамках Форума проходят Международные специализированные выставки «Автоматизация», «Радиоэлектроника и приборостроение», «Промышленная электротехника».

Совместное проведение выставок по смежным тематикам даёт посетителям Форума – представителям предприятий различных отраслей – возможность оперативного поиска решений по всему комплексу вопросов, связанных с электроникой, автоматизацией, электротехникой; участникам – разработчикам, производителям, дистрибьюторам – наиболее полно представить свою продукцию и услуги.

В 2010 г. исполнилось 10 лет выставке «Радиоэлектроника и приборостроение», а также совместному проведению выставок «Автоматизация» и «Радиоэлектроника и приборостроение» на главной арене Петербургского спортивно-концертного комплекса. В честь юбилея руководство выставочного объединения FarExpo и дирекции выставок вручили почётным участникам памятные дипломы и подарки.

В выставках приняли участие компании из стран ближнего и дальнего зарубежья, таких как: Германия, Финляндия, Польша, США, Тайвань, Китай, Голландия, Беларусь, Украина.

X Международная промышленная выставка «Радиоэлектроника и приборостроение»

Международная специализированная выставка «Радиоэлектроника и приборостроение» – выставка электронных компонентов и комплектующих, материалов, технологий, оборудования, услуг, сертификации, сервиса в радиоэлектронике и приборостроении, проходящая в Санкт-Петербурге с 2001 г.

На выставке демонстрировались новейшие достижения отечественных и зарубежных производителей электронных компонентов, печатных плат, приборов, источников питания, поставщиков радиоизмерительного оборудования как широкого использования, так и эксклюзивного.

Выставка «Радиоэлектроника и приборостроение» работает по большей части для инженеров и разработчиков, интересующихся новинками отрасли, поиском новых профессиональных контактов, а также менеджеров высшего и среднего звена предприятий радиоэлектронной промышленности.

Выставка проходила при поддержке Торгово-промышленной палаты Российской Федерации, Управления радиоэлектронной промышленности и систем управления Федерального агентства по промышленности РФ (УРЭПиСУ ФАП), Санкт-Петербургской ассоциации предприятий радиоэлектроники, приборостроения, средств связи и инфотелекоммуникаций, Ассоциации IPC – Association Connecting Industries.

В рамках выставки «Радиоэлектроника и приборостроение» были представлены следующие тематические разделы:

- электронные компоненты и комплектующие;
- печатные платы;
- конструктивы;
- технологии;
- материалы для производств;
- оборудование, инструменты и приборы;
- измерительные, контрольно-испытательные, диагностические приборы и системы;
- светотехника.

В 2010 г. в рамках деловой программы выставки прошли семинары ком-

паний-участников, посвящённые следующим тематикам:

- испытательное и сушильное оборудование для производства электроники;
- новые решения в области контрольно-измерительного оборудования от компании Tektronix и его применение;
- паяльные материалы Indium. Эффективные технологии для сборки электроники;
- специальные материалы для производства электронных устройств, работающих в жёстких условиях

В 2010 г. в ходе подготовки к выставкам выставочная компания FarExpo впервые использовала специальную программу по приглашению специалистов. Результаты этой работы привели к значительному увеличению количества и изменению качественного состава посетителей. Это отметили большинство участников выставок.

XI Международная специализированная выставка «Автоматизация 2010»

Выставка «Автоматизация» – независимая специализированная выставка, посвящённая вопросам промышленной автоматизации и внедрению информационных и компьютерных технологий в промышленную сферу.

Целью выставки на протяжении всех лет её работы является содействие широкому внедрению компьютерных и информационных технологий в промышленную сферу, демонстрация новейших программно-технических средств автоматизации, систем управления и связи на промышленных предприятиях. Выставка «Автоматизация» посвящена всем уровням автоматизации предприятий различных отраслей экономики и ориентирована на профессионалов – руководителей предприятий, специалистов в сфере информационных технологий, управления и автоматизации.

<http://www.farexpo.ru/radel/>

СЕМИНАР PCB TECHNOLOGY «ЭФФЕКТИВНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ПРОЕКТИРОВАНИИ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ С QFN И BGA»

10 ноября 2010 г. компания PCB technology и дизайн-центр КБ «Схематика» провели очередной совместный семинар на тему: «Эффективное использование новых технологий в проектировании печатных плат с QFN и BGA». Вёл семинар технический директор PCB technology Александр Акулин – специалист, работающий в компании с момента её основания в 1997 г., и технический директор дизайн-центра КБ «Схематика» Евгений Махлин.

В рамках семинара были освещены следующие темы:

- посадочные места для микросхем QFN, BGA и микро-BGA;

- рамотное размещение и трассировка корпусов BGA;
- прокладка дифференциальных пар и работа с DDR/DDR2;
- Via-In-Pad (отверстие в площадке BGA);
- MicroVia (лазерные микропереходы);
- теплоотвод. Медные теплоотводящие слои в печатной плате;
- контроль волнового сопротивления в печатной плате;
- Backdrilling (обратное высверливание) в печатной плате;
- новинки в сфере технологий и материалов для МПП.

Семинар посетило более 100 инженеров-конструкторов, представляющих около 60 предприятий.

Следующий семинар «Эффективное использование новых технологий в проектировании печатных плат с QFN и BGA» пройдёт в Москве 26 января 2011 г.

Семинар предназначен для главных инженеров и технологов, руководителей предприятий и инженеров конструкторских бюро и посвящён практическим аспектам проектирования быстродействующих плат с BGA-компонентами.

Он даёт разработчикам знания, необходимые для грамотного и технологичного проектирования сложных плат, и убергает от чрезмерных потерь времени и денег при их проектировании, изготовлении и монтаже.

www.pcbtech.ru/seminar

pcb@pcbtech.ru

Факс: (499) 558-0254



В АПРЕЛЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ВСТРЕТАЮТСЯ С ТРАНСПОРТОМ!

6–8 апреля 2011 г. в Москве пройдёт 5-я Российская специализированная выставка информационных технологий и электроники для транспорта и транспортных коммуникаций «Электроника-Транспорт 2011».

Мероприятие организуется для руководителей и специалистов предприятий автомобильного, городского, железнодорожного транспорта и метро.

Основными темами экспозиции и деловой программы в 2011 г. станут:

- навигационные и информационные технологии на пассажирском транспорте (современные навигационные системы для транспорта, средства связи, системы управления транспортным парком, технологии оплаты проезда, контроль пассажиропотока, системы безопасности и видеонаблюдения);



- транспортное приборостроение: комплектующие, технологии, решения (электронные и электротехнические компоненты для жёстких условий эксплуатации, модули электронной аппаратуры, производство транспортной электроники);
- безопасность информационных сетей. Вопросы единого системного времени на предприятиях пассажирского транспорта.

По каждой теме состоится отдельная конференция.

Выставка пройдёт при поддержке Фонда развития социальных программ – общественной транспортной премии «Золотая Колесница». В подго-

товке мероприятий примут участие специалисты Международной ассоциации «Метро», ряда отраслевых ассоциаций.

К участию приглашаются отечественные и зарубежные поставщики электронных модулей, приборов и системных решений для транспортной инфраструктуры.

Одновременно с выставкой «Электроника-Транспорт» состоится техническая конференция ООПР «ГЭТ» и Первая специализированная выставка продукции и услуг для городского электротранспорта «ЭлектроТРАНС 2011».

www.e-transport.ru

В центре внимания выставки LEDTechExpo – светодиоды

Энергосбережение и внедрение современных энергоэффективных технологий в самые разные отрасли экономики с недавних пор стало одним из приоритетных направлений государственной политики. В целях её проведения принят соответствующий федеральный закон № 261-ФЗ. А недавно президент России Дмитрий Медведев подчеркнул, что «энергоэффективностью мы занялись всерьёз и надолго».

По данным, которые озвучил премьер-министр России Владимир Путин, энергоёмкость экономики РФ в 2,3 раза превышает аналогичный показатель в целом по миру. Около 40...45% текущего объёма потребления электроэнергии составляет потенциал энергосбережения. И этот потенциал, по его словам, намечено реализовать к 2020 г. В октябре 2010 г. правительство РФ одобрило государственную программу энергосбережения и повышения энергоэффективности до 2020 г. Общий объём инвестиций в её реализацию достигает 9,53 трлн. рублей.

В сфере источников освещения во всём мире светодиоды признаны одной из наиболее эффективных технологий. Энергоэффективность светодиодов в два раза превышает этот показатель у люминесцентных ламп, и в 10 раз – у ламп накаливания. Срок службы светодиода достигает 50 тыс. ч, что в 50 раз больше, чем у обычной лампы. Ещё одним преимуществом светодиодных источников освещения является их экологическая безопасность и простота утилизации – они не содержат ртути, свинца и других вредных веществ. Показатель использования светового потока у светодиодов равен 100%, тогда как у стандартных светильников – 6...75%.

По прогнозам Global Industry Analysts, в ближайшие годы светодиодное освещение будет вытеснять как лампы накаливания, так и флюоресцентные источники света. К 2015 г., как полагают эксперты, светодиодные устройства будут производить 27...28% всего искусственного света в мире.

Исходя из этого, президентская комиссия по модернизации экономики приняла решение миновать этап с энергосберегающими лампами и перейти сразу к внедрению светодиодов. 25 октября 2010 г. В. Путин утвердил перечень технологий, имеющих высокую энергетическую эффективность, осуществление инвести-

ций в создание которых является основанием для предоставления инвестиционного налогового кредита. В этот перечень вошли и светодиодные лампы.

Тем не менее, на пути распространения светодиодного освещения имеются серьезные препятствия. Одно из них – консервативность мышления потенциальных потребителей. «Немаловажен такой фактор, как недоверие ко всему новому», – отмечает заместитель гендиректора по маркетингу одного из московских предприятий Дмитрий Дейнеко. При наличии государственной воли и целенаправленной разъяснительной работы эта проблема решаема.

Гораздо сложнее разрешить вопрос с высокой стоимостью светодиодных светильников. По данным на начало 2010 г., обычная лампа накаливания мощностью 75 Вт стоила 7 – 10 руб., люминесцентная – от 80 до 350 руб., а светодиодный прибор – от 300 до 1000 руб. На данный момент, как признает Д. Дейнеко, «конечному потребителю выгоднее всего применять энергосберегающие лампы – они значительно дешевле светодиодных, а энергопотребление всего в 2 раза выше».

Но существуют и чисто технические проблемы. «Энергоэффективность светодиодов не подвергается сомнению – это факт. А вот светильники – это совсем другое», – рассказывает Д. Дейнеко. – Там кроме светодиодов обязательно присутствует источник тока или светодиодный драйвер, который может быть совсем не эффективным. С 2011 г. вводят запрет на лампочки накаливания более 100 Вт – вроде хорошо. Но если рассмотреть вопрос энергоэффективности в комплексе, то получается следующее: лампа накаливания 100 Вт потребляет 100 Вт, конечный потребитель платит за 100 Вт и нагрузка на сеть от подстанции до потребителя 100 Вт – всё просто и понятно. Теперь рассмотрим светодиодную лампу 20 Вт (эквивалент лампы накали-

вания 100 Вт): потребляет 22 Вт и конечный потребитель платит за 22 Вт, нагрузка на сеть от подстанции до потребителя как от лампы накаливания 110 Вт. Получается, мы снижаем энергопотребление, а нагрузку на сеть увеличиваем. Выход один – использовать светодиодные светильники с корректором коэффициента мощности».

По его словам, «государству необходимо на законодательном уровне ввести обязательное применение корректора коэффициента мощности в светодиодных светильниках, как это сделано в Европе. Ведь конечному потребителю всё равно: он выберет светильник без корректора, поскольку он дешевле».

Среди других мер поддержки отрасли Д. Дейнеко выделяет таможенную политику, которая содействовала бы развитию отечественной промышленности в этой сфере. По его мнению, необходимо «увеличить ввозные пошлины на компоненты светодиодных светильников: на готовые светильники – 20%, – чтобы поддержать российских производителей, которых сотни; на светодиоды – 10%, – производителей в РФ единицы; на источники питания для светодиодов – 0%, – пока не будут созданы отечественные производства».

Как видим, проблем в сфере внедрения светодиодного освещения немало. Серьёзное и разностороннее их обсуждение планируется в рамках деловой программы специализированной выставки светодиодных решений, чипов и оборудования для их производства LEDTechExpo, которая пройдёт совместно с выставкой «ЭкспоЭлектроника». Организаторы форума, ставя перед собой целью отражать самые последние тенденции развития отрасли, разумеется, не могли обойти вниманием столь актуальную тему.

Учитывая то значение, которое придаётся в настоящее время вопросам энергосбережения и эффективного использования энергоресурсов на правительственном уровне, выставка станет событием государственной значимости. Не случайно официальную поддержку ей оказывают Министерство промышленности и торговли РФ, Министерство образования и науки РФ, Федеральный фонд развития электронной техники.

 ufi
Approved
Event

Весна в электронике!

19-21 АПРЕЛЯ 2011. МОСКВА, КРОКУС ЭКСПО

14-Я МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА
КОМПОНЕНТОВ И КОМПЛЕКТУЮЩИХ
ДЛЯ ЭЛЕКТРОННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Е • Х • Р • О 
ЕLECTRONICA

www.expoelectronica.ru

+7 (812) 380 6003/07/00, electron@primexpo.ru

Организаторы:



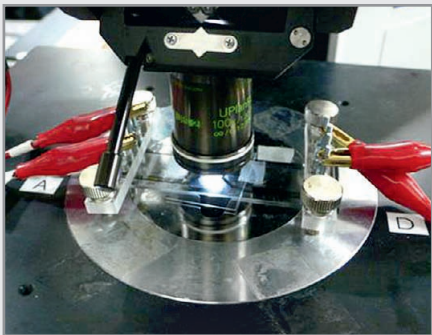
При содействии:



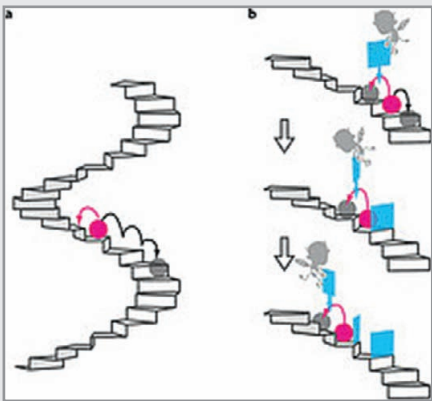
Реклама:
© СТА-ПРЕСС

Учёные научились преобразовывать информацию в энергию

Японские физики поставили эксперимент, в котором наглядно показали увеличение внутренней энергии системы лишь с помощью информации о ней. Возможность получения энергии из информации впервые показал в 1867 г. шотландский математик и физик-теоретик Джеймс Клерк Максвелл. Он предложил мысленный эксперимент, в котором гипотетическое существо, названное после демоном Максвелла, используя лишь информацию, могло бы изменять внутреннюю энергию системы. Сосуд с газом разделяется перегородкой, а демон Максвелла играет роль вентиля, пропуская на одну сторону быстрые (горячие) молекулы газа и не пропуская медленные (холодные). Спустя какое-то время в разных частях сосуда скопились бы горячий и холодный газ, что подразумевает убывание энтропии системы и даёт возможность использовать разность температур для получения энергии.



Существует множество теоретических реализаций использования демона Максвелла, суть которых заключается в получении энергии из информации. Японским учёным под руководством Масаки Сано (Masaki Sano) из Токийского университета (University of Tokyo) удалось провести эксперимент Максвелла на практике. Исследователи создали миниатюрную модель винтовой лестницы, по которой бы перемещались молекулы.



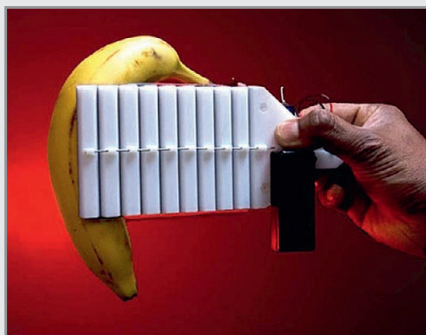
В качестве ступенек такой лестницы выступало электрическое поле, блокирующее перемещение молекул «вниз» по лестнице и не препятствующее их подъёму и соответствующему накоплению потенциальной энергии. Учёные использовали высокоскоростную камеру, отслеживая движение молекул вверх и блокируя их движение вниз. В итоге исследователям удалось поднять потенциальную энергию молекул, используя лишь информацию об их движении и не прикладывая дополнительной энергии.

Кроме того, авторам эксперимента удалось измерить величину конвертации информации в энергию. Переведя получаемую видеoinформацию в биты, исследователи заявили, что в их эксперименте один бит конвертировался в 3×10^{-21} Дж энергии.

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

«Мягкая электроадгезия» – новая технология для роботов-альпинистов

Учёные из организации SRI International разработали новую технологию под названием «мягкая электроадгезия» (compliant electroadhesion) – это способ, позволяющий объекту с электроадгезивными свойствами «прилипнуть» к большинству широко распространённых поверхностей, таких как дерево, металл, кирпичи, бетон, индуцируя электростатические заряды. Технология видится весьма полезным приобретением для сферы роботехники – в это легко поверить, стоит присмотреться к разработке поближе.



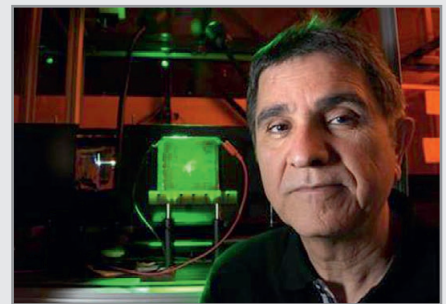
Так, энергопотребление одного квадратного метра поверхности, задействующей «мягкую электроадгезию», находится на уровне 40 мВт. Такой площади хватит для поддержания нагрузки массой до 199,5 кг, чего должно быть достаточно для большинства гуманоидных роботов, не говоря уже о конструкциях, которые можно создать специально для лазания по стенам. Ещё одним плюсом инновации является возможность включения/выключения простым нажатием кнопки – пригодится для замены

манипуляторов-рук площадками с «мягкой электроадгезией».

<http://ubergizmo.com/>

Учёные сделали важный шаг в разработке голографических 3D-экранов

Учёные из университета Аризоны отчитались о прогрессе в разработке обновляемого голографического 3D-дисплея. Пару лет назад был создан дисплей, в котором для формирования кадра необходимо было затратить несколько минут – обновлённая версия устройства способна сделать это за считанные секунды.

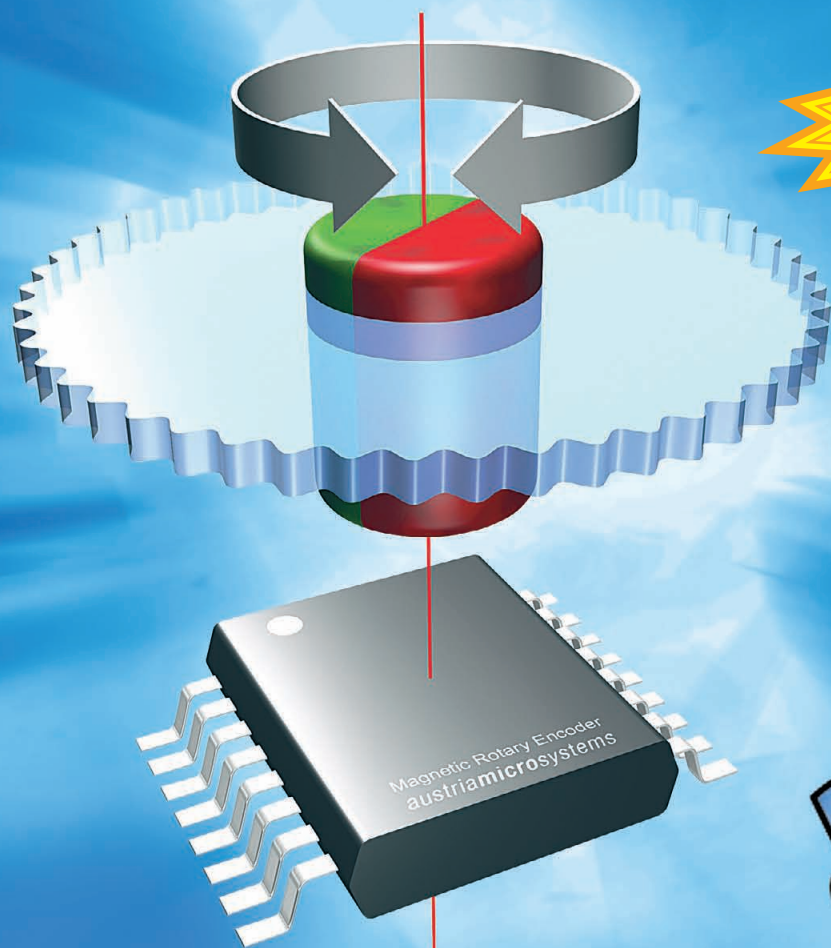


Новые материалы и улучшенные методы уже позволяют организовать голографическое слайд-шоу – технология описывается авторами как «достигающая скорости обновления, которую можно описать как «почти-в-реальном-времени» (quasi-real-time)». Сейчас прототип способен отобразить голограмму на 10-дюймовом экране, 17-” вариант находится в стадии тестирования. Несколько камер записывают объект с различных ракурсов, а получившиеся фотографии обрабатываются для создания 3D-картинки. Затем лазер взаимодействует с фоторефрактивным полимером, на котором сохраняются голографические пиксели – здесь они называются хогелями (hogels).

Разработчики уверены, что в ближайшем будущем технология найдёт своё применение в области создания цифровых вывесок, трёхмерных карт, коммуникационных систем и развлекательных устройств. Текущие методы позволяют «печатать» изображение в одном цвете, однако команда ведёт работу над многоцветным экраном, скорость обновления которого «приблизится к частоте обновления ТВ-экрана». Если это кажется чем-то из области фантастики, можно вспомнить технологию E-Ink, которая из «ещё одного способа отображения информации» стала практически стандартом де-факто в букридерах.

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

ПРОГРАММИРУЕМЫЕ МАГНИТНЫЕ ДАТЧИКИ УГЛА ПОВОРОТА



150°C

 austriamicrosystems

ХАРАКТЕРИСТИКИ

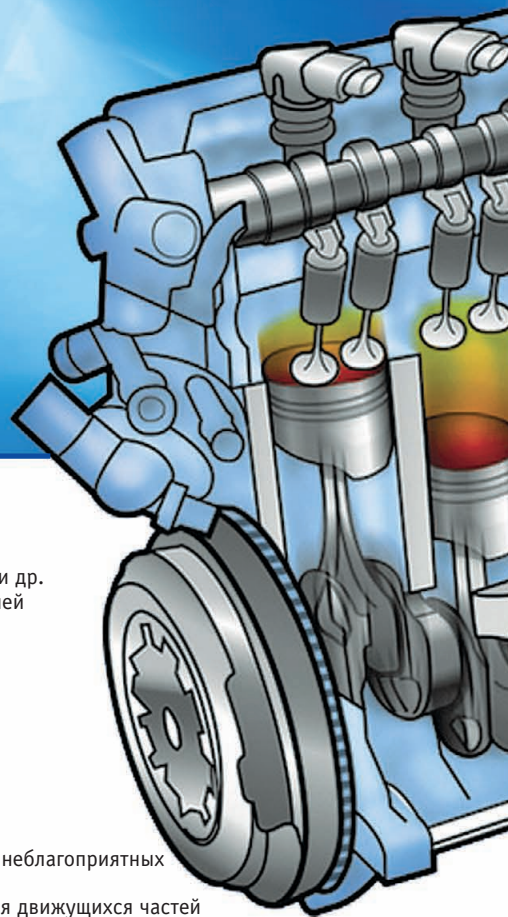
- разрешение 8, 10 и 12-бит
- точность до 0,0875° (4096 позиций)
- интерфейсы
 - синхронный последовательный интерфейс
 - широтно-импульсная модуляция
 - инкрементный
 - аналоговый
 - управляющие сигналы для бесколлекторного двигателя постоянного тока
- программирование «нулевой позиции»
- высокая скорость (до 30 000 об/мин)
- функция «кнопки»
- магнитная чувствительность 20...80 мТ
- температурный диапазон работы от -40°C до +150°C
- маленький корпус SSOP 16 (5,3 мм × 6,2 мм)
- ультранизкий ток потребления 30 мкА

ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

- поворотные выключатели
- контроль позиции АС/DC-моторов
- офисная техника: принтеры, сканеры и др.
- контроль положения клапанов, вентилях
- замена оптических энкодеров
- датчик угла поворота руля
- датчик позиции педали «газа»
- робототехника
- автоматика

ПРЕИМУЩЕСТВА

- энкодер на одном кристалле
- не требуется калибровка
- идеально подходит для применения в неблагоприятных условиях окружающей среды
- высокая надёжность за счет отсутствия движущихся частей
- устойчивость к разбрызгиванию и изменению температуры окружающей среды



ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР КОМПАНИИ AUSTRIAMICROSYSTEMS

PROSOFT®

АКТИВНЫЙ КОМПОНЕНТ ВАШЕГО БИЗНЕСА
Тел.: (495) 232-2522 • info@prochip.ru • www.prochip.ru

Электроника → Транспорт

2011

6-8 апреля 2011 г.
Москва, ВВЦ

СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА

Темы года:



- Навигация, управление транспортным парком
- Оплата проезда - от кондуктора к единой транспортной карте
- Транспортное приборостроение: комплектующие, технологии, решения

По каждой теме - отдельная конференция!

Проводится при поддержке



Одновременно с выставкой:



ЭлектроТранс 2011
РОССИЙСКАЯ ВЫСТАВКА



<http://www.e-transport.ru>