

СОВРЕМЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

3
2006

Цифровая обработка
сигналов и данных



Компакт-диск
компании
Prosoft

НАДЁЖНЫЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ НАСТОЯЩЕГО И БУДУЩЕГО

Intel®



PROSOFT®

ПРОСОФТ — АКТИВНЫЙ КОМПОНЕНТ ВАШЕГО БИЗНЕСА

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

Главный редактор
Александр Майстренко

Научные редакторы
Александр Масыкин, Роберт Алексанян

Зам. главного редактора
Татьяна Крюк

Дизайн и верстка
Татьяна Крюк, Александр Либков,
Дмитрий Юсим

Web-мастер
Дмитрий Романчук

Служба распространения
Ирина Самохина (circul@soel.ru)

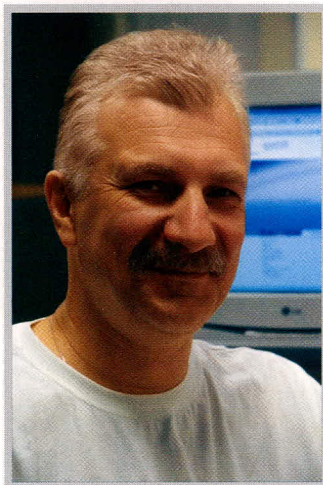
Служба рекламы
Татьяна Кравченко (advert@soel.ru)

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

Тираж 15 000 экземпляров
Журнал зарегистрирован в Федеральной
службе по надзору за соблюдением
законодательства в сфере массовых
коммуникаций и охране культурного наследия
(свидетельство ПИ № ФС77-18792
от 28 октября 2004 года)
Свидетельство № 00271-000 о внесении
в Реестр надёжных партнеров Торгово-
промышленной палаты Российской Федерации
Цена договорная

Отпечатано:
Полиграфический комплекс
«Пушкинская площадь»
www.pkpp.ru

Перепечатка материалов допускается только
с письменного разрешения редакции.
Ответственность за содержание рекламы
несут рекламодатели.
Ответственность за содержание статей
несут авторы.
Материалы, переданные редакции,
не рецензируются и не возвращаются.
© СТА-ПРЕСС, 2006



Уважаемые читатели!

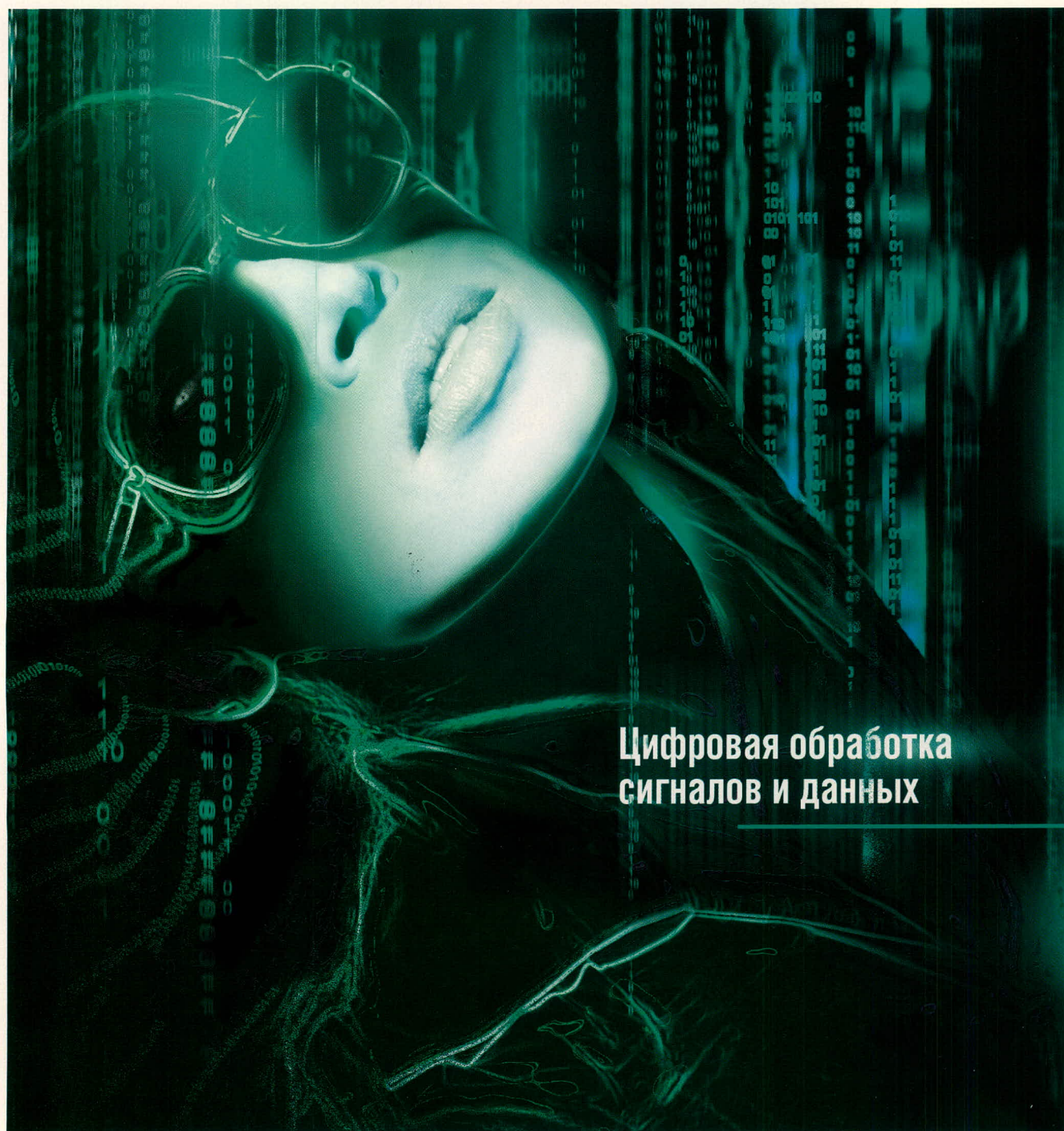
Тема этого номера – цифровая обработка сигналов (ЦОС).

Развитие этого направления электроники связано с появлением в 40-х годах первых ЭВМ и возникновением вычислительной математики, разработавшей алгоритмы цифровой обработки данных. В 60-е годы возросшая производительность ЭВМ позволила решать задачи цифровой фильтрации и спектрального анализа. Появившиеся в 70-е годы однокристалльные микропроцессоры подготовили новый этап развития цифровых технологий: многоскоростную обработку сигналов с использованием эффектов прореживания, адаптивную и оптимальную обработку сигналов, обработку многомерных сигналов и полей. В 80-е годы появляются первые сигнальные процессоры, ориентированные на эффективную реализацию классических алгоритмов ЦОС. Они начинают применяться для цифровой обработки звука и изображения, в системах связи и управления. Очередной шаг в развитии ЦОС был сделан с появлением в 90-е годы однокристалльных многопроцессорных систем и ПЛИС, которые теперь успешно конкурируют с сигнальными процессорами. Наиболее актуальными задачами ЦОС сегодня являются быстрые алгоритмы, адаптивная обработка, спектральный анализ, частотно-временная обработка, вейвлетовские преобразования, нелинейная фильтрация, обработка многомерных сигналов. Сложно назвать какую-либо область электроники, где не использовалась бы ЦОС: бытовая и профессиональная аудио-/видеоаппаратура, медицина, связь, системы промышленной автоматизации, системы управления, военная электроника – всего не перечислить.

В этом году проводится 8-я Международная научно-техническая конференция и выставка «Цифровая обработка сигналов и её применение – DSPA-2006». Наш журнал традиционно принимает в ней участие. До встречи на выставке!

*С наилучшими пожеланиями,
Александр Майстренко*

Содержание **3** 2006



**Цифровая обработка
сигналов и данных**

РЫНОК

- 4 Новости российских фирм
- 10 Компоненты для цифровой обработки сигналов на российском рынке

Современные технологии

- 12 Интеграция IP-телефонии в пользовательские устройства
Артём Фокин

Компоненты

- 16 Обзор кристаллов ПЛИС компании Xilinx
Андрей Селезёнкин
- 20 Прецизионные системы сбора данных семейства MSC12xx фирмы Texas Instruments (часть 2)
Павел Редькин
- 26 Концепт-микроконтроллер IPC@CHIP
Игорь Петров

Узлы и модули

- 30 Модули PWD-433: беспроводные решения – это просто!
Андрей Архипов
- 34 Микропроцессорное зарядное устройство
Олег Пушкарёв

Проекты

- 36 Система сбора данных нового поколения
Владимир Чепелев
- 38 Телевизионная видеокамера с цифровой обработкой сигнала в реальном времени
Андрей Бондаренко, Игорь Докучаев, Михаил Князев

Проектирование и моделирование

- 44 Синтез цифровых полуполосных КИХ-фильтров без умножителей
Александр Мингазин
- 48 Цифровое формирование управляющих сигналов оптимальной следящей системы
Юрий Геложе, Игорь Маркович, Владимир Чуйков
- 52 Обеспечение теплового режима мощных светодиодных ламп при разработке светотехнических устройств
Александр Полищук
- 58 Схемы, методики и сценарии тестирования SPICE-совместимых макромоделей операционных усилителей (часть 2)
Сергей Лозицкий
- 64 Высококачественный широкополосный приёмный тракт. Моделирование в среде MATLAB. Оптимизация динамического диапазона и чувствительности (часть 2)
Владимир Болдырев
- 70 Сердечники из распылённого железа в импульсных источниках питания (часть 3)
Джим Кокс

События

- 76 Семинар компании Agilent Technologies
- 76 Конференция компаний Intel и Fastwel
- 78 ЗАО «Северо-Западная Лаборатория Лтд.» и группа компаний «Эрикон» представляют
- 79 Выставка «Дисплей-2006»

Новости российских фирм

РЫНОК

Дистрибьюторское соглашение между компанией ПРОСОФТ и подразделением компании Cree – Cree Lighting LEDs

Компания ПРОСОФТ и подразделение компании Cree – Cree Lighting LEDs подписали дистрибьюторский договор, вступивший в силу с 1 января 2006 г.

Подразделение компании Cree – Cree Lighting LEDs было создано в 2004 году. Направление его деятельности – производство светодиодных ламп по технологии InGaN на карбиде кремния. В настоящее время светодиодные лампы семейства XLamp™ являются самыми высокоэффективными в мире приборами в своём классе, обеспечивающими светоотдачу 60...100 лм/Вт. Cree является единственной компанией в мире, обла-

дающей технологиями массового производства карбид-кремниевых пластин больших размеров с нитрид-галлиевой эпитаксией, что делает их приборы недостижимыми для конкурентов как по светотехническим характеристикам, так и по надёжности.

Благодаря уникальным решениям в технологии получения кристаллов и их корпусировании, компания Cree добилась не только выдающихся характеристик своих изделий, но и обеспечила значительное снижение стоимости 1 люмена светового потока по сравнению с приборами других производителей.

В настоящее время компания ПРОСОФТ является единственным официальным российским дистрибьютором Cree Lighting LEDs. Кроме территории Российской Федерации, дистрибьюторский договор распространяется также на Армению, Азербайджан, Грузию, Казах-

стан, Кыргызстан, Молдавию, Таджикистан, Туркменистан и Узбекистан.

В своей деятельности компания ПРОСОФТ не ограничивается только поставками светодиодных ламп со склада в Москве и С.-Петербурге. Совместно с партнёрской компанией ФАКТВЕЛ – крупнейшим российским OEM-производителем – ПРОСОФТ предлагает различные решения для светотехнической электроники, в том числе драйверы, светодиодные лампы и кластеры на алюминиевых печатных платах, широкую номенклатуру вторичной оптики и многое другое.

Компания ПРОСОФТ также является официальным российским дистрибьютором Cree Power – крупнейшего мирового производителя карбид-кремниевых приборов для силовой электроники.

www.prochip.ru, www.cree.com

тел. (495) 234-0636

Компоненты

Новая серия высокоэффективных светодиодных ламп компании Cree

Компания Cree – мировой лидер в области производства мощных светодиодов по технологии InGaN на SiC – начала производство новой серии мощных светодиодных ламп XR7090. Как и семейство XL7090, новые изделия являются самыми высокоэффективными в мире приборами в своём классе, обеспечивающими светоотдачу 60...100 лм/Вт. В XR7090 применена новая уникальная технология корпусирования, позволяющая максимально использовать преимущества технологии InGaN на SiC.

Новая технология корпусирования позволила радикально снизить величину теплового сопротивления до 8°C/Вт и одновременно увеличить максимальную температуру перехода до 145°C. Конструкция светодиодных ламп серии

XR7090 состоит из керамического металлизированного основания, к которому припаивается кристалл на подложке из карбида кремния, медного рефлектора и линзы. Снижение теплового сопротивления было достигнуто благодаря использованию специальной керамики и эвтектики металлизированной стороны светоизлучающей структуры кристалла непосредственно на теплоотводящее основание без дополнительной подложки.

Столь низкое тепловое сопротивление светодиодной лампы не только снижает требования к внешнему теплоотводу, но и повышает эксплуатационную надёжность готового светотехнического устройства.

Новое семейство светодиодных ламп полностью совместимо по топологии контактных площадок с приборами XL7090. Образцы XR7090 будут доступны в России с апреля 2006 г.

www.prochip.ru, www.cree.ru

тел. (495) 234-0636

Микросхема высокоэффективного преобразователя для питания мощных светодиодных ламп

Компания Linear Technology предлагает высокоэффективное и экономичное решение для питания мощных светодиод-

ных ламп – микросхему LTC3490.

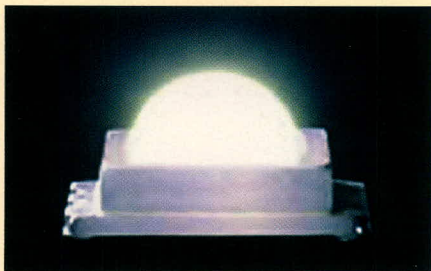
Микросхема оптимизирована для работы от одного или двух NiCd/NiMH-элементов питания и обеспечивает постоянный стабилизированный ток через светодиод 350 мА.

LTC3490 выполнена по схеме синхронного повышающего преобразователя. Она включает в себя интегрированные MOSFET-ключи с сопротивлением 100 мОм, датчик тока светодиода и схему компенсации цепи ОС, что позволяет минимизировать количество внешних навесных компонентов. Благодаря высокой частоте преобразования (1,3 МГц) габариты внешнего дросселя минимальны.

В типовой схеме включения требуется всего три внешних компонента для реализации законченного устройства.

Диапазон входного напряжения LTC3490 составляет 1...3,2 В, причём напряжение запуска микросхемы не превышает 0,9 В, что позволяет преобразователю надёжно включаться при работе от одного элемента питания.

Контроллер имеет функцию защиты от обрыва нагрузки, при этом выходное напряжение фиксируется на уровне 4,7 В. Дополнительно микросхема обеспечивает функцию аналоговой регулировки яркости по входу CTRL/CHDN и содержит встроенный компаратор разряда батареи с выходом по схеме открытого стока.



Новости российских фирм

Типовой КПД при питании от одного элемента составляет около 79%, при питании от двух элементов – не менее 85%.

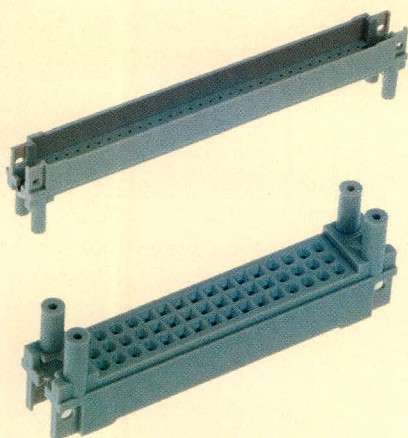
В LTC3490 предусмотрен режим перехода в выключенное состояние с током потребления менее 50 мкА. Микросхемы выпускаются в корпусах для поверхностного монтажа DFN-8 и SO-8.

Контроллеры LTC3490ES8 в корпусе SO-8 доступны со склада в Москве в любых количествах.

www.prochip.ru
тел. (495) 234-0636

Новые фиксаторы выводов для DIN41612

Концерн Harting анонсировал выпуск 40 типов новых фиксаторов выводов, которые используются для организации проходных соединителей.



Они могут быть закреплены к оборотной стороне объединительной печатной платы методом запрессовки или винтовым соединением.

www.prochip.ru
тел. (495) 234-0636

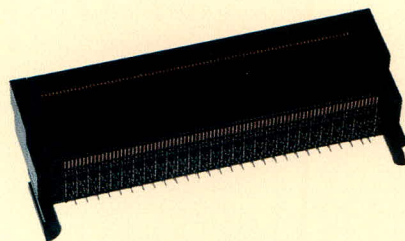
Новый разъём от Harting Advanced MC B+ для Advanced TCA с технологией запрессовки в печатную плату

Этот разъём разработан в соответствии с механическими и электрическими требованиями стандарта PICMG (PCI Industrial Computer Manufacturers Group) AMC.0, с технологией запрессовки в печатную плату.

Это сделано для планирующейся новой версии спецификации AMC.0.

Новый соединитель предназначен для высокоскоростной передачи данных и обладает низким уровнем затухания сигнала, требуемого спецификацией AMC.0. Улучшенные посадочные характеристики обеспечивают лёгкий монтаж и использование соединителя.

Применение отверстий 0,55 мм в печатной плате обеспечивает надёжную запрессовку.

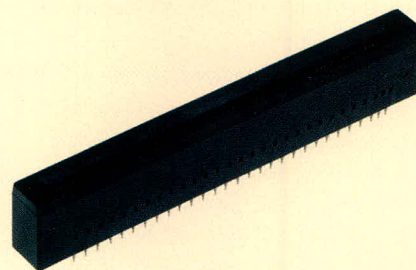


Новый дизайн разъёма для запрессовки обеспечивает приемлемую стоимость и уверенные преимущества относительно других способов монтажа. Низкая стоимость монтажа обусловлена использованием стандартного набора инструментов.

www.prochip.ru
тел. (495) 234-0636

Разъём Advanced MC для материнских плат стандарта Micro TCA

Система Micro TCA определяет архитектуру, посредством которой модули PICMG (PCI Industrial Computer Manufacturers Group) могут быть установлены непосредственно в объединительную плату. Новое расположение выводов от HARTING уже стало стандартным решением



PICMG. Соединитель позволяет достигать скорости передачи данных до 12,5 Гб/с.

Используемая технология запрессовки оптимизирует стоимость монтажа благодаря использованию стандартного пресс-оборудования.

www.prochip.ru
тел. (495) 234-0636

Узлы и модули

Оценочная плата сверхъярких светодиодных ламп Cree® XLamp7090 на алюминиевой основе

Компания ПРОСОФТ совместно с партнёром – компанией ФАСТВЕЛ – начали производство оценочных плат на алюминиевой основе для высокоэффективных светодиодных ламп серии XLamp7090.

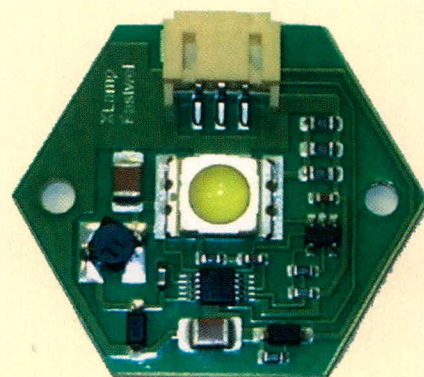
Решение о начале производства было принято в результате многократно возросшего спроса на продукцию XLamp7090 и просьбу клиентов о возможности предоставления демонстрационных образцов, не требующих дополнительных затрат на разработку и изготовление печатных плат.

Оценочная плата XLD-AL-004 включает в себя светодиодную лампу белого цвета

свечения типа XL7090WHT-L100 с типовым световым потоком 60...65 лм при токе 350 мА и драйвер, обеспечивающий стабилизацию рабочей точки лампы, защиту от перегрева и неправильной полярности питающего напряжения. Имеется вход электронного отключения драйвера, который может использоваться и как вход управления яркостью. Напряжение питания платы 5...21 В, что позволяет использовать любой подходящий источник питания.

Благодаря расширенному температурному диапазону эксплуатации устройства (-40...+60°C) оно может использоваться и в качестве основы для изготовления универсального высокоэффективного источника света, например, переносного фонаря или автомо-

бильного светильника. Благодаря шестигранной форме плат, из них можно набирать различные кластеры для увеличения суммарного светового потока.



Стоимость отладочной платы в единичных количествах составляет всего \$15,95, что в несколько раз ниже аналогичных зарубежных изделий.

Компания ПРОСОФТ, официальный дистрибьютор и представитель интересов Cree в России и странах СНГ, также предлагает широкую номенклатуру драйверов для светодиодных ламп серии XLamp7090 и кластеров на их основе производства компании ФАКТВЕЛ.

www.prochip.ru, www.cree.ru
тел. (495) 234-0636

Программируемые источники питания серии Genesys™: высокая мощность и оптимизированный многоточечный режим

Фирма Nemic-Lambda расширила популярное семейство программируемых источников питания Genesys™ моделями с выходной мощностью 3300 Вт.

Источники питания Genesys с выходной мощностью до 3,3 кВт имеют несколько новых важных особенностей. До четырех одинаковых блоков могут быть соединены параллельно и сконфигурированы пользователем для контроля суммарного тока группы блоков. Таким образом, четыре блока могут выступать как один источник питания с выходной мощностью 13,2 кВт. Имеется 12 моделей с выходными напряжениями до 600 В и максимальным током нагрузки 400 А. Поставляются ИВЭП для подсоединения к однофазной и трёхфазным сетям переменного напряжения.

Среди вариантов для цифровой связи новая опция Multi-Drop (многоточечная линия), позволяющая ведущему устройству Multi-Drop IEEE управлять многоточечной сетью с ведомыми устройствами через RS-485, исключая необходимость применения интерфейсной платы GPIB в каждом ведомом источнике питания.

Подобно другим изделиям семейства Genesys, новый ряд изделий содержит стандартный встроенный 16-разрядный цифровой интерфейс RS-232/RS-485. Через этот интерфейс при последовательном соединении через шину RS-485 возможно управление 31 устрой-

вом. Кроме того, возможно аналоговое дистанционное управление напряжением 0...5 или 0...10 В. Изолированные цифровой и аналоговый интерфейсы являются опциональными. Цифровой интерфейс IEEE соответствует IEEE488.2&SCPI. Доступны программные драйверы LabView.

www.prosoft.ru
тел. (495) 234-0636

Модули электропитания с высокой удельной мощностью для монтажа на DIN-рейку

Компания XP Power начала поставки серии DNR источников вторичного электропитания (ИВЭП) для монтажа на DIN-рейку, которые отличаются высокой удельной мощностью, что позволяет уменьшить габариты системы.

Модули подключаются к однофазной сети переменного напряжения, поставляются модели с выходными мощностями 5, 10, 18, 30, 60, 120 и 240 Вт. Есть выбор из 70 моделей с выходными напряжениями от 5 до 48 В постоянного напряжения.

Возможность регулировки выходного напряжения в широком диапазоне является стандартной для всех моделей. Например, модули с 24-вольтовым выходом регулируются в диапазоне 21,6...30 В. Диапазон рабочих температур -10...+70°C. При температурах до +60°C модули отдают в нагрузку всю мощность, при температуре +70°C модули способны выдавать в нагрузку 70% мощности. Большая часть конкурирующих изделий требует снижения выходной мощности при температурах 40 или 50°C.

КПД моделей с выходными мощностями от 30 Вт и выходными напряжениями от 12 В составляет 84...90%. Для повышения выходной мощности возможно включать параллельно до трёх модулей с выходными мощностями 120 и 240 Вт. Модули характеризуются небольшими габаритами: 5, 10 и 18-ваттные модули имеют размеры 115 × 88,5 × 22,6 мм.

Для упрощения подсоединения и сокращения времени замены внешних цепей поставляются модели с пружинными контактами и съёмными соединителями. Модели мощностью 120 Вт доступны с ККМ (опция), а 240-ваттные модели оснащаются ККМ стандартно; все модули имеют сервисные функции



защиты от перенапряжения и перегрузки по току.

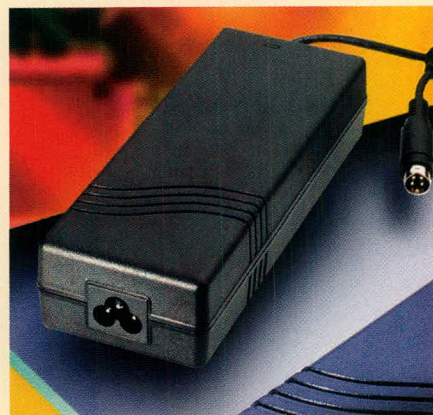
Модули серии DNR соответствуют требованиям безопасности ГОСТ Р 50377-92 (EN60950), а также требованиям к помехоэмиссии ГОСТ Р 51317.3.2-99 и ГОСТ Р 513.3.3-99 и ГОСТ Р 51318.11-99 класс В.

www.prosoft.ru
тел. (495) 234-0636

Компактные выносные 120-ваттные AC/DC-преобразователи с конвекционным охлаждением

Компания XP Power выпустила компактные 120-ваттные AC/DC-источники питания для внешней установки, которые имеют габариты в два раза меньше, чем у конкурентов, и характеризуются удельной мощностью 4,9 Вт/дюйм³. Типовое значение КПД при полной нагрузке 86%, диапазон рабочих температур 0...70°C, тепловой режим ИВЭП серии AML120 обеспечивается конвекционным охлаждением, дополнительные вентиляторы не требуются. Это обеспечивает им небольшие габариты 167 × 65 × 37 мм, исключает шумы и увеличивает надёжность.

Источники питания имеют универсальный вход (90...264 В переменного тока) и соответствуют требованиям



Новости российских фирм

стандартов EN61000-3-2,-3 к гармоническим составляющим входного тока. Соединение с сетью осуществляется через ввод IEC320/C6, для выхода используется 4-контактный соединитель DIN. Стандартными сервисными функциями являются защита от перенапряжения, перегрузки по току и короткого замыкания (все функции самовосстанавливаются).

Доступны девять моделей с номинальными выходными напряжениями от 12 до 48 В, коэффициент стабилизации выходного напряжения $\pm 5\%$. Максимальное значение переменной составляющей выходного напряжения (пульсация от пика до пика) $\pm 2\%$ от номинального значения. Среднее время наработки на отказ (MTBF), рассчитанное по MIL-HDBK-217F, составляет 100 000 часов.

www.prosoft.ru
тел. (495) 234-0636

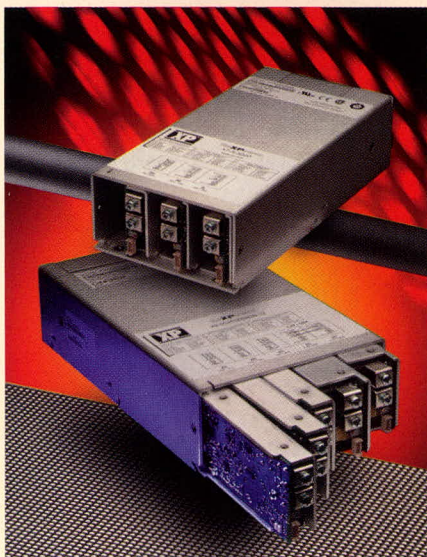
Конфигурируемые источники электропитания серии fleXPower в первой сотне новых изделий 2005 г.

Один из главных журналов по электронной тематике EDN (16, December 2005) опубликовал список ста наиболее интересных изделий электронной техники в 15 категориях (<http://www.edn.com/article/CA6290449.html>).

Из семи компаний – производителей источников питания – в сотню была включена компания XP Power (<http://www.xppower.com/index.taf?lang=EN>) со своими конфигурируемыми источниками электропитания серии fleXPower.

Конфигурируемые источники питания позволяют инженерам – разработчикам промышленных, телекоммуникационных и медицинских систем проектировать с учетом всех требований безопасности. Семейство конфигурируемых ИВЭП включает модули с выходными напряжениями от 3,3 до 60 В. Например, если конструкция требует необычный номинал выходного напряжения 3,7 В, разработчик может сконфигурировать ИВЭП с этим напряжением без необходимости обращаться в сертификационный центр.

Гибкость блоков является необходимым условием производственного процесса. Модули производятся в Азии, а объединяются они вместе в США подобно созданию конструктора Лего. Гиб-



кость распространяется и на другие свойства изделий. К ним относятся возможность последовательного и параллельного соединения модулей с различными выходными мощностями, питания от источника 85...264 В переменного тока или 120...370 В постоянного тока, наличие сменных вентиляторов, передового логического интерфейса, шести выходных каналов от 3,3 до 150 В, а также плавающие сигналы управления и статуса, расширенный диапазон рабочих температур от $-20...+70^{\circ}\text{C}$, полное соответствие требованиям по безопасности и ЭМС.

www.prosoft.ru
тел. (495) 234-0636

Источники питания серии HP600: четыре и пять выходных каналов с рядом напряжений от 0,8 до 48 В в конструктиве высотой 1U

Появилась возможность пользоваться уникальной гибкостью стабилизированных выходных каналов с общей выходной мощностью до 600 Вт в сверхкомпактном конструктиве: $44 \times 127 \times 292,1$ мм. От одного до пяти выходных каналов доступны с номинальными значениями выходного питающего напряжения от 0,8 до 48 В. Первые четыре выходных канала способны выдавать в нагрузку токи 80, 40, 40 и 40 А соответственно.

Серия источников питания HP600 фирмы Magnetek является первой серией многоканальных источников питания подобного рода. Этот источник особенно полезен, когда значения токов нагрузки по каждой выходной цепи неизвестны или неполностью определены. Наличие различных выходных каналов с высокой нагрузочной способностью позволяет

разработать систему без заботы о нагрузочной способности каждого канала. Серия HP600 характеризуется модульным наращиванием мощности посредством активного распределения тока нагрузки в каналах, поэтому вы платите только за необходимую мощность. Этот гибко конфигурируемый источник фактически эквивалентен источнику, выполненному по индивидуальному заказу, но при этом имеет цену серийного изделия.

www.prosoft.ru
тел. (495) 234-0636

Высокоэффективные бестрансформаторные инверторы Aurora™ для солнечных батарей от фирмы Magnetek

Бестрансформаторные инверторы Aurora™ PVI-3600 (Photovoltaic Inverter) фирмы Magnetek для фотоэлектрических батарей являются компактными и более лёгкими, чем изолированные инверторы с трансформаторами, характеризуются высоким значением КПД – до 96%. Они имеют два независимых контура отслеживания максимальной мощности – Maximum Power Tracking (MPPT), – обеспечивающих получение максимальной мощности от двух независимых фотоэлектрических элементов с различной ориентацией, углами наклона и числом модулей в секции. В сочетании с высокой эффективностью и передовыми в промышленности предельными значениями отклонения напряжения (от 90 до 530 В), инверторы Aurora способны обеспечить наивысшую эффективность двух массивов солнечных элементов и исключительную гибкость конструкции системы. В инверторах Aurora применяются современные полупроводниковые приборы, включая карбид-кремниевые диоды и транзисторы IGBT, которые обеспечивают сокращение потерь на переключение. Прочные и надёжные, эти инверторы также разработаны для увеличения ресурса системы – MTBF равен 25 годам. Изделия отличаются большим запасом надёжности для всех основных компонентов. Модели для наружных и закрытых установок настраиваются для работы с напряжениями 208 и 240 В переменного тока.

При весе чуть более 7,7 кг модели для применения в закрытых помещениях являются исключительно лёгкими и компактными и отличаются эстетичностью. Они вошли в пятёрку наилучших разработок года

Новости российских фирм

по результатам международной выставки электроники INTEL2005, наряду с технологией, которая заслужила награду 2005 г. Solar Power Systems Technology Innovation of the Year (Инновация года в области технологии солнечных энергетических систем) от Frost&Sullivan. Модели Auroga со степенью защиты конструкции IP21 и небольшой глубиной корпуса (57,2 мм) для применения в закрытых помещениях приспособлены для установки в коридорах и современных гаражах, созданных по новым проектам, и оснащены графическим ЖК-дисплеем и встроенным регистратором данных.

Инверторы Auroga для наружных установок оснащены двухстрочным ЖК-дисплеем и характеризуются прочным корпусом со степенью защиты NEMA4X и платами с защитным покрытием для противостояния воздействию внешней среды. Модели для наружных установок также имеют небольшой вес для простоты монтажа.

Инверторы серии Auroga предлагают лучшие в классе коммуникационные возможности со встроенным стандартным портом RS-485, обеспечивающим управление 31 инвертором посредством ПК и бесплатного коммуникационного про-

граммного обеспечения Auroga. Дополнительно модели для комнатного применения имеют встроенный порт RS-232 для простого управления отдельным инвертором с применением ПК.

Компания Magnetek разрабатывает и изготавливает изделия по преобразованию мощности, устройства и системы управления для таких применений, как передача данных, управление данными и альтернативная энергетика, где надёжность является первостепенной.

www.prosoft.ru
тел. (495) 234-0636

Измерительные приборы

Agilent Infiniium 8000 – новый стандарт по глубине памяти и отображению сигнала

Agilent Technologies представила новые модели осциллографов для анализа цифровых и смешанных сигналов серии Infiniium 8000:

- полоса пропускания 600 МГц и 1 ГГц;
- 20 каналов (4 осциллографических и 16 логических), интегрированных в одном приборе. Есть возможность запуска прибора по более чем 2 или 4 сигналам одновременно;
- частота дискретизации 4 Гвыборок/с (при включенной функции $\sin(x)$);
- глубина памяти – до 128 М точек – самая большая в отрасли;
- способность отображать >100 000 сигналов/с;
- память MegaZoom обеспечивает быструю реакцию на изменения сигнала и действия оператора;
- интерфейсы LAN и USB 2.0 (соответствие стандарту LXI класса C);
- цветной сенсорный дисплей XGA (256 градаций цвета) с разрешением 1024 × 768;
- динамический пробник FPGA (опция) позволяет через 16 логических каналов

отображать до 1000 внутренних сигналов ПЛИС.

www.agilent.ru
тел. (495) 797-3965

Agilent Infiniium 80000B – осциллограф с самым низким в отрасли уровнем собственных шумов

Agilent Technologies выпустила новую серию осциллографов Infiniium 80000B для применений, требующих максимально высокой скорости. Эти приборы обладают самым низким уровнем собственных шумов, а также самым низким порогом измерения джиттера, самым низким уровнем джиттера системы запуска и сверхнизкой неравномерностью АЧХ во всей полосе пропускания:

- число каналов: 4;
- полоса пропускания: до 13 ГГц;
- частота дискретизации: 40 Гвыборок/с при использовании двух каналов и 20 Гвыборок/с при использовании всех каналов;
- глубина памяти: до 1 – 2 М точек при 20 – 40 Гвыборок/с (64 М точки при 4 Гвыборок/с);
- дисплей: сенсорный XGA-дисплей с 256 градациями цвета с разрешением 1024 × 768;
- уровень джиттера системы запуска: меньше 500 фемтосекунд;

- для модели DSO81304B с полосой пропускания 13 ГГц уровень собственных шумов составляет 419 мкВ при коэффициенте отклонения 5 мВ/дел.;
- уникальная возможность расширять полосу пропускания в процессе эксплуатации.

www.agilent.ru
тел. (495) 797-3965

LeCroy анонсирует новые серии цифровых осциллографов

Компания LeCroy презентовала сразу три новые серии цифровых осциллографов: WaveRunner Xi, WaveSurfer XS, WaveJet (300-серия).

В моделях WaveRunner Xi: высокая частота дискретизации, значительный объём памяти, большой дисплей, «открытая» платформа WinXP и малые геометрические размеры. Модели: 44Xi (4 канала, 400 МГц), 62Xi (2 канала, 600 МГц) и 64Xi (4 канала, 600 МГц).

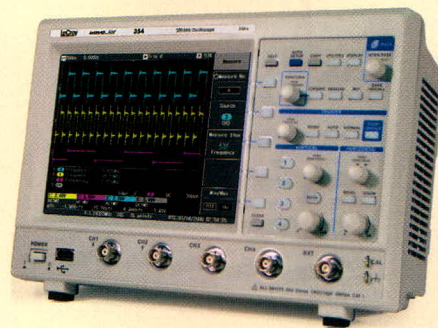
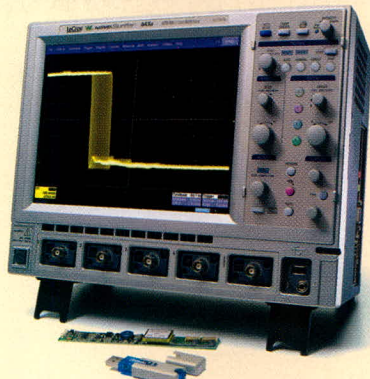
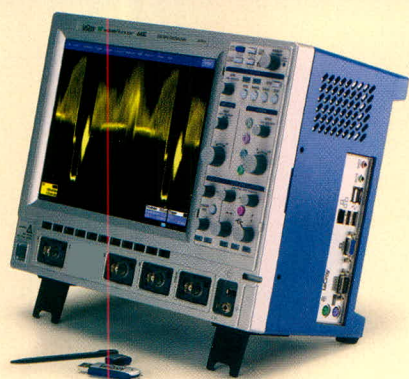
Особенности:

- дискретизация 5 ГГц на канал (до 10 ГГц при объединении),
- память 2 Мб на канал (опция 24 Мб),
- цветной сенсорный дисплей с диагональю 26 см,
- расширенный набор инструментов для полной отладки и проверки процессов (программные пакеты), аппаратно подключаемый логический анализатор;
- система синхронизации: 11 видов запуска, фильтры НЧ и ВЧ в канале синхронизации, запуск по окну и т.д.;
- 15 см в глубину.

Режим «быстрого» наблюдения WaveStream™ даёт новое проникновение в исследуемый сигнал для его анализа. WaveStream дополняет длинную память



Новости российских фирм



(время записи), при этом предлагая живой, квазианалоговый экран для наблюдения вариаций в сигнале или поиска гличей. В отличие от режимов быстрого отображения данных других производителей, WaveStream от LeCroy работает на частотах дискретизации до 10 ГГц для более полного «захвата» и позволяет осуществлять измерения и математические операции.

Новые WaveRunner Xi кардинально меняют традиционные представления об осциллографах. Комбинация характеристик и большого дисплея в сочетании с новой технологией WaveStream™ позволяет утверждать, что WaveRunner Xi – осциллограф «без компромиссов».

1 февраля 2006г начаты продажи двух других серий: WaveSurfer Xs и WaveJet (300-серия).

Модели обновлённой серии WaveSurfer имеют индекс Xs. WaveSurfer Xs обладают улучшенными возможностями: увеличенной до 2,5 ГГц частотой дискретизации, высокой скоростью захвата осциллограмм.

В линейке WaveSurfer Xs 4 модели: 42Xs (2 канала, 400 МГц), 44Xs (4 канала, 400 МГц), 62Xs (2 канала, 600МГц), 64Xs (4 канала, 600 МГц).

Особенности:

- частота дискретизации 2,5 ГГц на канал (эквивалентная 50 ГГц);
- память 2 Мб на канал;
- технология WaveStream™ (режим «быстрого» наблюдения);
- цветной сенсорный ЖК-дисплей (диагональ 26 см + прилагаемое стилто);
- программные опции: расширенная математика, интеллектуальная система синхронизации, тестирование сигналов электросвязи по маскам;
- поддержка 32 каналов логического анализатора MS-32;
- операционная система Microsoft Windows XP;
- USB на передней панели, всего 15 см в глубину.

Наличие режима WaveStream™ в Xs обеспечивает наблюдение метастабильных процессов аналогично «старшей» серии WaveRunner Xi. Осциллографы WaveSurfer Xs, имея улучшенные характеристики и дополнительные возможности, позволяют обновлённой линейке WaveSurfer отвечать запросам сегодняшнего дня.

Другая новинка – линейка WaveJet (8 моделей) с полосами пропускания 100,

200, 350 и 500 МГц.

Особенности:

- 2 и 4 канала; частота дискретизации до 2 ГГц (эквивалентная – 100 ГГц);
- память до 500 Кб/канал, «захват» до 250 мкс (при максимальной частоте дискретизации);
- «страничный режим» (Page) – покадровый цифровой «магнитофон»;
- 26 видов автоизмерений (до 4 одновременно), математическая обработка;
- автодетектирование пробников, USB на передней панели;
- цветной дисплей (19 см); глубина 10 см.

Новинка от LeCroy детектирует аномалии (гличи от 1 нс). «Длинная» память WJ обеспечивает непревзойдённое по сравнению с аналогами время «захвата» сигнала (в 50 – 200 раз больше) при тех же условиях. Функция «Страничный режим» позволяет фиксировать вариации сигнала, а также наблюдать, что происходило непосредственно до или после события.

Все анонсированные осциллографы LeCroy имеют 3 года гарантии и 7 лет технической поддержки с момента выпуска.

www.prist.ru

тел. (495) 777-5591

Проектирование и моделирование

Новая версия САПР фирмы Xilinx

В новой версии САПР ISE 8.1i фирмы Xilinx представлена технология ISE Fmax, предназначенная для повышения производительности разрабатываемых устройств на базе ПЛИС и устранения узких мест проектов. Использование системы аппаратной отладки в реальном времени ChipScore Pro и ПО для разработки и анализа проектов PlanAhead совместно с САПР ISE позволяет значительно сократить сроки реализации проектов.

Xilinx – мировой лидер в производстве ПЛИС. При использовании ПЛИС в качестве

альтернативы интегральным схемам с фиксированной логикой разработчик цифровых устройств получает возможность реконфи-



гурации кристалла, что позволяет принципиально усовершенствовать технологию разработки и отладки цифровых устройств.

Компания Инлайн Групп осуществляет поставку продукции фирмы Xilinx: ПЛИС, ПЗУ, САПР для проектирования ПЛИС, средств отладки. Инлайн Групп – официальный дистрибьютор Xilinx на территории России, Украины и Беларуси. Инлайн Групп является авторизованным тренинг-партнёром Xilinx и помогает разработчикам получить необходимые навыки проектирования цифровых устройств на базе ПЛИС Xilinx.

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

тел.: (495) 787-5940, 941-0338

Компоненты для цифровой обработки сигналов на российском рынке

В таблицу включена информация о компонентах для цифровой обработки сигналов ряда ведущих мировых брендов и наиболее активных дистрибьюторах, представляющих эти бренды на российском рынке

ФИРМА	ТЕЛЕФОН САЙТ	Аналог Devices																								
		AKM	Almel	Averlogic	Catalyst	Cirrus Logic	Clare	Conexant	Davicom	EXAR	Intel	IXYS	Linear Technology	Maxim/Dallas	Mindspeed	MPS	RDC	Sharp	Silicon Laboratories	SMSC	Teridian Semiconductor	VIA	Xilinx	Zilog	Zynq	
АВТЭКС, ЗАО	(495) 334-9151 www.autex.ru	■																								
Аргуссофт, ООО	(495) 221-0130 www.argussoft.ru	■	■	■			■	■	■	■	■			■											■	
АТОС, ООО	(495) 787-4805, 601-2035 www.atos.ru				■								■						■		■					
Инлайн Груп, ЗАО	(495) 787-5940, 941-0338 www.plis.ru																						■			
ПРОСОФТ, ООО	(495) 234-0636 www.prochip.ru					■	■				■	■			■	■	■		■		■			■		
Продукция																										
Прецизионные АЦП		■	■			■						■	■													
Высокоскоростные АЦП		■	■	■		■			■			■	■													
Компараторы		■										■	■		■											
ЦАП		■				■						■	■													
Специализированные видеопроцессоры		■		■	■			■						■											■	
Специализированные аудиопроцессоры		■	■	■		■																				
Микроконтроллеры SoC 8-разрядные		■		■						■															■	
Микроконтроллеры SoC 16-разрядные		■		■		■				■						■	■								■	
Микроконтроллеры SoC 32-разрядные		■		■						■						■						■				
Цифровые сигнальные микроконтроллеры		■		■		■				■			■												■	
Высокопроизводительные ЦСП		■								■			■													
ЦСП для мобильных устройств		■				■				■							■	■								
ПЛИС (FPGA, CPLD)				■																				■		
Цифровые фильтры		■										■									■					
ИС интерфейса RS-232/422/485		■									■	■	■													■
ИС интерфейса 1394/FireWire										■									■							
ИС интерфейса LVDS для LCD (FlatLink)					■																		■			
ИС интерфейса DVI (PanelBus)		■								■													■			
ИС интерфейса USB		■		■					■	■		■						■	■							
ИС интерфейса CAN		■		■																						
Кодеки		■	■			■				■		■									■					
MPEG энкодеры, декодеры и кодеки		■	■					■																		
Up/Down конвертеры		■										■			■											
Приборы с зарядовой связью ПЗС		■																■								
Генераторы тактовой частоты		■										■							■		■					
Умножители частоты PLL		■										■														
Таймеры												■	■													
Стандартная логика												■														
Регистры												■														
Счётчики												■										■				
Дешифраторы												■										■				
Мультиплексоры		■		■								■										■				
Ключи		■					■					■			■											
ИС ОЗУ				■									■													
ИС ПЗУ					■					■			■													
ИС ППЗУ					■					■																
ШИМ		■									■	■	■													
Оптоэлектронные преобразователи										■							■									

AU начала строительство LCM-завода в Сямыне

Как сообщает DigiTimes, тайваньская компания AU Optronics начала строительство LCM завода в Сямыне (Китай). Ожидается, что массовый выпуск продукции на нём начнётся уже во второй половине 2007 г.

Строительство этого завода спровоцировало производителей модулей подсветки – компании Forhouse и Radiant Opto-Electronics Corporation (ROEC) – на постройку своих фабрик в Китае. Основная цель – удовлетворить нарастающий спрос. Причём Radiant Opto-Electronics Corporation намерена построить завод в том же Сямыне. Строительство начнётся во II кв. 2006 г.

www.hifinews.ru

Chi Mei Optoelectronics выпустит первый в Тайване ЖК ТВ со светодиодной подсветкой

По сообщению DigiTimes, тайваньская компания Chi Mei Optoelectronics планирует начать выпуск 32-дюймового ЖК ТВ со светодиодной подсветкой уже в III кв. текущего года. Если СМО соблюдет заявленные сроки, то станет первой компанией в Тайване, которая выпустит ЖК ТВ с применением LED-технологий.

Согласно данным самой компании, телевизор будет иметь яркость 500 кд/м², контрастность 1200 : 1 и поддерживать цветовую гамму NTSC. Энергопотребление новой модели соответствует аналогичным телевизорам с применением в качестве подсветки катодных флуоресцентных ламп CCFL.

Стоимость ЖК ТВ со светодиодной подсветкой сегодня в 2...2,5 раза больше, чем с CCFL-подсветкой. Поэтому аналитики неоднозначно оценивают вероятность запуска на рынок подобного ЖК ТВ с LED по цене, которая вряд ли устроит рядового покупателя.

www.hifinews.ru

Toshiba прекратит продажу ЭЛТ-телевизоров в Японии

Компания Toshiba сообщила, что с апреля этого года намерена прекратить продажи на территории Японии телевизоров с аналоговыми тюнерами. Об этом рассказал на недавней пресс-конференции в Токио вице-президент одного из подразделений Toshiba Сатоси Никура. Он подчеркнул, что компания сосредоточит внимание на производстве цифровых телевизоров. Для Японии массовый вы-

пуск телевизоров как никогда актуален, особенно после запуска в 2004 г. цифрового наземного вещания.

В прошлом году мировые объёмы продаж ЖК ТВ Toshiba впервые превысили продажи ЭЛТ-телевизоров. В текущем году планируется покорение 6-млн. отметки, а в 2007 г. – 7-млн. Тем временем популярность ЭЛТ-телевизоров продолжает падать: в 2005 г. компанией было продано около 3,5 млн. этих устройств, а к 2007 г. объёмы продаж, по прогнозам, сократятся до 900 тыс. шт.

Никура отметил, что в этом году не стоит ожидать появления телевизионных панелей с электронной эмиссией на основе поверхностной проводимости (SED), которые Toshiba разрабатывает совместно с Canon. Решение о коммерческом производстве SED-телевизоров пока не принято.

Никура также сообщил, что во избежание путаницы компания намерена унифицировать названия линеек своих ЖК-дисплеев, плазменных панелей и проекционных телевизоров. Теперь все эти продукты будут выходить под торговой маркой Regza (ранее на территории Японии и некоторых других стран использовалось имя Face).

www.hifinews.ru

Sony и NEC сформируют совместное предприятие по выпуску оптических приводов

Компании Sony и NEC объявили о подписании определяющего соглашения по формированию совместного предприятия для выпуска оптических приводов.

Новая компания получит название Sony NEC Optiar, а её президентом станет Шиничи Ямамура, нынешний глава подразделения Video Business Group компании Sony.

По договору до 1 апреля Sony и NEC разделяют соответствующие подразделения в своих структурах, которые заняты выпуском оптических приводов, и вслед за этим объявят о создании совместного предприятия, которое займется разработкой, производством, маркетингом и продажами устройств этой группы.

Доли во вновь образованном предприятии распределяются следующим образом: Sony получит 55%, а NEC – 45%.

itc.ua

Toshiba планирует расширение своего бизнеса в России

Японская компания объявила, что рассматривает вопрос об учреждении в России центра исследований и разработок, в

дополнение к сети зарубежных R&D-лабораторий Toshiba, действующих в таких странах, как Китай, США и Великобритания.

В случае создания нового центра его специализацией станет разработка программного обеспечения, а также исследования, использующие локальные высокотехнологические ресурсы.

Эти планы были анонсированы сразу же после официального объявления об образовании в Москве местного филиала Toshiba – Toshiba Rus. Новая фирма постепенно интегрирует все уже существующие представительства Toshiba в России и сосредоточится на продвижении наиболее популярных категорий товаров, включая ноутбуки, электронные компоненты, цифровую потребительскую технику и т.п.

itc.ua

Стоимость бюджетных мобильных телефонов упадет до 15 долл.

Исполнительный директор Texas Instruments (TI) Рич Темплетон (Rich Templeton) считает, что общая цена массовых сотовых аппаратов для развивающихся рынков африканских стран, Индии, Китая, России и Бразилии снизится до 15 долл.

Поскольку пока «телефонизирована» лишь примерно четверть населения Земли, эта индустрия имеет большие перспективы роста, что обусловило сильную конкуренцию среди разработчиков в низкобюджетном секторе.

CEO TI отметил, что стоимость свешдевой сотовой трубки, спецификации которой были определены организацией GSM Alliance, уже снизилась до 30 долл. – на 10 долл. дешевле, чем планировалось первоначально.

Конкурент TI – компания Infineon – уже получила заказы от пяти поставщиков телефонов, включая BenQ, на первое поколение сверхдешевых наборов микросхем.

По заявлению этого немецкого чипмейкера, основанные на новом чипсете сотовые устройства появятся в первой половине 2006 г. и будут стоить около 20 долл. Во втором поколении чипсетов Infineon, массовое производство которых начнется в 2007 г., цену предполагается снизить до 16 долл.

Philips разрабатывает в своей шанхайской лаборатории мобильный телефон, который она рассчитывает предложить в 2008 г. по цене 15 долл. Референсную платформу с ценой ниже 20 долл. создала также фирма TTPCom.

itc.ua

Интеграция IP-телефонии в пользовательские устройства

Артём Фокин (г. Нижний Новгород)

Автор рассказывает о преимуществах использования сетевых процессоров Intel® IXP при создании пользовательских VoIP-устройств для сегмента малого и среднего бизнеса и домашних офисов. Особое внимание уделено вопросам применения в пользовательских устройствах сетевых процессоров Intel® IXP421 и IXP425.

ВВЕДЕНИЕ

В последние годы популярность IP-телефонии (Voice over IP, VoIP), т.е. сетевой передачи голосовых пакетов по протоколу IP, стремительно растёт. Производители коммуникационного оборудования имеют возможность обеспечить малый и средний бизнес абонентскими устройствами совмещённого доступа и мини-АТС, позволяющими осуществлять передачу голоса и данных по единому широкополосному каналу.

Для обеспечения самой процедуры пакетной передачи голоса по IP-сетям требуются определённые компоненты и функции:

- сигнальные процессоры для кодирования и декодирования голоса,
- наличие функции обработки сигналов тонального набора (DTMF-сигналов),
- возможность реализации интерактивного голосового интерфейса (IVR),
- наличие системы распознавания речи и индивидуальных голосовых подсказок.

Задача разработчика подобной системы заключается в том, чтобы обеспечить все эти возможности в рамках недорогого масштабируемого решения.

СНИЖЕНИЕ СЛОЖНОСТИ И СТОИМОСТИ

Учитывая вышеуказанную задачу, производители оборудования для IP-телефонии заинтересованы в гибких и недорогих средствах для цифровой обработки сигналов. Общепринятый подход к решению задачи цифровой обработки сигналов заключается в добавлении к существующему устройству специализированной микросхемы обработки сигналов, что, в

свою очередь, приводит к увеличению сложности и стоимости изделия.

С другой стороны, в линейке сетевых процессоров корпорации Intel представлены два сетевых процессора, оптимизированных для работы с голосовыми приложениями. Сетевой процессор Intel® IXP421 – недорогое решение, включающее высокопроизводительное ядро Intel XScale® с частотой 266 МГц, а также два модуля обработки сетевых пакетов. Сетевой процессор Intel® IXP425 построен на базе такой же архитектуры, что и IXP421, но для достижения дополнительной производительности в состав IXP425 включены не два, а три модуля обработки сетевых пакетов. Для процессора Intel® IXP425 доступны три модификации, работающие на частотах 266, 400 и 533 МГц.

Каждый модуль обработки сетевых пакетов такого процессора является аппаратным многопоточным устройством с отдельной памятью:

- для команд и данных,
- для увеличения скорости исполнения кода,
- для сохранения данных.

Данные модули расширяют возможности ядра Intel XScale® при выполнении множества операций, требующих больших вычислительных мощностей, включая следующие операции:

- контроль и модификацию заголовков пакетов IP,
- фильтрацию пакетов,
- проверку пакетов на наличие ошибок,
- вычисление контрольных сумм,
- установку и удаление флагов.

Взяв на себя подобные задачи, модули обработки сетевых пакетов позволяют достичь высокого уровня производительности при выполне-

нии задач разного рода, в том числе и цифровой обработки сигналов на ядре Intel XScale®. Уникальная архитектура распределённой обработки позволяет сетевым процессорам семейства Intel® IXP42x справиться с высокими вычислительными потребностями, необходимыми для VoIP-устройств. Эти процессоры также имеют два высокоскоростных последовательных порта (HSS), которые позволяют напрямую подключаться к стандартному интерфейсу кодеков абонентской телефонной линии (SLIC/CODEC).

Программное обеспечение цифровой обработки сигналов Intel® IXP4xx выполнено в виде объектного кода. Оно является составной частью линейки ПО Intel® IXP4xx для сетевых процессоров. Этот пакет программ напрямую связан с библиотекой IPP, вследствие чего появляются возможности программной обработки голоса и сигналов для IP-телефонии, включающие в себя голосовой кодек G.729A и систему подавления эхо-сигналов, работающих на ядре Intel XScale® сетевых процессоров IXP421 и IXP425. Система подавления эхо-сигналов совместима с рекомендациями G.168 (Echo Canceller Enhanced) относительно цифровых эхокомпенсаторов.

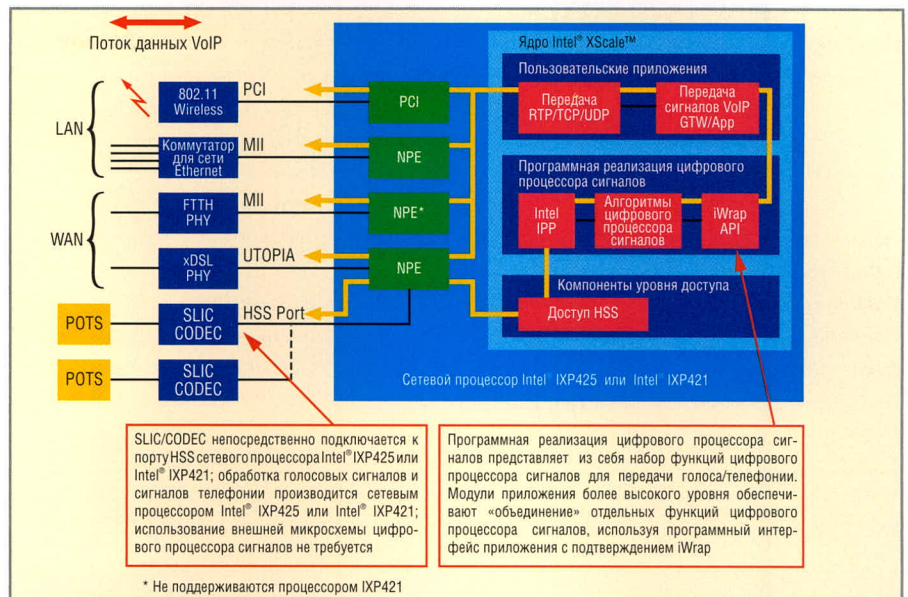
Передав задачи обработки голосовых сигналов ядру Intel XScale®, это программное решение позволяет обойтись без дополнительных аппаратных средств цифровой обработки сигналов, что снижает общую стоимость готового устройства. ПО для цифровой обработки сигналов IXP4xx также позволяет разработчикам создавать абонентское оборудование и интегрированные устройства доступа с возможностью обработки голосовых сигналов. При этом снимается необходимость самостоятельного создания сложных алгоритмов цифровой обработки голоса или оптимизации ассемблерного кода под ядро Intel XScale®. Данный пакет программ подходит для устройств IP-телефонии невысокой плотности (например, абонентское оборудование и

платформы совмещённого доступа, применяемые на предприятиях малого и среднего бизнеса). В настоящее время реализованы версии программного обеспечения для операционных систем VxWorks* и Linux*. Этот пакет программ будет развиваться и в дальнейшем для удовлетворения потребностей в новых приложениях.

ПРИМЕР ПРИМЕНЕНИЯ ИНТЕГРИРОВАННОГО УСТРОЙСТВА ДОСТУПА ДЛЯ IP-ТЕЛЕФОНИИ

Рассмотрим пример использования устройства интегрированного доступа для обеспечения передачи голоса по IP-сети (см. рисунок). В данном примере соединение с глобальной сетью осуществляется или через цифровую абонентскую линию (xDSL), или через Ethernet. Голосовой сигнал из традиционной телефонной сети поступает через стандартный интерфейс SLIC/CODEC. Сетевой процессор IXP421 или IXP425 соединён с данным интерфейсом через HSS-порт. В зависимости от используемого интерфейса могут потребоваться дополнительные управляющие GPIO-соединения. Необходимо отметить, что кроме самого процессора Intel® IXP42x дополнительно требуется только интерфейс SLIC/CODEC.

Программное обеспечение Intel® IXP4xx поддерживает интерфейсы протоколов приложений (API) и программные примитивы (IPP) в одном модуле высокого уровня, который позволяет загружать голос в стек IP с помощью общего управляющего интерфейса. Программное обеспечение цифровой обработки сигналов связано через программный интерфейс HSS-порта с интерфейсом SLIC/CODEC для передачи голосовых потоков. Под управлением программы прикладного уровня выполняются такие задачи обработки голосовых и телефонных сигналов, как подавление эхо-сигналов, сжатие/распаковка и определение DTMF-сигналов. Сжатый звуковой сигнал затем передаётся по протоколам RTP/TCP/UDP на транспортный уровень, управляемый прикладным уровнем ПО и сигнальным/шлюзовым программным обеспечением, например, MGCP, H.248 или SIP, для передачи по физическим каналам (по цифровой або-



Пример решения для IP-телефонии с использованием сетевого процессора Intel® IXP421 или IXP425 и ПО Intel® IXP4xx для цифровой обработки сигналов

нентской линии xDSL или сети Ethernet). Однако необходимо отметить, что стек сигнального протокола не является частью программного обеспечения Intel IXP4xx.

Благодаря тому что сетевые процессоры Intel® IXP421 или IXP425 сами производят обработку голосовых сигналов, дополнительных микросхем для решения подобных задач не требуется. Это позволяет разработчикам использовать производительность ядра Intel XScale® при создании VoIP-устройств. Интеграция сетевых протоколов и цифровой обработки сигналов в единой программной архитектуре, а также широкий диапазон тактовых частот ядра Intel XScale® (266...533 МГц) обеспечивают масштабируемость и позволяют производить дальнейшее развитие решений на базе архитектуры Intel XScale® в будущем. Программное решение Intel® IXP4xx позволяет разработчикам взамен аппаратно-программных средств цифровой обработки сигналов использовать только программные средства. Кроме того, ПО Intel® IXP4xx делает возможным простую интеграцию с сетевыми устройствами и средствами обеспечения безопасности новых поколений конкурентоспособной продукции.

БАЗОВАЯ ПЛАТФОРМА ДЛЯ УСКОРЕНИЯ РАЗРАБОТКИ

Платформа разработчика для сетевого процессора Intel® IXP425 явля-

ется мощным средством для разработки и тестирования аппаратного и программного обеспечения для семейства сетевых процессоров Intel® IXP42x. Использование общей платформы для всей линейки продуктов позволяет значительно сэкономить ресурсы благодаря использованию общих средств и единой среды разработки. Данная платформа также может быть использована для проведения начального моделирования микросхем, оценки производительности и создания прототипов. Совместимость по контактам со всем семейством IXP4xx также несёт дополнительные преимущества для разработчика.

ИНСТРУМЕНТЫ И ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ УСКОРЕНИЯ РАЗРАБОТОК

Технология Intel XScale® поддерживается обширным набором инструментов и приложений для разработчиков. Кроме того, она поддерживает различные ОС. Для ускорения выхода новой продукции на рынок и снижения стоимости разработки производителям предоставляется широкий выбор инструментов на базе технологии Intel XScale®. Отладка процессоров Intel® IXP421 и IXP425 может производиться через интерфейс JTAG. Системы Macraigor® Raven®, Wind River Systems visionPROBE®/visionICE® и EPI® MAJIC® подключаются к интерфейсу JTAG с помощью стандартного 20-контактного разъёма.

* Другие наименования и товарные знаки являются собственностью своих законных владельцев.

МАСШТАБИРУЕМЫЕ СЕТЕВЫЕ ПРОЦЕССОРЫ INTEL® IXP4xx

Сетевые процессоры IXP421 и IXP425 относятся к универсальным продуктам семейства Intel® IXP4xx с высокой степенью интеграции. Они могут использоваться в широком диапазоне приложений, требующих наличия сетевых соединений, интегрированной функциональности и высокой производительности. Благодаря архитектуре для распределённой обработки и встроенной поддержке технологий построения глобальных и локальных сетей, семейство сетевых процессоров Intel® IXP4xx обладает преимуществами

единой архитектуры и совместимости по контактам. Высокая производительность сетевых процессоров позволяет включать в конечные изделия мощные программно реализуемые функции. Гибкость семейства IXP4xx упрощает задачу выбора процессора для поддержки конкретного количества голосовых линий, необходимых для работы типичного VoIP-приложения. Сетевой процессор Intel® IXP421 с частотой 266 МГц обеспечивает запас производительности ПО Intel® IXP4xx для цифровой обработки сигналов и стеков IP, достаточных для поддержки функционирования двух голосовых каналов.

Сетевой процессор Intel® IXP425 может работать на частотах 266, 400 и 533 МГц и поддерживает различные интерфейсы для обеспечения дополнительной интеграции. Процессор Intel® IXP425 выпускается для эксплуатации в нормальных условиях и в расширенном диапазоне рабочих температур. Варианты процессоров с частотой 400 и 533 МГц позволяют поддерживать VoIP-устройства с более высокой плотностью каналов.

Более подробную информацию о сетевых процессорах Intel® можно получить по адресу: www.intel.com/go/networkprocessors. ©

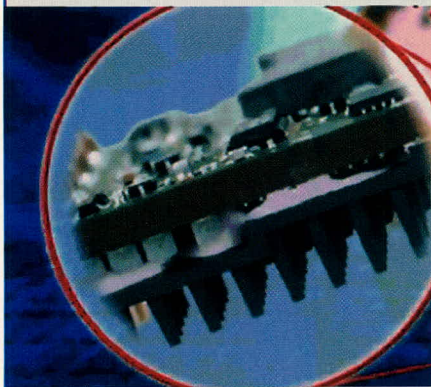
Новости мира News of the World Новости мира

Жидкий наполнитель полостей Gap Filler 2000

Жидкий наполнитель 2000 фирмы Bergquist, обладающий высокой теплопроводностью, поставляется как двухкомпонентный комплект и затвердевает при комнатной или повышенной температуре. Жидкий наполнитель не ограничивает толщину нанесения. При его нанесении или удалении элементы подвергаются незначительным нагрузкам по сравнению с нагрузками, возникающими при нанесении других отверждаемых наполнителей.

Жидкий наполнитель можно использовать в приложениях, в которых не требуется механического клевого соединения. Gap Filler 2000 представляет собой желеобразный состав. Его теплопроводность 2,0 Вт/м К. Компоненты А и В наполнителя окрашены, что можно использовать в качестве индикатора при смешивании (весовая или объёмная пропорция 1 : 1). При повышении температуры смесь затвердевает быстрее, чем при комнатной температуре. После затвердевания материал превращается в твёрдое вещество без образования побочных продуктов. При температуре 100°C отверждение происходит за пять минут.

www.bergquistcompany.com



Новая технология тыловой проекции на основе лазера для ТВ

В то время как люди, желающие купить новый телевизор большого размера, выбирают между LCD и плазменными моделями, компания Mitsubishi решила освежить технологию тыловой проекции. Она разработала первый телевизор, используя лазеры вместо традиционной ртутной лампы. Эта технология обеспечивает, по заявлению производителя, лучшее качество картинки, чем LCD и плазменные модели.

Используются три лазера, излучающие свет основных цветов (red, green, blue). В итоге удаётся расширить цветовой диапазон в 1,8 раза по сравнению с классическими телевизорами тыловой проекции. Отметим, что стандарт ExV YCC (Extended Video YCC), предложенный компанией Sony, обеспечивает аналогичное расширение цветового пространства.

Результаты усовершенствований компании Mitsubishi позволяют надеяться на то, что телевизоры станут дешевле телевизоров с LCD или плазменными панелями, но будут сопоставимы с ними по качеству. И всё же - такой аппарат на стену не повесишь. А к моменту массового выпуска таких телевизоров технологии тыловой проекции конкуренцию составит технология SED (Surface-conduction Electron-emitter Display).

www.hifinews.ru

DVD Forum утвердил новые стандарты для HD DVD

С 23 по 24 февраля в Токио прошла встреча участников комитета DVD Forum. Во время 33-го съезда председателем форума на следующие два года (до фев-

раля 2008) была назначена компания Toshiba. Sony, Warner и Intel получили статус вице-председателей.

Комитет утвердил новую спецификацию версии 1.9 для двухслойных HD DVD-дисков (HD DVD-R DL). Была организована рабочая группа (Working Group 9), которая должна будет рассмотреть предложения по защите данных для форматов, созданных участниками DVD Forum.

Также комитет утвердил версию 0.9 стандарта DVD Physical Specifications для перезаписываемых дисков HD DVD (HD DVD-RW) и дополнительные спецификации для этих дисков со скоростью 1x. Аналогичный стандарт утверждён и для HD DVD-RW DL (двухслойные перезаписываемые диски HD DVD). Не забыли участники и про видео – были согласованы требования для видеодисков HD DVD-VR (Video Recording) версии 1.0.

Комитет планирует сделать запрос киностудиям по поводу системы регионального контроля использования DVD-Video (DVD-Video Regional Playback Control system) и допускает возможность изменения текущих региональных кодов.

Попутно участники конференции анонсировали новый логотип для DVD-RW DL, как всегда, не отличающийся оригинальностью. Было бы гораздо лучше, если бы подобные форумы проводились при непосредственном участии киностудий и создателей спецификаций механизмов защиты данных (того же AAC). Ведь более всего от проблем общения между организациями, представляющими интересы владельцев авторских прав, создателями спецификаций, кинокомпаниями и производителями конечных устройств, страдает потребитель.

www.ixbt.ru

nRF24AP1

Микросхема nRF24AP1 – это новая разработка компании NORDIC, включающая аппаратную поддержку протокола ANT для беспроводной передачи данных, тем самым снимая с разработчика задачу создания протокола общения между беспроводными устройствами.

Краткое описание протокола ANT:

- Разработан специально для работы с дисковыми аккумуляторами
- Одно- и двунаправленный режим передачи данных
- Разделение каналов: TDMA
- 232 адресуемых каналов
- Проверка достоверности данных: 16-битная CRC
- Адаптивные соединения – автоматическая подстройка и синхронизация друг с другом: уверенное, непрерывное соединение.
- Режимы передачи: широкополосный, пакетный, адресный
- Обеспечение безопасности передаваемых данных и защита от перекрестных помех
- Поддержка сетей типа «точка–точка» и «звезда»
- Организация как открытых, так и частных сетей

Типичные применения

- Беспроводные датчиковые сети
- Промышленная автоматизация
- Охранная и пожарная сигнализация
- Спортивное оборудование

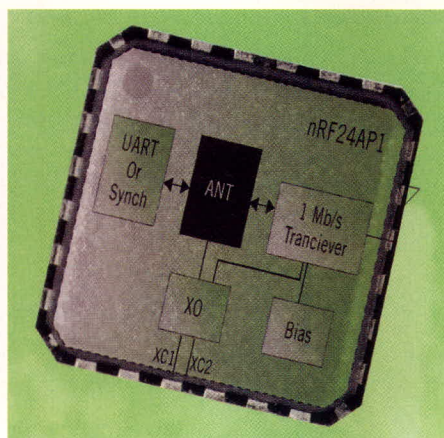


Таблица сравнения современных беспроводных протоколов

	ANT	Bluetooth	ZigBee Alliance
Частота	2,4 ГГц	2,4 ГГц	2,4 ГГц
Модуляция	GFSK	GFSK	QPSK
Скорость данных	1 Мбод	1 Мбод	250 Кбод
Частотных каналов	125	79	16
Внешних системных ресурсов	Нет	250K	28K
Поддерживаемые типы сетей	«Звезда», «точка–точка»	«Точка–точка»	«Звезда», «точка–точка»
Конфигурация RF узла (минимум)	Передатчик или приёмник	Передатчик	Передатчик

Краткие характеристики nRF24AP1

Частота сообщений	0,5–200 Гц
Потребляемый ток в ждущем режиме	2 мкА
Пиковый ток потребления в режиме приема	22 мА
Пиковый ток потребления в режиме передачи при 0 ДБм	16 мА
Средний ток потребления при передаче сообщения	39,4 мкА
Средний ток потребления при приеме сообщения	43,1 мкА
Максимальное количество одновременных подключений	> 65 000
Максимальная скорость передачи данных	20 Кбод
Среднее время работы от батареи CR2032 при типичном применении в качестве беспроводного датчика	5 лет

Обзор кристаллов ПЛИС компании Xilinx

Андрей Селезёнкин (Санкт-Петербург)

Сегодня производители предлагают множество разнообразных программируемых логических интегральных схем: программируемые простые, матричные и сложные логические устройства (SPLD, PAL, CPLD), а также программируемые пользователем базовые матричные микросхемы (FPGA) со специфическими характеристиками и сочетанием таких параметров, как быстродействие, энергопотребление, уровень интеграции и стоимость. В статье автор рассматривает типы программируемых логических микросхем, производимых компанией Xilinx, приводит их характеристики и рекомендуемые области применения.

Во время разработки цифрового устройства часто возникает вопрос выбора элементной базы, на которой предполагается его реализовать: будет ли это стандартная логика, программируемая логика или микроконтроллер. В последнее время всё большую популярность приобретают микросхемы программируемой логики, называемые в литературе ПЛИС.

По данным исследований лидеры рынка ПЛИС являются компании Xilinx, Altera и Lattice. Они занимают 95% всего рынка. Остальные 5% делят компании Actel, Atmel, QuckLogic, AMIS и NEC. Компания Atmel не имеет развитой линейки ПЛИС, а компания Actel больше специализируется на производстве ПЛИС для военной и аэрокосмической отраслей. Для компаний QuckLogic, AMIS и NEC ПЛИС не являются основным продуктом.

Компания Xilinx – одна из основателей и разработчиков самой концепции матрицы программируемых логических блоков. Она производит широкую гамму продуктов программируемой логики (табл. 1). Их можно разделить на два больших класса.

Первый – это устройства FPGA (Field Programmable Gate Array), представляющие собой матрицу программируемых логических вентилях. Они требуют для своей работы внешнюю конфигурационную память. Второй – это устройства CPLD (Complex Programmable Logic Device) – сложные устройства с программируемой логикой. Они несут на кристалле конфигурируемые модули и устройства хранения текущей конфигурации. На данный момент более широкое распространение получили FPGA как устройства с большим потенциалом в плане гибкости и эффективности. Такое деление ПЛИС на две большие группы имеет место у всех производителей. У компании Xilinx продукты FPGA представлены семействами Virtex, Spartan и XC5000, а продукты CPLD – семействами XC9500, CoolRunner и CoolRunner-II.

ПЛИС семейства Virtex сочетают малое энергопотребление с высокой производительностью. Они представляют собой специализированные ИС (ASIC) и являются реальной заменой заказных БИС. В состав семейства входят три типа микросхем:

Virtex-II, Virtex-II Pro и Virtex-4. Основные параметры микросхем приведены в табл. 1.

Virtex-II Pro – это результат дальнейшего развития Virtex-II. В микросхемы Virtex-II Pro и Virtex-4 дополнительно встроены приёмопередатчики, поддерживающие соединения от 2 до 24 каналов со скоростью передачи данных от 622 Мбит/с до 3,125 Гбит/с. Скорость передачи данных в двухстороннем режиме – 120 Гбайт/с.

Микросхемы Virtex-4 имеют три разновидности (LX, FX и SX), специализированные для различных применений. Микросхема Virtex-4LX предназначена для реализации устройств сложной логики, а Virtex-4SX – для реализации в качестве сигнальных процессоров (DSP). Микросхема Virtex-4Fx – это платформа для создания коммуникационных схем. Она оснащена модулями для работы с протоколами локальных сетей (Ethernet MAC blocks) и дуплексными приёмопередатчиками (Rocket IO™ Serial Transceivers) со скоростью работы до 11,1 Гбит/с. Микросхемы типа FX поддерживают следующие протоколы и стандарты:

- LVTTTL;
- LVCMOS (1,5, 1,8, 2,5 и 3,3 В);
- PCI (33 и 66 МГц);
- PCI-X;
- GTL и GTLP;
- HSTL 1,5 и 1,8 В (Class I, II, III, и IV);
- SSTL 1,8 и 2,5 В (Class I и II).

Модули ввода/вывода дополнительно могут быть сконфигурированы для поддержки следующих интерфейсов:

- LVDS и Extended LVDS (только 2,5 В);
- BLVDS (Bus LVDS);
- ULVDS;
- Hypertransport™;
- Differential HSTL 1,5 и 1,8 В (Class II);
- Differential SSTL 1,8 и 2,5 В (Class II).

Благодаря таким широким возможностям микросхемы Virtex-4 исполь-

Таблица 1. Основные параметры ПЛИС фирмы Xilinx*

Параметр	FPGA						CPLD			
	Virtex-II	Virtex-II Pro	Virtex-4	Spartan-XL	Spartan-II	Spartan-III	XC9500XL	XC9500XV	CoolRunner	CoolRunner-II
Максимальная рабочая (тактовая) частота, МГц	420	500	550	150	200	326	196	125	175	333
Напряжение питания ядра, В	2,5	1,5	1,2	3,3	1,8	1,2	3,3	2,5	3,3	1,8
Техпроцесс, нм	220	130	90	350	220	90	350	350	350	180
Максимальное количество логических ячеек	104 000	125 000	200 000	1862	5282	15 552	6400	6400	9600	16 000

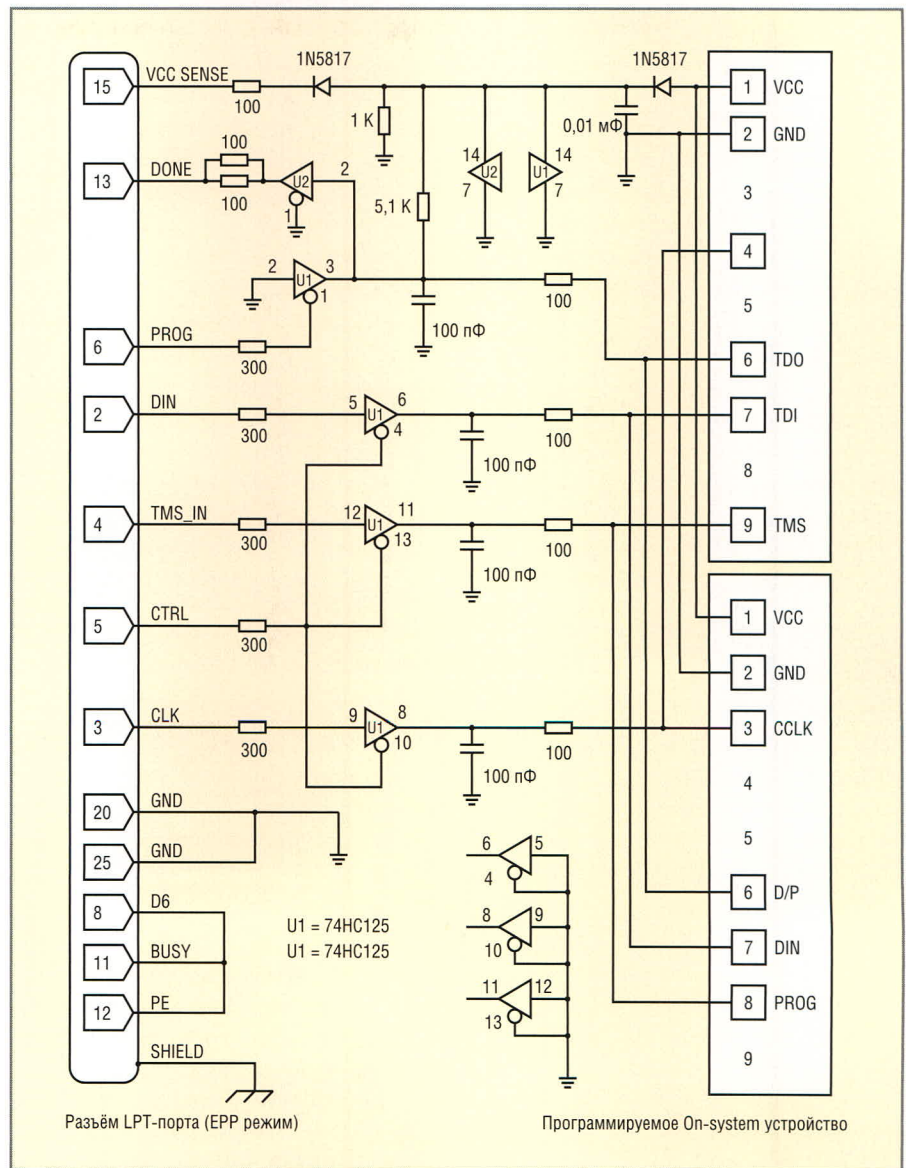
*Все микросхемы поддерживают JTAG-интерфейс.

зуются для разработки самой разнообразной аппаратуры, в том числе – современной компьютерной периферии.

Ещё одна большая линейка FPGA – микросхемы семейства Spartan. По своей структуре это семейство схоже с Virtex, но является более экономичным решением, оптимизированным для крупносерийных применений. В него входят следующие типы микросхем: Spartan-XL, Spartan-II и Spartan-III. Они пришли на смену устаревшей серии XC4000. Микросхемы Spartan-XL рассчитаны на напряжение питания 3,3 В.

Дальнейшим развитием этой линейки явилась разработка следующего поколения микросхем Spartan-II и Spartan-III. Spartan-II имеет увеличенный объём кристалла: теперь в них 200 тыс. системных вентилей, а рабочая частота повышена до 200 МГц. Последним же продуктом являются ПЛИС Spartan-III. Они изготавливаются по современной технологии 90 нм. Рабочая частота кристаллов увеличилась до 326 МГц, а себестоимость уменьшилась за счёт производства кристаллов на пластинах кремния диаметром 300 мм.

Другое большое направление продукции Xilinx – это ПЛИС CPLD. В отличие от FPGA, они не требуют для своей работы внешней памяти и хранят аппаратную конфигурацию непосредственно на кристалле. Выпускается три основных семейства ПЛИС: XC9500, CoolRunner и CoolRunner-II. Семейство XC9500 построено на основе Flash-технологии. В нём имеется три типа микросхем, рассчитанных на различные напряжения питания: XC9500 – на 5 В (хорошо согласуются по уровням с микросхемами ТТЛ и КМОП), XC9500XL – на 3,3 В, а также питающееся от 2,5 В семейство XC9500XV (для применения в мобильных приложениях). В остальном параметры их идентичны: до 288 макроячеек на кристалле, 192 блока ввода/вывода и задержка сигнала «контакт–контакт» 4 нс. В результате развития XC9500 появилось семейство ПЛИС CoolRunner. Его отличительной особенностью является низкое энергопотребление. В статическом режиме микросхемы потребляют ток порядка 100 мкА. Аналогичной экономичностью обладают микросхемы компании Lattice Semiconductor. Семейство CoolRunner-II



Простая схема JTAG-кабеля для LPT-порта

рассчитано на поддержку большого количества коммуникационных протоколов. Параметры микросхем приведены в табл. 1.

Все микросхемы FPGA фирмы Xilinx могут программироваться непосредственно в готовом устройстве

(on-system) через стандартный JTAG-интерфейс (рисунок). Для хранения конфигурации ПЛИС в выключенном состоянии используется внешнее ПЗУ производства самой Xilinx (однократно программируемые XC17V00 и Flash-ПЗУ XC18V00) или

Таблица 2. Основные параметры конфигурационных Flash-ПЗУ фирмы Xilinx

Параметр	XCF01S	XCF02S	XCF04S	XCF08P	XCF16P	XCF32P
Объём памяти, Мб	1	2	4	8	16	32
Выбор конфигурации				Да	Да	Да
Сжатие данных				Да	Да	Да
Версии кристалла				Да	Да	Да
Напряжение питания, В	3,3	3,3	3,3	1,8	1,8	1,8
Напряжение ввода/вывода, В	1,8...3,3	1,8...3,3	1,8...3,3	1,5...3,3	1,5...3,3	1,5...3,3
Напряжение JTAG-порта, В	1,8...3,3	1,8...3,3	1,8...3,3	1,5...3,3	1,5...3,3	1,5...3,3
Рабочая частота, МГц	33	33	33	40	40	40
Корпус	VO20	VO20	VO20	FS48, VO48	FS48, VO48	FS48, VO48

* Все микросхемы поддерживают JTAG и последовательный интерфейс.

компании Atmel. Современное поколение микросхем, используемых в качестве ПЗУ, – это XC9500, содержащее Flash-память объемом 1...32 Мб (табл. 2). Эти микросхемы существенно расширяют возможности конфигурирования: в памяти микросхемы внешнего ПЗУ может храниться несколько альтернативных конфигураций устройства и в зависимости от поставленных задач пользователь может с помощью специализированного блока выбирать необходимую аппаратную конфигурацию.

Приведём наиболее яркий пример применения ПЛИС. Известный международный проект SETI (поиск внеземного разума), имеющий довольно развитую сеть радиотелескопов, де-

шифраторов, специализированного оборудования, координируется уникальным вычислительным комплексом. Последний занимается сбором данных с радиотелескопов, управлением уникальной системой Allen Telescope Array, дешифрацией полученных данных и их анализом. Данный вычислительный комплекс состоит из 8 взаимосвязанных кластеров, каждый из которых состоит из 128 кристаллов FPGA компаний Lattice и Xilinx. Весь этот комплекс управляется операционной системой Debian Linux; такое сочетание свободной операционной системы и гибкости программируемой логики позволило создать гибкую, динамично развивающуюся техническую базу

для смелого научного проекта. Создание подобного рода оборудования практически не реализуемо на основе микросхем стандартной логики или типовых процессоров. Применение ПЛИС наиболее эффективно там, где необходимо создание малосерийных и уникальных устройств с развитыми вычислительными возможностями и потребностью в оперативном конфигурировании.

ЛИТЕРАТУРА

1. <http://www.xilinx.com/product>.
2. <http://www.latticesemi.com/?r=databook>.
3. <http://www.altera.com>.
4. <http://www.seti.org/site>.
5. <http://www.membrana.ru/articles/global/2003/03/13/215100.html>.

Новости мира News of the World Новости мира

Микросхемы семейства FPGA по технологии 90 нм фирмы Lattice

Компания Lattice Semiconductor представляет семейство FPGA LatticeECP2. Это семейство производится по 90-нм Fujitsu-CMOS-технологии на 300-мм подложках и стоит при крупных партиях менее \$0,50 за 1000 Look-up-Tables (LUTs). Чипы LatticeECP2 предлагаются в двух исполнениях: Standard-LatticeECP2 и LatticeECP2M. Чипы LatticeECP2M имеют более высокую плотность (до 100 Кбит LUT) и повышенный объём памяти (свыше 5 Мбит RAM). В общей сложности планируется 6 плотностей логики (от 6 до 70 Кбит LUT) для LatticeECP2, а также дополнительные типы чипов в семействе LatticeECP2M.

Чипы LatticeECP2 содержат Embedded Memory от 55 Кбит до 1 Мбит в sysMEM, Embedded Block RAM (EBR) от 12 до 88 умножителей 18 г 18 и от 95 до 628 I/O-выводов. Кроме того, каждый чип имеет два Delay Locked Loops (DLLs) и от 2 до 6 Phase Locked Loops (PLLs) для управления во времени. Микросхемы имеются в различных корпусах: TQFP, PQFP и Fine-Pitch-

BGA (fpBGA). Микросхемы работают от напряжения питания 1,2 В.

Последняя версия ispLEVER-Toolssoftware Version 5.1 с Service Pack 2 обеспечивает поддержку проектирования для элементов LatticeECP2. Эти инструменты разрешают доступ ко всем цифровым элементам Lattice и содержат поддержку синтеза Mentor Graphics и Synplicity. Lattice и IP-партнёры предлагают Intellectual-Property-Cores.

www.latticesemi.com

8- и 32-битные микроконтроллеры для систем управления двигателями

Компания NEC Electronics расширяет ряд 8- и 32-битных Flash-микроконтроллеров (MCU) четырьмя новыми моделями, разработанными для систем управления двигателями.

Чипы 32-битной серии V850ES/IE2 базируются на CPU V850ES фирмы NEC. Они поддерживают тактовые частоты до 20 МГц и содержат схемы ПОС-сброса (Power On Clear) и функции LVI. Элементы предлагаются с Flash-памятью 64 или 128 Кб. Восьми-

битные модели μ PD78F0711 и μ PD78F0712 содержат CPU-Core 78 Кб и могут поставляться с объёмом Flash 8 и 16 Кб.

Все новые 8- и 32-битные микроконтроллеры имеют аппаратные функции специально для управления инверторами. Сюда наряду с многофункциональными таймерами относятся также аналого-цифровые преобразователи и схемы защиты от перегрузки. Помимо обычного метода 120°-управления MCU поддерживают также 180°-управление. Образцы чипов μ PD78F0711/712 и V850ES/IE2 уже имеются. Начало серийного производства микросхем намечено на июнь 2006 г.

www.eu.necel.com/motorcontrol

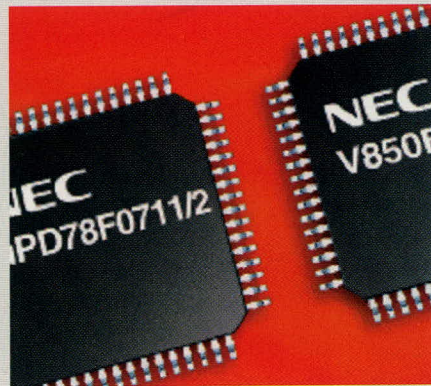
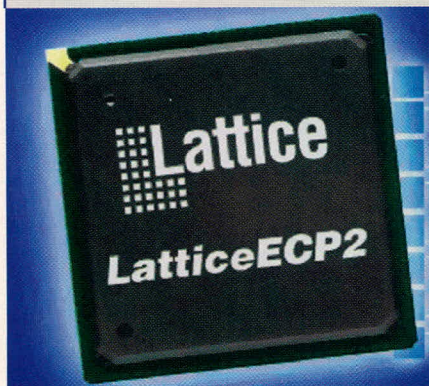
Операционные усилители от Linear

Корпорация Linear Technology выпустила 1,8-вольтовые двойные и счетверённые операционные усилители в корпусе DFN.

Модели LT6001 и LT6002 обеспечивают по 13 мкА на единичный усилитель. Входное напряжение смещения составляет максимум 500 мкВ при температуре 25°C с предельным отклонением 5 мкВ/°C. Размах входных и выходных сигналов равен напряжению питания. Такое сочетание свойств делает эти устройства пригодными для использования в сотовых телефонах, а также других переносных устройствах, включая некоторые виды медицинского и промышленного оборудования.

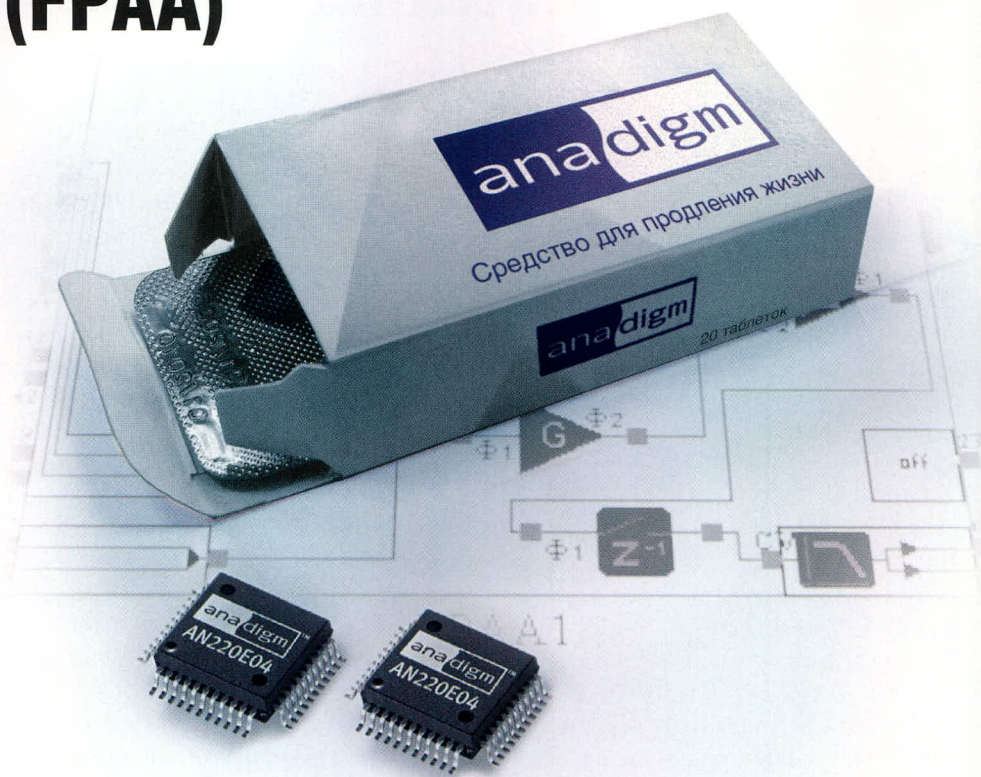
Для большего энергосбережения двойной усилитель LT6001 (3 × 3 мм) имеет выход для выключения, позволяющий снизить потребляемый ток до 1,5 мкА в ждущем режиме.

www.e7e.ru



Программируемые аналоговые интегральные схемы (FPAА)

ana digm™



На одном кристалле FPAА содержится:

- Дифференциальные компараторы
- Операционные и инструментальные усилители
- Инструментальные усилители
- Фильтры
- Источники образцового напряжения
- Усилители-ограничители
- Мультиплексор
- Выпрямители с ФНЧ
- Генераторы синусоидального сигнала
- Генераторы периодических сигналов специальной формы
- АЦП последовательного приближения
- Программируемые усилители

Области применения

- Системы сбора данных
- Медицинское оборудование
- Автоэлектроника
- Промышленная автоматика
- Аудиотехника
- Прецизионные измерительные системы и т.п.

ПРЕИМУЩЕСТВА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ FPAА

- Продление жизненного цикла изделия
- Упрощение настройки и регулировки
- Повышение надёжности
- Снижение стоимости
- Статическая и динамическая конфигурация структуры
- Однокристалльные системы аналоговой обработки
- Программное изменение характеристик системы
- Автоматически перестраиваемые и адаптируемые схемы

Основные достоинства Anadigm Designer 2

- Удобная среда разработки, интуитивно понятная разработчику
- Отладка схемы в реальном времени
- Цифровой осциллограф, вольтметр, частотомер
- Быстрое программирование ИС через стандартный порт RS232 непосредственно из среды разработки
- Тестирование прошивки непосредственно на кристалле или в системе
- Динамическое перепрограммирование структуры

ANADIGM — ПРОДЛЕНИЕ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ВАШИХ ИЗДЕЛИЙ!

Узнайте подробности в компании ПРОСОФТ

Телефон: (495) 234-0636 • Web: www.prochip.ru

Прецизионные системы сбора данных семейства MSC12xx фирмы Texas Instruments

(часть 2)

Павел Редькин (г. Ульяновск)

Автор продолжает описание устройств MSC12xx (начало см. СЭ № 2, 2006). Рассмотрена система прерываний, встроенная аналоговая и цифровая периферия, аппаратное конфигурирование и программирование, разработка-отладка приложений.

ПЕРИФЕРИЯ УСТРОЙСТВ MSC12xx

Многие из специальных регистров MSC12xx определены (поддерживаются) в стандарте 8051-контроллеров. В то же время некоторые из регистров специального назначения (PCH) MSC12xx определены только в составе MSC12xx. Их имена «неизвестны» стандарту 8051, т.к. в стандартном 8051-совместимом контроллере таких регистров нет. Например, в отличие от «классического» стандарта 8051, в MSC12xx имеется не один, а два 16-битных регистра-указателя данных: модули DPTR0 и DPTR1.

В дополнение к встроенным таймерам/счётчикам, соответствующим стандарту 8052, устройства семейства MSC12xx имеют в своём составе ещё два специфических системных таймера, каждый из которых способен генерировать вспомогательное прерывание:

- микросекундный таймер – используется для формирования базовых интервалов времени для записи во Flash-память, а также во встроенном модуле ШИМ/тонального генератора;
- миллисекундный таймер – используется для формирования базовых интервалов времени для стирания Flash-памяти, для генерации миллисекундных прерываний, для формирования базовых интервалов времени при генерации секундных прерываний, а также в модуле сторожевого таймера.

Помимо этих таймеров, в устройствах MSC12xx аппаратно организованы генерация стомиллисекундной и секундной импульсных последова-

тельностей. Эти последовательности используются для синхронизации модуля сторожевого таймера и генерации секундных прерываний.

Названия всех перечисленных системных таймеров проистекают из величин периодов импульсных последовательностей, которые они вырабатывают. Помимо штатного назначения, возможно их использование в пользовательском приложении, например, для программной организации часов реального времени.

Встроенные последовательные порты (USART0 и USART1) MSC12xx поддерживают работу на стандартных скоростях обмена вплоть до 57,6 Кбит/с и могут функционировать в нескольких режимах. Для их синхронизации используются встроенные таймеры/счётчики стандарта 8052: таймер/счётчик 1 и таймер/счётчик 2.

Входящий в состав устройств подсемейства MSC121x аппаратный модуль широтно-импульсного модулятора (ШИМ) может функционировать в двух режимах: в режиме ШИМ и в режиме тонального генератора. В режиме ШИМ на выходе модуля могут быть сгенерированы импульсы (сигнал с ШИМ) с частотой от 4 до 500 кГц, если в качестве тактовой частоты используется внутренняя частота 1 МГц, или с частотой до 16 МГц, если в качестве тактовой частоты используется тактовая частота микроконтроллера устройства. В режиме тонального генератора на выходе модуля могут быть сгенерированы прямоугольные импульсы типа «меандр» или тональный сигнал со ступенчатой структурой с частотой от 60 Гц до 16 МГц. Ступенча-

тую структуру тональный сигнал имеет из-за использования для его генерации трёх различных уровней напряжения: уровня логического нуля (около 0 В), уровня, соответствующего высокоимпедансному состоянию выхода, и уровня логической единицы (около DV_{dd}). Напряжение уровня, соответствующего высокоимпедансному состоянию выхода, не вырабатывается самим модулем ШИМ, а задаётся внешней резистивной цепью смещения, подключенной к выходу ШИМ/тонального генератора.

В состав устройств семейства MSC12xx входят несколько различных модулей ЦАП. В устройствах подсемейства MSC120x – это 8-битный одноканальный ЦАП с токовым выходом, в устройствах MSC1211/1212 – 16-битный 4-канальный ЦАП, у которого два канала имеют выход по напряжению, а другие два могут программно конфигурироваться (токовый выход/выход по напряжению). В устройствах MSC1213/1214 – это 16-битный двухканальный ЦАП с программно конфигурируемыми каналами. В устройстве MSC1210 модуль ЦАП отсутствует.

Выходной ток 8-битного модуля ЦАП выводится через ножку IDAC устройства и может быть использован в приложении в качестве тока возбуждения внешних пассивных датчиков для создания на них измеряемого напряжения, а также для создания внешнего опорного напряжения модуля АЦП. В качестве источника опорного напряжения 16-битного модуля ЦАП с выходом по напряжению может быть использовано напряжение AV_{dd} или напряжение внутреннего или внешнего источника опорного напряжения (ИОН).

Устройства семейства MSC12xx содержат встроенный программируемый детектор пониженного напряжения питания. Он предоставляет пользовательской программе воз-

возможность обнаруживать понижение и кратковременные провалы напряжений питания аналоговой и цифровой частей устройства. Уровни аналогового и цифрового напряжений, при которых происходит срабатывание детекторов, для устройств MSC121x выбираются пользователем и составляют: 2,7; 3,0; 3,3; 4,0; 4,2; 4,5 и 4,7 В.

В устройствах MSC120x значение уровня срабатывания детектора аналогового питающего напряжения фиксировано и составляет 2,7...2,8 В. Понижение уровня цифрового питающего напряжения в MSC120x вообще не детектируется.

СИСТЕМА ПРЕРЫВАНИЙ MSC12xx

В устройствах подсемейства MSC120x имеется 20, а в устройствах подсемейства MSC121x – 21 источник прерываний. Среди них есть внутренние, например, переполнение таймеров/счётчиков, и внешние, например, поступление на соответствующие входы устройства внешних активных уровней или перепадов. Для примера в табл. 8 приводится перечень прерываний устройств подсемейства MSC121x.

Все прерывания MSC12xx можно условно разделить на пять типов:

- прерывания от последовательных портов;
- внешние прерывания,
- прерывания от таймеров/счётчиков;
- прерывание от сторожевого таймера,
- вспомогательные прерывания.

В устройствах MSC12xx прерывания могут иметь три уровня приоритета: наивысший, высокий и низкий. Уровни приоритета конкретных прерываний в некоторых пределах могут выбираться программно. Наивысший приоритет имеют только вспомогательные прерывания (адрес вектора 33h). Для всех других прерываний может быть программно назначен высокий или низкий уровень приоритета. Приоритет среди вспомогательных прерываний может быть задан программно путём установления требуемой очередности их опроса. Каждый из источников прерываний MSC12xx может быть разрешён индивидуально, кроме того, все прерывания могут быть разрешены глобально. То же самое касается и вспомогательных прерываний, имеющих отдельные индивидуальные и

глобальное разрешения. При обслуживании некоторых прерываний аппаратно сбрасываются вызвавшие их флаги.

Когда устройство MSC12xx находится в нерабочем режиме (IDLE), все источники вспомогательных и только три источника обычных прерываний могут инициировать его «пробуждение». Это следующие источники обычных прерываний: прерывание от сторожевого таймера, внешнее прерывание 0 и внешнее прерывание 1. Условия «пробуждения» из нерабочего режима можно задать программно.

Модуль встроенного АЦП MSC12xx

Все устройства семейства MSC12xx, кроме MSC1202, имеют в своём соста-

ве аппаратный модуль АЦП с разрешающей способностью 24 бита. Разрешающая способность модуля АЦП устройства MSC1202 – 16 бит. Аппаратный модуль АЦП состоит из: входного мультиплексора (MUX), дополнительного буфера (BUF), усилителя с программируемым коэффициентом усиления (PGA), ЦАП смещения, дельта-сигма-модулятора, программируемого цифрового фильтра, блоков калибровки усиления и смещения, аппаратного сумматора и прочих вспомогательных аналоговых и цифровых узлов. Структурная схема модуля АЦП приведена на рис. 7. Функциональная схема модуля АЦП с указанием специальных регистров приведена на рис. 8. В устройствах MSC1201 и MSC1202 количество аналоговых дифференциальных входов

Таблица 8. Прерывания устройств подсемейства MSC121x

Прерывание/событие	Прерывание		Приоритет	Флаг	Разрешение	Управление приоритетом
	адрес	номер				
Пониженное напряжение DV _{dd} /аппаратная точка останова	33h	6	Высокий 0	EDLVB (AIE.0) ¹	EDLVB (AIE.0) ¹	Нет
				EBP (BPCON.0) ¹	EBP (BPCON.0) ¹	
Пониженное напряжение AV _{dd}	33h	6	0	EALV (AIE.1) ¹	EALV (AIE.1) ¹	Нет
Приём через SPI/I ² C ⁵	33h	6	0	ESPIR/EI2C (AIE.2) ¹	ESPIR/EI2C (AIE.2) ¹	Нет
Передача через SPI	33h	6	0	ESPI (AIE.3) ¹	ESPI (AIE.3) ¹	Нет
Миллисекундный таймер	33h	6	0	EMSEC (AIE.4) ¹	EMSEC (AIE.4) ¹	Нет
АЦП	33h	6	0	EADC (AIE.5) ¹	EADC (AIE.5) ¹	Нет
Регистр суммирования	33h	6	0	ESUM (AIE.6) ¹	ESUM (AIE.6) ¹	Нет
Секундный таймер	33h	6	0	ESEC (AIE.7) ¹	ESEC (AIE.7) ¹	Нет
Внешнее прерывание 0	03h	0	1	IE0 (TCON.1) ²	EX0 (IE.0) ⁴	PX0 (IP.0)
Переполнение таймера/счётчика 0	0Bh	1	2	TF0 (TCON.5) ³	ET0 (IE.1) ⁴	PT0 (IP.1)
Внешнее прерывание 1	13h	2	3	IE1 (TCON.3) ²	EX1 (IE.2) ⁴	PX1 (IP.2)
Переполнение таймера/счётчика 1	1Bh	3	4	TF1 (TCON.7) ³	ET1 (IE.3) ⁴	PT1 (IP.3)
Последовательный порт 0	23h	4	5	RI_0 (SCON0.0)	ES0 (IE.4) ⁴	PS0 (IP.4)
				TI_0 (SCON0.1)		
Переполнение таймера/счётчика 2	2Bh	5	6	TF2 (T2CON.7)	ET2 (IE.5) ⁴	PT2 (IP.5)
Последовательный порт 1	3Bh	7	7	RI_1 (SCON1.0)	ES1 (IE.6) ⁴	PS1 (IP.6)
				TI_1 (SCON1.1)		
Внешнее прерывание 2	43h	8	8	IE2 (EXIF.4)	EX2 (IE.0) ⁴	PX2 (EIP.0)
Внешнее прерывание 3	4Bh	9	9	IE3 (EXIF.5)	EX3 (IE.1) ⁴	PX3 (EIP.1)
Внешнее прерывание 4	53h	10	10	IE4 (EXIF.6)	EX4 (IE.2) ⁴	PX4 (EIP.2)
Внешнее прерывание 5	5Bh	11	11	IE5 (EXIF.7)	EX5 (IE.3) ⁴	PX5 (EIP.3)
Сторожевой таймер	63h	12	12 Низкий	WDTI (EICON.3)	EWDI (IE.4) ⁴	PWDI (EIP.4)

¹Эти прерывания устанавливают флаг AI (EICON.4) и разрешаются битом EAI (EICON.5).

²Если прерывание вызывается фронтом внешнего сигнала, то флаг сбрасывается аппаратно при передаче управления по адресу вектора. Если прерывание вызывается внешним уровнем, то текущее значение флага равно значению этого уровня на ножке.

³Флаг сбрасывается аппаратно при передаче управления по адресу вектора.

⁴Глобально разрешается битом /EA (IE.7).

⁵Интерфейс I²C имеется только у MSC1211 и MSC1213.

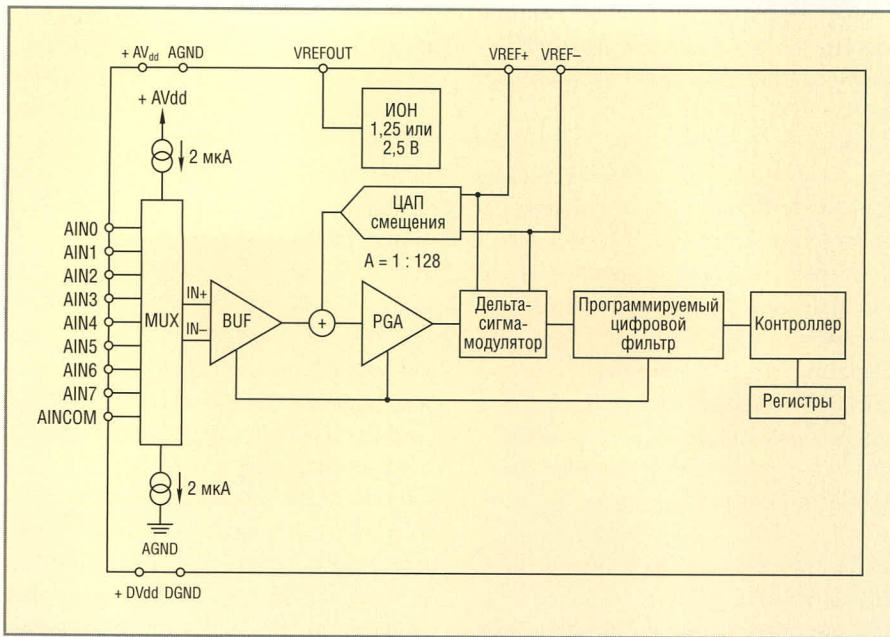


Рис. 7. Структурная схема модуля АЦП устройств MSC12xx

группирования любого из входов в дифференциальную пару с входом REFIN-.

К входам дополнительного буфера АЦП программно может быть подключен встроенный температурный датчик. Дифференциальное напряжение датчика линейно зависит от окружающей температуры в диапазоне от -40...+85°C.

Наличие в модуле АЦП MSC12xx входного буфера позволяет свести к минимуму влияние входного сопротивления модуля АЦП на источник измеряемого напряжения, что даёт возможность производить измерения сигналов без внесения дополнительной погрешности от источников с высоким внутренним сопротивлением. Типичное значение входного импеданса MSC12xx без буфера равно 5 МОм (определяется заданной частотой выборки АЦП), а с буфером – 10 ГОм.

У программируемого усилителя (PGA), входящего в состав модуля АЦП MSC12xx, коэффициент усиления по напряжению может быть программно выбран равным одному из значений: 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64 или 128. Использование PGA реально улучшает эффективную разрешающую способность АЦП при измере-

AINx равно не восьми, как показано на рис. 7 и 8, а шести: AIN0 – AIN5.

Установленный на входе модуля АЦП мультиплексор позволяет программно конфигурировать каждый аналоговый вход как положительный или как отрицательный в составе дифференциальной пары и произвольно группировать аналоговые входы в дифференциальные пары. Всего в распоряжении пользователя

в устройствах MSC1200/1210/1211/1212/1213/1214 имеется девять аналоговых входов, которые могут быть сгруппированы в четыре дифференциальные пары в любых комбинациях. В устройствах MSC1201/1202 всего имеется семь аналоговых входов, которые могут быть сгруппированы в три дифференциальные пары. Кроме того, в устройствах MSC1201/1202 есть возможность

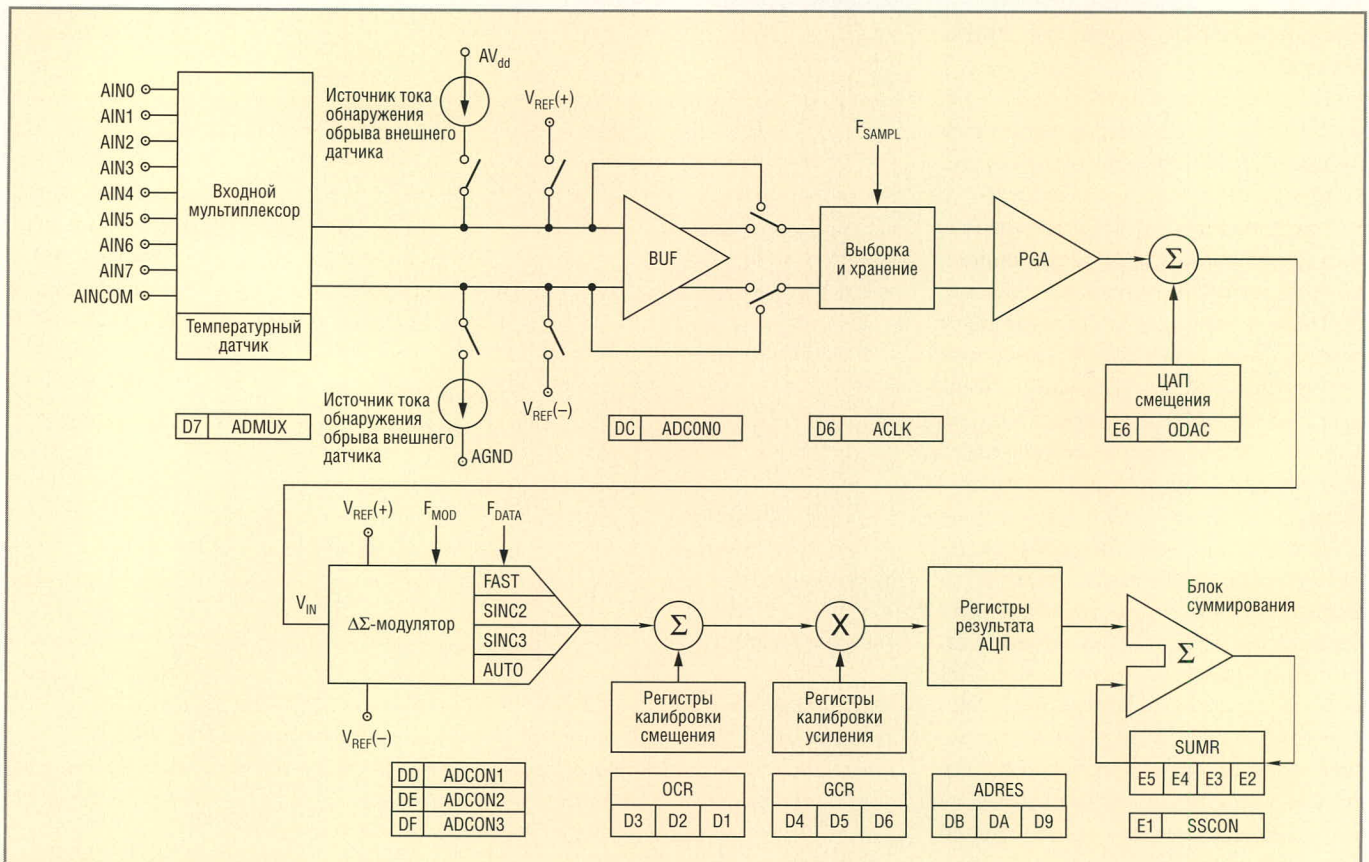


Рис. 8. Функциональная схема модуля АЦП устройств MSC12xx

нии малых напряжений. Например, при $PGA = 1$ для диапазона входных напряжений $\pm 2,5$ В теоретически может быть достигнуто разрешение 1,5 мкВ. При $PGA = 128$ для диапазона входных напряжений ± 19 мВ теоретически достижимое разрешение составляет 75 нВ. Напряжение на входе PGA может быть сдвинуто на величину, достигающую половины значения полного диапазона входных напряжений, путём использования встроенного модуля ЦАП-смещения. Величина и знак смещения могут задаваться программно.

Для компенсации ошибок, вносимых в результат преобразования, в MSC12xx предусмотрены режимы калибровок, переход в которые иницируется программно. Проведение калибровок позволяет скомпенсировать ошибки смещения и усиления, вносимые в результат влиянием внутренних узлов устройства (автокалибровки) и внешних цепей, подключенных к устройству (системные калибровки). В пользовательском приложении рекомендуется производить все доступные виды калибровок перед проведением рабочих преобразований. При проведении автокалибровки смещения дифференциальные входы АЦП внутри устройства автоматически замыкаются между собой. Автокалибровка смещения компенсирует только внутреннее смещение устройства. При проведении автокалибровки усиления коэффициент усиления PGA автоматически принимает значение 1, а на дифференциальные входы АЦП автоматически подаётся напряжение внутреннего ИОН. Перед проведением любой из системных калибровок необходимо вручную подать на выбранные дифференциальные входы АЦП соответствующие уровни напряжения системного нуля или системного верхнего предела шкалы.

Цифровой фильтр на выходе модулятора АЦП MSC12xx может иметь характеристику вида sinc^2 , sinc^3 или характеристику для так называемого быстрого преобразования, что задаётся программно.

Наличие цифрового фильтра позволяет значительно ослабить влияние на характеристики преобразования шумов и помех в постоянном (или медленно меняющемся) входном измеряемом напряжении.

При наличии высокой эффективной разрешающей способности модуль АЦП MSC12xx имеет сравнительно невысокую производительность. Для достижения эффективного разрешения свыше 20 бит частота обновления выходных данных не должна превышать 50 Гц (производительность 50 SPS). Возможно задание частоты обновления выходных данных до нескольких кГц (kSPS). Однако при такой производительности эффективное разрешение 24-битного АЦП составляет всего 10...15 бит (см. рис. 9).

Устройства семейства MSC12xx могут использовать в модуле АЦП как встроенный, так и внешний ИОН. Встроенный ИОН имеет напряжение 1,25/2,5 В, а его выбор в качестве активного производится программно. Напряжение встроенного ИОН, равное 1,25 В, допустимо выбирать для диапазона AV_{dd} 2,7...5,25 В, а напряжение 2,5 В – только для диапазона AV_{dd} 4,5...5,25 В.

Во всех устройствах семейства MSC12xx имеется аппаратный сумматор. Его использование позволяет более эффективно производить операции, связанные с суммированием (накоплением) и сдвигом/делением многоразрядных чисел, в частности, при обработке результатов АЦП. Сумматор состоит из 32-битного регистра суммирования/сдвига, составленного из четырёх 8-битных РСН. При записи какого-либо значения в эти регистры производится суммирование в заданном режиме работы сумматора. Сумматор может функционировать в следующих режимах:

- «вручную» записываемое в сумматор значение автоматически суммируется с его текущим содержимым;
- «вручную» записываемое в сумматор значение автоматически вычитается из его текущего содержимого;
- очередной результат АЦП автоматически суммируется с текущим содержимым сумматора;
- текущее 32-битное значение в сумматоре делится на заданное программой число;
- очередной результат АЦП автоматически суммируется с текущим содержимым сумматора, а по окончании суммирования накопленная сумма автоматически делится на заданное программой число.

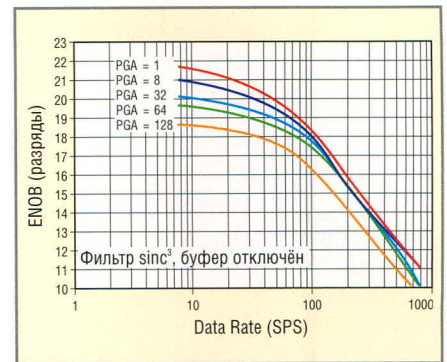


Рис. 9. Зависимость эффективного разрешения АЦП (ENOB) от скорости обновления выходных данных (Data Rate)

ИНТЕРФЕЙСЫ SPI И I²C В MSC12xx

Устройства подсемейства MSC120x имеют в своём составе аппаратный модуль последовательного периферийного интерфейса (SPI), который обеспечивает доступ к внешним устройствам, имеющим аналогичный интерфейс. Модуль интерфейса SPI устройств MSC120x поддерживает несколько усечённый вариант стандарта SPI по сравнению с классическим вариантом. В SPI MSC120x аппаратно поддерживаются режимы ведущего и ведомого, полнодуплексный обмен данными, две полярности синхросигнала, две фазы синхросигнала, два порядка передачи битов в байте и сигнал выбора ведомого.

Модуль SPI устройств MSC121x поддерживает полный стандарт интерфейса SPI. Он может быть программно сконфигурирован как ведущий или как ведомый. Максимальная скорость передачи данных через SPI достигает половины тактовой частоты микроконтроллера. Модуль SPI в устройствах MSC121x располагает также буфером FIFO (отсутствует в MSC1210), который обеспечивает через модуль SPI режим прямого доступа к регистровой памяти микроконтроллера (DMA).

Устройства MSC120x поддерживают обмен по двухпроводному интерфейсу, совместимому с I²C. Интерфейс I²C разделяет с интерфейсом SPI одни и те же выводы и использует один и тот же внутренний аппаратный логический модуль. Интерфейс I²C MSC120x поддерживает следующие манипуляции:

- операции ведущего и ведомого I²C (управление осуществляется программно);
- стандартный и быстрый режимы передачи;

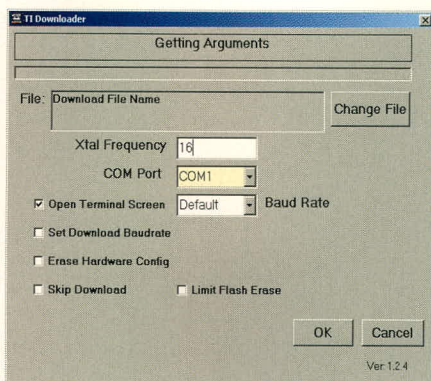


Рис. 10. Главное окно программы-загрузчика TI Downloader

- «затягивание» синхросигнала (ситуация, когда ведущее или ведомое устройство удерживает линию последовательного синхросигнала в низком уровне, приостанавливая обмен по I²C);

- общий вызов на шине I²C.

Устройства MSC121x также поддерживают обмен по двухпроводному интерфейсу, совместимому с I²C, который разделяет с интерфейсом SPI одни и те же выводы устройства. Интерфейс I²C MSC121x поддерживает следующие манипуляции:

- операции ведущего и ведомого I²C;
- стандартный и быстрый режимы передачи;
- общий вызов на шине I²C;
- режим с несколькими ведущими I²C.

Возможность интерфейса I²C MSC121x поддерживать «затягивание» синхросигнала не отражена в оригинальной документации производителя.

Синхронизация MSC12xx

Устройства подсемейства MSC120x имеют в своём составе аппаратный модуль системы фазовой автоматической подстройки частоты (ФАПЧ). При наличии ФАПЧ устройство MSC120x может синхронизироваться от трёх различных источников: внутреннего генератора (режим синхронизации IOM), внешних синхронизирующих импульсов (режим синхронизации ECM) и системы ФАПЧ (режим синхронизации PLL). Источник синхронизации может быть выбран при программировании устройства. При отсутствии ФАПЧ (устройства MSC121x) возможна синхронизация только в режиме ECM.

В режиме синхронизации IOM центральный процессор выполняет программу в режимах тактирования

LF или HF. Внутренний генератор с номинальной частотой 13,4 МГц (режим тактирования LF) или 25,6 МГц (режим тактирования HF) имеется только в устройствах MSC120x и отсутствует в устройствах MSC121x. В режиме синхронизации ECM центральный процессор может тактироваться от внешнего кварцевого или керамического резонатора или от внешнего генератора. В режиме синхронизации PLL центральный процессор может использовать для тактирования внешний кварцевый резонатор на частоту 32 768 Гц. Система ФАПЧ синтезирует из этой частоты заданную тактовую частоту процессора.

Аппаратная конфигурация MSC12xx

В дополнение к имеющемуся количеству Flash-памяти программ/данных устройства MSC120x содержат 64 байта, а устройства MSC121x – 128 байт памяти аппаратной конфигурации. В этой области памяти размещены два (три) аппаратных регистра конфигурации HCRx. Кроме того, в этой области памяти в устройствах MSC120x можно размещать до 48, а в устройствах MSC121x – до 112 байт данных конфигурации, которые могут содержать информацию о серийных номерах, кодах изделий, версиях встроенного программного обеспечения (ПО) и т.п. Программе эта информация доступна только для косвенного чтения.

С помощью аппаратных регистров конфигурации, содержащее которых записывается при программировании устройства, могут быть заданы следующие основные установки:

- разрешение/запрещение чтения/программирования встроенной Flash-памяти в режимах её внешнего чтения/программирования (т.е. защита Flash-памяти от несанкционированного чтения);
- разрешение/запрещение программирования встроенной Flash-памяти средствами пользовательской программы;
- разрешение/запрещение использования программой загрузочного ПЗУ;
- задание долевого распределения Flash-памяти на Flash-память данных и Flash-память программ;

- разрешение/запрещение сброса от сторожевого таймера;
- выбор уровней детектирования провалов цифрового и аналогового напряжений питания;
- разрешение/запрещение сброса при детектировании провалов цифрового и аналогового напряжений питания;
- выбор линий портов 0, 1, 2 в качестве линий ввода/вывода общего назначения или интерфейса обмена с внешней памятью.

В устройствах MSC121x имеется встроенный аппаратный блок точек останова. Функция этого блока заключается в том, чтобы генерировать прерывание всякий раз, когда производится обращение к заданному адресу памяти программ или данных. Пользователь может программно создать в памяти до двух аппаратных точек останова.

Пользовательская программа устройств MSC12xx может собственными средствами производить запись во внутреннюю Flash-память устройства (память программ или память данных). Однако предварительно она должна произвести стирание соответствующей 128-байтной страницы Flash-памяти.

Программирование MSC12xx

Загрузку во Flash-память устройств MSC121x пользовательской программы можно производить в последовательном или параллельном режиме, а устройств MSC120x – только в последовательном режиме. Последовательное программирование осуществляется через встроенный модуль USART0 MSC12xx с помощью персонального компьютера с установленной на нём программой эмуляции простого терминала, а параллельное – с помощью внешнего программатора. Помимо компьютерных программ эмуляции простого терминала последовательное программирование устройств MSC12xx поддерживается компьютерной программой TI Downloader [1]. Программа TI Downloader свободно предоставляется производителем и работает под ОС Windows. Главное окно этой программы показано на рис. 10. Программируемое устройство MSC12xx должно подключаться к COM-порту компьютера через микросхему, которая преобразует уровни интерфейса RS-232.

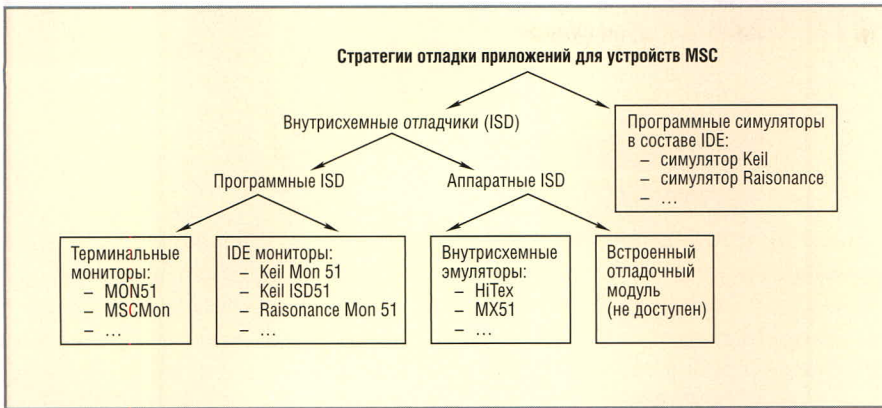


Рис. 11. Стратегии отладки пользовательских приложений для устройств MSC12xx

РАЗРАБОТКА-ОТЛАДКА ПРИЛОЖЕНИЙ НА БАЗЕ MSC12xx

Для отладки прикладных программ устройств MSC12xx производитель рекомендует использовать несколько различных стратегий. Наиболее распространённая стратегия состоит в использовании программных симуляторов, входящих в состав интегрированных сред разработки (IDE). Другая популярная отладочная стратегия предполагает использование внутрисхемных отладчиков (ISD). При ис-

пользовании IDE возможна работа с терминальным монитором (встроенной программой-монитором устройства MSC12xx) и с IDE-монитором (программой-монитором, интегрированной в IDE). Схематическое изображение «дерева», отражающего различные варианты стратегий отладки приложений для устройств MSC12xx, приведено на рис. 11.

Для разработки пользовательских приложений на основе устройств MSC12xx удобно использовать интегрированные среды разработки.

Производитель MSC12xx не предоставляет в распоряжение разработчиков оригинальных IDE для этих устройств, а рекомендует использовать IDE других фирм – производителей инструментального ПО. Интегрированные среды отладки для устройств MSC12xx предлагают две фирмы: Keil (IDE μ Vision2) и Raisonance (IDE RIDE). Демоверсии этих программных продуктов с ограниченным объёмом компилируемого пользовательского кода бесплатно доступны на сайтах www.keil.com и www.raisonance.com соответственно.

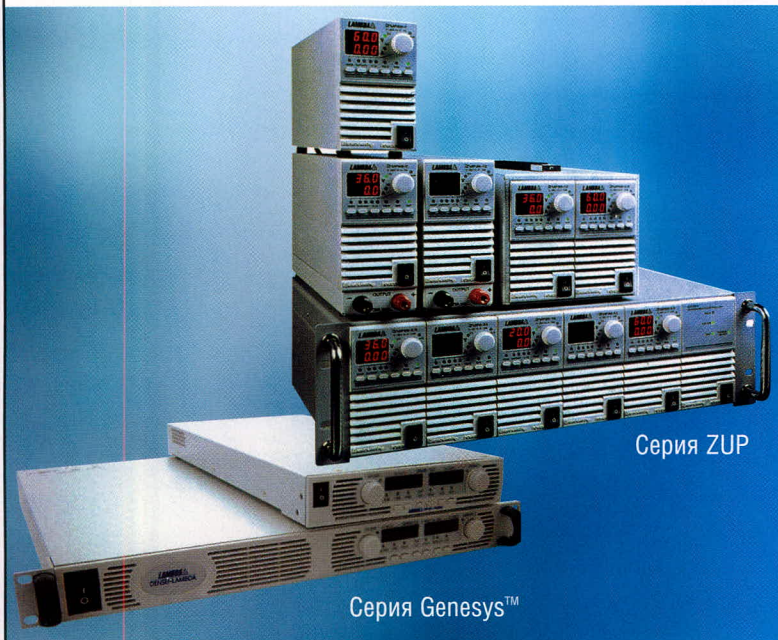
Продолжение следует

ЛИТЕРАТУРА

1. www.ti.com.
2. *Редькин П.П.* Прецизионные системы сбора данных семейства MSC12xx Texas Instruments: архитектура, программирование, разработка приложений (+CD). М.: Додэка-XXI, 2006.
3. www.analog.com.
4. *Фрунзе А.В.* Микроконтроллеры? Это же просто! В 3-х томах. М.: СКИМЕН, 2003. ©

NEMIC LAMBDA 
Leading Power

Программируемые источники питания – МОЩЬ и ИНТЕЛЛЕКТ



Серия ZUP

Серия Genesys™

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

Серия Genesys™

Наивысшее значение удельной мощности в конструктиве 1U!

- Выходная мощность 750/1500 Вт
- Встроенный интерфейс RS-232/485 (GPIB IEEE488/488.2 SCPi по заказу)
- Выходные напряжения до 600 В, ток нагрузки до 200 А
- Конфигурирование посредством внешнего напряжения/тока и ПО
- Драйверы LabView и LabWindows
- Монтаж в конструктив высотой 1U

Применения ZUP и Genesys™

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

PROSOFT®

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

Концепт-микроконтроллер IPC@CHIP

Игорь Петров (г. Смоленск)

В начале прошлого года семейство IPC@CHIP пополнилось новыми моделями микроконтроллеров, поддерживающими возможность программирования на языках МЭК61131-3 в среде CoDeSys. В статье описаны концептуальные свойства микроконтроллеров семейства IPC@CHIP, определяемые наличием встроенных OCPB, Ethernet, TCP/IP, web-сервера и системы программирования МЭК61131-3. Автор анализирует возможности эффективного применения микроконтроллеров этого семейства с позиции прикладного программиста и показывает, что поддержка CoDeSys позволяет исключительно легко строить на основе IPC@CHIP интеллектуальные устройства, программируемые конечным пользователем.

ВВЕДЕНИЕ

Вот уже три десятка лет мы наблюдаем за развитием микропроцессорной техники. Первые массовые кристаллы 8080 чрезвычайно быстро завоевали рынок. Трудно описать, насколько серьезно микропроцессор изменил принципы проектирования электронных устройств. Однако, необходимость значительной «обвязки» создавала массу сложностей и снижала надёжность устройств на микропроцессорах.

Следующим крупным технологическим прорывом стал микроконтроллер. Тактовый генератор, ОЗУ, ППЗУ, счётчики, таймеры, приёмо-передатчик UART и многие другие ресурсы переместились в один корпус. Идея собрать всё необходимое в одну микросхему была гениально проста. По мере развития периферии, встроенной в микроконтроллеры, на один вывод микросхемы стали претендовать до десятка устройств. Следующим шагом стало свободное конфигурирование и даже программирование внутренней структуры микросхемы.

Очевидно, при столь быстром развитии аппаратных средств неизбежно

но должны были столь же грандиозно измениться и средства программирования. Удивительно, но ничего подобного мы не наблюдаем.

Как и 20 лет назад, любое устройство на микроконтроллере требует «оживления». Прежде чем программист сможет приступить к решению основной задачи, он должен погрузиться в машинные коды, системные регистры, временные диаграммы и т.д. Практика показывает, что для любого нового типа контроллера этот этап самый сложный и долгий.

Не удивительно, что сегодня большой популярностью пользуются встраиваемые PC-совместимые компьютеры. Бесспорно, такое решение дороже, чем собственная плата на микроконтроллере, и не всегда удобно конструктивно. Но это даёт программисту возможность использовать огромное число готового программного обеспечения для типовых задач. Вместо низкоуровневых функций он получает набор прикладных функций (API) операционной системы. Ему не нужно более заниматься «изобретением велосипеда». В десятки раз сокращается время проектирования и улучшается качество ПО. Для аппаратчика это можно сравнить с переходом от проектирования схем на транзисторах к микроконтроллеру. Вместо нескольких кварталов мы тратим на разработку несколько недель. Вместо системных регистров мы говорим о возможности отображения данных в web. Встраиваемый PC даёт практическую возможность реализовать в устройствах технологии, присущие продуктам ведущих мировых компаний.

Подобные рассуждения приводят нас к концептуальной модели микроконтроллера нового поколения. Кроме широкого набора конфигурируемых аппаратных узлов, микроконтроллер обязан иметь столь же мощный набор готовых высокоуровневых программных модулей.

Понимая это, многие передовые компании изготавливают собственные процессорные «ядра» или модули, позволяющие им ежегодно разрабатывать и выпускать на рынок десятки новых продуктов. Нередко такие ядра делаются в виде заказных микросхем. Пока, за очень редким исключением, это закрытые изделия для собственного применения.

Первым открытым решением в этой области стала микросхема IPC@CHIP немецкой компании Beck IPC (см. рис 1). Первые образцы таких микросхем, выполненных по технологии ASIC, были представлены пользователям в ноябре 1999 [1].

На сегодняшний день IPC@CHIP – это уже семейство чипов с различными характеристиками. Число изделий, разработанных на базе IPC@CHIP, измеряется тысячами. Область применения простирается от сетевых коммутаторов и устройств телеметрии до промышленных контроллеров, приборов биометрической идентификации и систем технического зрения.

Микросхема IPC@CHIP построена на базе 186-го процессора и оснащена встроенной многозадачной OCPB. Сильнейшим плюсом микросхем IPC@CHIP является наличие в них встроенного контроллера Ethernet с поддержкой стека TCP/IP и встроенного web-сервера. По сути IPC@CHIP – это промышленный компьютер (IPC), сжатый в корпус одной микросхемы (CHIP).

МИКРОКОНТРОЛЛЕРЫ СЕМЕЙСТВА IPC@CHIP

В семейство IPC@CHIP входят 5 моделей микросхем: SC11, SC12, SC13, SC11-IEC и SC13-IEC. Конструктивно они одинаковы. Основные характеристики микроконтроллеров семейства приведены в таблице. Внешняя

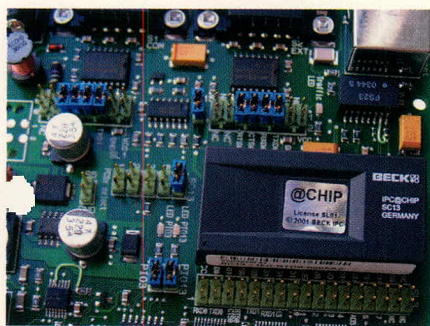


Рис. 1. Микро-ЭВМ IPC@CHIP

шина у IPC@CHIP 8-разрядная, мультиплексированная. Она применяется для подключения CompactFlash-карты или внешних периферийных устройств. До 14 выводов доступны индивидуально как входы или выходы. Двухканальный универсальный асинхронный приёмопередатчик (UART) поддерживает управляющие сигналы RS232: CTS и RTS. Интерфейсы I²C и SPI реализованы программно на любых свободных выводах. Модели SC12 и SC13 имеют встроенный Ethernet-контроллер IEEE 802.3. Для работы в сети на витой паре необходим внешний трансформатор и разъём RJ45.

Микросхемы SC11-IEC и SC13-IEC аналогичны SC11 и SC13. Индекс IEC говорит о том, что данные микросхемы поставляются с лицензией на систему исполнения CoDeSys (см. ниже).

Для модели SC11 характерны применения, не требующие сетевых функций. Однако она достаточно широко применяется и как web-сервер, подключаемый по протоколу двухточечной связи PPP (Point-to-point protocol) через проводной или сотовый модем.

В сравнении с опытом программирования различных семейств микроконтроллеров, IPC@CHIP удивляют тем, насколько просто с их помощью решаются сложнейшие задачи. Например, чтобы построить на микросхеме IPC@CHIP устройство, способное собирать данные с приборов по интерфейсу RS232, накапливать их в файл и отображать в web, нужно дооснастить кристалл SC13 преобразователем MAX232 и Ethernet-трансформатором FS23. Это всё! Для отображения данных прикладной задачи на компьютере не нужно писать никакой программы – достаточно иметь Internet Explorer.

На сайте Beck IPC (www.beck-ipc.com) можно найти несколько десятков примеров, включающих схемы и исходные тексты программ. В их числе компактный web-сервер, коммуникационный контроллер, контроллер для систем интеллектуальных зданий с управлением от инфракрасного дистанционного пульта, поддержка MODBUS, CAN и многое другое.

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СЕМЕЙСТВА IPC@CHIP

Встроенная ОСРВ включает файловую систему, загрузчик и монитор задач, стек TCP/IP, web-сервер, прикладной интерфейс приложений (API) и

многое другое. Пользователь может установить один из шести вариантов многозадачной операционной системы реального времени IPC@CHIP RTOS, обладающей возрастающим набором функций. Максимально полный вариант (см. рис. 2) реализован на SC13-IEC с поддержкой TCP/IP, PPP-сервером и клиентом, системой исполнения CoDeSys. IPC@CHIP RTOS построена на базе MS DOS и совместима с ней сверху вниз. Прикладные программы, созданные для DOS, будут работать и в ОСРВ. Основные дополнения IPC@CHIP RTOS – это многозадачность и поддержка стека TCP/IP.

Весьма привлекательной характеристикой микроконтроллеров IPC@CHIP является наличие web-сервера. Создание собственного миниатюрного устройства, оснащённого встроенным web-сервером, для микроконтроллеров IPC@CHIP является типовой задачей. Программирование такого прибора сводится к соединению с ним по FTP и загрузке нужных HTML-страниц. Динамические элементы можно реализовать через интерфейс CGI (Common Gateway Interface), написав CGI-приложение. Через FTP происходит и «прошивка» прикладной программы на встроенный flash-диск. Удалённый отладчик позволяет проводить символьную отладку в среде программирования Borland C++. Благодаря ОСРВ достигается полностью прозрачная возможность применения одного и того же текста приложения для любого микроконтроллера семейства IPC@CHIP.

Всё системное ПО и ряд инструментальных средств семейства IPC@CHIP доступны на сайте Beck IPC бесплатно.

ЭВОЛЮЦИОННЫЕ КОМПЛЕКТЫ

Самым быстрым и удобным способом освоения работы с микроконтроллерами семейства IPC@CHIP является использование эволюционной платы DK50 (см. рис. 3) или комплекта разработчика DK51.

Плата DK50 в основном применяется для создания прототипов и опытных партий устройств и содержит следующие узлы:

- два интерфейса RS232 (COM и EXT),
- интерфейс 10/100 Мбит/с Ethernet (разъём RJ45) с индикатором трафика,
- интерфейс IDE с разъёмом под Compact Flash-диск и индикатором работы,



Рис. 2. Архитектура RTOS IPC@CHIP, реализованная в SC13-IEC

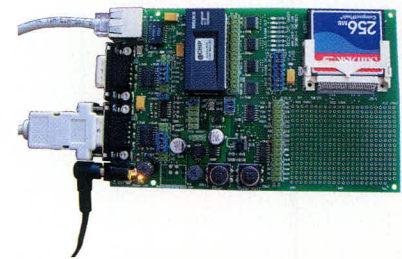


Рис. 3. Эволюционная плата DK50

- восемь дискретных выходов со светодиодами индикаторами,
- восемь дискретных входов со светодиодами индикаторами,
- магистраль расширения с четырьмя программируемыми сигналами выбора устройства (16-байтное пространство ввода/вывода на каждый),
- кнопки для сброса и прерывания по аварии питания,

Основные характеристики микроконтроллеров семейства IPC@CHIP

Характеристика	SC11	SC12	SC13
Процессор	BECK186	AMD 186ED	BECK186
Тактовая частота, МГц	40	20	40
Ethernet	Нет	10BaseT	10/100BaseT
Последовательные каналы	2 UART, IIC, SPI		
Программируемые I/O	14 PIO		
Внешняя шина	8 бит Intel AD-Bus		
Входы прерываний	6		
DMA	2		
Аппаратные таймеры	2		
Сторожевой таймер	1		
Напряжение питания, В	5		
Потребляемый ток, мА	250	180	300
Flash, Кб	512		
ОЗУ, Кб	512		
Температурный диапазон, °С	0...70		
Корпус, мм	DIL32 (22 × 44 × 9,5)		

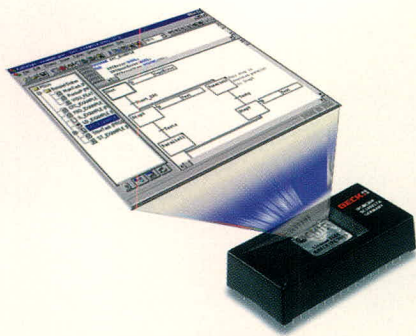


Рис. 4. CoDeSys для IPC@CHIP

- 2 программируемых светодиодных индикатора,
- монтажное поле для прикладных (пользовательских) расширений.

Напряжение питания платы DK50 – от 12 до 30 В постоянного тока. Потребляемая мощность не превышает 3,5 Вт. Установленный на плате 5 В DC/DC-преобразователь позволяет использовать его для питания пользовательских расширений (до 400 мА).

Комплект DK51 поставляется в пластиковом кейсе, включающем:

- плату DK50,
- сетевой источник питания (24 В, 0,75 А),
- нуль-модемный соединительный кабель RS232,
- микросхему SC13-IEC,
- Borland C++,
- CoDeSys и комплект целевой адаптации для IPC@CHIP (см. ниже).

Использование микросхемы SC13-IEC обеспечивает максимальные возможности прикладного программирования. Пользователь может написать прикладную программу на языке C++ или построить ПЛК, программируемый на языках МЭК61131 в среде CoDeSys.

Для начала работы с DK51 пользователю нужно только установить на свой компьютер программное обеспечение и подключить кабель связи.

Документация включена в эволюционные наборы, а также доступна на сайте Beck IPC. Здесь же можно найти принципиальные схемы и исходные тексты многочисленных примеров применения.

CoDeSys

Возможности программирования предлагаемых IPC@CHIP и так исключительно широки. Что же ещё? Допустим, мы изготовили некий прибор на IPC@CHIP. Однако задачи у всех конечных пользователей несколько отли-

чаются. Им необходима возможность самостоятельно конфигурировать или даже программировать наше изделие. Нередко возникают задачи интеграции приборов в АСУ ТП, поддержки полевой магистральной, стыковки с системой диспетчерского/супервизорного управления и сбора данных (SCADA), базами данных и т.д.

Лучшее решение – это использование системы программирования МЭК61131-3, общепринятой для промышленных программируемых контроллеров [2]. Это позволяет предельно упростить системное ПО, выбросить все самодельные конфигураторы и снять все ограничения для пользователя. Поддержка программирования конечным пользователем в визуальной среде (схематически показано на рис. 4) – это очень серьезное конкурентное преимущество.

Но огромная проблема в том, что любая система МЭК-программирования требует адаптации (привязки) к аппаратуре индивидуального (т.е. нашего) прибора. Процесс этот не быстрый и достаточно дорогой. Можно, конечно, подобрать максимально простую и дешёвую систему начального уровня. Но специалисты Beck IPC не захотели идти на компромиссы. Они решили использовать комплекс CoDeSys компании Smart Software Solutions (3S). Это мощнейший комплекс, штатно предлагаемый для программирования ПЛК собственного производства ведущими европейскими компаниями. CoDeSys активно развивается, причём в сторону промышленных систем высшего класса [3].

Как правило, затраты на адаптацию контроллера под систему программирования такого уровня окупаются только при производстве нескольких сотен изделий. Важнейшим достоинством IPC@CHIP является специальная технология, позволяющая очень просто и бесплатно адаптировать CoDeSys для индивидуальных приборов. Даже если планируется изготовить единственный образец, применение CoDeSys становится возможным и рентабельным.

Делается это так: проектируется собственное устройство на SC1x-IEC. Запускается на PC специальная программа (IEC Platform Builder) и в ней определяется число, типы входов/выходов прибора и ряд допол-

нительных опций. Она автоматически генерирует необходимые файлы конфигурации для CoDeSys и шаблоны низкоуровневых функций на языке Си, выполняющих обращение к нашей аппаратуре. Далее дописываем данные функции, компилируем и komponуем их с системой исполнения CoDeSys SP для IPC@CHIP. В итоге мы получаем исполняемый файл CoDeSys SP, адаптированный специально для нашего прибора.

При изготовлении каждого прибора необходимо загрузить на встроенный диск IPC@CHIP нашу систему исполнения и прописать её автоматический запуск в файле загрузки (autoexec.bat). Пользователи получают в комплекте с прибором CD. Их задача – только установить CoDeSys с диска и подключить кабель связи (RS232 или Ethernet). Конечный пользователь приобретает прибор с готовой и настроенной системой программирования МЭК61131-3 в комплекте, которую не нужно дополнительно лицензировать.

Прошедшей осенью на выставках ПТА-2005 в Москве и SPS/IPC/Drivers в Нюрнберге были представлены два новых члена семейства Beck IPC@CHIP. Это микросхемы SC123 и SC143. Их отличает значительное увеличение числа выводов (корпус PBGA177), расширенный температурный диапазон (–25...+85°C), увеличенное в 2,5 раза быстродействие, поддержка CAN, USB, JTAG. Существенно увеличена встроенная память (ОЗУ 8 Мб, flash 8 Мб для SC143 и 2 Мб для SC123).

В целом IPC@CHIP является активно развивающейся концептуальным микроконтроллером, имеющим чрезвычайно расширенные средства программирования. Насколько данный путь окажется перспективным, покажет время.

ЛИТЕРАТУРА

1. Однокристалльный веб-сервер отправляет электронные письма, факсы и SMS-сообщения. МКА. 2002. № 3.
2. Петров И.В. Программируемые контроллеры. Стандартные языки и приёмы прикладного проектирования. Под ред. В.Л. Дьяконова. М.: СОЛОН-Пресс, 2004.
3. Петров И.В. CoDeSys 3.0 – новый уровень инструментов программирования ПЛК. СТА. 2005. № 2.



Новости мира News of the World Новости мира

HF-Front-End-модуль для 802.11n

Фирма SiGe Semiconductor представляет HF-Front-End-модуль для версии стандарта IEEE 802.11n. Модуль SE2545A10 включает две двухполосные приёмопередающие цепи. Спецификация IEEE 802.11n предусматривает для беспроводных соединений улучшение по дальности действия и пропускной способности, причём сохраняется совместимость с имеющейся WLAN-инфраструктурой.



Модуль SE2545A10 является HF-Frontend-модулем, состоящим из двух полных двухполосных приёмопередающих цепей (2 × 2,4 ГГц Tx, 2 × 5 ГГц Tx, 2 × 2,4 ГГц Rx и 2 × 5 ГГц Rx), которые требуются для работы в режиме MIMO (Multiple Input, Multiple Output). По данным производителя, модуль заменяет до 60 дискретных компонентов, так как все части схемы между трансивером и антенной размещены в единственном корпусе CSP (Chip-Scale Package).

Модуль SE2545A10 имеет выходную мощность 18 дБм в режиме 802.11b, 17 дБм в режиме 802.11g и 15 дБм в режиме 802.11a. Модуль SE2545A10 не содержит свинец и поставляется в корпусе CSP (Chip-Scale Package) размером 10 × 14 × 1,1 мм.

www.sige.com

Двухпротокольные трансиверы с защитой от электростатических разрядов

Компания Intersil представляет семейство двухпротокольных трансиверов с Single- и Dual-портом. Чипы обеспечивают защиту от электростатических разрядов ESD (ElectroStatic Discharge) и расположены в корпусе QFN. В семейство микросхем



входят две модели Dual-Port-IC (ISL81334 и ISL41334) и две модели Single-Port-ICs (ISL81387 и ISL41387). Каждый трансивер обеспечивает ESD-защиту 15 кВ (HBM) и позволяет свободный выбор подключения через RS232 или RS485/RS422.

Все четыре версии работают от напряжения 5 В, обеспечивают скорость передачи данных 20 Мбит/с, Flow-Through-Pinouts для разводки печатных плат и дифференциальное выходное напряжение 2,7 В (VOUT) в сетях RS485/422. Модули ISL41334 и ISL41387, имея меньшую скорость передачи, обладают большей функциональностью и Edge-Rate-опциями для решений, критичных по электромагнитной совместимости.

www.intersil.com/interface

Зарядное устройство Li-Ion-аккумуляторов на два входа с синхронным понижающим преобразователем 600 мА

Компания Linear Technology представляет микросхему LTC3550-1. Это Power-management-решение для переносных устройств. Элемент содержит зарядное устройство Li-Ion-аккумуляторов на два входа, а также синхронный понижающий преобразователь. Все это размещается в 16-выводном корпусе DFN размером 3 × 5 мм.

Линейное зарядное устройство автоматически принимает решение о подходящем источнике энергии для эффективной зарядки аккумулятора: от сетевого адаптера или через USB-порт. Такой независимый режим работы облегчает создание системы зарядки, так как для опознавания подключенного источника энергии не требуется внешнего микропроцессора. При применении алгоритма тока или постоянного напряжения этот зарядный элемент способен обеспечивать зарядный ток до 950 мА в режиме работы от сетевого адаптера или до 500 мА по шине USB. В обоих случаях максимальное отклонение от заданного напряжения составляет ±0,6%.

www.linear.com

Аналоговые переключатели от Austriamicrosystems

Компания Austriamicrosystems объявила о выпуске аналоговых переключателей AS1741, AS1742 и AS1743 в компактных корпусах SOT23 с 8 выводами. По словам коммерческого директора Вальтера Мосхаммера, новые переключатели занимают на 40% меньше места на плате, чем аналогичные устройства, оснащённые 8-выводными корпусами MSOP.

Время переключения уменьшено на 40% при улучшенной монотонности сопротивления в открытом состоянии и согласовании каналов. Благодаря полосе пропускания 130 МГц эти устройства пригодны для работы с видеосигналами и другими высокоскоростными потоками данных. Широкий диапазон напряжений питания (1,6...3,6 В) обеспечивает высокую гибкость. Все цифровые логические входы совместимы с 1,8 В CMOS. Устройства способны переключать токи до 250 мА.

Уменьшение необходимой площади на плате на 6 мм² при переходе от корпуса MSOP (5 × 3 мм) к SOT23 (3 × 3 мм) делает эти устройства пригодными для использования в системах, работающих на батареях, например, в сотовых телефонах, MP3-, CD/DVD- и видеоплеерах, цифровых камерах и карманных компьютерах.

www.e7e.ru

Новый биполярный транзистор от Zetex

Новый биполярный транзистор ZXTC2045E6 от Zetex Semiconductors содержит два дополнительных транзистора p-p-n и p-n-p. Он предназначен для переключения мощных МОП-транзисторов, а также биполярных транзисторов с изолированным затвором в источниках тока.

Поддерживая импульсный ток до 5 А, ZXTC2045E6 гарантирует быструю зарядку и разрядку емкостей управляющих электродов, что помогает повысить производительность. Отдельные эмиттерные выводы также позволяют разработчикам независимо выбирать номиналы резисторов для более точного управления циклами зарядки и разрядки.

Транзистор помещён в корпус SOT236, занимающий место на плате площадью 9 мм² при высоте 1,3 мм. Это поможет уменьшить габариты всей системы и увеличить плотность рассеиваемой мощности. Номинальное напряжение составляет 40 В, а коэффициент усиления 300.

www.e7e.ru

Модули PWD-433: беспроводные решения – это просто!

Андрей Архипов (Москва)

В этой статье речь пойдёт о приёмопередающих устройствах, предназначенных для беспроводной связи. Эти устройства в виде модулей изготавливает российская компания «Фаствел». Благодаря своей функциональности и универсальности модули могут быть легко интегрированы в конструируемые изделия.

НОВЫЕ РОССИЙСКИЕ МОДУЛИ ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ БЕСПРОВОДНОЙ СВЯЗИ

В последнее время на рынке беспроводных коммуникаций стали популярны функционально завершённые модули, позволяющие легко организовать беспроводную передачу цифровых и аналоговых данных по радиоканалу. Поскольку модули являются фактически законченными и отлаженными приёмопередающими устройствами, их применение снимает с разработчиков достаточно трудоёмкие задачи проектирования и настройки высокочастотного тракта, а также организации беспроводного интерфейса. Благодаря применению современной элементной базы, модули для беспроводной связи достаточно компактны и надёжны. Поэтому их можно использовать как в стационарных, так и в мобильных приложениях.

В начале этого года в продажу поступили функционально завершённые модули для передачи цифровых и аналоговых данных по радиотракту в диапазоне 433 МГц (рис. 1). Эти модули разработаны и изготовлены российской компанией «Фаствел». Модули построены на базе однокристального приёмопередачика Nordic nRF9E5, блок-схема которого приведена на рис. 2.

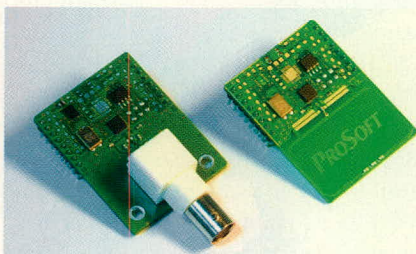


Рис. 1. Модули беспроводной связи PWD-433 на базе nRF9E5

Однокристальный трансивер объединяет в себе приёмопередатчик, контроллер 8051 и 12-битный АЦП с мультиплексными входами. Это позволяет конструировать функционально законченные устройства без применения управляющего микроконтроллера. Интегрированный микроконтроллер может брать на себя не только функции передачи и приёма данных по радиоканалу, но также выполнять другие функции разрабатываемого устройства. Микроконтроллер имеет последовательные интерфейсы UART и SPI для связи с дополнительным внешним контроллером или периферийной микросхемой, если в этом будет необходимость. Также микроконтроллер имеет выводы общего назначения, программно настраиваемые на ввод или вывод цифровой информации. Благодаря встроенному АЦП появляется возможность передавать не только цифровые, но и аналоговые

сигналы без применения дополнительных микросхем. Скорость оцифровки интегрированного АЦП может достигать 80 килывборок в секунду. Загрузка программы для интегрированного контроллера происходит автоматически по интерфейсу SPI. Чаще всего загрузка происходит из подключенной к этому интерфейсу внешней микросхемы EEPROM-памяти. Микроконтроллер также имеет встроенную периферию: три таймера/счётчика, каналы внутренних и внешних прерываний, сторожевой таймер.

Модули PWD-433 максимально полно используют периферию трансивера nRF9E5, что делает их компактными и недорогими. Блок-схема модуля показана на рис. 3. Ниже приведены технические характеристики модулей PWD-433 различного исполнения:

- Диапазон рабочих частот, МГц ...430...435
- Мощность передатчика максимальная, дБм10
- Чувствительность приёмника, дБ ...-100
- Число частотных каналов50
- Скорость передачи максимальная, Кбит/с50
- Антенна модуля PWD-433-PCB Печатная, петлевая
- Антенна модуля PWD-433-BNC Разъём BNC 50 Ом

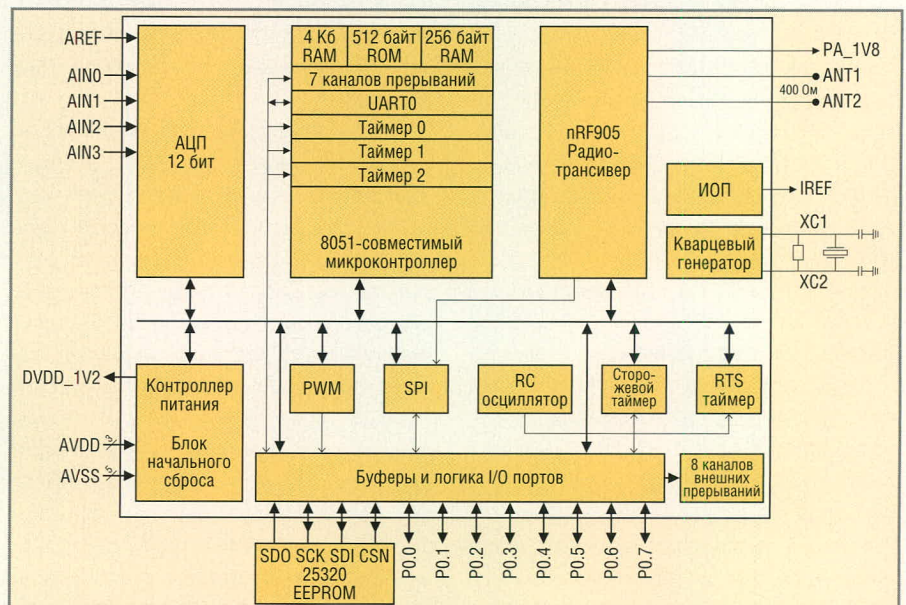


Рис. 2. Блок-схема приёмопередачика nRF9E5

- Напряжение питания
PWD-433-XXX-URT, 232, В1,9...3,6
- Напряжение питания
PWD-433-XXX-USB, В5
(от разъёма USB)
- Потребляемый ток
PWD-433-XXX-URT
в режиме передачи
(максимальная мощность), мА28
в режиме приёма, мА12,5
в режиме покоя (включение
по прерыванию), мкА<2
- Ядро встроенного
микроконтроллера (ВМК)8051
- Тактовая частота ВМК, МГц8/16
- Объём ОЗУ ВМК, байт256
- Память программ ВМК, Кб4
- Разрядность АЦП, бит8/10/12
- Количество мультиплексированных
каналов АЦП4
- Входной диапазон
каналов 1 – 2 АЦП, В0...5,7
- Входной диапазон
каналов 3 – 4 АЦП, В0...1,22
- Разрешение АЦП
при 80 кГц, бит10
- Цифровой параллельный
интерфейс, бит4 (I/O)
- Цифровой последовательный
интерфейс
PWD-433-XXX-URT,
Кбит/с19,2 (UART)
PWD-433-XXX-232,
Кбит/с19,2 (RS-232)
PWD-433-XXX-USBЭмуляция
COM (USB)
- Диапазон рабочих
температур, °С-40...85
Кроме микросхемы трансивера
nRF9E5, на модуле расположена за-
грузочная микросхема EEPROM с кон-
тактными площадками для подключе-
ния программатора. В зависимости от
конфигурации модуля на нём может
присутствовать микросхема интер-
фейса RS-232 или USB с необходимой
обвязкой. Также на плате расположе-
на печатная антенна или разъём BNC
с согласующей схемой для подклю-
чения внешней 50-омной антенны.
Все цепи ввода/вывода имеют защи-
ту от статического напряжения, цепь
питания защищена от подключения
напряжения обратной полярности.
Конструктивно модули изготовлены в
виде печатной платы с проволочными
выводами. Это позволяет как устанавли-
вать их непосредственно на печат-
ную плату устройства, так и создавать
законченные устройства на их базе без
применения дополнительной печат-
ной платы с внешними элементами.

Модули имеют цифровой интерфейс для управления и передачи данных с внешнего микроконтроллера или компьютера, а также четыре вывода, которые могут быть программно настроены как на ввод, так и на вывод цифровых данных. В состав модуля входит мультиплексированный 4-канальный 12-битный АЦП для оцифровки входных аналоговых сигналов (например, с подключенных аналоговых датчиков). Конфигурация модулей может производиться либо через встроенный цифровой интерфейс, либо по радиоканалу. Встроенный протокол передачи данных позволяет организовывать беспроводные сети типа «точка-точка», а также многоточечные сети с одним активным узлом (хостом) типа «звезда».

Модули могут работать на разных частотных каналах для исключения влияния внешних узкополосных помех; имеется мощная программная и аппаратная защита от коллизий. Модули характеризуются достаточно широким диапазоном питающего напряжения и малым потребляемым током в активном режиме. Также имеются режимы пониженного энергопотребления и программируемая настройка выходной мощности передатчика. Всё это позволяет применять модули в системах с автономным и батарейным питанием. Для питания модулей хорошо подходит дисковый аккумулятор типа CR2032. Предусмотрен дистанционный контроль напряжения батареи (используется один из каналов АЦП).

Конструкция модуля позволяет использовать его в широком диапазоне рабочих температур (-40...85°C). При размещении модуля в неметаллическом корпусе и неэкранирующей среде может быть использована модификация модуля со встроенной печатной антенной. Для передачи информации на большие расстояния и при необходимости выноса приёмопередающей антенны за пределы корпуса устройства необходимо применять модификацию модулей с разъёмом для подключения внешней антенны (с модулями поставляется несколько вариантов внешних антенн).

ИНТЕГРИРОВАННЫЙ АППАРАТНЫЙ ПРОТОКОЛ БЕСПРОВОДНОЙ ПЕРЕДАЧИ ДААННЫХ

Трансивер, используемый в модуле PWD-433, имеет уникальный аппаратный протокол передачи данных

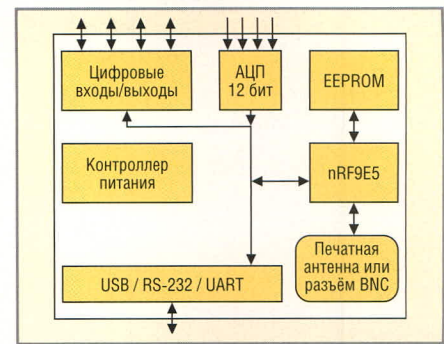


Рис. 3. Блок-схема беспроводного модуля PWD-433

ShockBurst™, который позволяет реализовать беспроводной интерфейс, полностью снимая с встроенного микроконтроллера задачу организации протокола передачи данных по радиоканалу. Приёмопередатчик, поддерживающий этот протокол, в режиме передачи информации берёт на себя функции формирования пакетов данных, подсчёт контрольной суммы и автоматическую синхронизацию данных, поступающих с контроллера. По окончании передачи трансивер формирует сигнал прерывания для встроенного микроконтроллера. В режиме приёма трансивер автоматически проверяет совпадение контрольной суммы и адреса принятого пакета, и в случае успешного приёма также формирует сигнал прерывания для микроконтроллера. Последний в свою очередь может загрузить принятый пакет из FIFO-буфера трансивера. В буфер помещаются «чистые» данные: заголовок пакета, его адрес, флаги и контрольная сумма автоматически отбрасываются. Это позволяет максимально упростить разработку программы для микроконтроллера. Контроллер может передавать или получать данные из FIFO-буфера в любой момент работы трансивера: в режиме ожидания, пониженного энергопотребления, даже во время передачи пакета. Это позволяет разгрузить микроконтроллер, предоставляя ему время для обработки других задач.

В режиме двунаправленной связи принимающая сторона может посылать подтверждение приёма пакета (ACK) передающей стороне, что очень легко реализовать программно. Такой режим передачи данных позволяет организовать беспроводные сети типа «звезда» (рис. 4), где передача данных ведётся в рамках одного частотного канала. В такой сети имеется несколько передатчиков и один приёмник. Каждый передатчик (TX1-6) должен

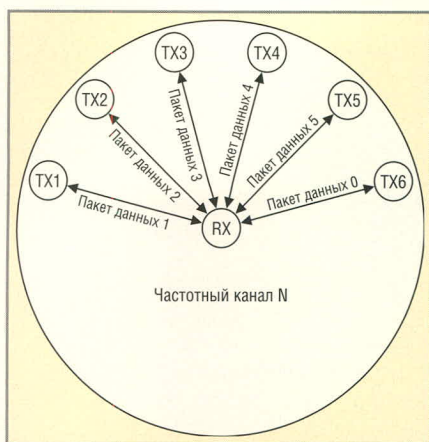


Рис. 4. Блок-схема беспроводной сети на модулях PWD-433

иметь уникальный 40-битный адрес, который посылается в каждом передаваемом пакете данных. Следует отметить, что названия «передатчик» и «приёмник» здесь условные. На самом деле устанавливается двунаправленная связь. «Передатчик» в нашем случае является инициатором обмена данными: в ответ на запрос «передатчика» от «приёмника» могут прийти какие-либо данные либо просто подтверждение приёма. Структура пакетов данных для протокола ShockBurst™ следующая. Каждый пакет начинается со стандартного однобайтного заголовка. За ним следует адрес пакета, который может иметь длину 3, 4 или 5 байт. В этом поле должен быть уникальный адрес принимающей сторо-

ны. Далее следуют полезные данные. Их размер может составлять от 1 до 32 байт. Пакет может дополняться 8- или 16-битной контрольной суммой, которая подсчитывается и добавляется трансивером автоматически, а при приёме пакета автоматически проверяется и затем отбрасывается.

Предполагаемая технология передачи данных следующая: анализируя адрес принятого пакета, приёмник распознаёт, от какого передатчика этот пакет пришёл. После приёма и идентификации пакета данных приёмник высылает пакет подтверждения приёма с таким же адресом, как и принятый пакет. Если передатчик не получает этого подтверждения, он посылает пакет данных повторно. Количество повторных попыток передачи пакета до принятия решения о потере связи можно менять программно.

Таким образом, можно выделить следующие преимущества протокола ShockBurst™, используемого в модуле PWD-433:

- очень низкий усредненный ток потребления трансивера благодаря малому времени работы в режиме передачи, приёма и подтверждения получения данных. Благодаря использованию прерывания при приёме/передаче пакета, управляющий контроллер может большую часть времени находиться в режиме пониженного энергопотребления,

- что также ведёт к минимизации тока, потребляемого устройством в целом;
- благодаря малому времени работы трансивера в режиме передачи/приёма, а также возможности простой реализации контроля потери пакетов, минимизируются коллизии при передаче данных по радиоканалу;
- с управляющего микроконтроллера снимается задача контроля передачи информации, поскольку весь протокол передачи данных реализован в трансивере аппаратно. Это значительно облегчает создание программы для контроллера.

ПРОГРАММА ДЛЯ ВСТРОЕННОГО МИКРОКОНТРОЛЛЕРА

Модули PWD-433 могут поставляться как с запрограммированным микроконтроллером, так и без программы. Стандартная «прошивка» для модуля PWD-433 обеспечивает программный интерфейс с модулем в режиме текстового терминала – это делает интерфейс простым и универсальным. С помощью текстовых команд можно сконфигурировать трансивер модуля, получить доступ к периферии (считывать показания АЦП, устанавливать режим работы портов общего назначения, считывать и устанавливать логические уровни напряжения на этих портах), а также устанавливать режим работы модуля, например, периодическую посылку данных АЦП по выбранному частотному каналу через заданные промежутки времени. Интерфейс модуля может служить не только для конфигурации, но и для приёма или передачи произвольных данных по радиоканалу. С целью увеличения пропускной способности, в этом режиме данные передаются через интерфейс модуля не в текстовом, а в бинарном виде.

Также есть возможность записи текущей конфигурации в EEPROM для того, чтобы модуль автоматически конфигурировался под поставленную задачу сразу после включения питания. Это позволяет в ряде случаев избавиться от применения каких-либо внешних контроллеров и делает модуль универсальным логически законченным автономным устройством.

Платформой для разработки программ для встроенного в модуль микроконтроллера может быть любой компилятор языка Си или Ассемблер для платформы 8051. Производитель од-

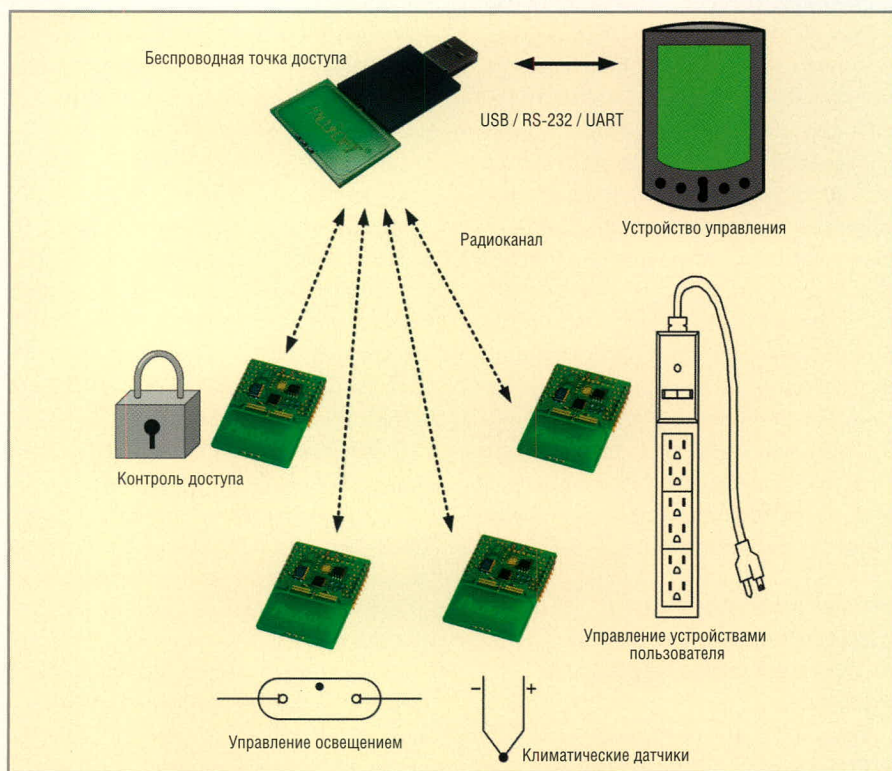


Рис. 5. Система «умный дом» на базе модулей PWD-433

нокристалльного трансивера со встроенным контроллером рекомендует использовать среду разработки от компании Keil Software (<http://www.keil.com>), в которую включена поддержка чипа nRF9E5. При включении питания модуля автоматически производится загрузка программы из встроенной EEPROM-памяти в микроконтроллер и её последующее исполнение (это обеспечивает встроенный в трансивер 512-байтный загрузчик). Для «зашивки» программы в микросхему EEPROM используются контакты для программирования, расположенные на плате модуля. Может быть использован любой JTAG-программатор, поддерживающий интерфейс MicroWire.

Как уже упоминалось, однокристалльный трансивер имеет аппаратную поддержку протокола передачи данных ShockBurst™, что позволяет практически полностью освободить микроконтроллер от задачи формирования пакетов, подсчёта и проверки контрольной суммы. Это значительно облегчает создание программного обеспечения для встроенного микроконтроллера. Кроме того, производитель модуля предоставляет примеры

исходных кодов программ встроенного микроконтроллера для типичных применений этого устройства.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ

Один из примеров применения беспроводных сетей, которые могут быть построены на основе описываемых продуктов, – система «умный дом» (рис. 5).

Подобная система, как правило, имеет общий пульт управления, например, карманный или портативный компьютер. Для реализации интерфейса пульта управления с конечными устройствами управления или контроля могут применяться модули беспроводной передачи данных PWD-433 на базе приёмопередатчиков компании Nordic Semiconductor. Таким образом, создаётся беспроводная сеть типа «звезда», где есть один ведущий узел (хост) и несколько ведомых узлов. С помощью такой системы можно осуществлять управление исполнительными устройствами и считывать показания электронных датчиков, входящих в её состав.

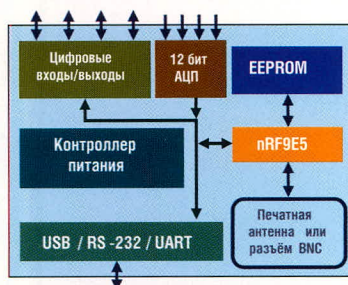
Существует ряд других задач, в которых без применения беспровод-

ных технологий передачи данных трудно обойтись, например, измерение динамических характеристик вращающейся детали в реальном режиме времени, активная радиочастотная идентификация движущихся объектов, дистанционное управление робототехническими системами, передача данных в условиях, где затруднена прокладка кабеля, и т.п.

Однокристалльные приёмопередатчики компании Nordic Semiconductor позволяют проектировать на их основе эффективные и надёжные системы беспроводной связи, а готовые модули PWD-433 на основе этих приёмопередатчиков могут исполнять роль как логически законченных устройств, так и быть частью разрабатываемого устройства, значительно упрощая конструирование радиочастотного приёмопередающего тракта.


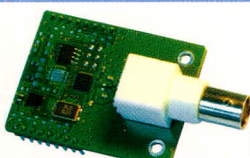
На активно развивающемся рынке беспроводных технологий описанные продукты имеют бесспорное преимущество перед своими конкурентами благодаря компактности, универсальности и надёжности, а также сравнительно невысокой цене. ©

Универсальные модули для беспроводной связи в диапазоне 433 МГц



Применение модулей серии PWD-433:

- Автономные беспроводные датчики
- Системы дистанционного управления и контроля
- Беспроводные сети для передачи данных
- Системы «умный дом»
- Пожарная и охранная сигнализация

Вид антенны	Интерфейс UART	Интерфейс RS-232	Интерфейс USB
 Печатная антенна	PWD-433-PCB-UART	PWD-433-PCB-232	PWD-433-PCB-USB
 BNC разъём	PWD-433-BNC-UART	PWD-433-BNC-232	PWD-433-BNC-USB

PROSOFT®

ПРОСОФТ – АКТИВНЫЙ КОМПОНЕНТ ВАШЕГО БИЗНЕСА

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

В качестве дисплея применён 10-разрядный ЖК-индикатор от телефонного аппарата. Для вывода информации на такой дисплей достаточно всего двух линий микроконтроллера – передаваемые данные в последовательном виде, линия DI (RB3) стробируются тактовыми импульсами по линии CLK (RB0). На резисторах R3...R8 и R10 собран трёхразрядный ЦАП, формирующий управляющее напряжение для источника стабильного тока. Источник стабильного тока собран на ОУ LM324N (U2) по классической схеме. Напряжение с выхода ЦАП сравнивается ОУ с напряжением на резисторе обратной связи R15. ОУ управляет транзистором Q1, работающим в линейном режиме. В связи с этим транзистор Q1 необходимо разместить на радиаторе достаточной площади. Если для повышения универсальности ЗУ напряжение питания зарядной части выбрать достаточно большим, например 25 В, но заряжать один-единственный аккумулятор максимальным током 320 мА, то рассеиваемая на транзисторе мощность будет около 7 Вт.

Настройка ЗУ сводится к подбору резисторов R6, R7 и R8 для получения точного значения зарядного тока при выставлении значений 50, 100 и 200 мА соответственно. Для упрощения настройки можно заменить эти резисторы переменными. Заряжаемый аккумулятор подключается к клеммам X1 и X2 с соблюдением полярности. Напряжение питания +5 В

можно получить от источника зарядного напряжения с помощью любого интегрального 5-В стабилизатора, например 78L05. Исходный текст программы приведён в файле Charger.asm, размещённом на сайте журнала. Для вычисления времени заряда используются подпрограммы 16-разрядного умножения и деления. В тексте программы имеются многочисленные комментарии, что позволяет при желании изменить программу, добавить новые функции или убрать ненужные. Можно увеличить ток заряда уменьшением резистора R15 с соответствующими изменениями в программе (исправить значения ЦАП в таблицах).

РАБОТА С ЗАРЯДНЫМ УСТРОЙСТВОМ

Алгоритм работы с зарядным устройством приведён на рис. 2. После включения необходимо ввести значение тока заряда с помощью кнопок «+» и «-». Устанавливаемое значение отображается на дисплее в миллиамперах. Не рекомендуется, чтобы зарядный ток был больше половины ёмкости заряжаемого аккумулятора, т.е., например, заряжать аккумулятор ёмкостью 200 мАч током 320 мА. Нажатие кнопок сопровождается звуковыми сигналами разного тона и длительности. Нажатием кнопки «>>>» переходим к вводу ёмкости заряжаемого аккумулятора (от 50 до 2500 мАч). Вернуться к режиму установки зарядного тока можно кноп-

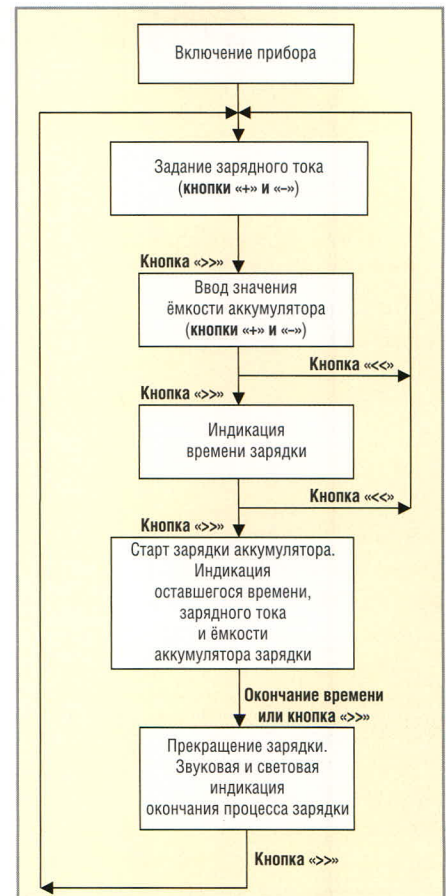


Рис. 2. Блок-схема работы управляющей программы

кой «<<<». После ввода ёмкости по нажатию кнопки «>>>» на дисплее выводится время зарядки. Следующее нажатие кнопки «>>>» начинает собственно цикл заряда. Во время цикла заряда на дисплее выводится оставшееся время зарядки, а также зарядный ток и ёмкость заряжаемого аккумулятора. Режим заряда можно принудительно завершить нажатием кнопки «>>>». По истечении времени заряда прибор около 1 минуты подаёт звуковой сигнал. Далее аккумулятор отключается, а на дисплее выводится условное обозначение конца цикла заряда. Об окончании заряда также инициирует мигающий красный светодиод. Из этого режима по нажатию кнопки «>>>» можно перейти опять к установке тока заряда для работы с новым заряжаемым аккумулятором. В таблице приведены примеры индикации, соответствующие разным режимам работы.

Введённые значения зарядного тока и ёмкости аккумулятора сохраняются в энергонезависимой памяти микроконтроллера, поэтому при повторном включении прибора на дисплее появляются ранее установленные значения.

Примеры индикации

Индикация	Описание режима
	Ввод значения зарядного тока. Выбранный ток отображается в правой части дисплея в мА
	Выбор значения ёмкости заряжаемого аккумулятора в мАч
	На дисплее для контроля выводится время заряда в часах и минутах
	Идёт процесс заряда. Отображение оставшегося времени заряда
	Идёт процесс заряда. Периодическое отображение ёмкости аккумулятора и тока заряда
	Окончание заряда. Аккумулятор отключен

Система сбора данных нового поколения

Владимир Чепелев (Москва)

Автор рассматривает архитектуру системы сбора данных нового поколения, отличающуюся гибкостью и способностью решать ряд задач, связанных с высокоскоростной предварительной обработкой данных.

ВВЕДЕНИЕ

Системы сбора данных (ССД) обычно состоят из буферной входной аналоговой части, АЦП, интерфейса передачи данных и, возможно, массива памяти. Однако такая архитектура не является гибкой и не позволяет решать задачи, связанные с высокоскоростной предварительной обработкой данных. Рассматриваемая в данной статье система, выполненная на базе цифрового сигнального процессора семейства BlackFin, свободна от этих недостатков.

Основной задачей при создании любой ССД является оцифровка аналоговых сигналов с максимально возможной точностью и передача цифровой информации в центральный компьютер без потерь. При этом желательно, чтобы эти процессы протекали с максимально возможной скоростью. Для решения этой задачи применяются различные цифровые параллельные и последовательные интерфейсы. Наиболее распространёнными и популярными интерфейсами являются PCI, USB и Ethernet. В последнее время активно развиваются и другие, более высокоскоростные интерфейсы, например PCI Express [1].

Стремление переходить на всё более быстрые интерфейсы не случайно, и это не просто дань моде. В том случае, если пропускная способность

интерфейса больше, чем скорость цифрового потока с АЦП, появляется возможность передавать данные в реальном времени. Такое состояние можно выразить следующим соотношением:

$$N_{ch}f_s N_{bit} < B, \quad (1)$$

где f_s – частота дискретизации АЦП, N_{ch} – число таких АЦП, работающих синхронно (в случае мультиплексируемых каналов $N_{ch} = 1$), N_{bit} – число бит в выходном регистре АЦП. Величина B определяет среднюю пропускную способность интерфейса в битах в секунду. Типовые значения B для различных интерфейсов приведены в таблице.

Например, устройство LA-n150-14PCI [2], работающее в соответствии с уравнением (1), при $f_s = 10$ МГц, $N_{ch} = 2$, $N_{bit} = 16$ позволяет осуществлять непрерывную запись данных на жёсткий диск компьютера.

В том случае, если соотношение (1) не выполняется, в ССД необходимо включать достаточно большой объём быстродействующей памяти. При этом данные с АЦП записываются в быстродействующую память, а потом из неё передаются в центральный компьютер. Ясно, что такие ССД работать в режиме реального времени не могут. Они используются в различных запоминающих системах, например, в цифровых запоминающих осциллографах. Наиболее высокочастотным устройством сбора данных этого класса является LA-n1PCI [2], для которого $f_s = 1$ ГГц, $N_{ch} = 1$, $N_{bit} = 8$.

Одним из возможных вариантов построения измерительной системы является распределённая измерительно-вычислительная сеть. В этом

случае несколько измерительных устройств объединяются в сеть, передавая данные по протоколам TCP/IP на один или несколько компьютеров-серверов. На каждом измерительном устройстве желательно иметь достаточно большой объём энергонезависимой памяти для хранения данных между запросами сервера (режим автономного регистратора). К устройствам этого типа относится сетевой регистратор LA-5 [2].

Основное назначение LA-5 – запись аналоговых и цифровых входных сигналов в энергонезависимую память для дальнейшей обработки при помощи компьютера. Кроме того, есть возможность передавать измеренные значения в реальном времени. Устройство LA-5 может применяться для построения распределённых сетевых и переносных измерительных систем. Малые габариты в совокупности с высоким разрешением позволяют решать большинство задач мониторинга, контроля и диагностики.

УНИВЕРСАЛЬНАЯ ССД

В любом из рассмотренных выше вариантов построения измерительной системы обычно возникает задача некоторой обработки и анализа собираемых данных. Для решения этих задач желательно иметь в наличии универсальную платформу, на основе которой можно было бы легко создавать программно-аппаратные комплексы различного назначения. Можно сформулировать ряд требований, предъявляемых к такой платформе:

1. Устройство должно иметь различные модификации для работы с рядом популярных интерфейсов: PCI (плата в составе компьютера), USB (внешнее устройство), Ethernet (автономное устройство с управлением по сети);
2. Устройство должно иметь в своём составе сигнальный процессор для выполнения цифровой обработки и управления;
3. Устройство должно иметь в своём составе большой объём оперативной и (или) энергонезависимой памяти;
4. Устройство должно работать со стандартными модулями энергонезависимой памяти (SmartMedia, CardFlash или др.).

Средние значения пропускной способности для различных интерфейсов

Интерфейс	B , Мбит/с
PCI, 32 бита, BusMaster	670
USB 2.0, Bulk	250
Ethernet, 100Base-T	40

В качестве вычислительного ядра для создания платформы (материнской платы), способной решать широкий круг задач сбора и обработки цифровой и аналоговой информации, предлагается использовать цифровой сигнальный процессор семейства BlackFin производства компании Analog Devices [3]. Это семейство процессоров выбрано исходя из следующих соображений:

- высокая производительность при максимальной тактовой частоте (600 МГц). С другой стороны, возможность программно управлять тактовой частотой для энергосбережения;
- наличие процессоров со встроенными интерфейсами PCI и USB (ADSP-BF535). К сожалению, в нём реализована только версия USB 1.1, чего, конечно, недостаточно для современных приложений;
- наличие процессоров со встроенными интерфейсами Ethernet 10/100 Мбит/с (ADSP-BF536 и ADSP-BF537);
- в процессорах семейства BlackFin есть встроенный контроллер внешней памяти SDRAM, позволяющий подключать до 128 Мб памяти PC133. Эту память удобно использовать как буфер для хранения собранных данных;
- стандартный асинхронный последовательный интерфейс (UART) удобен для отладки и программирования в системе;
- часы реального времени могут применяться для временной привязки собранных данных и синхронизации устройств в сети;
- встроенный сторожевой таймер обеспечивает надёжное восстановление работы процессора в случае сбоя;
- параллельный интерфейс PPI позволяет вводить в память данные со скоростью до 66 МГц по 16 разрядов;
- наличие до четырёх двунаправленных синхронных последовательных портов (SPORT). Максимальная тактовая частота – 66 МГц. Длина слова данных может быть задана программно от 3 до 32 бит. Это очень удобно, например, при подключении АЦП с последовательным интерфейсом и длиной слова 24 бита.

Последовательные порты могут применяться для подключения ЦАП и АЦП.

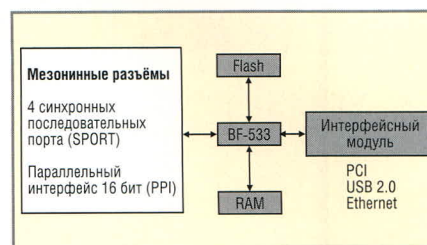
Кроме указанных особенностей, процессоры семейства BlackFin содержат достаточно большой объём внутренней памяти (от 52 до 328 Кб). Мощный встроенный многоканальный контроллер DMA позволяет эффективно организовать передачу данных. Архитектура процессора оптимизирована не только для выполнения стандартных алгоритмов цифровой обработки сигналов (умножение с накоплением), но и для обычных операций управления, которые обычно выполняет контроллер, поэтому процессоры семейства BlackFin часто позиционируют как встроенный процессор (Embedded Processor), а не ЦСП.

АРХИТЕКТУРА ССД НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

В результате проведённого анализа предлагается следующая архитектура устройства (см. рисунок), например, на базе процессора ADSP-BF533.

В качестве мезонинов можно применять многоканальные АЦП, ЦАП, а также мезонин ввода/вывода цифровых потоков (в том числе E1/T1). Перспективным может оказаться также применение более сложных мезонинов, например, квадратурного модулятора на базе AD9857, цифрового квадратурного приёмника на базе AD6620 (1 канал) или AD6624 (4 канала), а также мезонинов на базе программируемой логической интегральной схемы для высокопроизводительной предварительной обработки, с которой цифровой сигнальный процессор справиться не в состоянии.

Что касается интерфейсного модуля, то интерфейс USB целесообразно реализовать на контроллере CY7C68013 (EZ-USB FX2), обеспечивающем работу в режиме USB 2.0, High speed. Особенностью этого контроллера является наличие независимой шины данных FIFO USB, что позволяет передавать данные с максимально возможной скоростью без участия ядра контроллера. Эта двунаправленная шина шириной 8 или 16 бит может работать в синхронном или асинхронном режиме. Контроллер CY7C68013 содержит стандартное ядро C51, а



Структурная схема универсальной системы сбора данных

также аппаратную поддержку USB 2.0.

Интерфейс PCI можно реализовать с помощью PCI-моста семейства PLX в том случае, если применяется процессор без встроенного PCI.

Современные процессоры ADSP-BF536 и ADSP-BF537 уже содержат в своём составе интерфейс Ethernet 10/100. В качестве альтернативы, если используется процессор BF-533, можно предложить специализированный модуль ПИМ7010 компании WIZnet. Этот модуль создан на базе сетевого контроллера W3100A, обеспечивающего аппаратную поддержку стека протоколов TCP/IP. Это представляется удобным, т.к. отпадает необходимость программно реализовывать TCP/IP. Семейство сетевых регистраторов ЛА-5 также создано на базе модуля ПИМ7010.

На плате ССД устанавливаются разъёмы для подключения мезонинов или связи с другими устройствами (например, другими ССД).

Программное обеспечение для процессора BF533 целесообразно организовать в виде набора законченных модулей (функций), обеспечивающих работу с модулями интерфейсов, различными стандартными мезонинами и модулями энергонезависимой памяти. Необходимы также модули, реализующие стандартные функции цифровой обработки сигналов: КИХ- и БИХ-фильтры, БПФ, свёртка, различные детекторы и модуляторы. Все эти функции оформляются в виде библиотек.

ЛИТЕРАТУРА

1. Акиншин Л. Шина PCI Express на модулях COM: отрасль встраиваемых систем принимает эстафету. Электронные компоненты. 2005. № 12.
2. www.rudshel.ru.
3. www.analog.com.



Телевизионная видеокамера с цифровой обработкой сигнала в реальном времени

Андрей Бондаренко, Игорь Докучаев, Михаил Князев (Москва)

В статье описываются технические параметры, режимы работы и применение цифровой видеокамеры прогрессивного сканирования высокого разрешения и динамического диапазона. Приведены алгоритмы обработки потока видеоданных в реальном времени. Цифровая камера предназначена для получения высококонтрастных изображений в системах слежения, распознавания, медицинской радиологии, микроскопии и научных исследованиях.

ВВЕДЕНИЕ

Телевизионная цифровая видеокамера RT-1000DC, разработанная в «Растр технолоджи», изначально предназначалась для замены выработавших свой ресурс видеоконвертеров в ангиографических аппаратах импортного производства. Однако характеристики видеокамеры позволяют использовать её во многих приложениях, где исследуемый объект имеет слабые контраст и освещённость.

Цифровая видеокамера позволяет получить высококачественное чёрно-белое телевизионное изображение прогрессивного сканирования, циф-

ровую обработку в реальном времени и ввод в ПЭВМ. Видеокамера также позволяет выводить получаемое изображение из блока фотоприёмника на стандартный телевизионный монитор с чересстрочной развёрткой или на компьютерный RGB-монитор при разрешении $1280 \times 1024 / 60$ Гц. Использование прогрессивной развёртки позволяет получать чёткие кадры динамических объектов.

Видеокамера состоит из следующих узлов: блока фотоприёмника с блоком цифровой обработки (DSP-блоком), кабеля связи и устанавливаемой в компьютере платы управления с цифровым интерфейсом RT-644. Передача изображения производится на расстояние до 10 м с использованием канала связи Channel Link (IEEE-644).

Важным свойством платы цифрового интерфейса RT-644 является возможность при сохранении высокого пространственного разрешения изображения обеспечивать ввод сигнала в компьютер и запись его на жёсткий диск без пропуска кадров даже при высокой частоте смены кадров (до 50 Гц при прогрессивной развёртке). Это достигается благодаря наличию на плате PCI-контролера, работающего в режиме DMA и способного пересылать оцифрованные данные из внутреннего буфера памяти RT-644 в оперативную память компьютера со средней скоростью более 60 Мб/с практически без участия процессора.

КАМЕРА

Технические характеристики камеры (рис. 1):

- пространственное разрешение: 1024×1024 , 1024×512 (режим объединения строк – биннинг);
- возможность разворота изображения на 180 градусов и зеркального горизонтального отображения;
- скорость передачи изображения: до 25 кадров/с при полном разрешении и до 50 кадров/с при объединении строк и времени накопления до 40 мс;
- отношение сигнал/шум: не менее 72 дБ;
- размер пиксела: $12,8 \times 12,8$ мкм;
- максимум спектральной чувствительности: 530 нм;
- электронный затвор (время экспозиции): 100 мкс...9 с;
- режимы внешней и внутренней синхронизации;
- внешняя синхронизация: оптический вход, $R_{вх} = 1$ кОм; запуск осуществляется импульсом тока $3...10$ мА длительностью 0,01...5 мс;
- программная регулировка усиления сигнала в диапазоне 0...14 дБ (для 8-битного изображения);
- АЦП: 2 канала по 12 бит (4096 градаций серого), частота дискретизации до 20 МГц, двойная коррелированная выборка;
- видеовыход в стандарте CCIR с разрешением 1024×512 . Уровень выходного сигнала: $1,0 V_{п-п}$ на нагрузке 75 Ом при разрядности ЦАП 10 бит;
- RGB-видеовыход на CRT- или LCD-монитор с разрешением $1024 \times 1024 \times 10$ при разрешении монитора 1280×1024 , 60 Гц (опция);
- внутренний буфер SDRAM-памяти с организацией $8 \text{ Мб} \times 16$;
- интерфейс: 32-битная шина PCI, скорость передачи данных: средняя – 60 Мб/с, пиковая – 132 Мб/с. Программное обеспечение позволяет записывать на жёсткий диск компьютера весь поток данных, получаемых от камеры, без сжатия и пропусков кадров;



Рис. 1. корпуса камеры RT-1000DC в различном исполнении

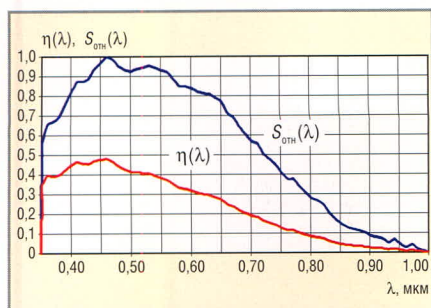


Рис. 2. Квантовая эффективность $\eta(\lambda)$ и спектральная чувствительность $S_{отн}(\lambda)$ матрицы KAI-1003M

- питание блока фотоприёмника: 18...36 В постоянного тока или 100...240 В переменного тока;
- потребляемая мощность: 7 Вт;
- длина кабеля связи: 10 м.

ФОТОПРИЁМНИК

В качестве фотоприёмника в камере применяется CCD-матрица Kodak KAI-1003M.

Основные параметры матрицы приведены в табл. 1. Графики квантовой эффективности $\eta(\lambda)$ и относительной спектральной чувствительности $S_{отн}(\lambda)$ матрицы приведены на рис. 2.

В табл. 2 приведены значения пороговых (минимальных) значений потока излучения и освещённости, при которых уровень полезного сигнала, снимаемый с одиночного пиксела матрицы, будет равен значению среднеквадратического отклонения (СКО) шума. Значения получены для источников с цветовой температурой 2856°K (источник света типа «А») и 6000°K при времени накопления 40 мс. Нетрудно подсчитать, что увеличение времени накопления до 5...10 секунд позволяет камере работать с освещённостями примерно 10^{-5} лк.

ОБЩАЯ ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СХЕМА

Видеокамера RT-1000DC, функциональная схема которой приведена на рис. 3, состоит из следующих основных блоков и узлов:

- Блок фотоприёмника:
 - CCD – ПЗС-матрица. Имеет два аналоговых выхода считывания заряда: X и Y. Каждый из выходов подключен к области матрицы размером 512×1024 элементов;
 - CDS – каскады, осуществляющие двойную коррелированную выборку, преобразование выходного сигнала матрицы в видеосигнал для

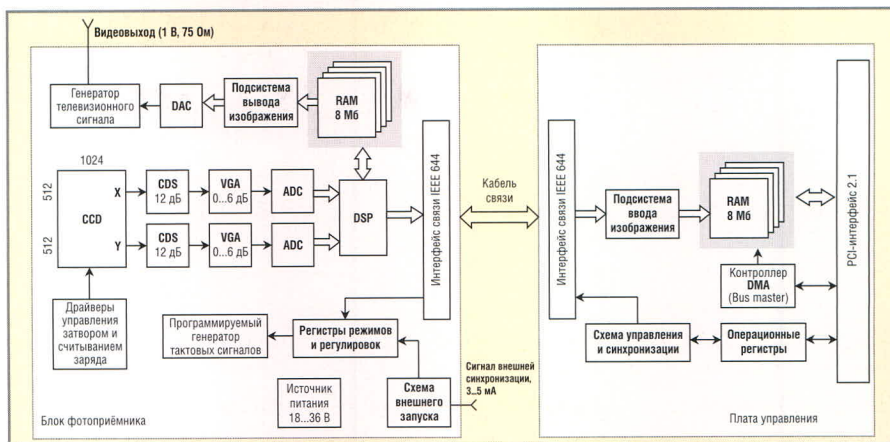


Рис. 3. Функциональная схема цифровой видеокамеры RT-1000DC

- последующего аналого-цифрового преобразования;
- VGA – нормирующий видеоусилитель. Устраняет рассогласование усиления в каналах X и Y, возникающее из-за технического разброса параметров, и обеспечивает согласование уровня видеосигнала с динамическим диапазоном АЦП;
- драйверы управления затвором и считыванием заряда – преобразуют цифровые тактовые сигналы управления в сигналы с необходимыми для ПЗС-матрицы уровнями напряжения;
- ADC – 12-разрядный аналого-цифровой преобразователь (АЦП) с CCD-процессором;
- DSP – блок цифровой обработки сигналов. Обеспечивает динамическое и статическое выравнивание каналов X и Y, выполняет DSP-обра-

- ботку изображения в реальном времени [1]. Аппаратно блок цифровой обработки реализован на ПЛИМ фирмы Altera EP1C12Q240C7;
- RAM – 32-разрядный внутренний буфер памяти (8 Мб). Функционально разделён на 4 банка по $2 \text{ Мб} \times 16$. Используется для хранения промежуточных результатов при DSP-обработке, а также для вывода изображения на внешний монитор;
- подсистема вывода изображения – осуществляет преобразование прогрессивного изображения матрицы в стандартный ТВ-сигнал и обеспечивает синхронизацию ввода и вывода;
- DAC – 10-разрядный цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП);
- генератор ТВ-сигнала – формирует аналоговый сигнал по стандарту CCIR;

Таблица 1. Основные параметры матрицы Kodak KAI-1003M

Параметр	Значение
Количество пикселей в матрице	1024 × 1204
Геометрические размеры пиксела W × H, мкм	12,8 × 12,8
Максимальная квантовая эффективность $\eta(\lambda_{\text{макс}})$	0,45
Длина волны, соответствующая максимуму $\eta(\lambda_{\text{макс}})$, нм	510
Чувствительность, мкВ/электрон	7,5
СКО шума, электронов	40
Ёмкость потенциальной ямы, электронов	170 000

Таблица 2. Пороговые значения светового потока и освещённости

Параметр	Цветовая температура источника $T_{\text{цв}}$, °K	
	2856	6000
Энергетический пороговый поток, Вт	$9,3 \times 10^{-15}$	$2,5 \times 10^{-15}$
Энергетическая пороговая освещённость, Вт/м ²	$5,8 \times 10^{-15}$	$1,6 \times 10^{-15}$
Световой пороговый поток, лм	$1,53 \times 10^{-13}$	$2,3 \times 10^{-13}$
Световая пороговая освещённость, лк	$9,5 \times 10^{-4}$	$1,5 \times 10^{-3}$

- интерфейс связи IEEE 644 – обеспечивает связь фотоприёмника с платой управления по стандарту Channel Link;
- схема внешнего запуска – синхронизирует ввод изображения с внешним сигналом начала кадра, имеет оптическую развязку. Плата управления:
- подсистема ввода изображения – осуществляет управление фиксацией изображения во внутреннем буфере памяти;
- схема управления и синхронизации – осуществляет общее управление всеми процессами в устройстве;
- RAM – 32-разрядный внутренний буфер памяти (8 Мб × 16). Функционально разделён на 4 банка по 2 Мб. Используется контроллером DMA для бесперебойной скоростной пересылки видеоданных из блока фотоприёмника в память ПЭВМ;
- PCI Interface 2.1, контроллер DMA, конфигурационные и операционные регистры – обеспечивают связь RT-1000DC с оперативной памятью компьютера через шину PCI. Конструктивно блок фотоприёмника видеокамеры выполнен в ударопрочном анодированном корпусе из материала ДТ-16. Вся электроника – три четырёхслойные печатные платы (плата фотоприёмника, блоков DSP и питания) – изготовлена в конструктиве этажерка и на шпильках прикреплена к лицевой панели толщиной 6 мм. Через переходные кольца можно присоединить любые объективы.

РЕЖИМЫ РАБОТЫ КАМЕРЫ

Видеокамера RT-1000DC имеет следующие основные режимы работы:

- режим внутренней синхронизации, при котором осуществляется непрерывный ввод телевизионных кадров в компьютер с одновременным контролем вводимого изображения на внешнем мониторе (ВКУ). Частота ввода кадров составляет 25 Гц (50 Гц при объединении строк) или определяется временем экспозиции, если это время превышает 40 мс (20 мс при объединении строк);
- режим внешней синхронизации, при котором осуществляется одиночный или потоковый ввод телевизионных кадров в компьютер с одновременным контролем теле-

визионного изображения на ВКУ. Сигнал внешней синхронизации должен иметь частоту запуска не более 25 Гц (50 Гц при объединении строк);

- режим передачи тестового изображения, при котором осуществляется проверка канала связи между блоком фотоприёмника и платой управления (ПЗС-матрица не задействована) [4].

Видеокамера RT-1000DC подключается к компьютеру через плату управления цифрового интерфейса RT-644, устанавливаемую в свободный разъем шины PCI. Для нормальной работы камеры требуется ПЭВМ со следующими характеристиками:

- IBM PC-совместимый компьютер с процессором Intel Pentium III 450 МГц или выше;
- 256 Мб оперативной памяти;
- жёсткий диск с интерфейсом UATA/100 и выше и средней скоростью записи не менее 50 Мб/с или аналогичный с интерфейсом SCSI;
- видеоадаптер с поддержкой 24-битного цвета;
- устройство для чтения компакт-дисков CD-ROM;
- «мышь» или совместимое устройство;
- операционная система:
 - Microsoft Windows XP Professional,
 - Windows XP Home Edition,
 - Windows 2000 Professional.

ЦИФРОВАЯ ОБРАБОТКА ИЗОБРАЖЕНИЯ

При вводе изображения в ПЭВМ доступны следующие функции цифровой обработки.

- *Рекурсивная фильтрация.* Коэффициент рекурсии определяет соотношение между уровнем шумов слабоконтрастного изображения и динамикой его обновления. Результирующее изображение в n -ом кадре вычисляется по формуле:

$$Y_n = kX_n + (1 - k)Y_{n-1},$$

где: Y_n – результирующее изображение в n -ом кадре;

X_n – оцифрованное изображение в n -ом кадре;

Y_{n-1} – результирующее изображение в $(n-1)$ -ом кадре;

k – коэффициент рекурсии ($1/64 \leq k \leq 1$).

- *Вычитание кадра.* В качестве вычитаемого используется кадр изо-

бражения, записанный по команде оператора:

$$Y_n = (kX_n - (1 - k)X_{\text{DSP}})/2 + C,$$

где: Y_n – результирующее изображение в n -ом кадре;

X_n – оцифрованное изображение в n -ом кадре;

X_{DSP} – вычитаемый кадр изображения;

k – весовой коэффициент ($1/64 \leq k \leq 1$);

C – коэффициент, равный половине разрядной сетки АЦП.

- *Сложение с кадром.* В качестве слагаемого используется кадр изображения, записанный по команде оператора:

$$Y_n = kX_n + (1 - k)X_{\text{DSP}},$$

где: Y_n – результирующее изображение в n -ом кадре;

X_n – оцифрованное изображение в n -ом кадре;

X_{DSP} – суммируемый кадр изображения;

k – весовой коэффициент ($1/64 \leq k \leq 1$).

- *Вычитание двух смежных кадров.* В качестве вычитаемого используется предыдущий кадр изображения:

$$Y_n = (kX_n - (1 - k)X_{n-1})/2 + C,$$

где: Y_n – результирующее изображение в n -ом кадре;

X_n – оцифрованное изображение в n -ом кадре;

X_{n-1} – оцифрованное изображение в $(n-1)$ -ом кадре;

k – весовой коэффициент ($1/64 \leq k \leq 1$);

C – коэффициент, равный половине разрядной сетки АЦП.

- *Сложение двух смежных кадров.* В качестве слагаемого используется предыдущий кадр изображения:

$$Y_n = kX_n + (1 - k)X_{n-1},$$

где: Y_n – результирующее изображение в n -ом кадре;

X_n – оцифрованное изображение в n -ом кадре;

X_{n-1} – оцифрованное изображение в $(n-1)$ -ом кадре;

k – весовой коэффициент ($1/64 \leq k \leq 1$);

Статистические измерения проводятся в так называемом стробе статис-

тики – в некоторой произвольно расположенной прямоугольной области кадра размером от 1×1 до 1024×1024 пикселей. В настоящее время выполняются следующие виды измерений:

- определение минимального и максимального значения пикселя внутри строки статистики за время ввода одного кадра;
- определение количества пикселей, превышающих заданный интервал разности значений одинаково расположенных пикселей в двух кадрах изображения – текущего и эталонного.

Интервал разности значений – порог превышения (обнаружения) – задаётся по модулю в одном из регистров камеры. В качестве эталонного может использоваться предыдущий кадр изображения или любой кадр из потока, записанный в DSP-банк. Эта информация позволяет определять динамику изменения изображения в определённом пространственном направлении, проводить селекцию статических и динамических изображений, реализовать детектор движения.

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Вместе с камерой поставляется комплект разработчика программно-алгоритмического обеспечения Raster technology SDK v2.xx. Комплект разработчика представляет собой инструмент, позволяющий разрабатывать собственные приложения и программные средства, использующие видеопроцессоры и цифровые камеры [2]. Пакет содержит:

- набор тестовых и демонстрационных утилит;
- техническую документацию на весь модельный ряд видеопроцессоров и цифровых камер, включая описание их программирования на уровне регистров;
- динамические библиотеки управления видеопроцессорами и цифровыми камерами для операционных систем Microsoft Windows 2000/XP с исходными текстами;
- описание интерфейса библиотек и руководство по программированию;
- заголовочные файлы для подключения библиотек к проектам на C и Delphi;

- примеры использования библиотек для Borland C++ Builder и Borland Delphi.

Помимо функций низкоуровневого управления камерой, динамическая библиотека RT1000dc.DLL включает в себя мегафункцию «Панели управления». Панель содержит все необходимые регулировки и переключатели режимов работы камеры. Вид панели показан на рис. 4.

На закладке «Главная» расположены следующие регулировки:

- «Время экспозиции» – определяет время накопления световой энергии на ПЗС-матрице в секундах в диапазоне 0,012...9,2 с. Кнопка «Номинал» устанавливает время накопления равным 40 мс для полного кадра и 20 мс в режиме биннинг, что соответствует скорости ввода 25 и 50 кадров/с соответственно;
- «Контраст» – управляет усилением сигнала после его оцифровки. Эта регулировка используется в основном для ввода изображения при глубине 8 бит/пиксел. Диапазон регулировки составляет 0...255 условных единиц, что соответствует усилению от 1 до 17 раз (увеличение

SHARP

Изображение японского качества

Цветные жидкокристаллические дисплеи с размерами диагонали от **3,5** до **12,1** дюйма для промышленных применений



- Разрешение: 240×320, 320×240, 400×240, 640×480, 800×600 пикселей
- Яркость: до 500 кд/м²

- Широкий угол обзора 140° (по горизонтали) / 110° (по вертикали)
- Сменная система задней подсветки на основе люминесцентных ламп с холодным катодом и светодиодов

- Диапазон рабочих температур от -30 до +85°C
- Устойчивость к вибрационным и ударным воздействиям

Дистрибьютор ЖК-дисплеев фирмы Sharp – компания ПРОСОФТ
(495) 234-0636 • info@prosoft.ru • www.prosoft.ru

PROSOFT®

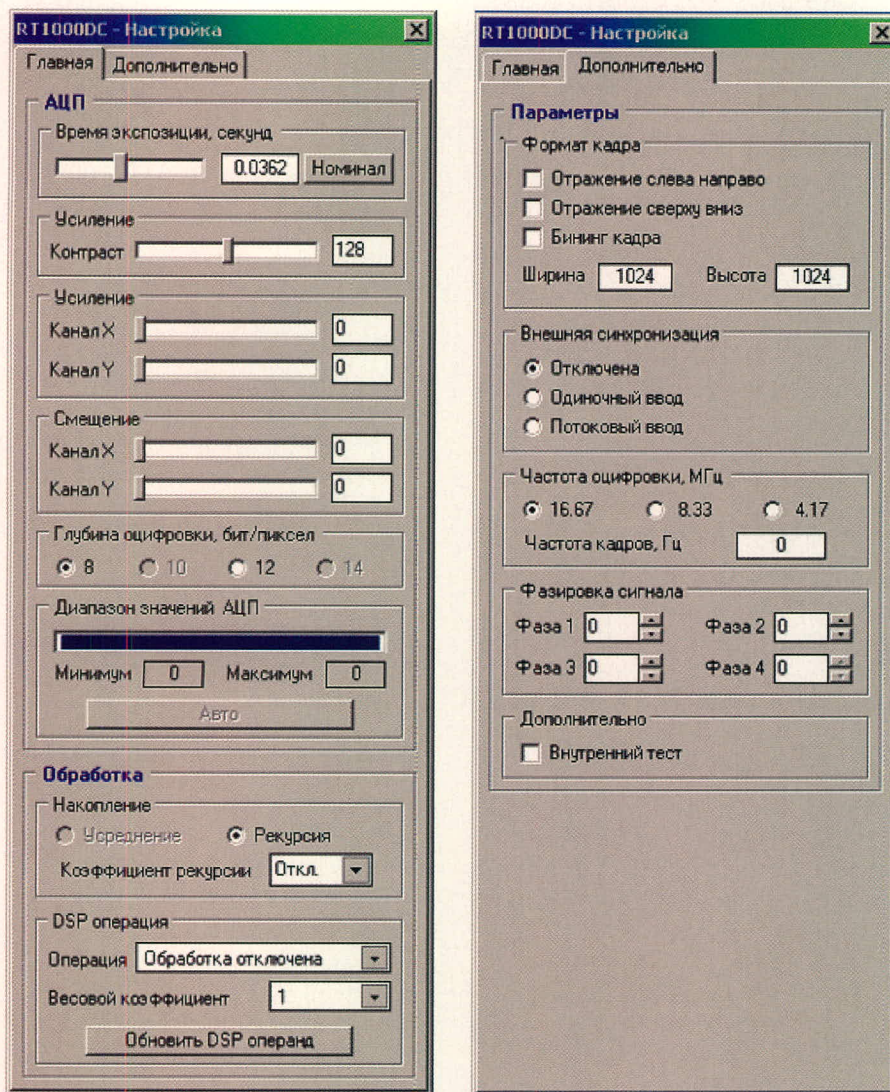


Рис. 4. Панель управления цифровой видеокамеры RT1000DC

регулятора на 16 единиц соответствует усилению в 2 раза);

- регулировки «Усиление» и «Смещение» – используются исключительно для настройки камеры и в рабочих режимах отключены;
- «Глубина оцифровки» – предполагает ввод изображения в режиме один байт (8 бит) на пиксел с целью экономии пространства на жёстком диске и два байта (12 бит) на пиксел;
- «Диапазон значений АЦП» – индикатор, показывающий минимальный и максимальный уровень сигнала за время ввода последнего кадра;
- «Накопление» – определяет один из способов корреляционной обработки изображения. В видеокамере RT1000DC используется только один способ такой обработки – рекурсия. Коэффициент рекурсии выбирается в диапазоне 1/64...63/64;
- «DSP-операция» – выбирает одну из возможных DSP-функций, описан-

ных в разделе 3.4, с весовым коэффициентом в диапазоне 1/64...63/64. Кнопка «Обновить DSP-операнд» перезаписывает текущий кадр изображения без весового коэффициента в DSP-банк для последующего использования в функциях сложения/вычитания кадра.

На закладке «Дополнительно» расположены следующие регулировки:

- «Формат кадра» – позволяет осуществить зеркальный горизонтальный разворот, поворот изображения на 180 градусов, а также выбрать режим объединения строк (биннинг кадра);
- «Внешняя синхронизация» – подключает вход сигнала внешней синхронизации в одном из двух режимов. Одиночный ввод – используется при частоте запуска менее 12 Гц, Поточковый ввод – при частоте запуска 12...25 Гц. Отличие этих двух режимов заключается в способе накопления световой

энергии на ПЗС-матрице. При одиночном вводе сброс заряда с матрицы (очистка матрицы) и последующее накопление заряда происходит непосредственно перед вводом кадра. При потоковом вводе сброса накопленного заряда не происходит, а световая энергия накапливается в течение всего периода внешнего сигнала запуска. Режим потокового ввода используется, в основном, если ввод изображения сопровождается быстрыми вспышками света;

- «Частота оцифровки» – используется для выбора частоты сканирования матрицы. В рабочем режиме должно быть выбрано значение 16,67 МГц;
- «Фазировка сигнала» – регулировки зарезервированы и в данном устройстве не используются;
- «Внутренний тест» – включает режим передачи тестового изображения (серый клин). Используется для проверки канала связи между блоком фотоприёмника и платой управления.

ЛИТЕРАТУРА

1. Техническая документация и руководство пользователя на видеопроцессоры серии RT-8xxVP. М.: «Растр Технолоджи», 2002.
2. Техническая документация на цифровые камеры и программное обеспечение. М.: «Растр технолоджи», 2005.
3. Бондаренко А.В., Докучаев И.В. Использование мультимедийного видеопроцессора RT-850 для визуализации и обработки ангиографических изображений в реальном времени. Труды 1 Евразийского конгр., V нац. конф. по медицинской физике и инженерии. «Медицинская физика – 2001». Москва, 18–22 июня 2001.
4. Бондаренко А.В., Докучаев И.В., Стешенко В.Б. Аппаратная реализация систем ввода, обработки, хранения и вывода изображений различных телевизионных форматов и стандартов. Журнал ЦОС. 2003. № 1. С. 27.
5. Бондаренко А.В., Докучаев И.В., Князев М.Г., Конопляников Ю., Лазаренко Ю.М. Лазерная система автоматизации измерения габаритов сооружений на железных дорогах. Журнал ЦОС. 2004. № 4. С. 36.
6. Князев М.Г. Расчёт пороговых значений потока излучения и освещённости для ПЗС-матриц. М.: «Растр технолоджи», 2006.

Оптическая литография прорвалась в глубокий наномир

Обнаружен неисчерпанный потенциал сокращения размеров элементов микросхем как минимум в три раза практически без изменения современной технологии их производства. На технологической конференции в г. Сан-Хосе инженеры IBM продемонстрировали новые возможности используемого для производства микросхем метода оптической литографии, позволяющие отсрочить переход к более сложным и дорогостоящим технологическим процессам. С его помощью, информирует Physorg, удастся прямо сегодня в три раза уменьшить размер элементов микросхем.

«Никто и не думал, что такое возможно, — заявил представитель IBM Майк Росс (Mike Ross). — Теперь же мы уверены, что это реальность».

«Нашей задачей является продвижение оптической литографии насколько возможно, что позволит промышленности не переходить к более дорогостоящим альтернативным технологиям до тех пор, пока это не станет абсолютно необходимым, — комментирует Роберт Аллен (Robert Allen), менеджер исследовательского центра Almaden компании IBM в г. Сан-Хосе. — Этот результат является наиболее веским свидетельством того, что у промышленности есть в запасе ещё как минимум 7 лет, прежде чем потребуются предпринимать радикальные изменения в методах изготовления чипов.»

Исследовательской группе IBM удалось создать высококачественную и самую маленькую по поперечным размерам линейную структуру с помощью литографии глубоким ультрафиолетом (DUV), применяемую в серийном производстве чипов. Линейные структуры имеют стабильную ширину — 29,9 нм и располагаются в виде упорядоченных полос, расположенных параллельно на одинаковом расстоянии друг от друга. Это в три раза меньше ширины структур в серийно производимых в настоящее время чипах (90 нм) и значительно лучше мирового рекорда на сегодняшний день (в микросхеме компании Intel — 45 нм). Более того, считалось, что возможности оптической литографии строго ограничены размером 32 нм. Но этот рубеж уже удалось превзойти.

Использование предельных возможностей оптической литографии вынудило производителей микросхем поставить вопрос о необходимости перехода к радикально новому и более дорогому, но малоизученному методу — так называемой лито-

графии с использованием мягкого рентгеновского излучения (EUV). На смену лазерной и линзовой оптике должны прийти куда более экзотические элементы.

В попытке исследовать перспективы оптической литографии IBM создала самый совершенный на сегодняшний день комплекс интерференционной иммерсионной литографии NEMO (interference immersion lithography test apparatus). В нём для создания интерференционной картины (чередующихся тёмных и светлых полос) используются излучения двух лазеров. При этом полосы располагаются теснее, чем при технологии, используемой в настоящее время.

Излучение лазеров попадает в жидкую среду с высоким показателем преломления, где оптические свойства позволяют получить ещё более «тонкую» картину. Разрешение метода иммерсионной литографии определяется показателями преломления последней линзы в оптической системе, жидкой среды и фоторезиста. В проводившихся на установке NEMO экспериментах использовались линзы с показателем преломления 1,6 и фоторезист с показателем преломления 1,7. Как сообщается, при этом использовались оптические элементы из кварца и органическая иммерсионная жидкость. Ученые IBM продолжают исследования с целью повышения показателей преломления до значения 1,9, что позволит создавать ещё меньшие по размерам структуры, чем это стало возможным сегодня.

www.cnews.ru

NEC разработала микроскопический сенсор оптического поля

Корпорация NEC добилась успеха в создании самого малогабаритного из существующих датчиков электрического поля. Разработанное устройство состоит из оптического волокна и электрооптической плёнки, нанесённой на срез волокна и действующей как сенсор электрического поля.

Поперечный размер датчика эквивалентен диаметру оптического волокна и составляет всего 125 мкм. Это позволяет вводить зонд в труднодоступные места, например, в зазор между BGA-корпусом чипа и печатной платой, на которой он установлен. Таким образом, открывается возможность использования нового устройства для оценки электрических характеристик высокоплотных печатных плат в целях снижения уровня шума и электромагнитных помех.

Для создания датчика применялся недавно разработанный процесс нанесения сложных оксидных плёнок с наночастицами AD (Aerosol Deposition), недавно разработанный японским национальным институтом AIST (Advanced Industrial Science and Technology). NEC планирует продолжить работу над увеличением чувствительности сенсора и расширением измеряемого частотного диапазона и рассчитывает выпустить устройство, пригодное для практического применения, к концу марта следующего года.

www.itc.ua

Обнародована спецификация передачи данных по электропроводке

Европейский альянс OPERA (Open PLC European Research Alliance) обнародовал спецификацию технологии передачи данных по кабелям силовых электрических линий (Power Line Communications, PLC) со скоростью до 200 Мбит/с.

Разработка методик и оборудования, обеспечивающего возможность использования электропроводки для передачи информации, видео, музыки и трафика IP-телефонии, ведётся с конца девяностых годов прошлого века. Исследованиями в данной области занимаются десятки крупных компаний. В 2000 г. был образован консорциум HomePlug Powerline Alliance, сосредоточивший усилия на разработке стандарта передачи данных по электрическим линиям для организации домашних сетей. Первая версия стандарта HomePlug была принята в 2001 г. и предполагала пропускную способность до 14 Мбит/с. Впоследствии данный показатель вырос до 200 Мбит/с. Не так давно отдельную рабочую группу по исследованиям в сфере технологий PLC создал Институт инженеров электроники и электротехники (IEEE).

Что касается спецификации OPERA, то она, как ожидается, позволит ускорить и упростить процесс использования технологий PLC на практике. Методика основана на применении двусторонней широкополосной многочастотной ортогональной модуляции (Orthogonal Frequency Division Multiplexing, OFDM). Как отмечает InfoWorld, технология обеспечивает возможность создания линий передачи данных, не оказывающих паразитного влияния на любительские радиосети.

Получить доступ к спецификации OPERA можно после оформления соответствующей заявки на веб-сайте альянса.

www.terralab.ru

Синтез цифровых полуполосных КИХ-фильтров без умножителей

Александр Мингазин (Москва)

Для синтеза цифровых полуполосных КИХ-фильтров без умножителей применён метод вариации исходных параметров взвешенной чебышевской аппроксимации. Сформулирована задача синтеза и предложены алгоритмы, улучшающие известные решения. Приведены найденные структуры двух фильтров, предназначенных для использования в цифровых широкополосных приёмниках.

ВВЕДЕНИЕ

Интерес к проектированию цифровых фильтров без умножителей очень велик. За последние несколько лет появились десятки публикаций на данную тему. Это вызвано стремлением к использованию цифровой обработки сигналов (ЦОС) в высокочастотных системах и к размещению их на малом числе кристаллов или одном кристалле, руководствуясь новейшими достижениями интегральных технологий.

Цифровые полуполосные фильтры нашли широкое применение при интерполяции и прореживании во многих системах с ЦОС. В частности, на их основе строятся подполосные кодеки, широкополосные приёмники, трансмультиплексоры, модуляторы/демодуляторы однополосных сигналов и другие устройства. Полуполосные фильтры без умножителей очень экономичны для высокоскоростных реализаций на заказных или полузаказных СБИС, когда сигнальные процессоры не пригодны из-за их недостаточного быстродействия. В таких фильтрах до половины коэффициентов передаточной функции равны нулю, а оставшиеся коэффициенты представлены в виде суммы и/или разности чисел, равных степе-

ни двойки. В этом случае умножение на коэффициент заменяется параллельными операциями сдвига и суммирования (вычитания), что значительно упрощает реализацию функции и повышает её быстродействие.

На этапе синтеза цифровых фильтров без умножителей важно минимизировать полное число сумматоров, включая сумматоры, заменяющие умножители, и сумматоры структуры фильтра. В работе [1] для этого применительно к КИХ-фильтрам использован метод вариации исходных параметров взвешенной чебышевской аппроксимации (ВИП/ВЧА) и на конкретных примерах показана его эффективность. В данной статье формулируется задача синтеза полуполосных КИХ-фильтров без умножителей с помощью метода ВИП/ВЧА и предложены алгоритмы её решения, которые приводят к улучшению результатов [2, 3].

УПРОЩЁННАЯ СТРУКТУРА ЦИФРОВОГО КИХ-ФИЛЬТРА

На рис. 1 представлена упрощённая структура цифрового КИХ-фильтра с линейной ФЧХ. Эта структура соответствует обращённой прямой форме и пригодна для реализации рассматриваемых полуполос-

ных КИХ-фильтров. Все отводы с чётными номерами отсутствуют, т.е. коэффициенты $b_i = 0, i = 2, 4, \dots, (N - 1)/2 - 1, N - \text{нечётное}$. Порядок фильтра равен $N - 1$. Импульсная характеристика симметрична относительно b_0 . Значение N выбирают равным 7, 11, 15 и т.д. Значения $N = 9, 13, 17, \dots$ приводят к аналогичным фильтрам из-за равенства нулю коэффициента с наибольшим индексом. Полуполосные фильтры с $N = 3$ и 5 не дают выигрыша в сравнении с обычными фильтрами при $N = 3$.

Для реализации полуполосного фильтра требуется блок из $(N - 3)/4 + 2$ умножителей (на рис. 1 он обведён пунктиром) и $(N + 1)/2$ сумматоров. Эти сумматоры называют структурными в отличие от сумматоров, заменяющих блок умножения в фильтрах без умножителей.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ СИНТЕЗА

Задачу синтеза цифровых полуполосных КИХ-фильтров без умножителей с помощью метода ВИП/ВЧА можно сформулировать как:

$$\begin{aligned} \Sigma(\mathbf{p}) \rightarrow \min_{\mathbf{p}}, \\ \tilde{e}(\mathbf{p}) = \max \{ \tilde{\delta}_1(\mathbf{p}), \tilde{\delta}_2(\mathbf{p}) \} \leq e_{\max}, \\ \mathbf{p} \in S(\mathbf{p}), \end{aligned} \quad (1)$$

где Σ – полное число сумматоров, включающее структурные сумматоры и сумматоры, заменяющие умножители на коэффициенты фильтра; \tilde{e} – максимальная ошибка, а e_{\max} – её заданное предельно допустимое значение; $\tilde{\delta}_1$ и $\tilde{\delta}_2$ – максимальные уровни пульсаций нормированной АЧХ в заданных номинальных полосах пропускания и задерживания, \mathbf{p} – вектор исходных параметров; $S(\mathbf{p})$ – область допустимых исходных параметров; символ \sim означает соответствие квантованию коэффициентов.

Предполагается, что АЧХ нормирована относительно среднего уровня в полосе пропускания. Отклонения в

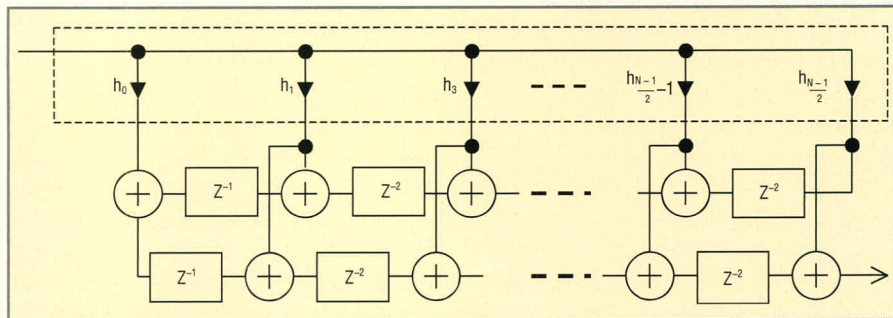


Рис. 1. Упрощённая структура цифрового КИХ-фильтра

этой полосе не превышают $\pm\tilde{\delta}_1$ от 1, а в полосе задерживания $- +\tilde{\delta}_1$ от 0. Оценки всех уровней выполняются на дискретном наборе частот.

Вектор исходных параметров:

$$\mathbf{p} = (p_1, p_2) = (f_1, A)$$

или $\mathbf{p} = (p_1, p_2) = (f_2, A)$,

где f_1 и f_2 – граничные частоты полосы пропускания и задерживания, A – масштабный множитель.

Как видим, для полуполосных КИХ-фильтров \mathbf{p} имеет размерность два, а не четыре, как для обычных КИХ-фильтров нижних (верхних) частот [1]. Это связано с симметрией АЧХ полуполосных фильтров: $f_1 + f_2 = 0,5$ и $\delta_1 = \delta_2$ частоты нормированы относительно частоты дискретизации.

Квантование коэффициентов фильтра выполняется следующим образом:

$$h_i = \left[\frac{Ah_i}{h_0 q} \right] q, i = 0, 1, 3, \dots, (N - 1)/2,$$

где $q = 2^{-M}$ – шаг квантования, M – длина слова дробной части коэффициентов в их двоичном представлении, $[x]$ – ближайшее целое к x ; знак равенства в этом соотношении означает присвоение.

Вектор коэффициентов является некоторой неявной вектор-функцией исходных параметров $\mathbf{h} = \mathbf{F}(\mathbf{p})$, и каждому значению вектора квантованных коэффициентов соответствует подобласть вне или внутри $S(\mathbf{p})$ с определёнными значениями Σ и \tilde{e} . Число подобластей в $S(\mathbf{p})$ ограничено и уменьшается с увеличением q . Подобласти имеют разные размеры и формы. Сформулированная задача заключается в обнаружении хотя бы одной подобласти, для которой имеют место условия (1). Это обнаружение автоматически определяет искомый вектор квантованных коэффициентов.

НЕКОТОРЫЕ ЗАМЕЧАНИЯ

После квантования коэффициентов полуполосного КИХ-фильтра его, строго говоря, нельзя называть полуполосным, поскольку упомянутое свойство симметрии АЧХ нарушается. В этой связи к условиям (1) при необходимости можно добавить еще одно:

$$\Delta(\mathbf{p}) = \left| 1 - \tilde{\delta}_1(\mathbf{p}) / \tilde{\delta}_2(\mathbf{p}) \right| \leq \Delta_{\max}, \quad (2)$$

где Δ – отклонение $\tilde{\delta}_1/\tilde{\delta}_2$ от 1, а Δ_{\max} – его предельно допустимое значение.

Чем меньше Δ , тем ближе АЧХ фильтров с квантованными коэффициентами к АЧХ полуполосных фильтров, для которых $\Delta = 0$.

Масштабный множитель A варьируется в диапазоне $0,5 < A \leq 1$. Окончательное масштабирование фильтра может быть выполнено после решения поставленной задачи путем умножения полученных коэффициентов на множитель, равный степени двойки. Для определённости используем вариацию f_1 . Диапазон изменения $f_{1\min} \leq f_1 \leq f_{1\max}$ включает заданную номинальную частоту f_{1n} и определяется исходя из того, что выход за его пределы приводит к нарушению условия $e \leq e_{\max}$. Напомним, что параметр e , в отличие от \tilde{e} , соответствует неквантованным коэффициентам. Особенностью вариации A в сравнении с вариацией f_1 является то, что задача ВЧА решается лишь для одного значения A .

Предполагается, что число сумматоров, заменяющих умножители, соответствует представлению коэффициентов в каноническом знакоразрядном коде (КЗРК). Известно, что это число можно дополнительно уменьшить, если использовать технику исключения общих подвыражений (ИОП). Желательно технику ИОП включить в алгоритм поиска решения (1). Это может улучшить результат за счёт использования общих цепей сдвиг/суммирование для разных умножителей в блоке. Минимум числа сумматоров Σ (КЗРК) не обязательно даёт минимум Σ (ИОП). Кроме того, может быть несколько решений с минимумом Σ (КЗРК), которым соответствуют разные значения Σ (ИОП). Проблеме поиска эффективных процедур ИОП посвящено большое число публикаций.

АЛГОРИТМЫ СИНТЕЗА

Перебрать все подобласти в S без пропусков или повторов оценок \tilde{e} затруднительно. Некоторые возможные алгоритмы синтеза КИХ-фильтров без умножителей с помощью ВИП упоминались в работе [1]. Применительно к полуполосным фильтрам можно предложить два других алгоритма. Общим для них является определение всех допустимых решений с $\tilde{e} \leq e_{\max}$ при заданной длине слова коэффициентов M и последующий выбор решения с минимальным числом Σ . Если таких решений несколько, то

можно сохранить, например, то, для которого ошибка \tilde{e} минимальна или найденный блок умножения на сумматорах содержит наименьшее число этапов суммирования. Если допустимые решения отсутствуют, то значение M увеличивается на единицу и алгоритм повторяется.

Ниже приведены различающиеся части алгоритмов, необходимые для поиска допустимых решений.

Алгоритм 1. Варьируется параметр f_1 в диапазоне $f_{1\min} \leq f_1 \leq f_{1\max}$. Шаг изменения f_1 адаптируется так, чтобы перебрать все возможные решения в этом диапазоне для выбора из них допустимых вариантов с $\tilde{e} \leq e_{\max}$. Эта процедура выполняется для каждого значения A из диапазона $0,5 < A \leq 1$ с шагом изменения $q = 2^{-M}$.

Алгоритм 2. Варьируется параметр A в диапазоне $0,5 < A \leq 1$. Шаг изменения A адаптируется так, чтобы перебрать все возможные решения в этом диапазоне для выбора из них допустимых вариантов с $\tilde{e} \leq e_{\max}$. Эта процедура выполняется для каждого значения f_1 из диапазона $f_{1\min} \leq f_1 \leq f_{1\max}$ с шагом $(f_{1\max} - f_{1\min})/K$. Из-за специфики $S(f_1, A)$ малое значение K может привести к пропуску искомого решения, а большое – к повторным вычислениям.

ПРИМЕРЫ СИНТЕЗА

Ниже приведены два примера синтеза полуполосных КИХ-фильтров с помощью предложенных алгоритмов. Эти фильтры предназначены для цифровых широкополосных приёмников и были рассмотрены в работах [2, 3]. Условие (2) и процедура ИОП в работах [2, 3] не использовались.

Пример 1. Требования к полуполосному КИХ-фильтру нижних частот [2]:

$$20 \lg \tilde{e} \leq -80 \text{ дБ}; f_{1n} = 0, 1; N = 15.$$

В табл. 1 приведены результаты синтеза фильтра для различных значений длины слова коэффициентов $M = 9..13$. Здесь для каждого варианта решения даны координаты в области $S(f_1, A)$, максимальный коэффициент передачи \tilde{H}_{\max} , ошибка \tilde{e} , отклонение Δ , полное число сумматоров Σ в случае представления коэффициентов в КЗРК и после применения процедуры ИОП. Число Σ показано суммой двух чисел, первое из которых соответствует числу структурных сумматоров, а второе – полному числу сумматоров, заменяю-

Таблица 1. Результаты синтеза фильтра с $N = 15$

Вариант	M	$f_1; A$	\tilde{H}_m	$20\lg \tilde{\delta}, \text{дБ}$	$\Delta, \%$	$\Sigma (\text{КЗРК})$	$\Sigma (\text{ИОП})$
1	9	0,096; 0,8311	1,66	-79,45	4,1	16 = 8 + 8	13 = 8 + 5
2	10	0,096; 0,8203	1,64	-83,62	13,7	16 = 8 + 8	13 = 8 + 5
3	11	0,100; 0,7891	1,58	-86,44	2,1	19 = 8 + 11	14 = 8 + 6
4	12	0,099; 0,9058	1,81	-87,57	2	21 = 8 + 13	16 = 8 + 8
5	12	0,098; 0,9277	1,86	-84,89	1,8	15 = 8 + 7	13 = 8 + 5
6	12	0,098; 0,9282	1,86	-82,02	38,4	15 = 8 + 7	12 = 8 + 4
7	13	0,098; 0,8125	1,63	-85,62	4,9	16 = 8 + 8	15 = 8 + 7

Таблица 2. Результаты синтеза фильтра с $N = 27$

Вариант	M	$f_1; A$	\tilde{H}_m	$20\lg \tilde{\delta}_2, \text{дБ}$	$\Delta, \%$	$\Sigma (\text{КЗРК})$	$\Sigma (\text{ИОП})$
1	9	0,2; 1	2,01	-48,99	1,989	24 = 14 + 10	20 = 14 + 6
2	10	0,2; 0,5015	1,01	-48,20	0,018	23 = 14 + 9	20 = 14 + 6
3	10	0,2; 0,5621	1,13	-49,19	0,005	24 = 14 + 10	19 = 14 + 5
4	10	0,2; 0,6207	1,25	-50,00	0,259	24 = 14 + 10	20 = 14 + 6

щих блок умножения (см. рис. 1). Все варианты решений найдены с применением алгоритма 1. Вариант 4 характеризуется наименьшей ошибкой ($20\lg \tilde{\delta} = -87,57 \text{ дБ}$) из всех полученных решений при $M = 9...12$. Интересно, что для фильтра с неквантованными коэффициентами ошибка равна $-89,37 \text{ дБ}$.

Согласно табл. 1, минимальные $\Sigma(\text{КЗРК}) = 15$ найдены для вариантов 5 и 6, а минимальное $\Sigma(\text{ИОП}) = 12$ – для варианта 6. Заметим, что вариант 6 характеризуется наибольшим значением Δ из всех вариантов в табл. 1. Разброс по Δ очень велик даже при одном и том же значении $M = 12$.

Решение, полученное в работе [2] с помощью вариации коэффициентов при $M = 14$, совпадает с вариантом 7. Как видим, он уступает варианту 6 по $\Sigma(\text{КЗРК})$ на 1, а по $\Sigma(\text{ИОП})$ – на 3 сумматора. Решение для варианта 6 можно найти и с помощью более быстрого алгоритма 2, полагая в нём $K = 10$.

Для варианта 6 коэффициенты фильтра равны: $b_0 = 3802q, b_1 = 2304q, b_3 = -512q, b_5 = 127q, b_7 = -18q$. Здесь $q = 2^{-12}$. Соответствующий блок умножения на четырёх сумматорах для

выполнения пяти умножений показан на рис. 2. Утолщённая черта и указанное рядом число означают, что необходим сдвиг данных в соответствии с этим числом и инверсия знака, если это число отрицательное. Число -1 указывает на необходимость только в инверсии знака. Узлы, помеченные номерами 0...7, соответствуют выходам умножителей на коэффициенты $b_0...b_7$ на рис. 1. Таким образом, для данного фильтра блок из пяти умножителей можно выполнить на четырёх сумматорах. Три этапа суммирования определяют быстродействие этого блока.

Пример 2. Требования к полуполосному КИХ-фильтру нижних частот [3]:

$$\tilde{\delta}_2 \rightarrow \min; f_{1н} = 0,2; N = 27.$$

Для этого фильтра контролируется только ошибка в полосе задерживания. Фильтру с неквантованными коэффициентами соответствует $20\lg \tilde{\delta}_2 = -51,32 \text{ дБ}$. В табл. 2 приведены результаты синтеза фильтра для двух значений M . Все решения близки по значениям $\tilde{\delta}_2$ и S и найдены с при-

менением алгоритма 2 при $K = 15$. Как видим, $f_1 = f_{1н} = 0,2$, т.е. изменение в алгоритме f_1 не даёт лучших результатов. Все варианты решений из табл. 2 были обнаружены и с помощью более медленного алгоритма 1.

Вариант 1 совпадает с решением, полученным в работе [3] при $M = 10$. Этот вариант уступает варианту 4 по величине ошибки $\tilde{\delta}_2$ на 1 дБ, а вариант 3 – по $\Sigma(\text{ИОП})$ на 1 сумматор. Отметим, что вариант 3 характеризуется наименьшим значением Δ из всех решений, представленных в табл. 2.

Для варианта 3 найденные коэффициенты равны: $b_0 = 576q, b_1 = 363q, b_3 = -112q, b_5 = 58q, b_7 = -32q, b_9 = 18q, b_{11} = -9q, b_{13} = 4q$. Здесь $q = 2^{-10}$. Соответствующий блок умножения на пяти сумматорах для выполнения восьми умножений показан на рис. 3. Три этапа суммирования определяют быстродействие этого блока. Быстродействие может быть увеличено введением буферных регистров между этапами суммирования, что относится и к блоку на рис. 2.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложенные алгоритмы позволяют улучшить известные решения в отношении полного числа сумматоров в структуре полуполосных КИХ-фильтров без умножителей. Полученные результаты можно, по-видимому, ещё дополнительно улучшить, поскольку алгоритмы не гарантируют нахождения глобального оптимума. Максимальное улучшение для рассмотренных примеров синтеза связано с уменьшением полного числа сумматоров ещё на 33% в фильтре с $N = 15$ и на 26% – в фильтре с $N = 27$. В этом случае все коэффициенты должны быть равны числам степени два, и поэтому блоки умножения не должны содержать ни одного сумматора. Однако это вряд ли возможно.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мингазин А.Т. Вариация исходных параметров взвешенной чебышевской аппроксимации в задаче синтеза КИХ-фильтров без умножителей. 7-я междунар. конф. «Цифровая обработка сигналов и ее применение». 2005. Т. 1. С. 54–56.
2. Chen C.-L., Willson A.N. A trellis search algorithm for the design of FIR filters with signed-powers-of-two coefficients. IEEE Trans. on CAS-II. 1999. V. 46. № 1. P. 29–39.
3. Sienski K., Legako M. Hardware efficient FIR filter structures from linear program design constraints. ICASSP. 1996. P. 1280–1282. ©

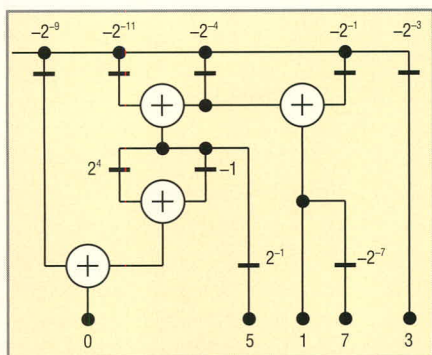


Рис. 2. Блок для выполнения пяти умножений

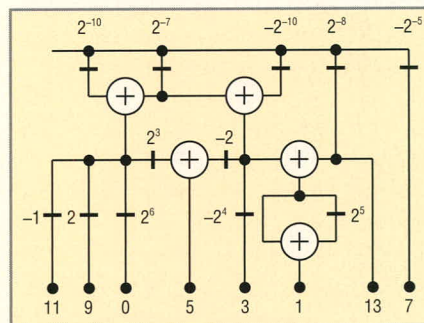


Рис. 3. Блок для выполнения восьми умножений

Процессоры с архитектурой ARM

Процессоры ARM, производимые фирмой Cirrus Logic имеют богатый набор встроенной периферии, позволяющей делать на основе этих процессоров многофункциональные устройства для очень широкой области применения. Семейство этих процессоров представлено тремя моделями семейства ARM7 и пятью моделями ARM9. Среди встроенной периферии процессоров можно выделить поддержку различных кодеков, наличие Ethernet интерфейса, интегрированный графический контроллер с поддержкой сенсорного экрана, интерфейс для подключения LCD дисплея, контроллер IDE, а также встроенные аппаратные средства для защиты информации (Maverick Key). Все процессоры поддерживают операционные системы Windows CE и Linux

ARM процессоры седьмой серии

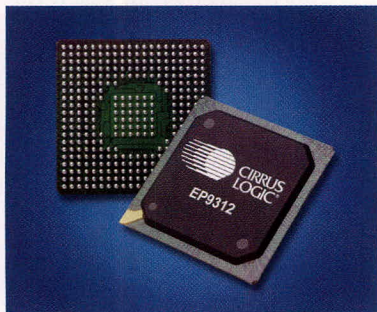
Наименование	Процессор	Скорость (МГц)	Кэш	MMU	Контроллер DRAM	Встроенная SRAM (КБ)	LCD контроллер	DAI	Ethernet MAC	Температурный диапазон	Корпус
EP7309	ARM720T	74	8 КБ	+	-	48	+	+	-	Комм. / Индустр.	208 LQFP 256 PBGA 204 TFBGA
EP7311	ARM720T	90 и 74	8 КБ	+	SDRAM	48	+	-	-	Комм. / Индустр.	208 LQFP 256 PBGA 204 TFBGA
EP7312	ARM720T	90 и 74	8 КБ	+	SDRAM	48	+	+	-	Комм. / Индустр.	208 LQFP 256 PBGA 204 TFBGA

ARM процессоры девятой серии

Наименование	Скорость (МГц)	Ethernet MAC	Поддержка PCMCIA	Контроллер IDE	Портов USB	Контроллер дисплея	Графический контроллер	Сенсор. экр./ АЦП	Корпус
EP9310	166	+	-	-	2	-	-	5 АЦП	208 TQFP
EP9302	200	+	-	-	2	-	-	5 АЦП	208 LQFP
EP9307	200	+	-	-	3	+	+	8-пров.	272 TFBGA
EP9312	200	+	-	2 канала	3	+	-	8-пров.	352 PBGA
EP9315	200	+	+	2 канала	3	+	+	8-пров.	352 PBGA

Типичные применения:

- Охранные системы
- Медицинское оборудование
- Модули графического интерфейса с пользователем
- Игровые автоматы
- Системы управления



Доступны наборы для разработчиков:

Цифровое формирование управляющих сигналов оптимальной следящей системы

Юрий Геложе, Игорь Маркович, Владимир Чуйков (Ростовская обл.)

Синтезирована оптимальная система слежения за сигналом, представляющим собой колебательный случайный процесс на фоне дискретного «белого» шума. Определены структура и параметры цифрового устройства управления.

ВВЕДЕНИЕ

Успехи современной электроники в создании быстродействующих микропроцессоров, ПЛИС и специальных вычислителей позволяют решить ряд сложных многоплановых задач автоматического управления:

- анализ ситуаций, в которых используются системы, тестирование объекта управления (ОУ) с изменяющимися параметрами;
- математический синтез систем, оптимальных для сложившихся ситуаций;
- синтез устройств управления (УУ);
- реализация самого процесса управления [1].

Решение этих актуальных задач позволит создать цифровые системы управления, оптимальные для конкретных ситуаций, сложившихся в текущий момент времени.

Постановка задачи

В работе приведены результаты статистического синтеза оптимальной системы, выполненные полностью на современной ЭВМ. Определены структура и параметры цифрового устройства управления следящей системы для задающих воздействий, часто встречающихся в подвижных объектах, когда задающее воздействие представляет собой случайный колебательный процесс с частотой свободных колебаний менее 1 Гц.

Особенность функционирования рассматриваемой системы состоит в том, что большую часть времени её работы осуществляется тестирование ОУ, параметры которого могут значительно изменяться во времени, а сеанс автоматического управления длится 20...60 с. При этом математи-

ческое ожидание задающего воздействия (сигнала) описывается регулярной функцией времени следующего вида:

$$M_m(t) = vt, \quad (1)$$

где v – ограниченная по величине скорость изменения среднего значения задающего воздействия $|v| \leq v_{\max}$, t – время, а его случайные изменения представляют собой колебательный процесс, спектральная плотность мощности которого имеет вид:

$$S_m(\omega) = \sigma_m^2 \frac{4d\Omega_0^3}{|(j\omega)^2 + 2d\Omega_0 j\omega + \Omega_0^2|^2}, \quad (2)$$

где σ_m^2 – дисперсия сигнала, d – коэффициент демпфирования фильтра-формирователя сигнала, Ω_0 – частота свободных колебаний фильтра-формирователя сигнала.

Цифровой координатор, осуществляющий оценку рассогласования между сигнальной составляющей и результатами её отработки, не является идеальным и вырабатывает собственный шум, не имеющий корреляции в соседних отсчётах. Этот шум называется дискретным «белым» шум. Если дисперсия этого шума σ_n^2 известна, то его спектральная плотность мощности равномерна в полосе частот

$$-\frac{\omega_d}{2} \dots + \frac{\omega_d}{2},$$

где ω_d – частота дискретизации, и определяется выражением [1]:

$$S(0) = \sigma_n^2 T_d. \quad (3)$$

Поскольку шум не зависит от сигнала, то спектральная плотность

мощности наблюдаемого процесса, представляющего собой аддитивную смесь сигнала (2) и шума (3), имеет вид:

$$S_X(\omega) = \sigma_m^2 \frac{4d\Omega_0^3}{|(j\omega)^2 + 2d\Omega_0 j\omega + \Omega_0^2|^2} + \sigma_n^2 T_d. \quad (4)$$

Ставится задача синтезировать оптимальную непрерывную следящую систему по критерию минимума дисперсии ошибки. Решение этой задачи необходимо для последующего синтеза управляющего устройства (УУ). Исходными данными для решения этой задачи являются функции спектральной плотности мощности (2), (3), (4). Отметим, что в состав исходных данных не включена регулярная составляющая сигнала (1) и выбрано бесконечно большое время наблюдения. Обусловлено это тем, что введение в состав сигнала этой составляющей и ограничение времени наблюдения приводит задачу синтеза к известной задаче Заде-Рагацини [2], результаты решения которой не могут быть распространены на другие интервалы времени, в то время как в рассматриваемой технической задаче длительность сеансов функционирования системы изменяется в широких пределах.

Снятие ограничений на длительность переходного процесса позволит определить предельные возможности по точности физически реализуемой системы, что обычно требуется для обоснования эффективности системы [3]. Кроме того, выбор бесконечного интервала наблюдения для осуществления синтеза системы обусловлен тем, что при малом уровне шума, т.е. малом отношении шум/сигнал, где

$$k = \frac{\sigma_n^2}{\sigma_m^2} \times (10^{-2} \dots 10^{-7}),$$

постоянная времени оптимальной системы будет на несколько поряд-

ков меньше постоянной времени T_0 [3] фильтра-формирователя случайного сигнала

$$T_0 = \frac{1}{\Omega_0}.$$

Это означает, что переходной процесс в системе за время сеанса её функционирования практически закончится.

Таким образом, в работе решается известная задача Винера–Колмогорова для случая, когда функции спектра являются дробно-рациональными функциями вида

$$\frac{Q(\omega^{2k})}{R(\omega^{2n})},$$

где $k = 0, 1, 2, \dots$ и $n = 0, 1, 2, \dots$. Методы решения этой задачи известны [2, 3]. Статистический синтез системы осуществлялся полностью автоматически с помощью пакета программ Matlab для следующих исходных данных: $k = 10^{-2} \dots 10^{-7}$, $\Omega_0 = 2\pi F_0$, $F_0 = 0,35$ Гц, $T_d = 10^{-3}$, $\sigma_m^2 = 1$ рад² и $d = 0,5$. Столь высокая частота дискретизации ($F_d = 1$ кГц) выбрана для того, чтобы для рассматриваемого сигнала и ориентировочного значения постоянной времени объекта управления, равной 0,05 с, не учитывать особенности функционирования системы как дискретной.

РЕЗУЛЬТАТЫ СИНТЕЗА ОПТИМАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

Результаты статистического синтеза оптимальной следящей системы сведены в таблицу, в которой кроме её передаточных функций $W_{OCC}(s)$ приведены сведения о физически достижимой точности системы σ^2 (рад²) (при $\sigma_m^2 = 1$ рад²) и величинах передаточной функции $W_{OCC}(0)$ и её производной $W_{OCC}^{(1)}(0)$.

Из таблицы видно, что передаточная функция оптимальной следящей системы может быть описана выражением:

$$W_{OCC}(s) = \frac{b_0 s + b_1}{s^2 + 2d_{opt} \Omega_{opt} s + \Omega_{opt}^2}, \quad (5)$$

где b_0 и b_1 – коэффициенты многочлена числителя, d_{opt} – коэффициент демпфирования оптимальной системы, Ω_{opt} – частота свободных колебаний оптимальной системы. Обработка материалов, приведённых в таблице, показывает, что ко-

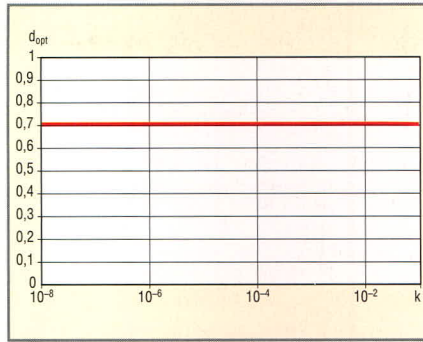


Рис. 1. Зависимость коэффициента демпфирования от отношения шум/сигнал

эффициент демпфирования оптимальной системы практически не зависит от отношения шум/сигнал и с высокой точностью равен $\sqrt{2}/2$ (см. рис. 1).

Частота свободных колебаний оптимальной системы Ω_{opt} в 20...300 раз больше частоты свободных колебаний Ω_0 фильтра-формирователя сигнала, т.е. полоса пропускания оптимальной системы по частоте значительно шире эффективной полосы сигнала, что следует из графика, приведённого на рис. 2.

Оптимальная система обладает свойством статизма, поскольку $W_{OCC}(0) \neq 1$ и, следовательно, её статистический коэффициент ошибки C_0 не равен нулю ($C_0 = W_{OCC}(0) - 1 \neq 0$) [3]. Однако величина этого коэффициента мала и изменяется от $3,3 \cdot 10^{-3}$ до 10^{-5} при изменении k от 10^{-2} до 10^{-7} . Коэффициент ошибки по скорости оптимальной системы, определённый выражением $C_1 = W_{OCC}^{(1)}(0)$, также близок к нулю и изменяется от $1,38 \cdot 10^{-3}$ до $4,75 \cdot 10^{-6}$ [3]. Таким образом, статистически оптимальная система

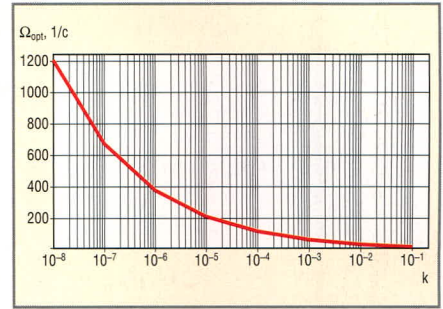


Рис. 2. Зависимость частоты свободных колебаний оптимальной системы от отношения шум/сигнал

при рассмотренных отношениях шум/сигнал близка по свойствам к системе с астатизмом второго порядка, для которой $C_0 = C_1 = 0$, что имеет место, если передаточная функция системы будет иметь вид [3]:

$$W(s) = \frac{2d\Omega s + \Omega^2}{s^2 + 2d\Omega s + \Omega^2}. \quad (6)$$

Системы такого вида формируют несмещённую оценку, поскольку $m_e = C_0 v + C_1 v = 0$ [3].

Из сравнения передаточных функций (5) и (6) следует, что навязать оптимальной системе свойство астатизма второго порядка можно, выполнив следующие два условия:

$$b_0 = 2d_{opt} \Omega_{opt} \text{ и } b_1 = \Omega_{opt}^2. \quad (7)$$

Введение дополнительного условия обеспечит несмещённую оценку, формируемую системой, но приведёт к увеличению случайной ошибки.

Рассмотрим возможность повышения точности астатической сис-

Статистический синтез оптимальной следящей системы

$k = \left(\frac{\sigma_n}{\sigma_m}\right)^2$ шум/сигнал	σ^2 (рад ²), точность при $\sigma_m^2 = 1$ рад ²	$W_{OCC}(s)$, передаточная функция	$W_{OCC}(0)$, величина передаточной функции	$W_{OCC}^{(1)}(0)$, производная передаточной функции
10^{-2}	$5,1760 \times 10^{-4}$	$\frac{51,764285 s + 1453,6062}{s^2 + 53,963400 s + 1458,4423}$	0,996684	$-13,852 \times 10^{-4}$
10^{-3}	$9,3817 \times 10^{-5}$	$\frac{93,817120 s + 4607,1406}{s^2 + 96,016235 s + 4611,9767}$	0,9989514	$-45,500 \times 10^{-5}$
10^{-4}	$1,6858 \times 10^{-5}$	$\frac{168,57516 s + 14579,508}{s^2 + 170,77427 s + 14584,344}$	0,9996684	$-14,690 \times 10^{-5}$
10^{-5}	$3,0150 \times 10^{-6}$	$\frac{301,50246 s + 46114,906}{s^2 + 303,70158 s + 46119,742}$	0,9998951	$-46,992 \times 10^{-6}$
10^{-6}	$5,3788 \times 10^{-7}$	$\frac{537,87683 s + 145838,59}{s^2 + 540,07594 s + 145843,43}$	0,9999668	$-14,956 \times 10^{-6}$
10^{-7}	$9,5821 \times 10^{-8}$	$\frac{958,21225 s + 461192,58}{s^2 + 960,41137 s + 461197,42}$	0,9999895	$-4,7464 \times 10^{-6}$

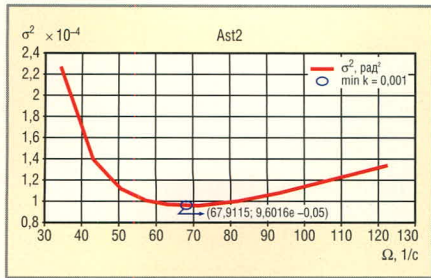


Рис. 3. Зависимость дисперсии ошибки слежения от частоты свободных колебаний системы для отношения шум/сигнал $\times 10^{-3}$

темы путём параметрической оптимизации по критерию минимума дисперсии ошибки всего по одному параметру – по частоте свободных колебаний, поскольку, как отмечалось выше, коэффициент демпфирования оптимальных систем практически не зависит от изменения отношения шум/сигнал в пределах $10^{-2} \dots 10^{-7}$.

Результат осуществления параметрической оптимизации показал, что отклонение от оптимального значения частоты свободных колебаний системы на 10% приводит к потере точности менее чем на 5%, что подтверждается графиком зависимости дисперсии ошибки от частоты свободных колебаний системы, например, для отношения шум/сигнал 10^{-3} , приведенного на рис. 3.

Кроме того, исследования показали, что частота свободных колебаний параметрически оптимальной системы и частота Ω_{opt} практически одинаковы. Учитывая это, проведено исследование потерь точности от навязывания оптимальной системе свойства астатизма второго порядка. Результаты этих исследований приведены на рис. 4, на котором показана зависимость отношения приращения дисперсии ошибки системы, происходящего за счёт изменения коэффициентов передаточной функции, к

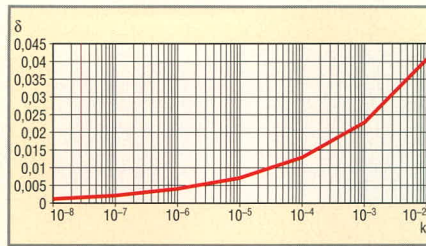


Рис. 4. Зависимость относительных потерь точности δ , происходящих за счёт навязывания оптимальной системе астатизма второго порядка, от отношения шум/сигнал

дисперсии ошибки оптимальной системы.

Из графика на рис. 4 следует, что за счёт навязывания оптимальной системе свойства астатизма второго порядка дисперсия ошибки увеличивается на 0,25...4% при изменении отношения шум/сигнал от 10^{-7} до 10^{-2} . Такие потери точности допустимы, поскольку в большинстве случаев параметры спектра случайного сигнала известны с точностью не большей, чем 5...10%.

На основании проведённых исследований можно сделать вывод, что передаточная функция системы, близкой к оптимальной системе и обладающей астатизмом второго порядка, описывается выражением (5) и коэффициенты её числителя b_0 и b_1 определяются из условия (7), а $d_{opt} = \sqrt{2}/2$.

СИНТЕЗ ЦИФРОВОГО УПРАВЛЯЮЩЕГО УСТРОЙСТВА

Проведём декомпозицию результатов решения задачи статистического синтеза оптимальной системы с целью решения главной задачи – определения структуры и параметров устройства УУ, поскольку ОУ протестирован с помощью специальной подсистемы. Структурная схема следящей системы имеет вид, показанный на рис. 5.

Полагаем, что ОУ является типовым электромеханическим устрой-

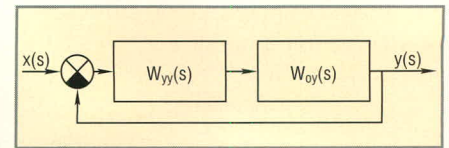


Рис. 5. Структурная схема следящей системы

ством, передаточная функция которого определяется выражением [3]:

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

где $k_{ЭМ}$ – статический коэффициент передачи ОУ по скорости, $T_{ЭМ}$ – постоянная времени ОУ.

Зная $W_{OCC}(s)$ и $W_{OY}(s)$, по известным правилам математического описания следящей системы получим передаточную функцию УУ оптимальной системы [3]:

$$W_{YU}(s) = \frac{2dT_{ЭМ}\Omega_{opt}}{k_{ЭМ}}s + \frac{\Omega_{opt}(T_{ЭМ}\Omega_{opt} + 2d)}{k_{ЭМ}} + \frac{\Omega_{opt}^2}{k_{ЭМ}s}. \quad (8)$$

Как видно из (8), аналоговое оптимальное УУ содержит дифференциатор, безынерционное звено и интегратор. Структурная схема математической модели цифрового устройства УУ, построенная в соответствии с формулой (8), представлена на рис. 6. Отметим, что эта схема справедлива для УУ, выполненного на базе ЭВМ, время вычисления дискретного управляющего воздействия которой значительно меньше периода дискретизации T_d .

На рис. 6 приняты следующие обозначения: $W_{диф}^*(z)$ – передаточная функция дифференцирующего звена; $W_{БИ}^*(z)$ – передаточная функция безынерционного звена; $W_{инт}^*(z)$ – передаточная функция интегрирующего звена; $\varepsilon(t)$ – сигнал рассогласования, $U_{yy}(t)$ – управляющее воздействие.

Весовые коэффициенты K_1, K_2, K_3 определяются следующими выражениями:

$$K_1 = \frac{2d\Omega_{opt}T_{ЭМ}}{k_{ЭМ}},$$

$$K_2 = \frac{\Omega_{opt}(\Omega_{opt}T_{ЭМ} + 2d)}{k_{ЭМ}},$$

$$K_3 = \frac{\Omega_{opt}^2}{k_{ЭМ}}.$$

Для определения численных значений весовых коэффициентов в

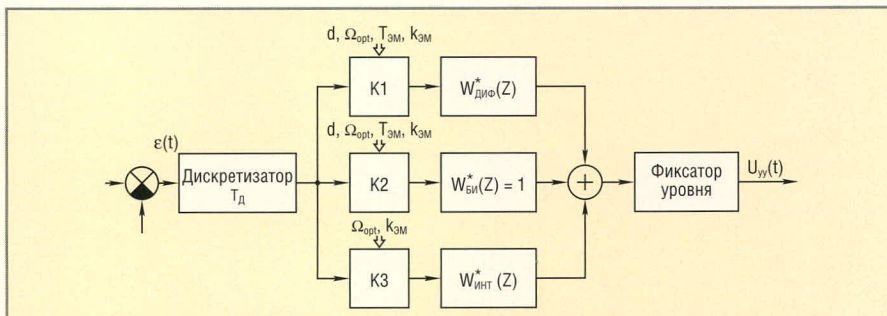


Рис. 6. Структурная схема математической модели цифрового управляющего устройства

управляющую ЭВМ поступают сведения из подсистемы тестирования ОУ о величинах $k_{ЭМ}$ и $T_{ЭМ}$, а из ЭВМ, осуществляющей решение задачи статистического синтеза оптимальной системы, поступают сведения о величинах $\Omega_{орт}$ и $d = \sqrt{2}/2$.

В простейшем случае уравнение в конечных разностях и передаточные функции дифференциатора и интегратора соответственно будут иметь вид [4]:

$$U_{диф}(iT_D) = \frac{\varepsilon(iT_D) - \varepsilon(iT_D - T_D)}{T_D},$$

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

$$U_{инт}(iT_D) = U_{инт}(iT_D - T_D) + T_D \varepsilon(iT_D - T_D),$$

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

Если управляющая ЭВМ обладает повышенным быстродействием, то можно воспользоваться более точной формулой дифференцирования:

$$U_{диф}(iT_D) = \frac{1}{T_D} \sum_{v=1}^n \frac{1}{v} \Delta^v \varepsilon(iT_D), \quad (9)$$

где Δ^v – восходящая разность v -го порядка, определяемая выражением:

$$\Delta^v \varepsilon(iT_D) = \Delta^{v-1} \varepsilon(iT_D) - \Delta^{v-1} \varepsilon(iT_D - T_D);$$

$$\Delta^0 \varepsilon(iT_D) = \varepsilon(iT_D).$$

Реализация этой операции дифференцирования требует запоминания n предыдущих значений входной переменной. Передаточная функция дифференциатора (9) имеет вид:

$$W_{диф}^*(z) = \frac{1}{T_D} \sum_{v=1}^n \frac{1}{v} (1 - z^{-1})^v.$$

Точность интегрирования тоже может быть повышена, например, за счёт применения полигональной аппроксимации, при этом разностное уравнение и передаточная функция интегратора будут иметь вид [4]:

$$U_{инт}(iT_D) = U_{инт}(iT_D - T_D) + T_D \frac{\varepsilon(iT_D) + \varepsilon(iT_D - T_D)}{2};$$

$$W_{инт}^*(z) = \frac{T_D}{2} \frac{1 + z^{-1}}{1 - z^{-1}}.$$

Следует заметить, что все вышерассмотренные дифференциаторы и интеграторы устойчивы, так как нули

и полюса их передаточных функций не выходят из единичного круга на плоскости z .

Моделирование оптимальной системы с астатизмом второго порядка показало, что при $k = 10^{-3}$ и частоте дискретизации $F_D = 1$ кГц величина перерегулирования не превысила 15%, что вполне приемлемо для рассматриваемых типов электромеханических устройств.

Синтезированное управляющее устройство может быть реализовано с помощью ЭВМ, ПЛИС и сигнальных процессоров. Причём без современных быстродействующих вычислительных устройств и эффективных цифровых методов обработки сигналов трудно обойтись тогда, когда отношения шум/сигнал малы и, следовательно, полоса пропускания оптимальной системы становится столь широкой, что препятствием к достижению потенциальных возможностей системы по точности становится ограниченность ресурса управления инерционного электропривода [5]. В этих случаях обеспечение уменьшения проигрыша по точности возможно, например, с применением многокритериального подхода к организации движения в системе из «удалённых» областей пространства состояний.

Требования по обеспечению «грубости» к рассматриваемым системам

не предъявляются [5], поскольку сведения о тестируемом объекте используются в законе управления. Такой подход способствует повышению точности системы. Дополнительным резервом повышения точности является оптимизация системы под идентифицируемую ситуацию.

В заключение отметим, что современные компьютерные технологии позволяют осуществить оптимальное управление в условиях значительных изменений как свойств объектов управления, так и ситуаций, в которых используются автоматические системы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баркин А.И. и др. Методы классической и современной теории автоматического управления. Т. 4: Теория оптимизации систем автоматического управления. Под ред. К.А. Пупкова и Н.Д. Егунова. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004.
2. Солодовников В.В., Матвеев П.С. Расчёт оптимальных систем автоматического управления при наличии помех. М.: Машиностроение. 1973.
3. Основы автоматического управления. Под ред. В.С. Пугачева. М.: Наука, 1974.
4. Айфичер Э., Джервис Б. Цифровая обработка сигналов: практический подход. Пер. с англ. М.: Вильямс. 2004.
5. Дорф Р., Бишоп Р. Современные системы управления. Пер. с англ. М.: Лаборатория Базовых Знаний. 2002.



ЭЛЕКТРОННЫЕ КОМПОНЕНТЫ ОТ ВЕДУЩИХ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ

Электронные ключи iButton

- Уникальный идентификационный номер
- Энергонезависимая память обеспечивает сохранность, а бит защиты – конфиденциальность информации
- Удобство использования: информация легко считывается внешним устройством
- Возможность выполнения различных дополнительных функций

DS1990A

Электронный ключ с уникальным 64-битным регистрационным номером

DS1994

Электронный ключ с энергонезависимой памятью 4 кбит, часами реального времени и календарем

DS1992

Электронный ключ с энергонезависимой памятью 1 кбит

Москва, ул. Ивана Франко, д. 40, стр. 2 Почта: 121351, Москва, а/я 100
 Тел./факс: (495) 97-000-99 E-mail: platan@aha.ru

Обеспечение теплового режима мощных светодиодных ламп при разработке светотехнических устройств

Александр Полищук (Москва)

В статье рассмотрены вопросы обеспечения теплового режима твердотельных источников света. Приведена методика тепловых расчётов с практическими примерами и экспериментальными результатами. Особое внимание уделено проблеме минимизации теплового сопротивления при использовании различных материалов печатных плат.

ВВЕДЕНИЕ

Как было отмечено в предыдущей статье [1], при разработке светотехнических устройств с использованием мощных светодиодных ламп одним из важнейших требований является обеспечение адекватного отвода тепла от кристалла светодиода. Высокая рабочая температура р-п-перехода со временем приводит к деградации световых характеристик светодиодной лампы: снижается светоотдача кристалла, изменяются характеристики люминофора, у приборов ряда производителей дополнительно падает показатель светопропускания оптической системы. В результате уменьшается долговечность светодиодной лампы – один из основных показателей, выгодно отличающий её от традиционных источников света.

В данной статье рассмотрим основные подходы к проектированию светотехнического устройства по критерию обеспечения требуемого теплового режима светодиодной лампы.

Основным параметром при тепловых расчётах светотехнического устройства является так называемая температура р-п-перехода (T_j). При этом имеется в виду непосредственно температура области р-п-перехода полупроводниковой структуры InGaN, в которой формируется и излучается поток фотонов с энергией $E = h\nu$, соответствующей основной частоте излучения ν . Максимальное значение температуры T_j обычно приводится в технической документации на светодиод.

Температура р-п-перехода в общем случае определяется тремя параметрами:

- температурой окружающей среды;
- теплопроводностью между р-п-переходом и теплоотводящим основанием корпуса светодиода;
- рассеиваемой электрической мощностью светодиода.

При разработке светотехнического устройства необходимо руководствоваться следующими основными положениями:

- минимизация плотности распределения тепла на плате с установленным светодиодом или группой светодиодов;
- минимизация температуры внутри объёма устройства. Именно эта температура будет являться температурой окружающей среды для светодиода;
- увеличение теплопроводности между радиатором и теплоотводящим основанием корпуса светодиода. Её величина непосредственно влияет на перепад температуры и эффективность отвода тепла, а следовательно, и размер радиатора;
- расположение радиатора должно обеспечивать беспрепятственную естественную конвекцию воздуха, в противном случае эффективность теплоотвода будет недостаточной.

Несмотря на всю очевидность рассмотренных положений, разработчики светотехнических устройств зачастую пренебрегают элементарными правилами конструирования систем обеспечения теплового режима. Например, автору демонстрировалась конструк-

ция головного взрывобезопасного светильника, в котором светодиодная лампа была установлена на радиаторе внутри герметичного пластмассового корпуса. При этом отвод тепла был возможен только за счёт теплопередачи от нагретого воздуха внутри светильника через пластмассовые стенки, имеющие весьма низкую теплопроводность. Об эффективности такого решения, конечно же, не может быть и речи.

ТЕПЛОВАЯ МОДЕЛЬ

В основе любой тепловой модели лежит понятие теплового сопротивления. Если осуществляется передача тепла от тела с большей температурой T_1 телу с меньшей температурой T_2 , то тепловое сопротивление $R\theta$ определяется как отношение разности температур тел к мощности P_d , рассеиваемой нагретым телом, в °C/Вт:

$$R\theta = \frac{T_1 - T_2}{P_d}. \quad (1)$$

Такая модель удобна тем, что тепловыми сопротивлениями можно оперировать аналогично электрическим сопротивлениям. Это повышает наглядность модели и упрощает расчёты.

Для светодиодных ламп наиболее важной характеристикой является тепловое сопротивление между р-п-переходом и теплоотводящим основанием корпуса $R\theta_{j-p}$. Его величина всегда указывается в технической документации на прибор. Если светодиод устанавливается на теплоотвод, то в тепловой модели последовательно с $R\theta_{j-p}$ включаются тепловые сопротивления между светодиодом и теплоотводом $R\theta_{p-h}$ и теплоотводом и окружающей средой $R\theta_{h-a}$ (рис. 1), а результирующее тепловое сопротивление имеет вид:

$$R\theta_{h-a} = R\theta_{j-p} + R\theta_{p-h} + R\theta_{h-a}. \quad (2)$$

Если на теплоотводе установлены несколько светодиодов, то эквивалент-

ная тепловая схема будет иметь вид, показанный на рис. 2. При этом результирующее тепловое сопротивление будет вычисляться по формуле для параллельного соединения резисторов:

$$\frac{1}{R\theta_{(j-b)\Sigma}} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{R\theta_{(j-b)i}} \quad (3)$$

В случае эквивалентных условий теплопередачи каждого светодиода формула (3) может быть упрощена:

$$R\theta_{(j-b)\Sigma} = \frac{R\theta_{(j-b)1}}{n} \quad (4)$$

Ориентировочные величины тепловых сопротивлений $R\theta_{p-h}$ и $R\theta_{h-a}$ в ряде случаев можно найти в Data Sheet производителей светодиодов. Однако на практике достоверные значения можно получить лишь в результате натурального моделирования, измеряя температуры теплоотводящего основания светодиода и всех остальных компонентов системы обеспечения теплового режима. Зная температуру окружающей среды и рассеиваемую прибором мощность, по формуле (1) можно вычислить соответствующие тепловые сопротивления. Несмотря на трудоёмкость такого моделирования, его результатами можно пользоваться в дальнейшем для тепловых расчётов любых светотехнических систем, в которых используется аналогичная технология монтажа светодиодов, материалы и конфигурация элементов теплоотвода.

Последовательность теплового расчёта

Исходными данными для расчётов являются максимальные температуры р-п-перехода T_{j_max} и окружающей среды T_{a_max} . Если тепловая система находится в замкнутом объёме, то в качестве T_{a_max} необходимо брать температуру внутри этого объёма. Для её определения можно воспользоваться методиками, которые приводятся во многих справочниках конструкторов РЭА. В качестве T_{j_max} рекомендуется взять максимальную температуру р-п-перехода из технической документации на светодиодную лампу, умноженную на коэффициент запаса K_T . Это позволит в реальных условиях снизить вероятность перегрева кристалла и обеспечить требуемый ресурс работы светодиодной лампы. Значения коэффициента K_T обычно выбирают в пределах 0,7...0,8.

По заданным значениям температуры р-п-перехода T_{j_max} и окружаю-

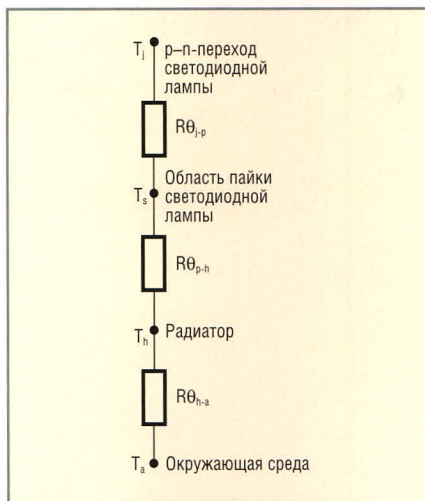


Рис. 1. Тепловая модель твердотельного источника света, в котором на теплоотвод (радиатор) установлен один светодиод

щей среды T_{a_max} определяется максимально допустимое результирующее тепловое сопротивление р-п-переход – окружающая среда:

$$R\theta_{(j-a)\Sigma} = \frac{T_{j_max} - T_{a_max}}{P_d} \quad (5)$$

где P_d – мощность, рассеиваемая светодиодной лампой или кластером. Её значение можно определить по формуле:

$$P_d = I_f U_f \quad (6)$$

где I_f и U_f – номинальный прямой ток и прямое напряжение на светодиодной лампе соответственно. Формула (6) не учитывает коэффициент полезного действия (КПД) по излучению светового потока, поэтому значение P_d получается с небольшим запасом.

Следующий шаг – определение теплового сопротивления радиатора $R\theta_{h-a}$. При этом предполагается, что величины $R\theta_{j-p}$ и $R\theta_{p-h}$ известны ($R\theta_{j-p}$ указано в технической документации на прибор, а $R\theta_{p-h}$ берётся из справочников или определяется экспериментально при моделировании):

$$R\theta_{h-a} = R\theta_{(j-a)\Sigma} - R\theta_{j-p} - R\theta_{p-h} \quad (7)$$

Если предполагается использовать стандартный радиатор, то тепловое сопротивление $R\theta_{h-a}$ можно найти в его технической документации. В случае применения нестандартных теплоотводов, для вычисления $R\theta_{h-a}$ можно воспользоваться методиками, которые приводятся в справочниках конструкторов РЭА, или специализированными программами [2].

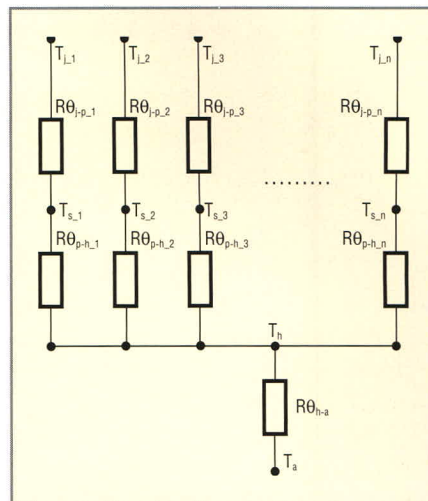


Рис. 2. Тепловая модель твердотельного источника света, в котором на теплоотвод (радиатор) установлено несколько светодиодов

Пример простого теплового расчёта

В качестве примера рассмотрим расчёт теплоотвода для оценочной платы XLD-L-003 светодиодной лампы Cree XLamp™ 7090 (рис. 3). Эта плата включает в себя светодиодную лампу белого цвета свечения типа XL7090WHT-L100 с типовым световым потоком 60..65 лм при токе 350 мА и драйвер, обеспечивающий стабилизацию рабочей точки лампы, защиту от перегрева и неправильной полярности питающего напряжения. Также имеется вход электронного отключения драйвера, который может использоваться и как вход управления яркостью. Широкий диапазон напряжения питания платы (5..21 В) позволяет использовать любой подходящий источник питания.

Плата изготовлена из фольгированного стеклотекстолита. Компоненты установлены с одной стороны печатной платы, противоположная сторона имеет металлизацию по всей площади для отвода тепла. Передача тепла от светодиодной лампы к металлизации платы осуществляется за счёт переходных отверстий, расположенных непосредственно



Рис. 3. Внешний вид оценочной платы светодиодной лампы Cree XLamp™ 7090

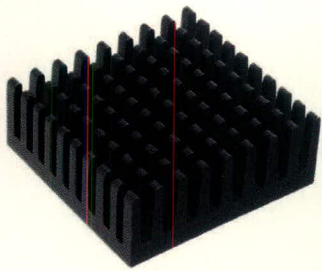


Рис. 4. Внешний вид стандартного радиатора типа 2519B для корпусов BGA, используемого в качестве теплоотвода светодиодной лампы

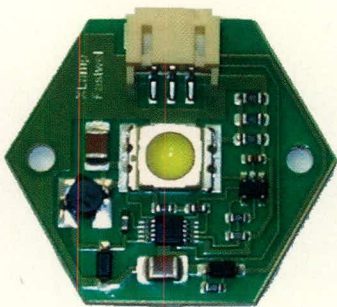


Рис. 5. Оценочная плата светодиодной лампы Cree XLampTM 7090, выполненная на печатной плате с алюминиевым основанием

под теплоотводящим основанием прибора.

Хотя с точки зрения отвода тепла монтаж светодиодной лампы на стеклотекстолитовую печатную плату не является оптимальным, в ряде случаев это допустимо, поскольку позволяет создавать недорогие решения при мелкосерийном производстве.

Рассчитаем максимальную рабочую температуру окружающего воздуха при условии естественного конвекционного охлаждения.

1. Максимальная температура р–п-перехода по технической документации Cree составляет 125°C. С учётом

коэффициента запаса 0,8 выбираем максимальную рабочую температуру р–п-перехода $T_{j_max} = 100^\circ\text{C}$.

2. Номинальный прямой ток через светодиодную лампу $I_f = 350$ мА, прямое напряжение $U_f = 3,43$ В. По формуле (6) рассчитываем рассеиваемую мощность ($0,35 \times 3,43 = 1,2$ Вт).

3. Тепловое сопротивление $R\theta_{j-p}$ указано в технической документации на прибор, $R\theta_{j-p} = 17^\circ\text{C}/\text{Вт}$. Тепловое сопротивление $R\theta_{p-h}$ можно определить, измерив температуры теплоотводящего основания светодиодной лампы и металлизации обратной стороны платы. Для XLD-L-003 $R\theta_{p-h} = 5,3^\circ\text{C}/\text{Вт}$.

4. В качестве теплоотвода выбираем стандартный для корпусов BGA радиатор, например, 2519B производства компании AAVID Thermalloy (рис. 4). Его размеры $34,5 \times 31,4 \times 15,6$ мм, тепловое сопротивление $R\theta_{h-a} = 19,7^\circ\text{C}/\text{Вт}$ при условии естественной конвекции.

5. По формуле (2) определяем результирующее тепловое сопротивление: $R\theta_{j-a} = 17 + 5,3 + 19,7 = 42^\circ\text{C}/\text{Вт}$.

6. Максимальная рабочая температура окружающего воздуха в °C определяется из выражения (5):

$$T_{a_max} = T_{j_max} - R\theta_{j-a} P_d = 100 - 42 \times 1,20 = 49,6. \quad (8)$$

Для проверки теплового расчёта были проведены экспериментальные измерения температур теплоотводящего основания светодиодной лампы T_p и рёбер на периферии радиатора T_h . Результаты измерений и расчётов результирующего теплового сопротивления приведены в

Таблица 1. Результаты расчётов тепловых сопротивлений по результатам измерения температуры окружающей среды и теплоотводящего основания светодиодной лампы

$T_a, ^\circ\text{C}$	$T_p, ^\circ\text{C}$	$T_h, ^\circ\text{C}$	$R\theta_{j-p}$	$R\theta_{p-a}, ^\circ\text{C}/\text{Вт}$	$R\theta_{j-a}, ^\circ\text{C}/\text{Вт}$
19	50	43	17	25,8	42,8

Таблица 2. Тепловые характеристики светодиодных ламп различных производителей

Производитель	Серия	Номинальный прямой ток, мА	Типовая светоотдача, лм/Вт	Тепловое сопротивление переход-корпус, °C/Вт	Максимальная температура перехода, °C
Luxeon®	LXHL-BW02	350	30	15	125
Luxeon®	LXHL-PW09	700	25	13 (17)	125
Nichia Corp.	NCCW023S-P12	350	32	17	100
Nichia Corp.	NCCW023S-P13	350	37	17	100
Cree®	XL7090WHT	350	60	17	125
Cree®	XL7090WHT	350	110	17	125
Cree®	XR7090WHT	350	60	8	145
Cree®	XR7090WHT	350	110	8	145

табл. 1. Из таблицы видно, что результаты измерения теплового сопротивления $R\theta_{j-a}$ хорошо согласуются с расчётным значением.

Использование печатной платы на алюминиевом основании позволяет значительно уменьшить размеры радиатора. На рис. 5 показан источник света XLD-AL-004, аналогичный по функциональным возможностям XLD-L-003, но выполненный на печатной плате с алюминиевым основанием толщиной 1,5 мм. Такая конструкция обеспечивает величину теплового сопротивления $R\theta_{p-h} = 0,9^\circ\text{C}/\text{Вт}$, что позволяет значительно улучшить передачу тепла от светодиодной лампы к радиатору. Тепловое сопротивление плата – окружающая среда без внешнего радиатора составляет около $42^\circ\text{C}/\text{Вт}$. Если использовать радиатор из приведённого выше примера, то максимальная температура окружающей среды в °C для XLD-AL-004 составит:

$$T_{a_max} = T_{j_max} - R\theta_{j-a} P_d = 100 - 37,6 \times 1,20 = 54,9. \quad (9)$$

На практике часто требуется выбрать радиатор или определить конструкцию корпуса светильника с учётом обеспечения теплового режима при заданной максимальной температуре окружающего воздуха T_{a_max} . В этом случае целью расчёта является определение теплового сопротивления радиатора $R\theta_{h-a}$ по формуле (7). Как следует из уравнения (7), снижение теплового сопротивления радиатора и его размеров возможно только за счёт уменьшения слагаемых $R\theta_{j-p}$ и $R\theta_{p-h}$. Монтаж светодиодной лампы на алюминиевую печатную плату практически исчерпывает возможности снижения $R\theta_{p-h}$. Величина $R\theta_{j-p}$ определяется конструкцией светодиода. В табл. 2 приведены тепловые характеристики светодиодных ламп различных производителей. До недавнего времени конструкции светодиодных ламп не позволяли получать $R\theta_{j-p}$ ниже $13^\circ\text{C}/\text{Вт}$ (LXHL-PW09, Luxeon®). Например, светодиоды серии LXHL-PW09 при монтаже необходимо приклеить с помощью эпоксидного компаунда на печатную плату, обеспечив при этом электрическую изоляцию от теплоотводящего основания. Из-за этого тепловое сопротивление увеличивается до $17^\circ\text{C}/\text{Вт}$.

Яркая идея для вашего бизнеса

Самые высокоэффективные светодиодные лампы XLamp™

CREE LIGHTING



10 лет
непрерывной работы!



Твердотельная
лампа XLamp™ 7090

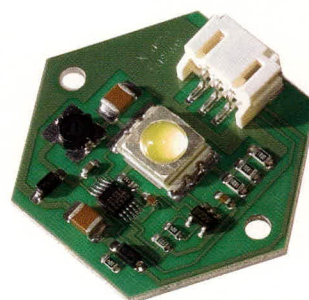
Области применения

- Автономные источники света
- Взрывобезопасное осветительное оборудование
- Уличные и бытовые светильники
- Ландшафтная подсветка
- Светофоры и сигнальные устройства
- Автомобильное осветительное оборудование

ИКСЛАЙТ
XLight



XLD-C-007
Кластер с драйвером



XLD-AL-004:
светодиодная лампа
с драйвером
на алюминиевой
печатной плате

Технические характеристики ламп XLamp™

	Мощность лампы, Вт		
	0,5	1	3
Габариты, мм	4,5x5	7x9	7x9
Световой поток, лм	до 23,5	до 87	до 113
Рабочий ток, мА	125	350	700
Угол излучения, град	100	100	100

Цвета свечения

Белый		●	●
Глубокий голубой	●	●	●
Голубой	●	●	●
Бирюзовый	●	●	●
Зелёный	●	●	●
Янтарный	●	●	●
Красно-оранжевый	●	●	●
Красный	●	●	●

Вся номенклатура светодиодных ламп XLamp™ со склада в Москве

Компания ПРОСОФТ совместно с партнером – компанией Фаствел предлагает широкую номенклатуру изделий для светотехнических решений.

- Драйверы светодиодных ламп XLamp™ и кластеров на их основе
- Блоки управления осветительными системами
- Широкая номенклатура оптики для XLamp™ и кластеров на их основе
- Разработка и изготовление светотехнической электроники по требованиям заказчика

ПРОСОФТ — официальный дистрибьютор компании CREE в России и странах СНГ

PROSOFT®

ПРОСОФТ — АКТИВНЫЙ КОМПОНЕНТ ВАШЕГО БИЗНЕСА

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

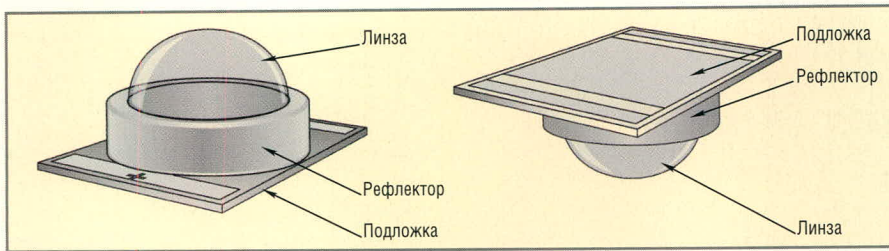


Рис. 6. Конструкция светодиодной лампы серии XR7090

Радикального снижения величины теплового сопротивления и одновременного увеличения максимальной температуры р-п-перехода добилась компания Cree в новой серии светодиодных ламп XR7090 (табл. 2). Конструкция светодиодных ламп серии XR7090 показана на рис. 6. Как и в семействе XL7090 [1], прибор состоит из керамического металлизированного основания, к которому припаивается кристалл на подложке из карбида кремния, медного рефлектора и линзы. Снижение теплового сопротивления светодиодных ламп серии XR7090 было достигнуто благодаря двум факторам: во-первых, использована специальная керамика, обладающая высокой теплопроводностью; во-вторых, кристалл, благодаря применению специальной эвтектики, устанавливается непосредственно на теплоотводящее основание без дополнительной подложки.

Столь радикальное снижение теплового сопротивления приводит к ощутимому снижению требований к теплоотводу. Например, перегрев платы XLD-AL-004 относительно окружающего воздуха составляет около 50°C без внешнего радиатора (рис. 5). При установке на эту плату лампы XL7090 температура р-п-перехода составляет 92°C или 74% от максимально допустимой температуры (при $T_a = 20^\circ\text{C}$), для XR7090 – 81°C или 56%. Как видим, во втором случае имеется существенный запас по температуре р-п-перехода, что не только снижает требования к теплоотводу, но и повышает эксплуатационную надёжность.

При тепловых расчётах кластеров на основе светодиодных ламп можно использовать рассмотренную выше методику и результаты моделирования тепловых сопротивлений. На рис. 7 показан светодиодный модуль (кластер) из семи светодиодных ламп XL7090 на стеклотекстолитовой печатной плате. На рис. 8 показан светодиодный модуль из 42 светодиодных ламп XL7090 на алюминиевой печатной плате. Для обоих светильников суммарное приведённое тепловое сопротивление $R\theta_{(j-h)\Sigma}$ вычисляется по формуле (4). При этом тепловые сопротивления для одиночных светодиодных ламп можно взять из приведённых выше примеров расчёта. Тогда для кластера, состоящего из n светодиодных ламп, тепловое сопротивление радиатора находится по формуле:

$$R\theta_{(b-a)}_{nLED} = R\theta_{(j-a)\Sigma} - R\theta_{(j-p)\Sigma} - R\theta_{(p-b)\Sigma} = \frac{T_{j_max} - T_{a_max}}{nP_d} - \frac{R\theta_{(j-p)} + R\theta_{(p-b)}}{n} \quad (10)$$

Например, если задана максимальная температура окружающего воздуха 50°C, то для охлаждения рассмат-

риваемых кластеров получаем соответствующие тепловые сопротивления радиаторов (°C/Вт):

$$R\theta_{(b-a)}_{7LED} = \frac{100-50}{7 \times 1,2} - \frac{17+5,3}{7} = 2,76, \quad (11)$$

$$R\theta_{(b-a)}_{42LED} = \frac{100-50}{42 \times 1,2} - \frac{17+0,9}{42} = 0,57. \quad (12)$$

Тепловому сопротивлению (11) соответствует радиатор № 63135 (AAVID THERMALLOY) размерами 54 × 80 × 44 мм с площадью охлаждающей поверхности 629,4 мм². По техническим данным производителя, при рассеиваемой мощности 8,4 Вт перегрев радиатора составляет 30,6°C. Если бы кластер был выполнен на алюминиевой печатной плате, то размеры радиатора можно было бы уменьшить до 54 × 54 × 44 мм.

Стандартные радиаторы, соответствующие тепловому сопротивлению 0,57°C/Вт, имеют размеры меньше, чем размер кластера. Поэтому, исходя из требований конструкции, применён радиатор № 62725 (AAVID THERMALLOY) размерами 247 × 247 × 58 мм с площадью охлаждающей поверхности 2481,6 мм². По техническим данным производителя, при рассеиваемой мощности 50,4 Вт перегрев радиатора составляет 27,7°C (тепловое сопротивление 0,4°C/Вт).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рассмотренный в статье общий подход к проектированию систем обеспечения теплового режима светодиодных ламп является тривиальным случаем. На практике часто приходится сталкиваться с более сложными задачами. Это могут быть специфичные конструктивные или тепловые требования, а может быть требование соответствовать одновременно многим факторам. Однако при их решении всегда необходимо помнить, что только правильный выбор тепловых режимов полупроводниковых источников света позволит в полной мере максимально использовать их основные преимущества – долговечность и эффективность.

ЛИТЕРАТУРА

1. Полищук А. Вопросы выбора мощных светодиодных ламп для светотехнических применений. Современная электроника. 2006. № 1.
2. <http://www.aavidthermalloy.com/design/software.shtml>.

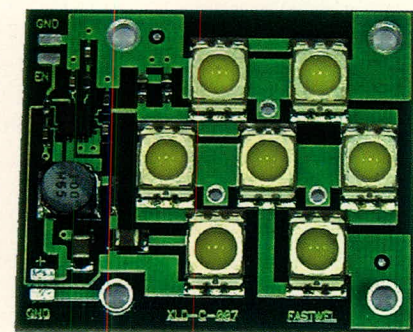


Рис. 7. Светодиодный модуль (кластер) из семи светодиодов XL7090, установленных на стеклотекстолитовой печатной плате

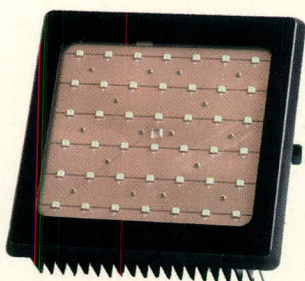


Рис. 8. Светодиодный светильник на базе кластера из 42 светодиодов XL7090, установленных на алюминиевой печатной плате

Новости мира News of the World Новости мира

Varioptic начала производство «жидких» линз для камерафонов

Французская компания Varioptic сообщила о начале производства «жидких» линз серии Arctic 320. Эти линзы могут использоваться в камерафонах и меняют свою форму автоматически без использования внешних механических сил. По принципу действия они схожи с хрусталиком человеческого глаза. По заявлению представителей Varioptic, её патентованная технология имеет ряд преимуществ по сравнению с традиционными линзами: по цене, качеству и скорости срабатывания.

Varioptic представила технологию в прошлом году и теперь плотно работает с Samsung Electro-Mechanics над доводкой продуктов до массового использования. Новое поколение линз Varioptic Arctic 320 уже может работать в диапазоне температур от -20 до 60°C .

www.itc.ua

Лазер длиной 75 км

Учёные из Университета Эстон (Бирмингем) создали самый длинный лазер в мире. Британские учёные использовали в качестве лазера оптоволоконный кабель длиной 75 км. Необычность нового лазера в том, что сигнал практически не теряет мощности. При традиционной передаче данных мощность сигнала снижается примерно на 5% на каждый километр расстояния. Таким образом, возникает необходимость использования усилителей.

Доктор Хуан Диего Ания Кастаньон вместе с коллегами использовал в лазере т.н. эффект Рамана, который заключается в том, что при закачке мощного оптического сигнала в направлении, обратном основной передаче информации, оптическое волокно превращается в распределённый усилитель основного сигнала. Тем самым длинный оптоволоконный кабель был превращён в лазер. Подача света лазера на оба конца оптоволоконной линии приводит к тому, что часть атомов кабеля начинает испускать фотоны с большой длиной волны. Они отражаются зеркалами, находящимися на концах кабеля. Такое решение предотвратило потерю мощности и позволило отказаться от усилителей.

itware.com.ua

Процесс охлаждения чипа улучшает мощностные характеристики

Инженеры Технического отделения Калифорнийского университета (г. Лос-Анже-

лес) и Научно-исследовательский и опытно-конструкторский отдел компании Rockwell Scientific (штат Калифорния) разработали метод охлаждения аэрозольной жидкостью. Этот метод обеспечивает большую выходную мощность и повышает КПД малогабаритных электронных устройств, таких как LD-MOSFET-транзисторов и биполярных транзисторов с изолированным затвором (IGBT). Дублированная микроаэрозольная технология может повысить выходную мощность устройств с 66 до 84 Вт, при этом повышение КПД по мощности достигнет 34% по сравнению с обычными методами охлаждения (погружение в жидкость или принудительная конвекция).

Аэрозольное охлаждение в настоящее время применяют на схемных платах и более крупных компонентах. Охлаждение для отдельных чипов – новая технология. Исследователи наносили водяной аэрозоль со скоростью 0,14 л/мин из матричных форсунок $4,86 \times 1,53$ мм, состоящих из 28 горизонтальных и 18 вертикальных отверстий, для охлаждения транзистора, находящегося в корпусе 500-ваттного усилителя мощности. Тепло рассеивается из системы посредством тепловой конвекции и испарения.

Испытания LD-MOSFET-транзисторов показали, что выходная мощность транзистора с аэрозольным охлаждением примерно на 27% больше, чем без аэрозольного охлаждения при той же входной мощности.

Исследователи полагают, что технология наиболее приемлема для жёстких условий окружающей среды, и поэтому актуальна для радиолокационного оборудования, самолётной техники, электродвигателей, температуры в которых могут превышать 150°C . Планируется также проведение экспериментов в полупроводниках с широкой запрещённой зоной, которые нагреваются больше транзисторов LD-MOSFET.

www.online-ic.com/

Квантовый компьютер может работать при комнатной температуре

По новым данным, полученным учёными Англии, Австрии и Португалии, квантовая «связанность» может происходить при любой температуре, а не только в системах, охлаждённых до близких к абсолютному нулю температур.

Влатко Ведрал из университета Лидса и учёные из университетов Порто и Виенны рассчитали, что фотоны света самого обычного лазера могут быть квантово-

механически связаны с колебаниями макроскопического зеркала вне зависимости от его температуры. Открытие показывает, что создать макроскопическое квантовое связывание не так сложно, как думали раньше, из чего следует, что работа квантового компьютера при комнатной температуре вполне возможна.

Связывание – это одно из наиболее таинственных и фундаментальных свойств квантовой механики, позволяющее частицам взаимодействовать более плотно, чем это описано законами классической механики. Если две частицы связаны, то, измерив состояние одной частицы, можно узнать состояние другой. Ранее полагалось, что при превышении определённой температуры связанность пропадает. Этот эффект называется «декогерентность». Теперь же учёные показали, что связанное состояние между фотонами лазерного пучка и фононами (квантово-механическими колебаниями кристаллической решетки) зеркала может существовать при различной высокой температуре. Фотоны и фононы взаимодействуют при помощи механизма «светового давления» при бомбардировке зеркала лазерным светом.

Если расчёты учёных подтвердятся экспериментом, то границы применения законов квантовой механики сильно расширятся, что даст дополнительные направления в исследованиях и развитии этой области науки.

www.terralab.ru55

Микроконтроллер ARM9

Компания Philips предлагает 90-нм микроконтроллер LPC3180 на базе ARM9. 32-разрядный контроллер работает при напряжении питания до 0,9 В и содержит векторный сопроцессор с плавающей точкой и встроенный USB-интерфейс. Тактовая частота – до 208 МГц. Новый микроконтроллер на базе ядра ARM926EJ-S – первый в семействе LPC3000. Встроенный MMU (Memory Management Unit) поддерживает, кроме прочего, ОС Linux. Встроенный Java Bytecode-сoproцессор обеспечивает основную защиту и позволяет реализовать приложения аутентификации.

LPC3180 может непосредственно подключаться как самостоятельный хост к PDA, считывателям Smart-Card и принтерам. Он располагает SPI, IIC, семью UART, часами реального времени с отдельным источником питания, флэш-памятью и контроллером ПДП. Начат выпуск образцов.

www.semiconductors.philips.com

Схемы, методики и сценарии тестирования SPICE-совместимых макромоделей операционных усилителей

(часть 2)

Сергей Лоцицкий (г. Брянск)

Во второй части статьи продолжено рассмотрение особенностей и проблем макромоделей ОУ, даны методики их тестирования и описаны способы устранения ошибок при моделировании прикладных схем. Статья ориентирована на специалистов, занимающихся практической разработкой автоматики, электроники, измерительной техники.

ПРОБЛЕМЫ «ДАЛЁКОЙ ЗЕМЛИ» И СМЕЖНЫЕ ВОПРОСЫ

Известно [1], что если в схеме замещения ОУ имеются компоненты, соединённые с глобальной «землёй» анализируемой схемы, то результаты моделирования «плавающих» схем, в которых не заземлена общая точка источников питания ОУ, оказываются некорректными. ММ ОУ не отягощена проблемами «далёкой земли»

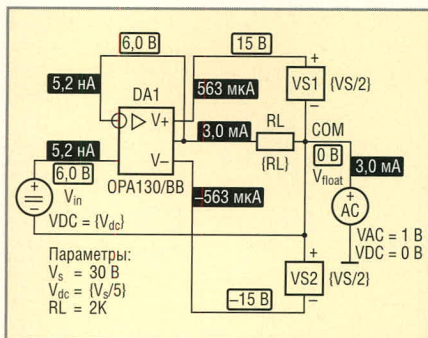


Рис. 8. Схема тестирования ММ ОУ на предмет наличия у неё проблем «далёкой земли»

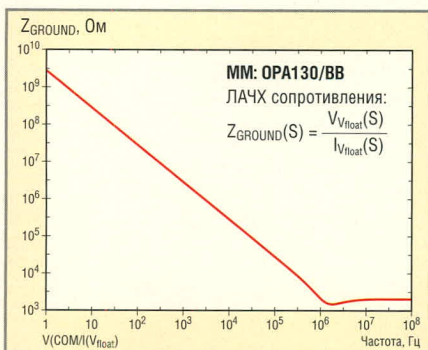


Рис. 9. Результат тестирования ММ, схема которой имеет электрическую связь с «землёй»

[1], если в схеме тестирования (рис. 8) выполняются следующие условия:

- через источник V_{float} , соединяющий общую точку источников питания $VS1, VS2$ с глобальной «землёй» схемы, не протекает постоянный ток;
 - в режиме анализа AC Sweep сопротивление Z_{GROUND} нагрузки источника V_{float} частотного сигнала стремится к бесконечности.
- Из результатов анализа узловых напряжений и токов ветвей схемы рис. 8 на постоянном токе следует, что:
- через источник V_{float} , соединяющий повторитель напряжения на ОУ $DA1$ с глобальной «землёй» схемы, протекает весь ток нагрузки ОУ:

$$I_{OUT\ DA1} = I_{RL} = I_{Vfloat} = 3\text{ mA};$$

- токи источников питания равны и существенно меньше тока нагрузки ОУ:

$$I_{VS1} = -I_{VS2} = 0,56\text{ mA} \ll I_{RL} = 3\text{ mA}.$$

ЛАЧХ входного сопротивления:

$$Z_{GROUND}(S) = \frac{V_{float}(S)}{I_{float}(S)}$$

схемы тестирования со стороны источника V_{float} изображена на рис. 9.

В диапазоне частот от 1 Гц до 1 МГц сопротивление утечки «плавающего» повторителя напряжения на землю уменьшается со скоростью 20 дБ на декаду частоты, а при дальнейшем возрастании частоты устанавливает-

ся на уровне, равном сопротивлению резистора нагрузки $RL = 2\text{ k}\Omega$.

Результаты анализа свидетельствуют о том, что ММ $OPA130/BB$ не отвечает ни одному из сформулированных выше условий, или, говоря другими словами, эта ММ не может использоваться в «плавающих» схемах, у которых общая точка источников питания не соединена с глобальной «землёй» анализируемой схемы. Полученный результат вполне закономерен – ММ $OPA130/BB$ является классической ММ Бойля [1].

Анализ классической ММ MPZ ММ [1] $OPA27M/BB$ даёт следующие результаты:

- через источник V_{float} протекает чрезвычайно малый ток $I_{Vfloat} = 5,3 \times 10^{-15}\text{ A} = 5,3\text{ фА}$;
 - через нагрузочный резистор RL протекает ток $I_{RL} = I_{OUT\ DA1} = 3\text{ mA}$;
 - через источники питания протекают токи $I_{VS1} = 7,7\text{ mA}$, $I_{VS2} = 4,7\text{ mA}$.
- ЛАЧХ сопротивления $Z_{GROUND}(S)$ изображена на рис. 10.

В схеме классической ММ отсутствуют компоненты, соединённые с глобальной «землёй» (узел с именем 0) анализируемой схемы, и, следовательно, для неё выполняются следующие условия:

$$Z_{GROUND}(S) \equiv \infty, \\ I_{Vfloat}(S) \equiv 0.$$

Размытость кривой графика ЛАЧХ сопротивления $Z_{GROUND}(S)$ на рис. 10 объясняется тем, что ЭВМ не может корректно оперировать с бесконечно большими и исчезающе малыми величинами из-за конечной точности (разрядности) представления чисел с плавающей запятой. Зашумлённость кривой графика ЛАЧХ сопротивления $Z_{GROUND}(S)$ является верным признаком того, что тестируемая ММ ОУ не имеет электрических связей с

глобальной «землѐй» схемы. Следует особо подчеркнуть, что в тех ситуациях, когда процесс моделирования сопровождается «цифровым шумом ЭВМ», результаты анализа существенно зависят от величины параметра (опции) моделирования $GMIN$ – минимальной проводимости ветви цепи [2]. Проводимости ветвей схемы, меньшие величины $GMIN$, принимаются равными нулю (обрыв ветви). По умолчанию $GMIN = 10^{-12}$ См. Однако практика показала, что при тестировании в схеме рис. 8 MM OY с биполярными (BJT) и полевыми (JFET) транзисторами на входе величину опции $GMIN$ целесообразно задавать равной $10^{-14} \dots 10^{-13}$ См. Приведенные выше результаты анализа получены при задании $GMIN = 10^{-14}$ См. Для CMOS OY трудно дать однозначные рекомендации по заданию величины опции $GMIN$. В комментариях к MM CMOS OY (LMCxxx, LPCxxx) фирмы National Semiconductor для корректного моделирования входных токов OY рекомендуется задавать $GMIN = 10^{-16}$ См. В то же время в комментариях к MM CMOS OY OPA336 (фирма Texas Instruments) указывается, что если возникают проблемы сходимости, то необходимо задать величины опций $GMIN = 10^{-11}$ См и $ITL2 = 40$. Однако и в этом случае в схеме рис. 8 возникает проблема сходимости при расчёте режима на постоянном токе. Эту проблему удаётся решить заданием опции $ITL2 \geq 100$. С MM CMOS OY (AD8515, AD8545, AD860x и др.) фирмы Analog Devices не возникает проблем сходимости даже в том случае, когда все опции моделирования имеют значения по умолчанию. Совет: внимательно читайте «шапки» библиотек и комментарии к описаниям отдельных MM.

Важное достоинство рассмотренной методики заключается в том, что она по характеру кривой ЛАЧХ $Z_{GROUND}(S)$ позволяет выявить не совсем корректные модификации MPZ MM, которые имеют ёмкостную связь с глобальной «землѐй» схемы. На рис. 11 изображены результаты тестирования в расширенном частотном диапазоне MPZ MM AD826/AD.

Сопротивление утечки MM на землю в 12-декадном диапазоне частоты убывает со скоростью 20 дБ/декада. Это свидетельствует о том, что сопротивление $Z_{GROUND}(S)$ связи схемы MM OY с «землѐй» имеет чисто

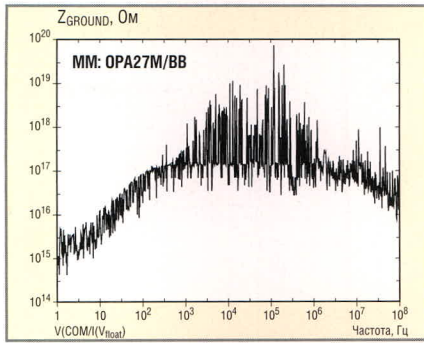


Рис. 10. Результат тестирования MM, схема которой не имеет электрических связей с землѐй

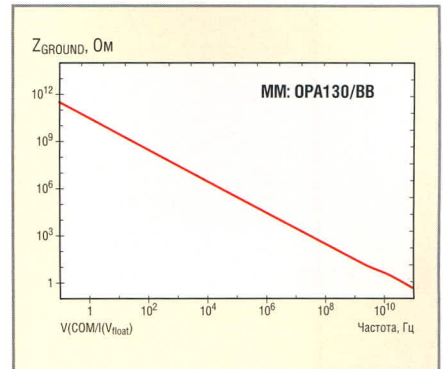


Рис. 11. Результат тестирования MM, схема которой имеет ёмкостную связь с землѐй

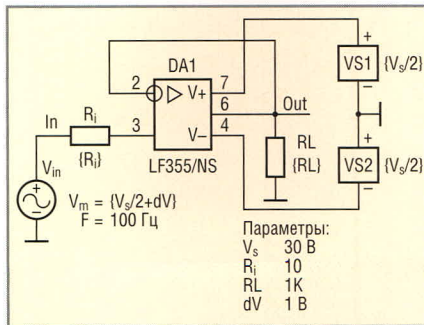


Рис. 12. Схема тестирования, позволяющая установить факт реверса фазы выходного напряжения MM OY

ёмкостной характер сопротивления. Объясняется это просто – AD826/AD относится к группе модифицированных MPZ MM (в которую также входят MM AD828/AD, LF412/NS, LM616x и др.), в которых синфазная составляющая паразитной входной ёмкости OY моделируется путём подключения конденсаторов между входами OY и глобальной «землѐй» схемы (см. дополнительные материалы к [1]). Скопируйте описание MM AD826/AD и внесите в него следующие коррективы:

```
.SUBCKT AD826/My 2 1 99 50
46
*
* INPUT STAGE AND POLE AT 160MHZ
*
.....
CD 1 2
1.5E-12
*CC1 1 0
2.4E-12 ; My Remark.
*CC2 2 0
2.4E-12 ; My Remark.
Ccm1M 1 99 1.2E-12 ;
My Addition.
Ccm2M 1 50 1.2E-12 ;
My Addition.
Ccm1P 2 99 1.2E-12 ;
My Addition.
```

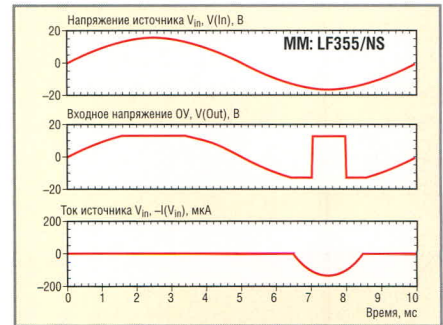


Рис. 13. Результаты анализа в режиме Transient MM, реверсирующей фазу выходного напряжения

```
Ccm2P 2 50 1.2E-12 ;
My Addition.
.....
.ENDS AD826/My
```

Если вы осуществите тестирование доработанной MM AD826/My, то убедитесь в том, что проблемы «далёкой земли» у неё отсутствуют.

РЕВЕРС ФАЗЫ ВЫХОДНОГО НАПЯЖЕНИЯ

Определить тот факт, что MM реверсирует фазу выходного напряжения при больших уровнях синфазного напряжения на входах OY [1], позволяет схема (рис. 12), в которой тестируемый OY включен по схеме повторителя напряжения.

Результаты анализа MM LF355/NS (библиотека nat_semi.lib) в режиме Transient изображены на рис. 13, а результаты двухвариантного анализа в режиме DC Sweep – на рис. 14.

Полученные результаты позволяют сделать следующие выводы:

- MM LF355/NS инвертирует фазу выходного сигнала при большом уровне отрицательного синфазного напряжения;
- ограничение отрицательной полуволны выходного напряжения повторителя сопровождается значи-

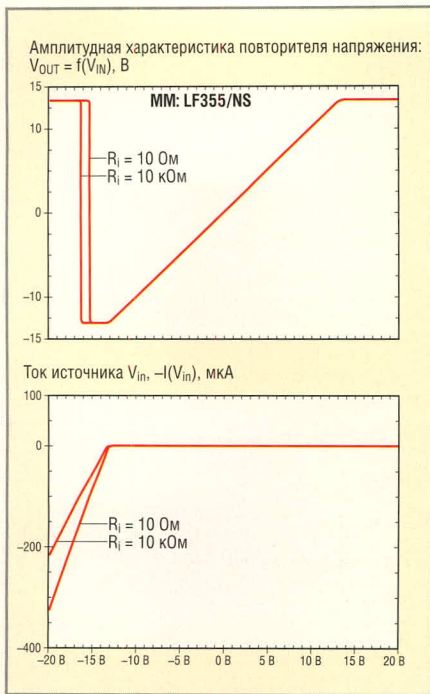


Рис. 14. Результаты анализа в режиме DC Sweep MM, реверсирующей фазу выходного напряжения

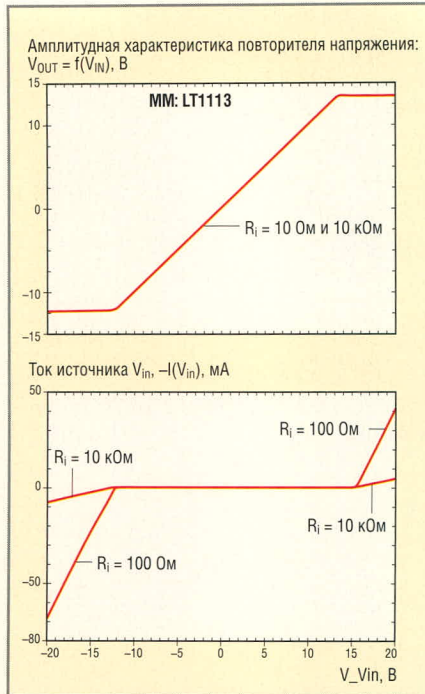


Рис. 15. Результаты анализа в режиме DC Sweep MM, не реверсирующей фазу выходного напряжения

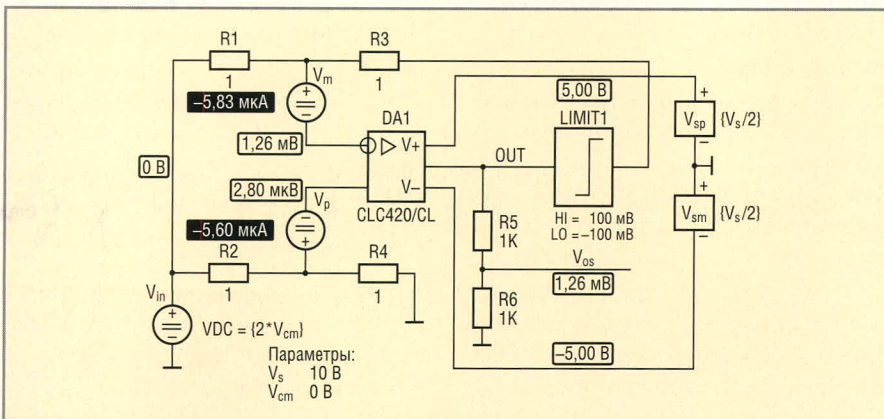


Рис. 16. Схема тестирования входных статических параметров MM OY

тельным ростом тока неинвертирующего входа MM OY;

- уровень входного сигнала, при котором происходит инверсия фазы выходного напряжения повторителя, зависит от сопротивления R_i (варьируемый параметр) источника входного сигнала (см. рис. 14).

В библиотеках lin_tech.lib, LTC.lib имеется целый ряд MM (LT1013, LT1022, LT1055, LT1113, LT1792 и др.), которые моделируют защитные цепи, исключая реверс фазы выходного напряжения OY. На рис. 15 изображены результаты тестирования в режиме DC Sweep MM LT1113, которая не реверсирует фазу выходного напряжения.

Следует особо отметить, что часто компоненты MM, исключая реверс фазы выходного напряжения

OY, являются опциональными – они «выключены» из описания MM знака-ми комментария (*). Так, например, у MM LT1055 секция CM CLAMP, которая описывает компоненты, исключая реверс фазы, выглядит следующим образом:

```
.SUBCKT LT1055 3 2 7 4 6
.....
** CM CLAMP
* DCM1 107 103 DM4
* DCM2 105 107 DM4
* VCMC 105 4 4.0E+00
* ECOMP 106 4 103 4 1
* RCOMP 107 106 1E+04
* DCM3 109 102 DM4
* DCM4 105 109 DM4
* ECMN 108 4 102 4 1
* RCMN 109 108 1E+04
** END CM CLAMP
```

. ENDS

В порядке освоения рассмотренной методики тестирования сравните результаты анализа исходной MM LT1055 и этой же MM, в описании которой активизирована секция CM CLAMP.

ЗАВИСИМОСТИ ВХОДНЫХ СТАТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ MM ОТ УРОВНЯ СИНФАЗНОГО НАПЯЖЕНИЯ И ТЕМПЕРАТУРЫ

На рис. 16 изображена схема, которая позволяет осуществить тестирование всех основных статических параметров MM OY.

Тестируемая MM OY совместно с идеальным ограничителем напряжения LIMIT1 и резисторами R1 – R4 образует схему дифференциального усилителя. Использование в схеме тестирования аналогового функционального блока LIMIT1 решает следующие задачи:

- исключает влияние на результаты тестирования входных статических параметров MM OY её выходного сопротивления;
- позволяет использовать резисторы R1 – R4 с чрезвычайно малыми сопротивлениями (1 Ом);
- обеспечивает независимость результатов анализа в режиме DC Sweep от выбора стартовой величины (Start Value) свипуемого параметра V_{CM} .

Первоначально в схеме на рис. 16 вместо ограничителя напряжения LIMIT1 автор использовал идеальный буферный усилитель с единичным коэффициентом передачи. Однако выяснилось, что в этом случае при свипировании параметра V_{CM} в диапазоне, превышающем размах питающих напряжений V_s , результат анализа многих MM OY с простым входным дифференциальным каскадом зависит от выбора стартовой величины (Start Value) свипуемого параметра V_{CM} (от направления «развёртки» параметра V_{CM}). Объясняется указанная зависимость тем, что при реверсе фазы выходного напряжения MM OY обратная связь, осуществляемая через резисторы R1, R3, становится положительной и схема тестирования при некоторых величинах входного сигнала по существу превращается в триггер, пороги переключения которого зависят от направления измене-

Таблица 2. Перечень тестируемых входных статических параметров ММ ОУ

Свируемый параметр	Трасса	Физический смысл графика
V_{CM}	$V(V_{OS})$	Зависимость входного напряжения V_{OS} смещения от величины синфазного напряжения V_{CM}
	$-20\log_{10}(D(V(V_{OS})))$	Зависимость коэффициента подавления синфазного сигнала, дБ, на постоянном токе от величины синфазного напряжения V_{CM}
	$I(V_m)$	Зависимость тока I_{BI} инвертирующего входа от величины синфазного напряжения V_{CM}
	$I(V_p)$	Зависимость тока I_{BN} неинвертирующего входа от величины синфазного напряжения V_{CM}
	$0,5(I(V_p) + I(V_m))$	Зависимость среднего входного тока I_B от величины синфазного напряжения V_{CM}
	$I(V_p) - I(V_m)$	Зависимость разности входных токов I_{OS} от величины синфазного напряжения V_{CM}
TEMP	$V(V_{OS})$	Зависимость входного напряжения V_{OS} смещения от температуры
	$I(V_m)$	Зависимость тока I_{BI} инвертирующего входа от температуры
	$I(V_p)$	Зависимость тока I_{BN} неинвертирующего входа от температуры
	$0,5(I(V_p) + I(V_m))$	Зависимость среднего входного тока I_B от температуры
	$I(V_p) - I(V_m)$	Зависимость разности входных токов I_{OS} от температуры
	$(D(V(V_{OS})))$	Зависимость температурного коэффициента TCV_{OS} , В/°С, напряжения смещения от температуры
	$D(0,5(I(V_p) + I(V_m)))$	Зависимость температурного коэффициента TCI_B , А/°С, входного тока от температуры
	$D(I(V_p) - I(V_m))$	Зависимость температурного коэффициента TCI_{OS} , А/°С, разности входных токов от температуры

ния параметра V_{CM} . При использовании блока LIMIT1 с малыми величинами верхнего и нижнего уровней ограничения напряжения, которые задаются атрибутами HI, LO, результаты анализа не зависят от выбора стартовой величины свируемого параметра V_{CM} . Величины атрибутов HI, LO желательно задавать малыми, но такими,

чтобы гарантированно выполнялись следующие условия:

$$HI > 2V_{OS},$$

$$LO < -2V_{OS},$$

где V_{OS} – максимальная величина напряжения смещения тестируемой ММ ОУ.

Фиктивные источники V_m, V_p нулевого напряжения включены в схему только для того, чтобы при выводе графиков ссылаться на их токи $I(V_m)$ и $I(V_p)$, которые равны входным токам ММ ОУ – соответственно I_{BI} и I_{BN} . Несложный анализ показывает, что если ОУ работает в линейном режиме, то напряжение узла OUT схемы

MOBILE & WIRELESS
 МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ И ВЫСТАВКА
БЕСПРОВОДНЫЕ И МОБИЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
21 - 23 Ноября 2006
 РОССИЯ, МОСКВА, СК ОЛИМПИЙСКИЙ
www.inconex.ru

Организатор:
INCONEX
 International Conferences & Exhibitions

ИНКОНЭК
 Тел.: +7(495) 739 55 09
 Факс: +7(495) 641 22 38
 e-mail: electronica@list.ru

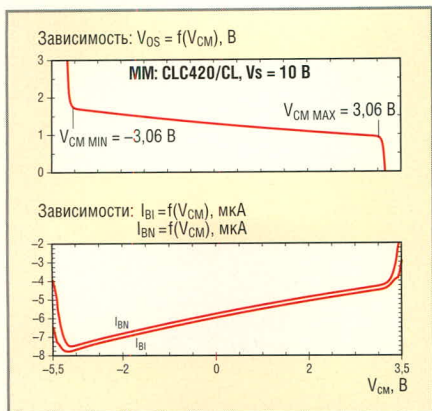


Рис. 17. Определение допустимого диапазона синфазного входного напряжения ММ CLC420/CL

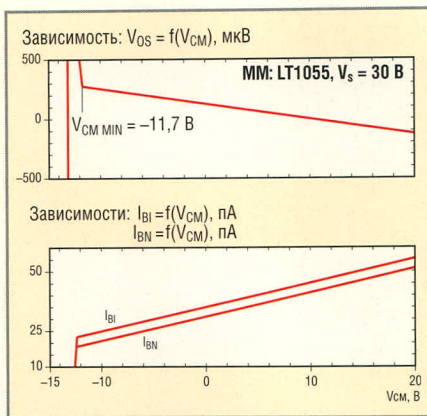


Рис. 18. Зависимости V_{OS} , I_{B1} , I_{BN} от уровня синфазного напряжения (ММ LT1055)

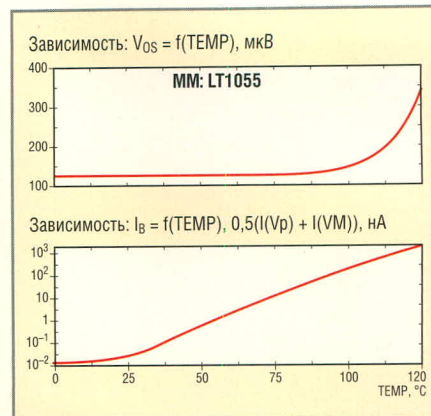


Рис. 19. Зависимости V_{OS} и I_B от температуры (ММ LT1055)

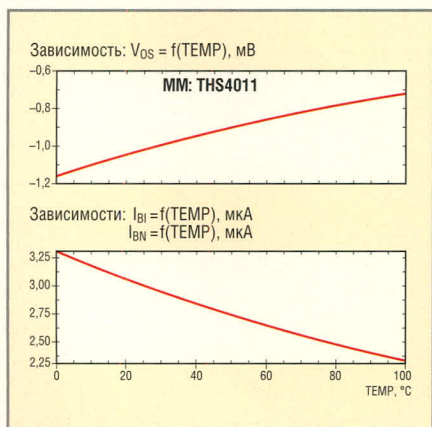


Рис. 20. Зависимости V_{OS} , I_{B1} , I_{BN} от температуры (ММ THS4011)

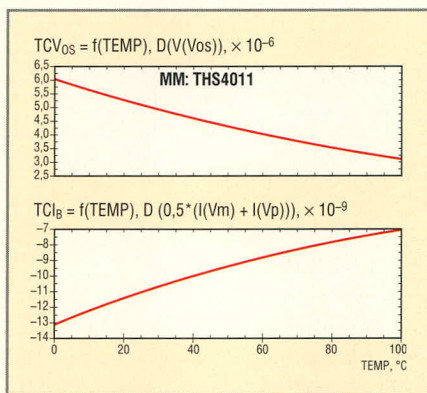


Рис. 21. Зависимости температурных коэффициентов TCV_{OS} , TCI_B от температуры (ММ THS4011)

определяется следующим выражением:

$$V(OUT) = \left(V_{OS} + I_{OS}(R1 \parallel R3) + \frac{V_{CM}}{CMRR} \right) \left(1 + \frac{R3}{R1} \right).$$

Если учесть, что $R1 = R3$ и $I_{OS}(R1 \parallel R3)$ – пренебрежимо малая величина (поскольку сопротивления резисторов $R1$ и $R3$ равны 1 Ом), то это выражение можно существенно упростить:

$$V(OUT) = 2 \left(V_{OS} + \frac{V_{CM}}{CMRR} \right). \quad (1)$$

Коэффициент передачи делителя, реализованного на резисторах $R5$, $R6$, равен 0,5, и, следовательно, напряжение узла V_{OS} схемы рассчитывается по формуле:

$$V(V_{OS}) = V_{OS} + \frac{V_{CM}}{CMRR}. \quad (2)$$

Дифференцирование (2) по V_{CM} даёт следующий результат:

$$\frac{dV(V_{OS})}{dV_{CM}} = \frac{1}{CMRR}. \quad (3)$$

Из выражений (1) – (3) следует, что:

- при $V_{CM} = 0$ напряжение узла V_{OS} тождественно равно напряжению V_{OS} смещения нуля тестируемой ММ ОУ;
- производная от узлового напряжения $V(V_{OS})$ по V_{CM} равна обратной величине коэффициента $CMRR$ подавления синфазного сигнала ММ ОУ на постоянном токе;
- выход ОУ DA1 из линейного режима работы возможен только по причине перегрузки его входного каскада синфазным сигналом, поскольку выходное напряжение ОУ в соответствии с формулой (1) близко к нулю.

Указанные на схеме узловые напряжения и токи ветвей, полученные в результате её анализа на постоянном токе при $V_{CM} = 0$, позволяют определить величины напряжения V_{OS} и токов I_{B1} , I_{BN} . Анализ схемы в режиме DC Sweep при вариации параметра V_{CM} и температуры позволяет построить графики зависимостей, перечень которых приведён в табл. 2.

На рис. 17 изображены зависимости V_{OS} , I_{B1} , I_{BN} от синфазного напряже-

ния, полученные в результате свипирования параметра V_{CM} .

Диапазон изменения входного синфазного напряжения ММ ОУ ограничивается предельными величинами $V_{CM MIN}$, $V_{CM MAX}$, при достижении которых начинается резкое и значительное изменение величин напряжения V_{OS} смещения и/или входных токов I_{B1} , I_{BN} . На рис. 17 сносками указаны границы $V_{CM MIN}$, $V_{CM MAX}$ диапазона изменения синфазного входного напряжения ММ CLC420/CL при размахе питающих напряжений $V_S = 10$ В. Следует отметить, что CLC420/CL является упрощённой ММ транзисторного уровня, которая корректно моделирует поведение ОУ при достижении синфазным напряжением обеих границ его допустимого диапазона. К сожалению, классические ММ Бойля и MPZ ММ, а также их модификации, в которых используется простой входной дифференциальный каскад, моделируют только одну из предельных величин синфазного напряжения [1]. На рис. 18 хорошо видно, что ММ LT1055 при $V_S = 30$ В имеет $V_{CM MIN} = -11,7$ В, а явные признаки, позволяющие определить величину $V_{CM MAX}$, отсутствуют.

Опыт тестирования ММ ОУ на предмет зависимости их статических параметров от температуры показал следующее:

- подавляющее большинство ММ с ВJT на входе не моделирует зависимость входных токов и напряжения смещения от температуры. Исключение составляют некоторые ММ транзисторного уровня, которые удовлетворительно моделируют зависимости I_{B1} , I_{BN} , V_{OS} от температуры;

Новости мира News of the World

Kodak нашла нового партнёра по OLED – LG.Philips LCD

Компания LG.Philips LCD подписала соглашение с Eastman Kodak о совместных исследованиях и разработках в области технологии AMOLED.

LG уже сообщала о разработках OLED, но активности не проявляла. По мнению наблюдателей, для Kodak соглашение с LG Electronics – один из лучших вариантов партнёрства. Напомним, что на прошлой неделе компания Sanyo объявила о прекращении сотрудничества с Kodak по направлению OLED.

itc.ua

Sony и NEC создадут СП по выпуску дисков

Японские корпорации Sony и NEC подписали соглашение о сотрудничестве в области производства оптических дисков. Совместное предприятие будет называться Sony NEC Optiarc Inc. Руководителем новой компании станет Шиничи Ямамура, который до этого занимал пост вице-президента подразделения Video Business Group в корпорации Sony.

Регистрация нового предприятия будет завершена до 3 апреля текущего года. К тому моменту и Sony, и NEC выделят из своих структур подразделения, которые станут основой новой компании.

itware.com.ua

Samsung инвестирует в память и производство ЖКД

Samsung Electronics объявила, что инвестирует средства в разработку и развитие микросхем флэш-памяти и DRAM, а также в производство ЖКД.

Сумма инвестиций составит примерно 617,6 млрд. вон (свыше 635 млн. долл.): 388,2 млрд. вон будут направлены на исследование и развитие микросхем памяти, а остальные – на расширение производства экранов LCD малого и среднего размеров.

Samsung уже сообщала, что в 2006 г. объём её капитальных инвестиций составит 9,23 трлн. вон, в том числе 5,63 трлн. вон – на производство полупроводниковой продукции и 2,37 трлн. вон – на производство ЖКД.

itware.com.ua

Чипы NAND пришли на помощь рынку памяти

По оценкам аналитиков Gartner, доходы производителей микросхем оператив-

ной памяти в прошлом году сократились, однако стабильный рост продаж флэш-памяти NAND несколько компенсировал снижение «оборотов» рынка DRAM.

Согласно подсчетам Gartner, доля Samsung на рынке микросхем DRAM по итогам 2005 г. составила 32,1%, что на 1,2% больше, чем в 2004 г.

На втором месте ещё один корейский производитель – Hynix, контролирующей 16,3% рынка. Далее в рейтинге крупнейших игроков на рынке DRAM, по подсчётам Gartner, следуют американская Micron и немецкая Infineon – они занимают доли соответственно 15,5 и 12,7%. Пятое место – за японской Elpida с рыночной долей 7,1%.

По данным аналитиков, доходы от продаж памяти DRAM в 2005 г. не увеличились, а уменьшились по сравнению с предыдущим годом на 5% – до 25 млрд. долл. (в 2004 г. – 26,3 млрд. долл.). В отчёте указывается, что от ещё большего падения доходов производителей спасла популярная флэш-память NAND, широко используемая в портативной электронике. Выпуском такой памяти пока занимаются только крупнейшие компании, что в некоторой мере защищает рынок от переизводства и максимального снижения цен.

itware.com.ua

Производство полупроводников: итоги и прогнозы

Нынешний год будет успешным для производителей полупроводниковой продукции, – считают эксперты рынка. По данным аналитической компании Gartner, общемировые продажи полупроводников достигнут 257,7 млрд. долл. Это на 9,5% больше, чем в прошлом году (235,3 млрд. долл.).

Исследователи IDC считают, что в этом году рынок вырастет на 8%, а доходы от продаж поставленных полупроводников превысят 240 млрд. долл. По подсчётам этой компании, в 2005 г. оборот общемирового рынка полупроводниковой продукции по сравнению с 2004 г. увеличился на 5%, составив около 224 млрд. долл.

Аналитическая компания Semico Research сообщает, что рынок полупроводников будет отличаться высоким ростом и за год его объём увеличится на 17,3%.

В то же время отраслевая ассоциация Semiconductor Industry Association предполагает, что в 2005–2008 гг. полупроводниковый рынок будет ежегодно увеличиваться в среднем на 10% и к 2008 г. достигнет 309 млрд. долл.

itware.com.ua

- все ММ с JFET на входе моделируют зависимости $I_{В1}$, $I_{ВN}$, V_{OS} от температуры, однако точность моделирования указанных параметров нельзя считать приемлемой.

На рис. 19 изображены зависимости входного тока и напряжения смещения от температуры, полученные в результате тестирования ММ ОУ LT1055 с JFET на входе.

Входной ток ММ ОУ LT1055 при изменении температуры от 0 до 125°C увеличивается с 13,4 нА до 1,81 мкА, в то время как входной ток реального ОУ в тех же условиях возрастает от приблизительно с 4 до 500 нА [www.linear.com]. Из сказанного следует, что при температуре 125°C величины входного тока ММ и реального ОУ различаются приблизительно в 3600 раз! Совершенно очевидно, что результаты моделирования ММ LT1055 температурной зависимости тока $I_{В}$ являются некорректными. Аналогичные результаты получаются и для других ММ ОУ с JFET на входе. Более реалистично зависимости $I_{В1}$, $I_{ВN}$, V_{OS} от температуры моделируют ММ LM6171A/NS, LM6172/NS, LM7171B/NS, а также ММ транзисторного уровня серии THS40xx. В качестве примера на рис. 20 изображены зависимости напряжения смещения и входных токов ММ THS4011 от температуры, а на рис. 21 – температурные коэффициенты указанных зависимостей.

Продолжение следует

ЛИТЕРАТУРА

1. Лозицкий С. Эволюция SPICE-совместимых макромоделей операционных усилителей. Современная электроника. 2005. №№ 4–6.
2. Лозицкий С. Методы анализа операционных схем в частотной области. Схемотехника. 2004. №№ 7 – 12; 2005. №№ 1 – 5.
3. Разевиг В.Д. Система сквозного проектирования электронных устройств DesignLab. М.: Солон, 1999.
4. Разевиг В.Д. Система проектирования OrCAD 9.2. М.: Солон, 2001.
5. Достал И. Операционные усилители: Пер. с англ. М.: Мир, 1982.
6. Jung W. LT1056 Improved JFET Op Amp Macromodel Slews Asymmetrically. Design Note DN43. Linear Technology Corporation, January 1991.



Высококачественный широкополосный приёмный тракт. Моделирование в среде MATLAB. Оптимизация динамического диапазона и чувствительности

(часть 2)

Владимир Болдырев (Краснодарский край)

В статье продолжено рассмотрение приёмного тракта на основе полностью дифференциального инструментального измерительного усилителя. Дано сравнение результатов моделирования и экспериментальных данных, приведены рекомендации по выбору оптимальных режимов работы и компонентов.

РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ И ИХ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ПРОВЕРКА

Для того чтобы получить расчёты, пригодные для практики, в тракте должны быть учтены ограничения и рекомендации изготовителей микросхем:

- по величине напряжения питания;
- по выделяемой мощности с учётом нагрузки выходов операционных усилителей (ОУ) внешними резисторами;
- по величине нагрузки от сопротивления резисторов на выходе ОУ, чтобы получить приемлемую линейность в каждом каскаде (уменьшение сопротивления увеличивает выходной ток и нелинейность ОУ);
- по обеспечению защиты входов ОУ и АЦП от больших уровней сигналов, возникающих при испытаниях и штатной работе, когда внешний сигнал или усиление в тракте превышает нормальную величину. Особое внимание необходимо уделять защите от больших внешних сигналов на входе тракта при нештатном отключении питания. Обычно защита обеспечивается дополнительными резистивно-диодными ограничителями.

Перечисленные ограничения сужают области изменения сопротивления резисторов в тракте при расчётах на модели. Дело в том, что даже без расчётов можно ожидать умень-

шения уровня шумов в тракте при понижении сопротивления всех резисторов в область единиц-десятков ом. Но это может привести к перегрузкам ОУ и АЦП, выводу их из строя или к резкому увеличению нелинейности тракта при номинальных уровнях полезных сигналов.

Проектирование показало, что при применении ОУ в корпусе микросхемы MC33079D при напряжении питания ± 15 В и максимальной амплитуде сигнала 10,7 В между симметричными входами перечисленные ниже резисторы должны иметь следующие сопротивления (см. рис. 2) (при этом обеспечивается высокая линейность тракта – более 100 дБ):

- R1, R9 – не менее 300 Ом (защита входов тракта от внешних сигналов нештатного уровня);
- R2, R10 – не более 100 кОм (обеспечение стабильности по постоянному току входного и последующих каскадов, если источник сигнала имеет «закрытый» выход, т.е. сигнал от источника поступает через конденсаторы);
- суммарное сопротивление R3 + R4, а также R11 + R12, определяющее коэффициент усиления первого каскада, должно быть не ниже 6 кОм (во избежание повышения нелинейности первого каскада от нагрузки);
- R6, R14 – не менее 2 кОм (во избежание повышения нелинейности первого каскада от нагрузки).

При расчётах на модели эти ограничения учтены. Таким образом, варьировать в расчётах можно:

- коэффициенты усиления первого каскада ($K1$), а также второго каскадов путём вариации отношения R3/R4 (R11/R12) с одновременным изменением сопротивлений R5 (R13) при постоянном сопротивлении (2 кОм) резисторов R6, R14;
- R4 (R12) одновременно с R3, R11, при этом сохраняя коэффициент усиления первого каскада $K1$ и второго каскада постоянными, а также соблюдая постоянство сопротивления резисторов R6, R14 (2 кОм).

При необходимости можно вести расчёты и при любых других значениях сопротивлений, соблюдая, однако, условия симметричности тракта.

На рис. 5а – 5г показаны результаты расчётов модели тракта (сплошные линии) при ступени усиления «0 дБ» с учётом перечисленных выше ограничений. Там же кружками зелёного цвета показаны результаты экспериментальных измерений, рядом с которыми приведены измеренные значения и отклонения от расчётного значения. Наибольшее отклонение от расчётного значения не превышает 0,135 дБ (1,6%). На рис. 5д, 5е видно, что основной вклад в шумы тракта вносит шум АЦП (adc около 45 нВ/ $\sqrt{Гц}$), что соответствует реальному динамическому диапазону АЦП CS5361 в полосе 48 кГц – 106 дБ, или в полосе 1 Гц – 153 дБ). Сравнение реального динамического диапазона АЦП (106 дБ) с техническими данными изготовителя микросхемы (минимальное значение – 105 дБ и типичное – 111 дБ) показывает, что реальный измеренный динамический диапазон соответствует норме.

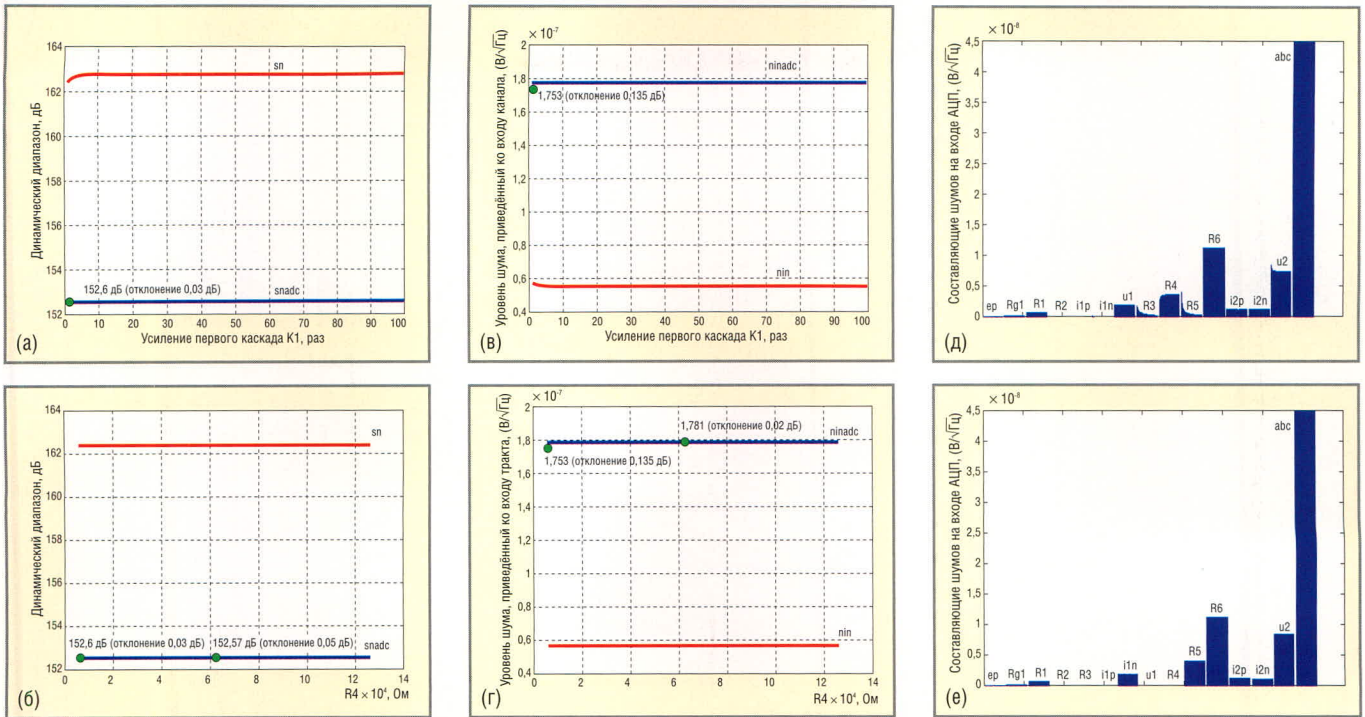


Рис. 5. Сравнение теоретических и экспериментальных результатов при ступени усиления «0 дБ»

Исходные данные для расчётов (см. схему рис. 2): $e_p = e_n = 1 \text{ нВ}/\sqrt{\text{Гц}}$; $R_{g1} = R_{g2} = 50 \text{ Ом}$; $R_1 = R_9 = 300 \text{ Ом}$; $R_2 = R_{10} = 100 \text{ кОм}$; $R_6 = R_7 = R_{14} = R_{15} = 2 \text{ кОм}$; $(i_{1p} + i_{4p}) = (i_{1n} + i_{4n}) = 0,5 \text{ нА}/\sqrt{\text{Гц}}$; $(u_1 + u_4) = 5,35 \text{ нВ}/\sqrt{\text{Гц}}$; $D_{adc} = 106 \text{ дБ}$; ширина полосы частот $F = 50 \text{ кГц}$;

- а), б) динамический диапазон тракта, дБ (sn – без учёта шумов АЦП; snadc – с учётом шумов АЦП).
- в), г) уровень шума, приведённый к входу тракта, $\text{В}/\sqrt{\text{Гц}}$ (nin – без шумов АЦП; ninadc – с шумами АЦП);
- д), е) составляющие шумов на входе АЦП от разных источников шума, $\text{В}/\sqrt{\text{Гц}}$.

Название ступени усиления – «0 дБ» – условное, для сравнения с другими ступенями усиления. Реальное усиление ступени «0 дБ» в тракте равно отношению максимального сигнала на входе тракта, когда начинается насыщение АЦП (full-scale), к максимальному уровню напряжения на выходе усилителя (на входе АЦП при насыщении). При максимальной допустимой амплитуде 10,7 В на входе тракта и 2,828 В (2 В эфф.) на входе АЦП реальное усиление в тракте – 0,264 раза.

На рис. 6а – 6г показаны результаты расчётов на модели тракта (сплошные линии) при ступени усиления «30 дБ». Реальное усиление в тракте – 8,35 раз, т.е. в 31,6 раза больше, чем при ступени «0 дБ». Там же кружками зелёного цвета показаны результаты экспериментальных измерений, рядом с которыми приведены измеренные значения и отклонения от теоретического расчётного значения. Видно, что отклонение от расчётного значения не превышает 0,22 дБ (2,6%).

На рис. 6д, 6е видно, что основной вклад в шумы тракта вносит в основном напряжение шума u_1 и u_3 первого каскада с операционными усилителями MC33079D.

Изготовитель микросхемы MC33079D указывает, что при внутреннем сопротивлении источника сигнала, равном 100 Ом, типичное значение шума микросхемы составляет 4,5 $\text{нВ}/\sqrt{\text{Гц}}$ (минимальное и максимальное не указаны). Отличие изменённого значения (5,35 $\text{нВ}/\sqrt{\text{Гц}}$) от расчётного составляет около 19%. Такое отклонение может быть объяснено:

- более высоким суммарным сопротивлением на входе микросхемы ($R_{g1} = 50 \text{ Ом}$; $R_1 = 300 \text{ Ом}$, т.е. всего – 350 вместо 100 Ом, указанных изготовителем; шум сопротивления 350 Ом составляет 2,4 $\text{нВ}/\sqrt{\text{Гц}}$, а 100 Ом – всего 1,3 $\text{нВ}/\sqrt{\text{Гц}}$);
- разбросом шумовых параметров при изготовлении микросхем;
- наличием дополнительных шумов от замкнутого ключа коммутатора ADG333ABRS, переключающего ступени усиления (на схеме рис. 2 шумы коммутатора не показаны).

Сопротивление замкнутого ключа коммутатора ADG333ABRS составляет от 25 до 45 Ом. Но кроме э.д.с. шумов Джонсона этого сопротивления [7] (0,64...0,85 $\text{нВ}/\sqrt{\text{Гц}}$), полупроводниковая структура замкнутого ключа вносит дополнительный шум, вели-

чина которого, к сожалению, не огорена изготовителем.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ

Полученные расчётные и экспериментальные данные подтверждают адекватность разработанной модели реальному тракту:

- хорошим совпадением характера изменения параметров динамического диапазона и чувствительности;
- близостью расчётных и экспериментальных абсолютных значений параметров динамического диапазона и чувствительности.

Однако по двумерным графикам трудно представить общую картину зависимости динамического диапазона и чувствительности тракта от усиления первого каскада K_1 при вариациях сопротивлений резисторов. На рис. 7 представлены трёхмерные поверхности динамического диапазона и чувствительности (шума, приведённого к входу тракта), которые дают более полное представление о закономерностях изменения этих параметров.

Из приведённых графиков видно следующее:

- наибольшее значение динамического диапазона достигается при

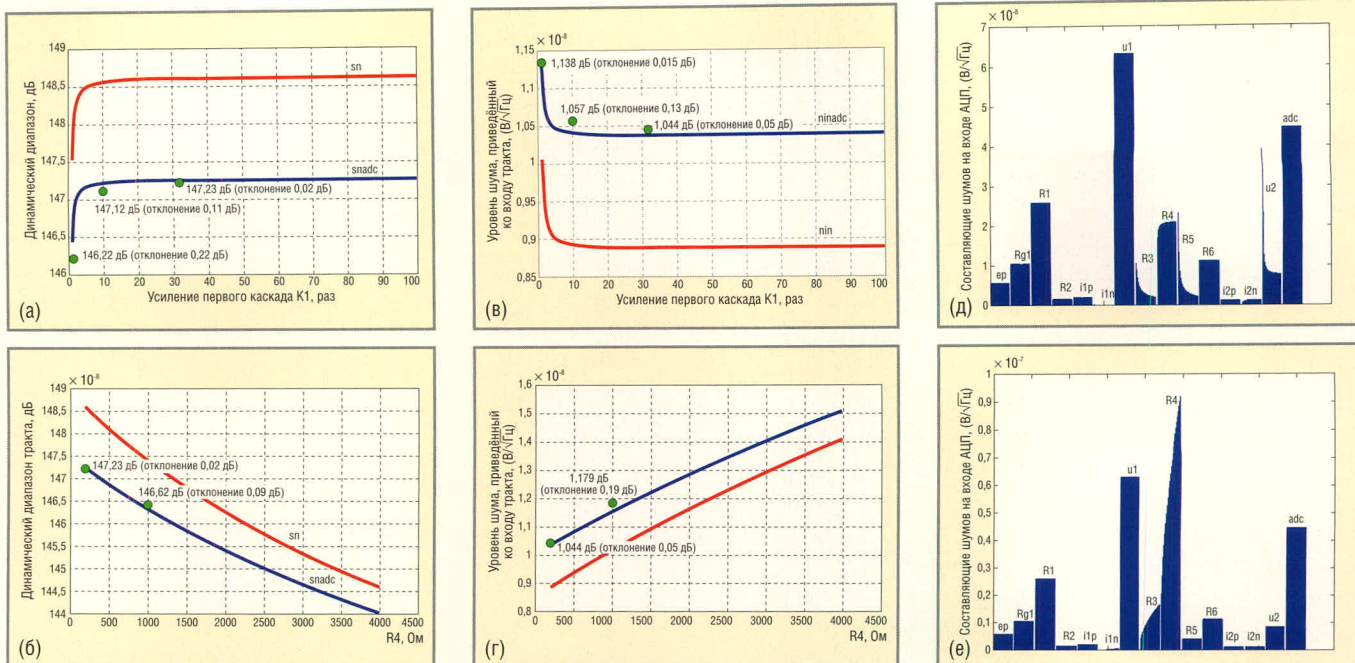


Рис. 6. Сравнение теоретических и экспериментальных результатов при степени усиления «30 дБ»

Исходные данные для расчётов (см. рис. 2): $e_p = e_n = 1 \text{ нВ}/\sqrt{\text{Гц}}$; $R_{g1} = R_{g2} = 50 \text{ Ом}$; $R_1 = R_9 = 300 \text{ Ом}$; $R_2 = R_{10} = 100 \text{ кОм}$; $R_6 = R_7 = R_{14} = R_{15} = 2 \text{ кОм}$; $(i_{1p} + i_{4p}) = (i_{1n} + i_{4n}) = 0,5 \text{ пА}/\sqrt{\text{Гц}}$; $(u_{1-4}) = 5,35 \text{ нВ}/\sqrt{\text{Гц}}$; $D_{adc} = 106 \text{ дБ}$; ширина полосы частот $F = 50 \text{ кГц}$;

- а, б) динамический диапазон тракта, дБ (*sn* – без учёта шумов АЦП; *snadc* – с учётом шумов АЦП).
- в, г) уровень шума, приведённый к входу тракта, $\text{В}/\sqrt{\text{Гц}}$ (*nin* – без шумов АЦП; *ninadc* – с шумами АЦП);
- д, е) составляющие шумов на входе АЦП от разных источников шума, $\text{В}/\sqrt{\text{Гц}}$.

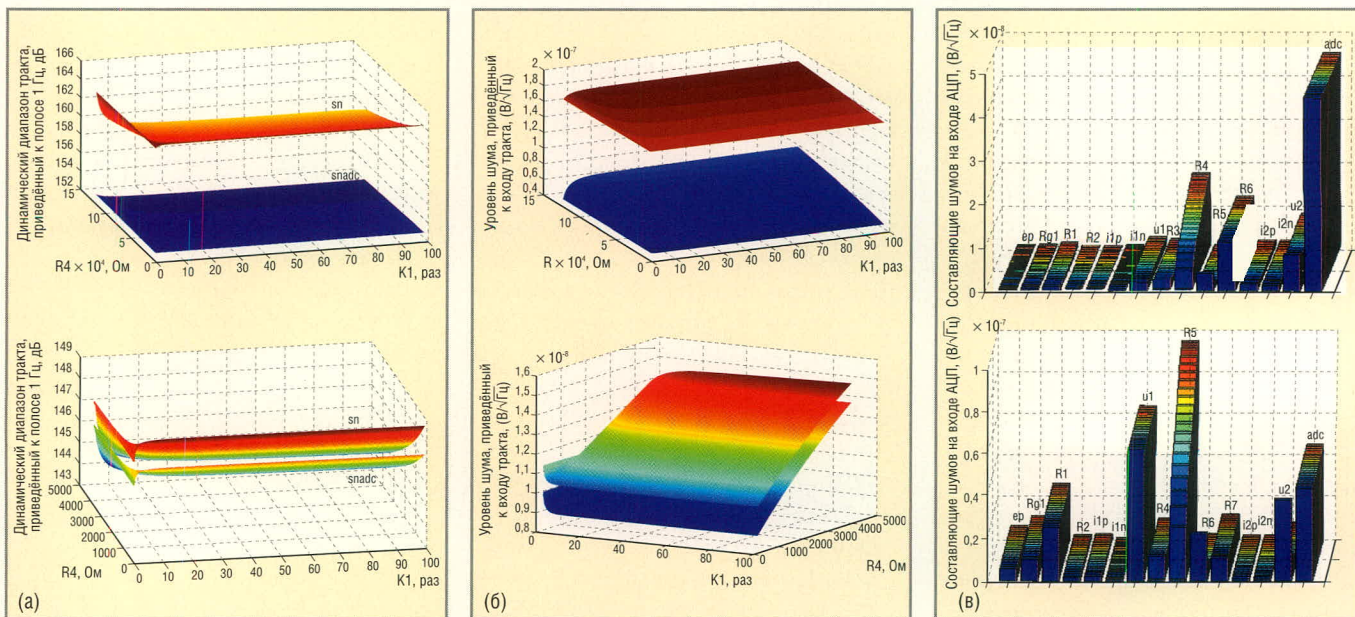


Рис. 7. Динамический диапазон и чувствительность в зависимости от K1 и R4

Исходные данные для расчётов (см. рис. 2): $e_p = e_n = 1 \text{ нВ}/\sqrt{\text{Гц}}$; $R_{g1} = R_{g2} = 50 \text{ Ом}$; $R_1 = R_9 = 300 \text{ Ом}$; $R_2 = R_{10} = 100 \text{ кОм}$; $R_6 = R_7 = R_{14} = R_{15} = 2 \text{ кОм}$; $(i_{1p} + i_{4p}) = (i_{1n} + i_{4n}) = 0,5 \text{ пА}/\sqrt{\text{Гц}}$; $(u_{1-4}) = 5,35 \text{ нВ}/\sqrt{\text{Гц}}$; $D_{adc} = 106 \text{ дБ}$; ширина полосы частот $F = 50 \text{ кГц}$;

- а) динамический диапазон тракта, дБ (*sn* – без учёта шумов АЦП; *snadc* – с учётом шумов АЦП);
- б) уровень шума, приведённый к входу тракта, $\text{В}/\sqrt{\text{Гц}}$ (*nin* – без шумов АЦП; *ninadc* – с шумами АЦП);
- в) составляющие шумов на входе АЦП от разных источников шума, $\text{В}/\sqrt{\text{Гц}}$.

минимальном усилении в тракте (см. рис. 7а), степень усиления – «0 дБ», максимальное значение *snadc* – около 152 дБ в полосе 1 Гц, причём динамический диапазон тракта не может превысить динамический диапазон самого АЦП (около 153 дБ в полосе 1 Гц);

- с увеличением усиления в тракте динамический диапазон сужается, поскольку часть динамического диапазона АЦП начинают занимать усиленные собственные шумы тракта (сравните с верхним рис. 7а, максимальное значение *snadc* достигает 147 дБ);

- увеличение усиления *K1* в первом каскаде и уменьшение сопротивлений резисторов расширяет динамический диапазон тракта (выполнять первый каскад в виде повторителя с *K1* = 1 нецелесообразно);
- чувствительность тракта увеличивается, а шумы, приведённые к вхо-

ду тракта, уменьшаются с повышением усиления KI первого каскада и уменьшением сопротивлений резисторов;

- с увеличением усиления в тракте доля шумов АЦП в общем уровне шумов тракта уменьшается (сравните рисунки 7б: при ступени усиления «0 дБ» доминируют шумы АЦП, а при «30 дБ» – шумы ОУ $u1$ и $u3$).

Следует отметить, что при ступени усиления «30 дБ» выбранное усиление KI первого каскада (31,6 раза) и значение сопротивления резистора $R4$ (200 Ом), а также сопротивлений других резисторов позволяет достичь почти максимальной чувствительности и почти наибольшего динамического диапазона (отставание от максимально достижимых значений не более, чем на 0,1 дБ).

На рис. 5 – 7 показано, что динамический диапазон тракта и чувствительность изменяются нелинейно. Возникает вопрос – существует ли такое усиление в тракте, когда достигается оптимальное соотношение между динамическим диапазоном и чувствительностью?

На рис. 8 показаны зависимости этих параметров от ступеней усиления в тракте для случая, когда входной каскад на ступени усиления «30 дБ» имеет усиление KI 31,2 раза.

Видно, что между ступенями усиления «20 дБ» и «30 дБ» отношение «динамический диапазон/уровень собственного шума тракта» достигает максимума. То есть в этой области зависимость динамического диапазона и собственного шума от усиления в тракте *одинакова* (это означает всего лишь одинаковый наклон кривых динамического диапазона и шума вблизи этих ступеней усиления).

Всё это говорит о том, что *при изменении усиления в тракте динамический диапазон не имеет максимума*, точнее, максимум находится в точке минимального усиления. Поэтому при практическом использовании тракта следует выбирать, какой из параметров – динамический диапазон или чувствительность – является приоритетным, исходя из специфики поставленной задачи.

Следует отметить, что при повторителе на входе тракта, когда $KI = 1$, характер кривых будет существенно иным, нежели на рис. 8. Однако этот вариант, как уже было показано, не является перспективным из-за про-

игрыша в 1...2 дБ по шумам (см. рис. 7) по сравнению с вариантом при $KI = 31,2$.

В таблице приведены расчётные данные достижимых уровней шумов, приведённых к входу тракта, с разными ОУ, с разными динамическими диапазонами АЦП и без АЦП.

Из таблицы видно, что при использовании *полностью дифференциального инструментального измерительного усилителя* возможно достижение спектральной плотности шумов, приведённых к входу тракта, от 5 до 10 нВ/√Гц. Такой уровень шумов *лишь в 2 раза* отличается от шумов самих операционных усилителей, т.е. близок к предельно достижимому уровню.

При этом доминирующими шумами при малошумящем ОУ ADA4004-4 фирмы становятся шумы защитных входных резисторов $R1$ и $R9$ (300 Ом) и собственные шумы АЦП (доминирующими шумами при использовании, например, ОУ MC33079D являются шумы самого ОУ).

Следует отметить, что токовые шумы входов операционных усилителей $i1p; i1n; i2p; i2n; i3p; i3n; i4p; i4n$ незначительно влияют на общий уровень шумов тракта, если выходное сопротивление источника сигнала достаточно низкое (десятки – сотни ом).

Расчётный уровень шума, приведённого к входу тракта с полностью дифференциальным инструментальным измерительным усилителем

Операционный усилитель	Ступень усиления	Динамический диапазон АЦП	Уровень шумов, приведённых к входу тракта, нВ/√Гц	Доминируют шумы
MC33079D $(i1p = i1n = i2p = i2n = i3p = i3n = i4p = i4n = 0,5 \text{ нА}/\sqrt{\text{Гц}};$ $u1 = u2 = u3 = u4 = 4,5 \text{ нВ}/\sqrt{\text{Гц}})$	«30 дБ»	106 дБ	9,5	$u1; u2; u3;$ $u4$
		110 дБ	8,5	
		Без АЦП	7,9	
	«40 дБ»	106 дБ	7,6	
		110 дБ	7,5	
		Без АЦП	7,4	
OPA4228 $(i1p = i1n = i2p = i2n = i3p = i3n = i4p = i4n = 0,4 \text{ нА}/\sqrt{\text{Гц}};$ $u1 = u2 = u3 = u4 = 3 \text{ нВ}/\sqrt{\text{Гц}})$	«30 дБ»	106 дБ	8,2	АЦП
		110 дБ	7,1	$u1; u2; u3;$ $u4$
		Без АЦП	6,2	
	«40 дБ»	106 дБ	5,9	
		110 дБ	5,8	
		Без АЦП	5,7	
ADA4004-4 $(i1p = i1n = i2p = i2n = i3p = i3n = i4p = i4n = 3,5 \text{ нА}/\sqrt{\text{Гц}};$ $u1 = u2 = u3 = u4 = 2 \text{ нВ}/\sqrt{\text{Гц}})$	«30 дБ»	106 дБ	8	
		110 дБ	6,8	АЦП; R1; R9
		Без АЦП	5,9	$R1; R9$
	«40 дБ»	106 дБ	5,3	
		110 дБ	5,2	
		Без АЦП	5	

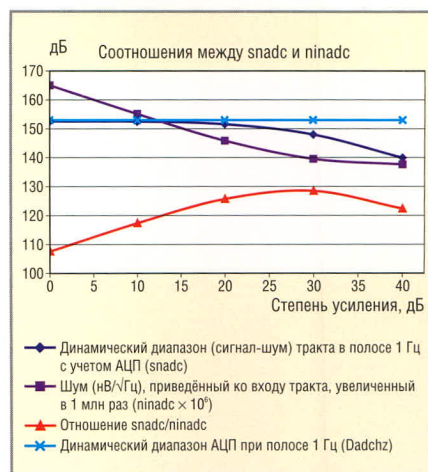


Рис. 8. Соотношения между динамическим диапазоном и уровнем собственных шумов тракта

Нелинейность и уровень шума многоканального модуля

На основе упомянутой физико-математической модели канала разработаны и внедрены четырёх- и восьмиканальные модули сбора и обработки информации с использованием полностью дифференциальных инструментальных измерительных усилителей. Все каналы модулей независимы друг от друга (на входе нет коммутатора каналов). На выходе каждого канала применены высококачественные $\Delta\Sigma$ -АЦП. Ширина по-

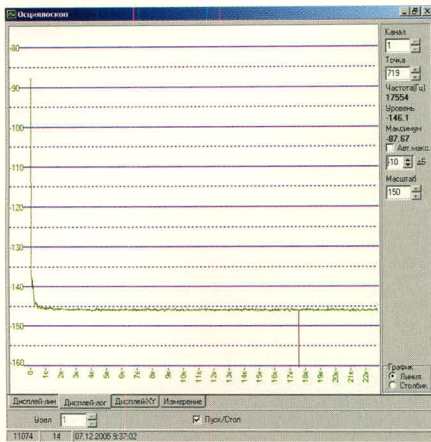


Рис. 9. Спектр собственных шумов одного канала восьмиканального модуля при ступени усиления «30 дБ» и нагрузке на входе 50 Ом
 По оси абсцисс частота от 0 до 50 кГц. Ширина одного бина 24,41 Гц при размере блока FFT 4096.
 По оси ординат уровень шума в децибелах относительно 1 В эфф. (на частоте 17554 Гц уровень шума –146,1 дБ относительно 1 В в полосе 24,41 Гц).
 Спектральная плотность шума 10,1 нВ/√Гц, приведенная к входу канала.

лосы частот сигнала – от долей герца до 50 кГц при восьмиканальном варианте и 200 кГц – при четырёхканальном.

На рис. 9 приведён спектр одного из каналов восьмиканального модуля сбора и обработки. Видно, что даже на операционных усилителях со средними шумовыми параметрами (МС33079D; 4,5 нВ/√Гц) достигнута спектральная плотность напряжения шума, приведённого к входу канала, около 10 нВ/√Гц с учётом шумов 24-разрядного АЦП CS5361. Без АЦП можно получить величину шума усилителя на уровне 8 нВ/√Гц.

На рис. 10 приведены графики с оценкой нелинейности одного из каналов 8-канального модуля. Под SFDR (Spurious Free Dynamic Range) понимается отношение уровня максимальной n-й гармоники в спектре к уровню первой гармоники. Уровень сигнала первой гармоники изменялся в пределах от 0 дБ (насыщение АЦП) до –18 дБ. Видно, что при симметричном источнике сигнала достигнут SFDR лучше –100 дБ во всём диапазоне изменений от –18 до –1 дБ относительно уровня насыщения АЦП. Причём при несимметричном источнике сигнала нелинейность тракта несколько хуже, но SFDR при этом не превышает –90 дБ.

Это говорит о перспективности практического использования полностью дифференциальных инстру-

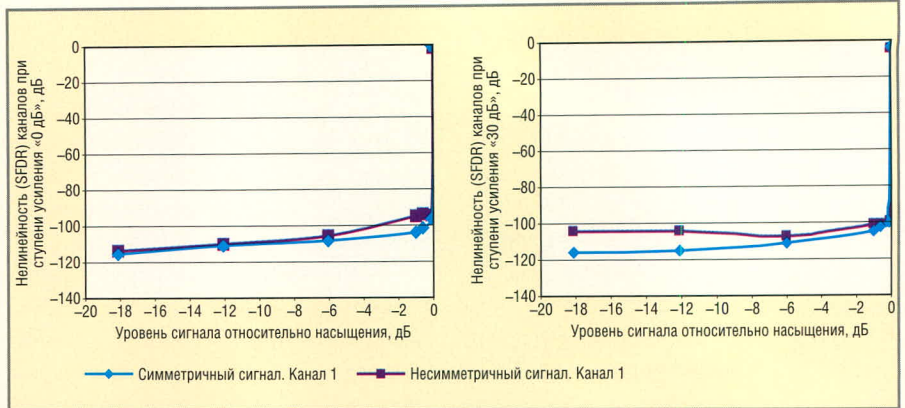


Рис. 10. Нелинейность одного из каналов 8-канального модуля при симметричных и несимметричных сигналах на входе тракта

ментальных измерительных усилителей в высококачественных приёмных трактах.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Полностью дифференциальный инструментальный измерительный усилитель позволяет достичь чувствительности тракта 5...10 нВ/√Гц, близкой к предельно возможной.
2. Для реализации полностью дифференциального инструментального измерительного усилителя достаточно одного корпуса микросхемы с четырьмя ОУ.
3. Полностью дифференциальный инструментальный измерительный усилитель может использоваться в высококачественных трактах, как с АЦП, так и без него.
4. Полностью дифференциальный инструментальный измерительный усилитель может работать как с несимметричными, так и с симметричными источниками сигнала без каких-либо перенастроек.
5. Разработчикам больших интегральных микросхем целесообразно уделить внимание созданию специализированного полностью дифференциального инструментального измерительного усилителя со встроенными коммутаторами для переключения усиления ввиду перспективности этого варианта построения высококачественных приёмных трактов. Такой вариант представляется более перспективным, нежели разрабатываемые в настоящее время зарубежные полностью дифференциальные усилители [6].
6. Созданная физико-математическая модель тракта позволяет избежать

трудоёмкого макетирования при поиске оптимального варианта построения тракта и даёт расчётные результаты, близкие к экспериментальным.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гарманов А.В. Требования к источникам сигналов АЦП с входным динамическим коммутатором каналов в многоканальном режиме. Памятка пользователю. Москва: L-Card, 2005 (www.lcard.ru).
2. Гарманов А.В. Оценка межканального прохождения в АЦП с входным динамическим коммутатором каналов. Москва: L-Card, 2003 (www.lcard.ru).
3. Wyrne J. Ron Modulation in CMOS Switches and Multiplexers; What It Is and How to Predict Its Effect on Signal Distortion. Application Note AN-251. Analog Devices (www.analog.com).
4. Minimizing Total Harmonic Distortion Contributed by Analog Switches in Audio Systems. Dallas Semiconductor MAXIM. February, 2001. Application Note 730 (http://www.maxim-ic.com/appnotes.cfm/appnote-number/730/ln/en).
5. Buxton J. Programmable Gain Amplifiers. System application guide. Analog Devices, Inc. G1829-10-9/93 (www.analog.com).
6. Karki J. Fully-Differential Amplifiers. Application Report SLOA054D. January 2002. Texas Instruments (www.ti.com).
7. Хоровиц П., Хилл У. Искусство схемотехники: Том 2. Пер. с англ. 4-е изд., перераб. и доп. М.: Мир, 1993.
8. Болдырев В.А. Предварительный усилитель для аналого-цифрового преобразователя. Заявка на полезную модель. Приоритет от 22.08.2005 г. Регистрационный номер 2005126530.
9. Хоровиц П., Хилл У. Искусство схемотехники: Том 1. Пер. с англ. 4-е изд., перераб. и доп. М.: Мир, 1993.
10. System application guide. Analog Devices, Inc. G1829-10-9/93 (www.analog.com).

Качество...
Точность...
Надёжность...

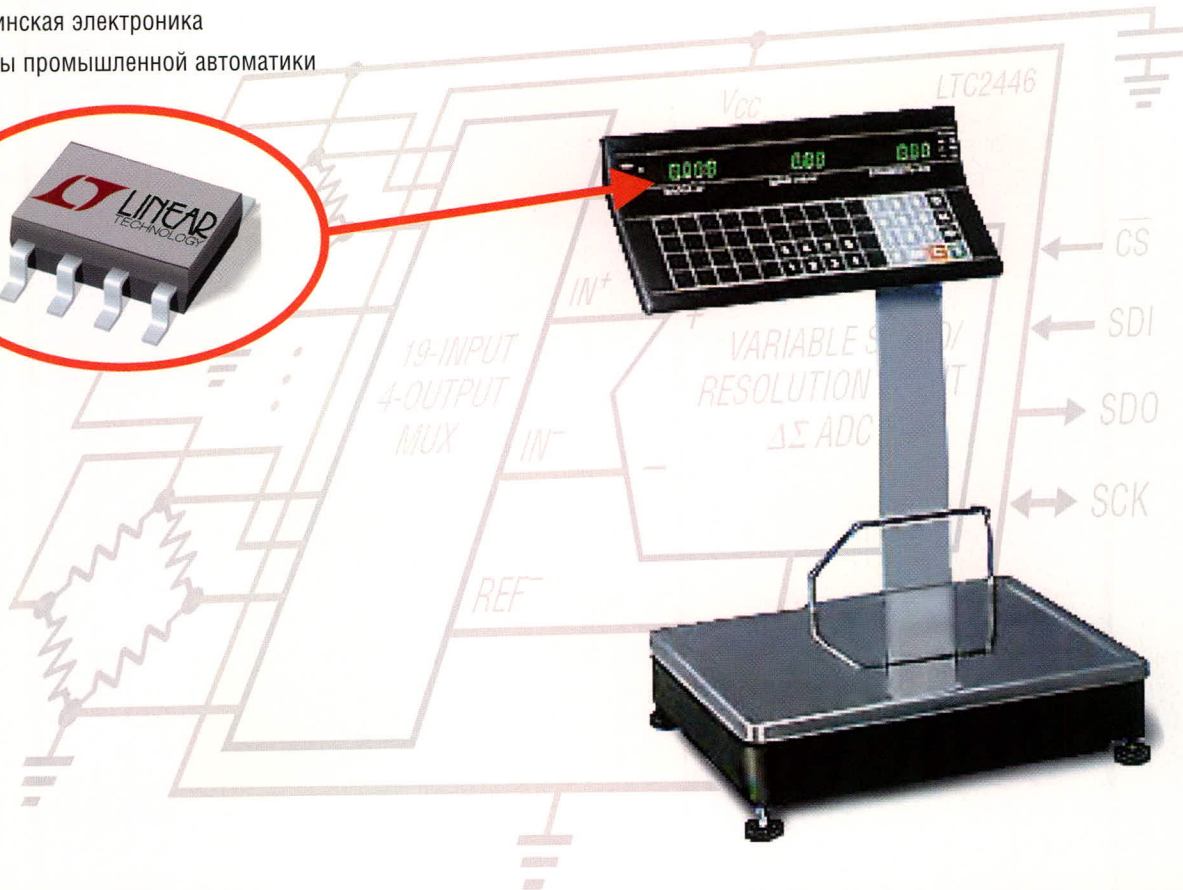
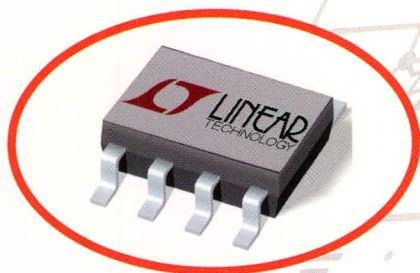


Прецизионные $\Delta\Sigma$ АЦП для промышленных применений

Наименование	Разрядность	Кол-во каналов	Скорость, выборки/с	Шум, мкВ	Интегральная нелинейность, ppm	Интерфейс	Корпус
LTC2400	24	1	7.5	1.5	2	SPI	SO-8
LTC2415	24	1	15	1.1	1	SPI	SSOP-16
LTC2420	20	1	7.5	6	4	SPI	SO-8
LTC2421	20	1	7.5	6	4	SPI	MSOP-10
LTC2422	20	2	7.5	6	4	SPI	MSOP-10

Области применения:

- Системы сбора данных
- Электронные весы
- Цифровые измерители температуры и давления
- Медицинская электроника
- Системы промышленной автоматики



Сердечники из расплётённого железа в импульсных источниках питания

(часть 3)

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

Джим Кокс (Великобритания)

Перевод Артёма Терейковского

В окончании статьи (начало см. в СЭ №№ 1 и 2, 2006) описаны магнитные свойства расплётённого железа различных марок фирмы Micrometals и особенности использования сердечников из расплётённого железа в сглаживающих дросселях, сетевых фильтрах и других индуктивных элементах.

Переменная составляющая тока в обмотке дросселя постоянного тока может оказывать существенное влияние на потери в сердечнике и на индуктивность вследствие изменения начальной магнитной проницаемости материала. Кривые, представленные на рис. 2, получены при условии, что амплитудная магнитная индукция не превышает 1 мТл, что обычно соответствует менее чем 1% переменной составляющей тока в обмотке. На рис. 3 показана зависимость потерь материала -52 от амплитуды индукции переменного магнитного поля в сердечнике.

Смесь -26 наиболее широко используется при изготовлении дросселей выходных фильтров импульсных источников питания. Тем не менее, при увеличении частоты следует отдать предпочтение материалам -8, -18 и -52, имеющим меньшие потери.

Максимальные значения индукции переменного тока в сердечниках дросселей фильтров, установленных на выходе импульсных источников вторичного электропитания (ИВЭП), во время работы не превышают 1000 Гс (типичное значение составляет 200 Гс). Влияние амплитуды магнитной индукции на магнитную проницаемость различных материалов показано на рис. 8. Магнитная проницаемость большинства материалов заметно увеличивается, когда амплитуда магнитной индукции становится более 100 Гс. Наибольший рост отмечен у материалов с высокой начальной проницаемостью -26, -40, -45 и -52.

На рис. 9 показана зависимость начальной магнитной проницаемости от суммарной напряжённости магнитного поля для материала -26 при различных уровнях пульсаций в обмотке. Аналогичны эти зависимости для материалов -40 и -52.

Рассмотрим несколько примеров.

ДРОССЕЛИ С ПОДМАГНИЧИВАНИЕМ ПОСТОЯННЫМ ТОКОМ

Пример 1

Исходные требования. Необходимо рассчитать дроссель, индуктивность (L) которого должна составлять 45 мкГн при подмагничивании постоянным током (I) 7,5 А. При этом пульсации не должны превышать 1%. При расчёте необходимо оптимизировать конструкцию дросселя с учётом в первую очередь его стоимости, а также разогрева во время работы. Необходимо также по возможности минимизировать габариты дросселя.

Реализация задания. Сначала необходимо выбрать материал дросселя. В первую очередь рассматриваем смеси -26, -40 и -52 как наиболее дешёвые, поскольку в задании нет ограничений на изменение индуктивности дросселя при изменении тока в обмотке.

Накапливаемая в дросселе энергия составит:

$$LI^2/2 = 45 \times 7,5^2/2 = 1266 \text{ мкДж.}$$

Далее необходимо выбрать размер и форму сердечника. В данном случае

вполне подходит материал -52. Выбор кольца T106 позволяет обойтись однослойной обмоткой при перегреве менее 25°C (рис. 2)*.

Количество витков определяется следующим образом. Согласно кривым в верхней части рис. 2 для накопления 1266 мкДж в сердечнике T106-52 потребуется около 200 Ампер-витков. Следовательно, число витков обмотки составит:

$$N = 200/7,5 = 27.$$

По табл. 4 выбираем однослойную обмотку проводом $\varnothing 1,15$ мм. Такой выбор обеспечит перегрев менее 25°C.

Пример 2

Исходные требования. Необходимо рассчитать дроссель, индуктивность (L) которого без подмагничивания должна составлять 60 мкГн, а при подмагничивании постоянным током (I) 7,5 А – 45 мкГн. При этом степень насыщения сердечника должна быть менее 25%, а пульсации не должны превышать 1%. При расчёте необходимо оптимизировать конструкцию дросселя с учётом в первую очередь его габаритов, а также разогрева дросселя во время работы. Необходимо также по возможности минимизировать стоимость дросселя.

Реализация задания. Сначала необходимо выбрать материал дросселя. Более всего подходят смеси -8, -18, -28 и -33, т.к. они имеют наименьшую амплитудную нелинейность проницаемости. Из-за ограничения изменения индуктивности в диапазоне рабочих токов они в данном случае наиболее пригодны.

Накапливаемая в дросселе энергия, как и в примере 1, составит 1266 мкДж.

Далее выбираем размер и форму сердечника. Анализ кривых для раз-

*Рассмотрение сердечников типа E выходит за рамки данной статьи (прим. переводчика).

Таблица 10. Зависимость числа витков от диаметра провода при «полной» намотке тороидального дросселя (заполнение внутреннего диаметра 55%)

Тип	Средняя длина витка, см	Площадь поверхности, см ²	Число витков при диаметре провода, мм (удельном сопротивлении, мОм/см)															Ампер-витки при температуре нагрева из-за потерь в обмотке			Общая рассеиваемая мощность, Вт, при температуре нагрева		
			0,32 (2,13)	0,404 (1,34)	0,511 (0,842)	0,643 (0,530)	0,813 (0,330)	0,912 (0,264)	1,02 (0,210)	1,15 (0,166)	1,29 (0,132)	1,45 (0,104)	1,63 (0,0828)	1,83 (0,0651)	2,05 (0,0521)	2,30 (0,0413)	2,60 (0,0328)	10°C	25°C	40°C	10°C	25°C	40°C
			T80	2,8	15,5	525	343	218	141	89	71	57	45	36	29	23	18	14	11	9	150	260	340
T90	3,64	22,4	648	424	269	174	110	88	70	56	45	36	28	22	18	14	11	170	300	400	0,356	1,07	1,88
T94	3,44	22	672	440	272	180	114	91	73	58	46	37	29	23	18	14	11	180	320	420	0,35	1,05	1,85
T106	4,49	31	696	455	289	187	118	95	75	60	48	38	30	24	19	15	12	190	330	440	0,492	1,47	2,59
T124	3,95	33,3	1080	707	449	290	184	147	117	93	75	60	47	37	30	23	19	260	460	610	0,529	1,58	2,79

ных материалов показывает, что смесь -8 в качестве материала сердечника позволит использовать кольцо минимальных размеров (см. рис. 6). Сердечник Т94-8 обеспечивает перегрев менее 40°C при «полной» намотке. Согласно графику в нижней части рис. 6, при накоплении 1266 мкДж сердечник Т94-8 функционирует со степенью насыщения около 15%, что полностью удовлетворяет начальным условиям.

Для определения количества витков (N) воспользуемся следующей формулой:

$$N = [L / (A_L \times \% \mu_0 / 100)]^{1/2},$$

где A_L – площадь сердечника (см²), %μ₀ – процент начальной проницаемости.

После подстановки значений получаем:

$$N = [45000 / (25 \times 0,85)]^{1/2} = 46.$$

Так как для обеспечения перегрева кольца Т94 менее 40°C требуется «полная» намотка, воспользуемся табл. 10. Рекомендуемый диаметр провода составляет 1,29 мм.

Определить количество витков в зависимости от индуктивности и максимального значения постоянного тока в обмотке для сердечников из смеси -52 можно с помощью табл. 11. Приведённые в таблице данные предполагают уровень пульсаций менее 1% и температуру перегрева 40°C вследствие потерь в обмотке и сердечнике. Значительные пульсации приведут к повышению температуры перегрева и индуктивности дросселя. Для определения диаметра провода в зависимости от максимального значения постоянного тока можно воспользоваться таблицей 12.

Таблица 11. Связь между индуктивностью, количеством витков тороидального дросселя и максимальными значениями постоянного тока при однослойной обмотке для сердечников из смеси -52

Типоразмер тороида	Индуктивность, мкГн/количество витков при постоянном токе, А							
	1	2,5	5	7,5	10	15	20	30
T50*-52**	94/59	30,7/37	10,2/22	5,0/16	2,8/12	1,3/8	0,7/6	0,2/3
T68-52A	250/74	81,6/46	27,6/28	16,7/21	8,3/16	4,4/12	2,1/8	0,8/5
T90-52	680/115	224/72	74,0/44	40,9/34	23,6/26	13/20	7,3/15	3,7/11
T106-52	1080/118	362/74	124/46	69,3/36	39,0/27	21,3/21	11,4/15	5,8/11
T131-52	1660/134	550/85	188/52	107/41	63/32	33,3/24	18,8/18	9,2/13
T157-52	3320/204	1090/129	380/81	213/64	127/50	69,3/39	40,1/30	21,5/23
T184-52	5400/202	1790/129	624/81	345/63	210/50	114/38	65/29	34/22
T250-52	14 800/270	4960/172	1720/108	978/86	591/67	332/59	195/41	102/31
T400-52	26 100/494	8690/317	3100/160	1760/157	1050/126	590/100	347/78	190/61

* Наружный диаметр тороида в дюймах × 0,01.

** Марка материала.

Таблица 12. Определения диаметра провода в зависимости от максимального значения постоянного тока

Постоянный ток, А	1,0	2,5	5,0	7,5	10	15	20	30
Диаметр провода, мм	0,32	0,511	0,813	1,02	1,45	1,83	2,30	2,91

ДРОССЕЛИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

В последнее время всё более высокие требования предъявляются к минимизации гармоник тока, потребляемого блоком ИВЭП от сети 220/380 В. С этой целью в состав даже относительно маломощных источников питания включают активные корректоры коэффициента мощности (ККМ). Структурная схема типичного блока ККМ приведена на рис. 14.

Корректор коэффициента мощности отличается от обычного импульсного преобразователя тем, что на его входе присутствует выпрямленное, но не сглаженное сетевое напряжение. Задача управляющей логики ККМ (на рисунке не показана) – обеспечить такой цикл переключений ключа Q1, при котором вход преобразователя со стороны сети ведет себя как некоторое активное

сопротивление. При этом между напряжением в сети и током, отбираемым от неё, отсутствует сдвиг фаз (cos φ = 1). В то же время на выходном конденсаторе поддерживается постоянное напряжение, слабо зависящее от нагрузки и напряжения сети. Расчёты потерь в сердечнике дросселя подобного преобразователя более сложны, чем в рассмотренных выше примерах, т.к. магнитный поток в сердечнике непрерывно меняется в течение полупериода напряжения питающей сети даже при неизменном входном напряжении и стабильной нагрузке.

Рассматриваемый ниже подход предполагает синусоидальную форму входного напряжения, постоянное выходное напряжение и фиксированную частоту преобразования ККМ, которая не зависит от схемы управления ККМ.

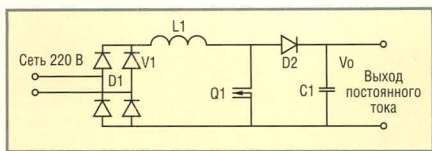


Рис. 14. Структурная схема типичного корректора коэффициента мощности

Амплитудное значение индукции в сердечнике определяется исходя из формы напряжения на дросселе по следующей формуле:

$$\hat{B} = 10^8 E \Delta T / 2NA,$$

где E – пиковое значение напряжения на дросселе (В), ΔT – интервал времени (с), N – число витков обмотки, A – сечение сердечника (см²).

Максимального значения $\hat{B}_{\text{макс}}$ достигает при $V_i = V_o/2$, где V_i – мгновенное значение входного напряжения, V_o – постоянное выходное напряжение.

Зависимость отношения $\hat{B}/\hat{B}_{\text{макс}}$ от фазы входного напряжения при разных отношениях V_i/V_o показана на рис. 15.

При фиксированной частоте преобразования потери в сердечнике пропорциональны \hat{B}^n , где значение n находится в диапазоне 1,65...3,00 для большинства порошковых материалов, включая расплывённое железо. Отношение среднего значения потерь к максимальному значению (при $V_i = V_o/2$) в течение полупериода питающего напряжения для $n = 2,0, 2,5$ и $3,0$ показано на рис. 16.

Из рисунка видно, что отношение средних потерь к максимальным достигает наибольшего значения при отношении амплитудного значения

входного напряжения к постоянно-му выходному напряжению, примерно равном 0,61. При этом отношение потерь незначительно изменяется от 0,672 при $n = 3$ до 0,725 при $n = 2$.

Поскольку большинство ККМ функционируют при отношении потерь, близком к максимальному значению, при разработке рекомендуется использовать эмпирическое правило, согласно которому в худшем случае среднее значение потерь составляет 70% значения, вычисленного при $V_i = V_o/2$. Амплитудная индукция в сердечнике определяется по следующей формуле:

$$\hat{B} = 10^8 V_o / 8NAf,$$

где f – частота переключения преобразователя.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОТЕРЬ

Производители магнитных материалов обычно приводят уравнение Штейнмеца для определения потерь в сердечниках:

$$P_{\text{срд}} = kf^x \Delta B^y.$$

В этой формуле потери выражаются в мВт/см³, частота – в кГц, индукция в сердечнике – в теслах (Тл). Коэффициенты Штейнмеца k, x и y подбираются для наилучшего соответствия результатам измерений. К сожалению, использование этого уравнения даёт корректный результат только в ограниченных диапазонах рабочей частоты и плотности магнитного потока в сердечнике.

Поэтому производители обычно указывают несколько наборов коэффициентов для соответствующих диапазонов. Однако, как показано в статье [1], это может привести к значительным несоответствиям при определении потерь на границах диапазонов.

Совокупные потери в сердечнике равны сумме потерь на перемагничивание и на вихревые токи. Потери на вихревые токи пропорциональны квадрату амплитудного значения магнитного потока и квадрату рабочей частоты. Потери на перемагничивание зависят от частоты линейно, но соотношение между составляющими потерь изменяется в зависимости от плотности магнитного потока и материала сердечника.

Бозорт в работе [2] доказал, что потери на перемагничивание для расплывённого железа пропорциональны B^3 при очень малых значениях индукции и $B^{1.6}$ при больших значениях индукции. При изменении индукции экспонента плавно меняется в диапазоне 1,6...3. Эти изменения экспоненты определяются реакцией стенок магнитных доменов материала на изменение внешнего магнитного поля. При слабых магнитных полях стенки доменов постепенно смещаются, но остаются «привязанными» к различным дефектам и неоднородностям кристаллической решетки. С ростом напряжённости поля возрастает энергия домена и происходит скачкообразное преодоление дефекта решётки. В сильных магнитных полях материал достигает насыщения; диполи ориентируются вдоль силовых линий поля, и дальнейшего роста намагниченности не происходит.

Если считать, что потери на перемагничивание ограничены тремя прямыми линиями (см. верхнюю

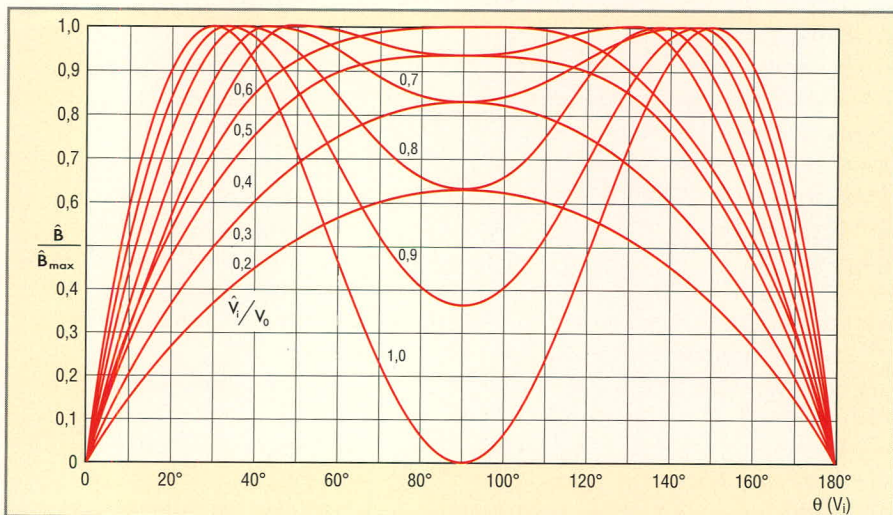


Рис. 15. Зависимость отношения индукции в сердечнике дросселя ККМ от фазы входного напряжения

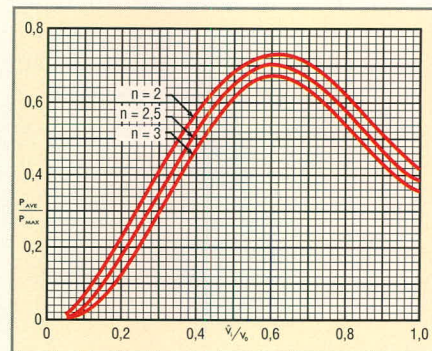


Рис. 16. Зависимость относительного уровня потерь от нормализованного входного напряжения

Снижение габаритов и потерь энергии



Высокоэффективные магнитодиэлектрические сердечники Micrometals для силовой электроники и ВЧ-техники

Применение сердечников MICROMETALS позволяет:

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

ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И ДОСТОИНСТВА

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

СРЕДСТВА РАЗРАБОТКИ

состоят из 4 модулей для расчёта индуктивностей:

- Фильтров постоянного тока, включая дифференциальные фильтры
- Индукторов с фиксированной зависимостью изменения индуктивности от величины тока намагничивания
- Катушек с управляемой индуктивностью 10 : 1 или 20 : 1 с использованием композиционных сердечников из феррита и магнитодиэлектрика
- Катушек индуктивности для АККМ, повышающих и понижающих DC/DC - преобразователей

The United States of America



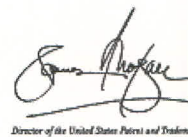
CERTIFICATE OF REGISTRATION PRINCIPAL REGISTER

The Mark shown in this certificate has been registered in the United States Patent and Trademark Office to the named registrant.

The records of the United States Patent and Trademark Office show that an application for registration of the Mark shown in this Certificate was filed in the Office; that the application was examined and determined to be in compliance with the requirements of the law and with the regulations prescribed by the Director of the United States Patent and Trademark Office; and that the Applicant is entitled to registration of the Mark under the Trademark Act of 1946, as Amended.

A copy of the Mark and pertinent data from the application are part of this certificate.

This registration shall remain in force for TEN (10) years, unless terminated earlier as provided by law, and subject to compliance with the provisions of Section 8 of the Trademark Act of 1946, as Amended.



Director of the United States Patent and Trademark Office

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

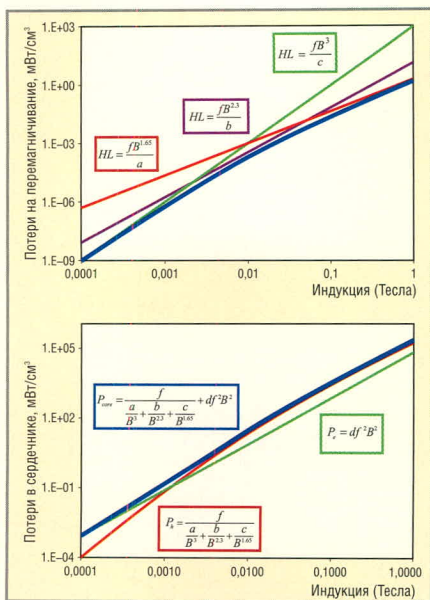


Рис. 17. Составляющие потерь распыленного железа

часть рис. 17), то кривая потерь определяется как обратное значение суммы обратных величин уравнений, описывающих данные прямые:

$$P_h = f / [(a/B^3) + (b/B^{2.3}) + (c/B^{1.65})].$$

Потери на вихревые токи определяются по формуле:

$$P_c = df^2B^2.$$

Следовательно, совокупные потери в сердечнике составят:

$$P_{\text{совокуп}} = f / [(a/B^3) + (b/B^{2.3}) + (c/B^{1.65})] + df^2B^2.$$

Модель, описываемая этим уравнением, известна как модель Оливера. Для максимальных значений индукции выбрано значение экспоненты 1,65 вместо 1,6 как наиболее точно подходящее для распыленного железа. Значения экспонент для минимальных и промежуточных значений индукции также оптимальны для всех типов распыленного железа, производимого фирмой Micrometals. Изменяются только значения коэффициентов *a*, *b* и *c*.

В нижней части рис. 17 приведены кривые потерь на перемагничивание, вихревые токи и совокупные потери смеси -52 на частоте 100 кГц.

Было проведено сравнение потерь, полученных по результатам измерений (на примере кольца T106-52), с потерями, рассчитанными по уравнениям Штейнмеца и Оливера в диапазоне от 60 Гц до 500 кГц. Сравнение показало, что средняя погрешность модели Оливера не превышает 4,9%. При расчётах коэффициенты в уравнении Оливера были взяты из табл. 13. Средняя погрешность при использовании модели Штейнмеца достигает 20%. Наибольшую погрешность модель Штейнмеца даёт при малых значениях индукции и потерь в сердечнике, поскольку изначально она была оптимизирована для потерь, превышающих 10 мВт/см³.

Модель Оливера, будучи более точной, позволяет определить долю каждой составляющей в совокупных потерях и рассчитать индуктивные элементы, работающие в предельных режимах, с достаточной точностью.

Как видно из рис. 17, отношение между составляющими потерь меняется в зависимости от индукции в сердечнике на заданной частоте. Характерно, что при минимальных значениях индукции преобладают потери на вихревые токи. Имея возможность экстраполировать вплоть до очень малых значений индукции, мы можем определить точные значения коэффициентов модели Оливера. Для этого потребуется измерить коэффициент *Q* при помощи прецизионного LCR-измерителя. Реальные потери в сердечнике вычисляются из следующего соотношения:

$$Q = V_{\text{вх}} I_{\text{вх}} / (P_{\text{обмот}} + P_{\text{серд}}).$$

Если измерения коэффициента *Q* произведены при достаточно высоких частотах и низких значениях индукции, при которых преобладают потери на вихревые токи, можно определить значение коэффициента *d* модели Оливера.

Воспользуемся сердечником T106-52 с обмоткой из 100 витков. Индукция в сердечнике ограничена на уровне 0,01 мТл, сопротивление об-

мотки переменному току на частоте 100 кГц составляет 0,74 Ом. При $V_{\text{вх}} = 29$ мВ, $I_{\text{вх}} = 0,049$ мА и $Q = 45,5$ потери в сердечнике составляют $2,99 \times 10^{-8}$ Вт. Пересчитав потери в удельное значение в мВт/см³, получаем коэффициент *d*, равный 6,9. Примечательно, что при этих значениях индукции и частоты потери на вихревые токи составляют до 99% совокупных потерь для смеси -52. Остальные коэффициенты могут быть получены по принципу наилучшего соответствия из результатов точных измерений на низких частотах.

Другое преимущество модели Оливера заключается в том, что для всех значений рабочих частот и индукции в сердечнике используется один и тот же набор коэффициентов.

Хотя модель Оливера разработана специально для распыленного железа, подобная методика применима для других магнетодиэлектриков, таких как альсифер (KoolMu, SuperMSS), молипермаллой (MPP), и для ферритов. В каждом случае следует уточнить формулу определения потерь на перемагничивание для наиболее полного соответствия свойствам конкретного материала.

РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ РАЗРАБОТЧИКОВ ИМПУЛЬСНЫХ ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ

Температура окружающей среды накладывает ограничения на допустимый перегрев сердечника. Проект следует начинать при одинаковых значениях потерь в обмотке и сердечнике. Желательно, чтобы расчётные потери в сердечнике оказались меньше потерь в обмотке, поскольку отвести тепло от обмотки значительно легче, чем от сердечника.

Для расчёта индуктивных элементов на сайтах имеются различные программы (например, бесплатная программа фирмы Micrometals [3]). Они позволяют оценить продолжительность безопасного функционирования сердечника в заданных условиях, учитывающих описанное выше явление термического старения.

Если устройство позволяет использовать вентилятор для отвода тепла, желательно устанавливать вентилятор с постоянной скоростью враще-

Таблица 13. Значения коэффициентов для уравнения Оливера

Материал	a	b	c	d
Micrometals -52	$1,0 \times 10^{-6}$	$6,94 \times 10^{-5}$	$5,27 \times 10^{-4}$	6,9

ния. В большинстве случаев потери в сердечнике не зависят от мощности на выходе импульсного источника питания.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Распылённое железо в течение нескольких десятилетий используется в радиоэлектронной аппаратуре промышленного и бытового назначения. Чаще всего сердечники из распылённого железа применяются

в дросселях фильтров с большими токами смещения/подмагничивания, дросселях электронных балластов ламп дневного света, помехоподавляющих дросселях, дросселях ККМ и DC/DC-преобразователей, работающих в непрерывном режиме. Распылённое железо является самым дешёвым из порошковых материалов с высокой индукцией насыщения, благодаря чему его применение во многих случаях оказывается эко-

номически более эффективным, чем применение молипермаллоя (МПП), альсифера (KoolMu, SuperMSS) или материала HiFlux.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Ridley R. and Nace A.* Modeling Ferrite Core Losses. *Switching Power Magazine*. Winter 2002.
2. *Bozorth, Richard M.* Ferromagnetism. Princeton: D. Van Nostrand, 1951.
3. www.micrometals.com.



Новости мира News of the World Новости мира

Сверхминиатюрное язычковое реле

Компания Coto Technology разработала сверхминиатюрное язычковое реле 9852, занимающее на плате площадь всего лишь 0,5 см². Это устройство предназначено для использования в автоматической испытательной и контрольно-измерительной аппаратуре, а также в телекоммуникационных системах.



Реле 9852 отличается превосходной выносливостью и способно выдерживать 200 млн. N/O или 100 млн. N/C переключений при напряжении 1 В и нагрузке 10 мА. Полосовая характеристика составляет -3 дБ при частоте 4 ГГц (N/O) или 3 ГГц (N/C), что является невозможным для механических реле. При частоте 1 ГГц изоляция и обратные потери составляют соответственно -10 и -20 дБ.

Кроме того, внешний магнитный экран уменьшает электромагнитное взаимодействие между тесно расположенными реле. Устройство имеет корпус с выводами в форме крыла чайки, J-образными или осевыми выводами.

Реле 9852 стоит \$10,40 за штуку при объёме закупки 5000 шт.

www.e7e.ru

Микромоторы с воздушным подшипником

Благодаря системе с воздушным подшипником, новые микромоторы корпо-



рации Sanyo обеспечивают высокую скорость и тихую работу при высоких температурах. Использование воздуха позволяет решить проблему разрушения при длительной эксплуатации и высоких температурах, которая возникает в обычных электродвигателях, где в качестве смазывающего материала используется масло.

Бесщёточные микромоторы серии PM имеют диаметр статора 20 мм и максимальный диаметр ротора 25 мм при высоте мотора 25 мм. В данный момент разрабатываются модели с высотой 14 мм. Моторы работают от постоянного напряжения 12 В при токе нагрузки около 70 мА. Среднее число оборотов в минуту 10 000. Диапазон рабочих температур от 0 до 90°C. Температура хранения от -20 до 90°C.

Схема с воздушным подшипником работает следующим образом: между втулкой и ротором имеется зазор величиной от 3 до 5 мкм. Магниты в верхней части ротора отталкивают их друг от друга, поэтому при вращении в зазоре создаётся давление воздуха, позволяющее ротору вращаться, не соприкасаясь со втулкой.

Такие моторы чрезвычайно надёжны. Они были протестированы с помощью более чем одного миллиона включений/выключений.

Моторы предназначены главным образом для применения в медицинском обо-

рудовании, где требуется высокая надёжность и недопустимо присутствие машинных масел.

www.e7e.ru

Новые приёмники и передатчики от National Semiconductor

Корпорация National Semiconductor добавила пять новых теплоустойчивых приёмников и передатчиков к своему семейству низковольтных устройств, передающих информацию низковольтными дифференциальными сигналами (LVDS). Эти универсальные устройства разработаны для передачи сигналов через кабели в системах, работающих в жёстких условиях, например, в автомобилях и военной технике.

Передатчик DS90LV011AH, приёмник DS90LT012AH, двойной передатчик DS90LV027AH, двойной приёмник DS90LV028AH и интегральный двойной передатчик DS90LV049H способны работать при температурах до 125°C. Приёмники и передатчики обеспечивают скорость передачи данных до 400 Мбит/с и обладают неплохой помехоустойчивостью.

Согласно пресс-релизу, новые передатчики и приёмники поддерживают дифференциальный интерфейс LVDS. Модель DS90LT012AH имеет входные контакты LVDS, позволяющие сохранить место на плате. Модели DS90LV027AH и DS90LV028AH отличаются конфигурацией выводов типа flow-through, что помогает упростить схему расположения компонентов на плате.

Модели DS90LV011AH и DS90LT012AH выполнены в корпусах SOT-23 с пятью выводами, модели DS90LV027AH и DS90LV028AH изготавливаются в восьмивыводных корпусах SOIC, а DS90LV049H имеет корпус TSSOP с шестнадцатью выводами.

www.e7e.ru

СЕМИНАР КОМПАНИИ AGILENT TECHNOLOGIES

Компания Agilent Technologies приглашает заинтересованных специалистов принять участие в бесплатном семинаре «Анализ джиттера и другие применения цифровых осциллографов», который состоится 23 марта 2006 г. в Москве, в конференц-центре «Павелецкий». Начало семинара – в 9.30 утра, окончание в 18.00.

Agilent Technologies является признанным мировым лидером в области разработки цифровых осциллографов. В настоящее время компания Agilent поставляет широкую гамму осциллографов реального времени с полосой пропускания от 60 МГц до 13 ГГц и стробоскопических осциллографов с полосой пропускания до 80 ГГц.

Область применения современных цифровых осциллографов давно вышла за стандартные рамки – теперь с их помощью инженеры могут не только анализировать форму сигналов и измерять их параметры, но также анализировать структуру и причины джиттера, формы и соотношения сигналов внутри ПЛИС, демодулировать сигналы с цифровой модуляцией, декодировать протоколы последовательной передачи данных и решать многие другие задачи, ранее выглядевшие нерешаемыми.

Основная цель семинара – познакомить слушателей с возможностями современных цифровых осциллографов, выпускаемых компанией Agilent Technologies. В частности, будет представлена последняя новинка

компании – модель осциллографа серии Infiniium 80000B с полосой пропускания 12 ГГц. Эта серия характеризуется самым низким на рынке уровнем собственных шумов и возможностью расширять полосу пропускания в процессе эксплуатации.

Принять участие в семинаре можно отправив заявку по факсу (495) 797-3902 или по электронной почте на адрес tmo_russia@agilent.com до 20 марта. В ней должны быть указаны ФИО, название компании, телефон, факс и электронный адрес участника(ов). После отправки заявки необходимо связаться по указанному ниже телефону с организаторами для подтверждения регистрации.

В случае возникновения любых организационных вопросов можно обращаться по телефону (495) 797-3928.

КОНФЕРЕНЦИЯ КОМПАНИЙ INTEL И FASTWEL

Встраиваемые интегрированные системы компании Fastwel на базе архитектуры Intel® нашли своё применение в сложнейших комплексах, выпускаемых предприятиями оборонной промышленности.

В московском отеле «Мариотт» 21 февраля 2006 г. состоялась совместная пресс-конференция фирм Intel и Fastwell.

Предприятия российского ВПК, выпускающие продукцию для нужд отечественного оборонного комплекса, в настоящее время активно используют самые современные вычислительные элементы на базе открытых архитектур для разработки систем различного назначения. Такие ведущие предприятия, как НПП «Авиационная и морская электроника», МНИИРЭ «Альгаир» и НПО «Прибор» остановили свой выбор на компьютерных системах производства отечественной компании Fastwel на базе архитектуры Intel®.

«Традиционные критерии, применяемые предприятиями ВПК при выборе вычислительной техники для производства оборонной продукции, являются одними из наиболее жёстких и строгих. Элементы вычислительных систем должны отличаться возможностью монтажа с высокой плотностью, высокой производительностью, малым энергопотреблением, функциональной гибкостью, надёжностью даже в самых суровых усло-

виях эксплуатации, – отметил Дмитрий Конаш, региональный директор компании Intel в странах СНГ. – Поэтому неслучайно предприятия российского оборонного комплекса ориентируются на огромный технологический опыт компании Fastwel в создании платформ с индустриальным уровнем надёжности на базе архитектуры Intel».

«Объём мирового рынка полупроводниковой продукции для встраиваемых систем, несмотря на определённую специфичность этого сегмента, превышает 2,25 млрд. долл., обладая неплохой динамикой роста – около 10% в год, при этом доля компонентов на базе архитектуры Intel составляет примерно треть», – сказала Кэтрин Мартин, директор Intel по продажам встраиваемой и коммуникационной продукции в странах СНГ.

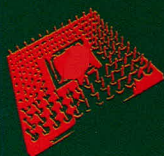
Компания Fastwel – ведущий отечественный разработчик и производитель одноплатных компьютеров для промышленного применения и встраиваемых систем – объявила о предстоящем выходе сразу четырёх процессорных модулей в форматах ATX, PICMG 1.0, MiniITX и PC/104-Plus. Аппаратной основой изделий, серийный

выпуск которых планируется во второй половине 2006 г., станет процессор Intel® Pentium® М с частотой до 2,26 ГГц, производящийся по 90-нм производственной технологии Intel. На сегодняшний день компания Fastwel является единственным производителем промышленных одноплатных компьютеров в Восточной Европе, выпускающим модельный ряд систем на базе процессора Intel Pentium М. Поставки новой продукции Fastwel будут осуществляться как на российский, так и на зарубежный рынок.

Применение высокопроизводительных процессоров Intel Pentium М позволяет использовать платы Fastwel для реализации широкого спектра проектов, новые изделия прекрасно дополняют вышедшую в 2004 – 2005 гг. линейку плат для ответственных применений, в которую входят модули в форматах VME (CPC600), Compact PCI 3U/6U (CPC501/CPC502) и EPIC (CPC800).

Процессорные платы CPC1100 (формат PICMG) предназначены для классических промышленных компьютеров с пассивной объединительной панелью, способных круглосуточно функционировать в неблагоприятных цеховых условиях: на производстве, в системах безопасности и т.д. Модель CPC1200 (формат ATX) – бюджетный вариант промышленного компьютера стандартной архитектуры, функционирующего на не критических участках автоматизации.

Е•Х•Р•О ELECTRONICA



ufi
Approved
Event

9-я МЕЖДУНАРОДНАЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ
ВЫСТАВКА ЭЛЕКТРОННЫХ КОМПОНЕНТОВ
И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

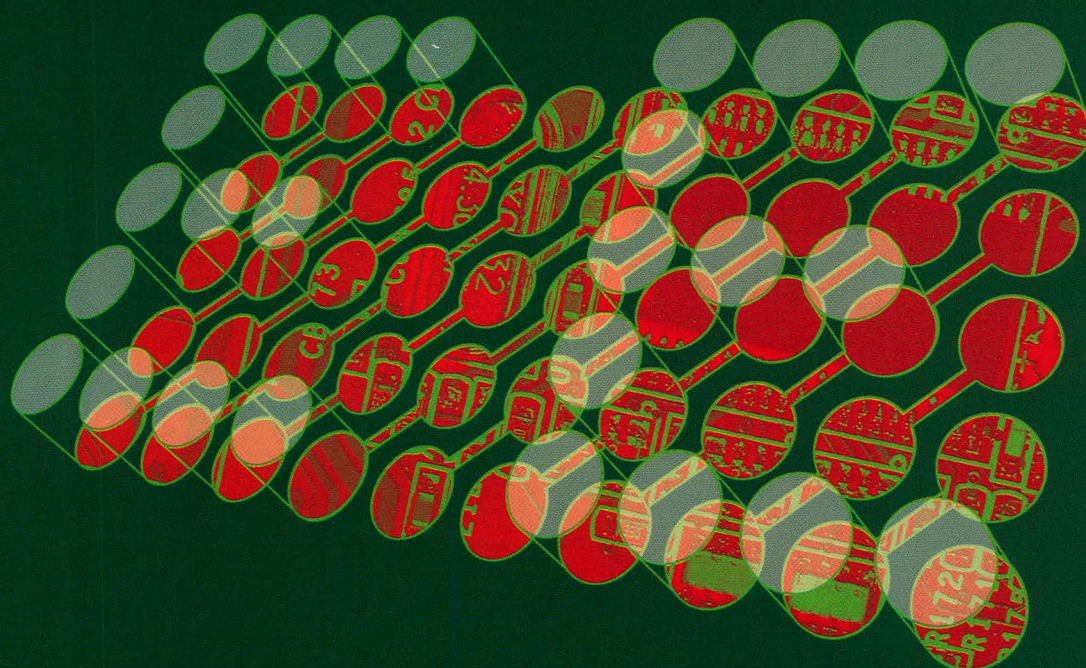
Совместно с:

electrontech **expo**

4-я МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ
И МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ИЗДЕЛИЙ ЭЛЕКТРОННОЙ
И ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

25-28 АПРЕЛЯ 2006

РОССИЯ, МОСКВА, КРОКУС ЭКСПО



Организаторы:

ПРИМЭ СПО



Электронторг-с

При содействии:

Тел.: +7(812)380-6007/03/00

Факс: +7(812)380-6001

E-mail: electron@primexpo.ru



www.expoelectronica.ru

www.expoelectronica.ru

www.expoelectronica.ru

Для бортовых применений наиболее подходящим изделием является модуль CPC1600 в формате PC/104-Plus. Это изделие является наиболее компактным и наиболее ударо-/виброустойчивым из всей представленной номенклатуры и потому наиболее интересным для разработчиков систем автоматики в авиации и на транспорте. Наконец, одноплатный компьютер CPC1400 в формате MiniITX может использоваться как во встраиваемых системах, так и в компактных промышленных компьютерах широкого применения.

Оборудование, оснащённое одноплатными компьютерами Fastwel, может функционировать как на открытом пространстве в достаточно жёстких климатических условиях, так и в закрытых производственных помещениях с агрессивной средой – например, в плавильном цехе. Продукция Fastwel может работать при экстремальных температурах от -40 до $+85^{\circ}\text{C}$; изделия, ориентированные на применение в общепромышленных приложениях и бюджетных проектах, обладают диапазоном рабочих температур от -10 до $+70^{\circ}\text{C}$.

Все новые процессорные модули Fastwel оснащены датчиком температуры, который при повышении её до критической отметки автоматически отключает устройство, что позволяет предохранить оборудование от перегрева.

Другой важный критерий применимости продукции Fastwel – устойчивая работа при повышенных меха-

нических нагрузках. Это очень важная характеристика для систем, эксплуатирующихся в промышленных условиях или на транспорте, где постоянно присутствует вибрационная и ударная нагрузка.

В платах Fastwel предусмотрен «сторожевой таймер», активирующий перезагрузку в случае зависания программы. Функция Reset позволяет оператору системы удалённо перезапустить её, даже если оборудование находится в другом здании. Платы гарантируют сохранение критически важных данных при аварийном отключении питания, а гальваническая изоляция интерфейсов обеспечивает стабильную работу при больших скачках напряжения.

Продукция Fastwel поддерживает все современные интерфейсы (Gigabit Ethernet, USB 2.0, SerialATA), обеспечивает совместимость с актуальным периферийным оборудованием (модемы, внешние жёсткие диски, дисплеи, видеокамеры и т.д.), что гарантирует максимальную системную производительность готового решения.

Масштабируемость плат Fastwel позволяет повысить производительность изделия в случае увеличения нагрузки на вычислительную часть. Это особенно актуально для заказчиков, которым требуется единая платформа для решения нескольких разных по ресурсоёмкости задач.

Особое внимание компания Fastwel уделяет вопросам программной совместимости своих изделий с популярными операционными систе-

мами. Вся линейка процессорных плат поддерживается драйверами как для широко распространенной ОС Microsoft Embedded, так и для операционных систем реального времени QNX Momentics и RTOS-32. Разработчики бюджетных систем и систем специального назначения могут применять бесплатную ОС Linux с открытыми исходными текстами.

«Новым рубежом для компании Fastwel является разработка высокопроизводительных одноплатных модулей в форматах COM-Express, PC104-Express, Advanced Mezzanine Card на базе двухъядерного процессора Intel® Core™ Duo, предназначенных для нужд OEM-производителей», – заявил генеральный директор Fastwel Константин Корнеев. Массовый выпуск данных изделий планируется наладить в 2007 году.

Корпорация Intel является крупнейшим производителем микропроцессоров, а также одним из ведущих производителей оборудования для персональных компьютеров, компьютерных сетей и средств связи.

Компания Fastwel является российским разработчиком и производителем аппаратных средств, в том числе высокопроизводительных платформ для нужд промышленной автоматизации и встраиваемых систем. Продукция Fastwel поддерживает индустриальный уровень надёжности и отлично подходит для ответственных применений. Российский эксклюзивный дистрибьютор продукции Fastwel – компания ПРОСОФТ.

ЗАО «Северо-Западная Лаборатория Лтд.» и Группа компаний «Эрикон» представляют...

17 февраля 2006 г. в Санкт-Петербурге в конференц-зале гостиницы «Россия» состоялся семинар «Современные магнитные материалы в электронике».

Семинар был организован совместно компаниями ЗАО «Северо-Западная Лаборатория Лтд.» и «Эрикон Софт».

Мероприятие проводилось с целью помощи руководителям и техническим специалистам производственных предприятий в ознакомлении, выборе и внедрении на производстве новейших магнитных материалов в области электроники.

Семинар был открыт генеральным директором «Эрикон Софт» Макаровым Владимиром Валентиновичем. Он выступил с докладом «Перспективные направления в области производства печатных плат. Возможности реализации данных направлений в Группе компаний Эрикон».

Следующее выступление было посвящено рынку новых магнитных материалов в России. Докладчик – президент холдинга ЗАО «Северо-Западная Лаборатория Лтд.», кандидат физ.-мат. наук Куневич Алексей Витальевич.

Также на семинаре прозвучали доклады: «Сердечники фирмы EPCOS»

(Павлов Е.А., начальник отдела продаж), «Материалы с высокой индукцией насыщения фирмы Magnetics» (Максимов А.Н., тех. директор), «Широкополосные трансформаторы. Видеотрансформатор» (Товпинец Ю.И., ведущий разработчик), «Применение материалов нового поколения для реализации конкретных индуктивных элементов» (Анисимова К.Ф., ведущий разработчик).

В рамках семинара участники смогли не только прослушать доклады, но и ознакомиться с мини-выставкой, на которой была представлена продукция ЗАО «Северо-Западная Лаборатория Лтд.».

Ранее подобные мероприятия уже проводились ЗАО «СЗЛ» и, по словам Куневича А.В. – президента холдинга, планируются как ежегодные.

Выставка «Дисплей-2006»

14 – 16 июня 2006 года в ЦДХ на Крымском Валу впервые пройдёт специализированная выставка средств и систем отображения информации «Дисплей-2006». Форум организуют выставочная компания «ЧипЭкспо» и Российское отделение Международного общества информационных дисплеев (SID) при поддержке Федерального агентства по промышленности и Российской инженерной академии.

Цель мероприятия – представить потребителям готовых систем возможность ознакомиться с современными и наиболее выгодными для их приложений изделиями и решениями, а разработчикам и производителям – передовые компоненты, разработки и технологии НМІ.

На выставке будут представлены современные универсальные и специализированные экраны, табло, мониторы и дисплеи (ЖКИ, TFT, ЭЛТ,

плазменные, цифровые, проекционные и т.п), созданные на базе различных технологий.

Тематика мероприятия:

- TFT-, ЭЛТ-, ЖК-дисплеи и индикаторы;
- информационные табло;
- плазменные дисплеи;
- цифровые и матричные дисплеи;
- LCD-проекторы;
- лазерные технологии визуализации;
- технологии отображения для специальных применений;
- электронные компоненты для систем отображения;
- электронные модули управления;
- передовые научные разработки;
- технологии производства и обслуживания;
- создание комплексных информационных систем.

Помимо специалистов конструкторских бюро и промышленных предприятий выставку посетят за-

казчики с предприятий транспорта, энергетики, органов внутренних дел, муниципальных служб, а также компании из рекламного, выставочного, развлекательного бизнеса, занимающиеся киноконцертной и театральной деятельностью. Отдельный раздел выставки посвящён отечественным производителям средств отображения информации. Ожидается, что за три дня работы выставка привлечёт более 3000 специалистов.

На сайте <http://display.chipexpo.ru> открыт он-лайн заказ пригласительных билетов.

Телефон ЗАО «ЧипЭкспо»:
(495) 368-1039, 225-9661

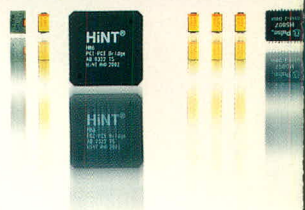
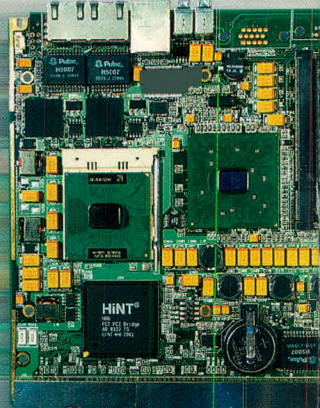
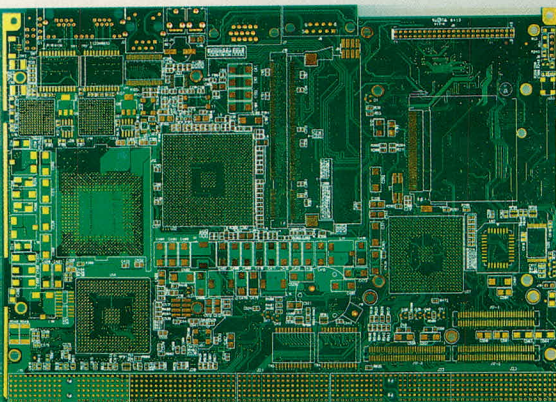
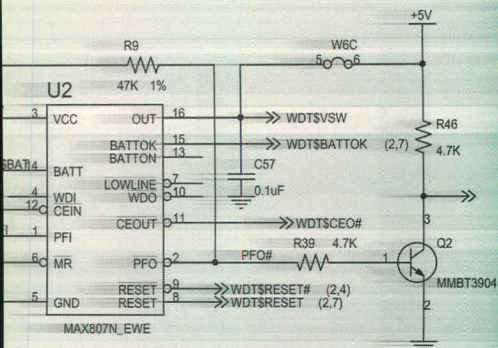
DISPLAY 14-16 июня
2006
МОСКВА ЦДХ

СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЙ ВЫСТАВОЧНЫЙ ПРОЕКТ

DISPLAY 14-16 июня
2006
МОСКВА ЦДХ

- Системы отображения специального исполнения
- Универсальные и специализированные экраны
- Отображение в системах связи и управления
- Городские информационно-справочные системы
- Средства отображения в рекламных технологиях
- Компоненты систем и средств отображения
- Информационные табло, мониторы, дисплеи
- Проекционное оборудование и системы
- Средства отображения на транспорте
- Средства отображения в военной технике

<http://display.chipexpo.ru>



ТЕХНОЛОГИИ МЕНЯЮТСЯ – *доверие остается*

Fasteko – ведущий контрактный производитель электроники в России и СНГ.

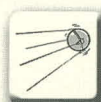
Производственные ресурсы компании по квалификации персонала и составу оборудования стоят в ряду лучших европейских производств.

В активе компании прочные и эффективные отношения с признанными лидерами в области электронных компонентов, печатных плат и оборудования.

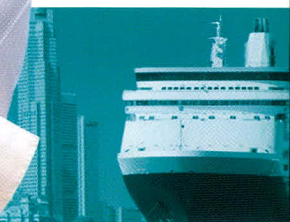
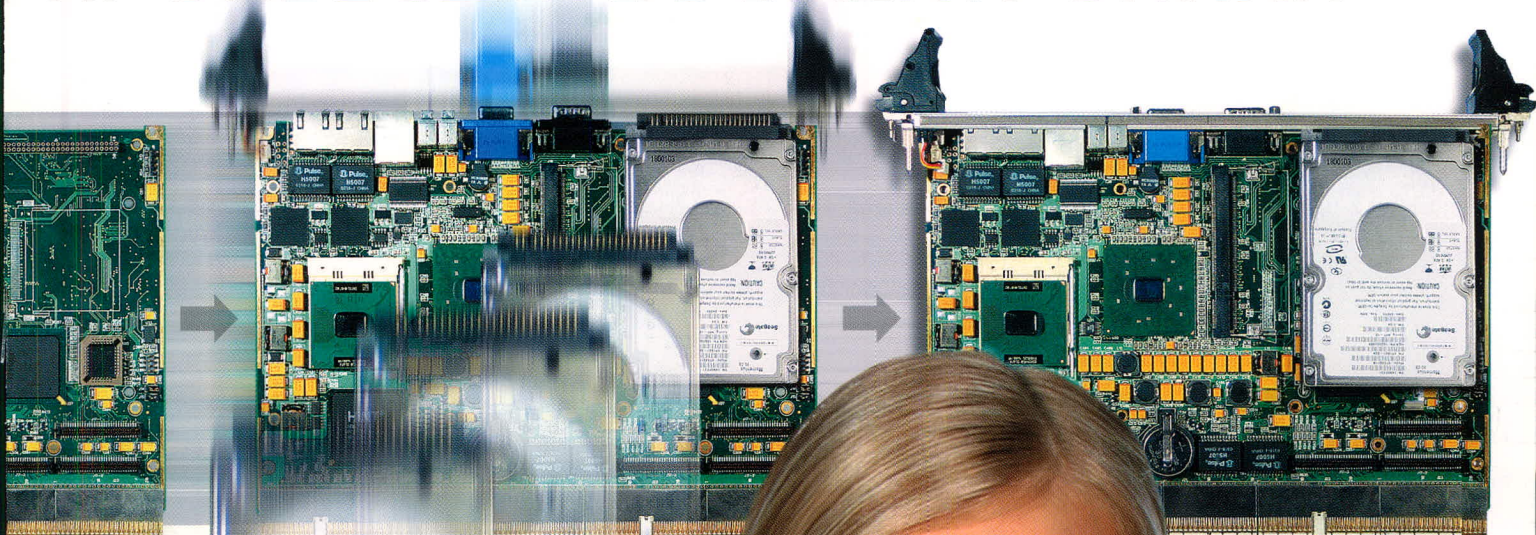
Компания предоставляет своим клиентам полный комплекс работ и услуг, осуществляя законченный цикл электронного производства.

Fasteko – мир передовых технологий, современных разработок, ответственных решений, заслуженно пользующихся доверием клиентов.

мир электроники Fasteko



ПРОИЗВОДСТВО ЭЛЕКТРОНИКИ



Маски, подчёркивающие достоинства!



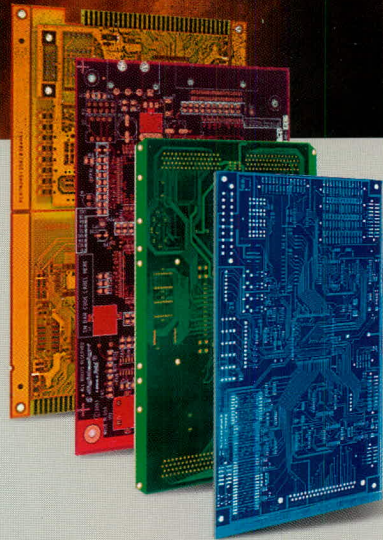
Печатные платы заводов SEP — это мировой уровень, отвечающий всем необходимым параметрам

Сервис

- оперативное решение Ваших запросов в течение 24 часов
- своевременная доставка от шести дней
- адаптация топологии под автоматический монтаж
- техническая поддержка

Технологии

- односторонние и двусторонние платы
- многослойные платы
- гибкие и гибко-жесткие печатные платы
- платы с контролем импеданса
- платы с глухими и скрытыми переходными отверстиями
- платы с серебряными переходными отверстиями
- платы с лазерной сверловкой
- платы с металлическим основанием
- СВЧ-платы (фторопласт, тефлон)
- платы большой толщины



Телефон: (495) 739-0775
Факс: (495) 739-0776
E-mail: product@fasteko.ru

Компания Фастеко — Генеральный поставщик продукции заводов SEP (Южная Корея) на территории России и стран СНГ



www.sepco.ru



www.fasteko.ru