

СОВРЕМЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

5
2006

Пассивные и
электрохимические
компоненты



Компакт-диск
компании
Bulgin

Влагозащищенные разъемы и кнопочные переключатели BULGIN

Компания Bulgin Components производит цилиндрические герметичные разъемы, разъемы IP68 для систем передачи данных USB и ETHERNET, переключатели со светодиодной индикацией IP66 - IP68, держатели батарей и предохранителей, силовые разъемы. Многие изделия компании стали промышленным стандартом.

Серия 400 Виссанеер



IP68 Bluetooth Adapte



Серия FireWire Виссанеер



Серия Ethernet Виссанеер



Электронный каталог продукции Bulgin

представлен на сайте www.bulgin.co.uk

По вопросам:

- приобретения продукции Bulgin,
- заказа образцов,
- получения технической поддержки,

обращайтесь: info@prochip.ru



PROSOFT®

ПРОСОФТ — АКТИВНЫЙ КОМПОНЕНТ ВАШЕГО БИЗНЕСА

МОСКВА Телефон: (495) 234-0636 • Факс: (495) 234-0640 • E-mail: info@prochip.ru • Web: www.prochip.ru

С.-ПЕТЕРБУРГ Телефон: (812) 448-0444 • Факс: (812) 448-0339 • E-mail: info@spb.prosoft.ru • Web: www.prosoft.ru

ЕКАТЕРИНБУРГ Телефон: (343) 376-2820 • Факс: (343) 376-2830 • E-mail: info@prosoftsystems.ru • Web: www.prosoftsystems.ru

САМАРА Телефон: (846) 277-9165 • Факс: (846) 277-9166 • E-mail: info@samara.prosoft.ru • Web: www.prochip.ru

Главный редактор

Александр Майстренко

Зам. главного редактора

Татьяна Крюк

Научные редакторы

Александр Масыкин, Роберт Алексанян

Дизайн и верстка

Татьяна Крюк, Александр Либков,
Дмитрий Юсим

Web-мастер

Дмитрий Романчук

Служба распространения

Ирина Самохина (circul@soel.ru)

Служба рекламы

Татьяна Кравченко (advert@soel.ru)

Издательство «СТА-ПРЕСС»

Директор Константин Седов

Почтовый адрес: 119313, Москва, а/я 26

Телефон: (495) 232-0087

Факс: (495) 232-1653

Сайт: www.soel.ru

E-mail: info@soel.ru

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

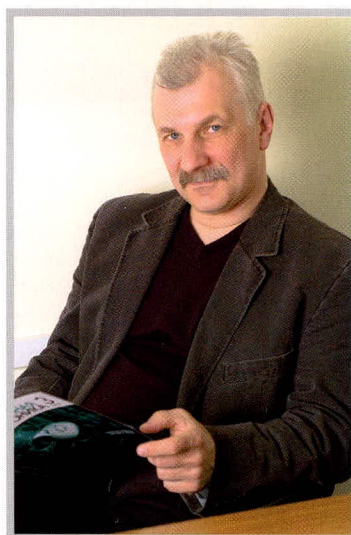
с письменного разрешения редакции.

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 – пассивные и электромеханические компоненты.

Пассивные компоненты не обладают «интеллектом» своих активных собратьев и не могут выполнять каких-либо сложных преобразований электрических сигналов, но зато обладают свойствами, недоступными активным компонентам. Зависимость реактивного сопротивления конденсаторов и катушек от частоты делает их незаменимыми при создании частотно-зависимых цепей. Развитие технологии т.н. суперконденсаторов позволило использовать их в качестве источников питания электронных устройств. Трансформаторы и дроссели, использующие сердечники из современных магнитных материалов, позволяют повысить эффективность импульсных источников питания. Зависимость проводимости некоторых материалов от температуры используется в многоразовых предохранителях, а зависимость от напряжения – в варисторах. Эти компоненты широко используются для защиты силовых и сигнальных цепей электронной аппаратуры от перегрузки. Изменились и традиционные реле: благодаря новым технологиям корпусирования и применению микроэлектронных контактов они могут коммутировать сигналы гигагерцового диапазона.

Технологии изготовления компонентов постоянно меняются, соответственно меняются их параметры и возможности. Задача разработчика – зная параметры, умело эти компоненты подбирать и использовать. В данном журнале мы постарались собрать как можно больше обзорной информации о современных пассивных и электромеханических компонентах и надеемся, что она будет полезной в вашей работе. А собственно процесс чтения журнала – приятным.

*С наилучшими пожеланиями,
Александр Майстренко*

Содержание 5 2006

Пассивные и
электро-механические
компоненты



РЫНОК

- 4 **Новости российского рынка**
- 6 **Контрафактная продукция на рынке электронных компонентов**
Юрий Урличич, Николай Данилин, Дмитрий Чернов, Сергей Белослудцев

Компоненты

- 10 **Суперконденсаторы для электроники (часть 1)**
Александр Деспотули, Александра Андреева
- 16 **Обзор современных конденсаторов**
Иван Голубев
- 22 **Современные индуктивные элементы для РЭА**
Алексей Арбузов
- 28 **Новые конструктивные решения электромагнитных реле**
Андрей Селезёнкин
- 30 **Особенности применения электромеханических соединителей для поверхностного монтажа**
Ольга Гуреева
- 32 **LEMO – современные соединители для жёстких условий эксплуатации**
Илья Шевелёв
- 34 **Современные магнитомягкие материалы для силовой электроники**
Алексей Куневич, Алексей Максимов
- 36 **Прецизионные системы сбора данных семейства MSC12xx фирмы Texas Instruments (часть 4)**
Павел Редькин
- 42 **Новые продукты от Anadigm**

Схемные решения

- 44 **Защита высокоскоростных коммутационных портов**
Тим Ардлей

Узлы и модули

- 48 **Вентиляторы для радиоэлектронной аппаратуры**
Леонид Вихарев
- 56 **Устройство флэш-памяти с USB-интерфейсом**
Олег Вальпа

Проекты

- 60 **Зарядное устройство для автомобильной и аккумуляторной батареи**
Сергей Шишкин

Проектирование и моделирование

- 64 **Оптимизационные преобразования VHDL-моделей цифровых систем**
Пётр Бибило, Денис Кочанов
- 68 **Схемы, методики и сценарии тестирования SPICE-совместимых макромоделей операционных усилителей (часть 4)**
Сергей Лозицкий

События

- 74 **ExpoElectronica – 2006: проблемы роста**
- 77 **Семинар компании ALT-S**
- 78 **Фотоника: технологии XXI века**

Новости российского рынка

Компоненты

Корпуса COMBICON – новая система ВС для установки печатных плат

Phoenix Contact GmbH & Co. KG, лидер в сфере производства электрических соединительных устройств и электронного интерфейсного оборудования, представляет корпуса COMBICON.

Новая серия ВС разработана с учётом стремительно развивающегося инженерного и коммуникационного оборудования зданий. Различная ширина корпусов, возможность установки печатных плат в раз-

личных положениях относительно корпуса, разнообразие крышек и универсальность разъёмов для печатных плат позволяют решать с помощью этой модельной серии любые задачи.

16-контактные сегменты шины, устанавливаемые на монтажную рейку, значительно упрощают кабельную разводку для автоматизированных систем без использования внешней электропроводки: для сигнальных линий последовательных или параллельных интерфейсов и линий электропитания.

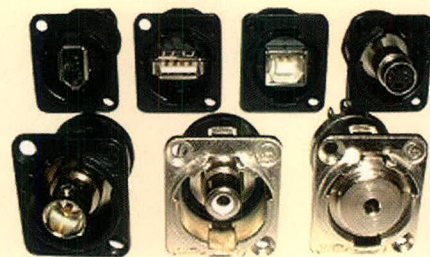
Концепция этих корпусов предоставляет широкие возможности для самой сложной электропроводки, обеспечивая при этом беспрецедентную компактность.

www.phoenixcontact.ru

тел. (495) 933-8548

Новая серия EH-разъёмов от компании Switchcraft

Компания Switchcraft представляет новую линейку разъёмов серии EH, выполненных в стандартном корпусе XLR. Кор-



пус разъёма легко монтируется на приборную панель.

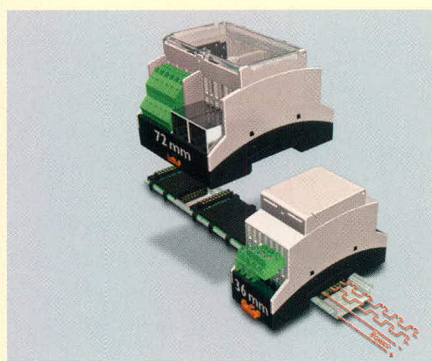
Предусмотрены форматы USB-A, USB-B, Firewire, S-VHS, 3,5 мм стерео, MIDI, 9-контактные HD D-SUB, 15-контактные HD D-SUB, RCA и BNC.

Данные разъёмы являются идеальным решением для системной интеграции, профессиональной аудиоаппаратуры, для передачи аудио-/видеосигналов и т.д.

Разъёмы устанавливаются в стандартные XLR-гнезда, что позволяет без труда комбинировать различные форматы на одном шинном проводе Switchcraft QG.

www.prochip.ru

тел. (495) 234-0636



Узлы и модули

Влагостойкий и пылезащищённый Bluetooth-адаптер с уровнем защиты IP68

Семейство влагозащищённых USB-разъёмов серии Buccaneer английской компании Vulgin (www.vulgin.co.uk) дополнено новым изделием – беспроводным адаптером USB-Bluetooth. Данный продукт предназначен для обеспечения соединения, которое не реализуемо при использовании проводных USB-разъёмов (длина кабеля ограничена 5 м, проблемы выделения сигналов).

В беспроводных приложениях для достижения максимальной дальности связи используется внешняя антенна. Тем не менее, нередки случаи, когда такое расположение антенны ведет к её повреждению или не соответствует уровню защиты (IP) изделия в

целом. Пылезащищённый и влагостойкий Bluetooth Buccaneer разъём с уровнем защиты IP68 предназначен для жёстких условий эксплуатации. Радиопередающий модуль Bluetooth со встроенной антенной заключён в прочном корпусе, выполненном из термостойкого пластика UL94V-0.

Bluetooth-адаптер класса 1 (артикул по каталогу PX0880/1) использует разрешённую частоту 2,4 ГГц и обеспечивает дальность связи около 100 м в зависимости от условий окружающей среды. Bluetooth-адаптер класса 2 (артикул по каталогу PX0880/2) является версией с пониженной мощностью сигнала; он обеспечивает приём и передачу информации на расстояние до 25 м. Ответная часть для данного адаптера (артикул по каталогу PX0842/A) имеет стандартный USB-интерфейс типа А, монтируется на приборную панель и служит для подключения как беспроводного, так и обычных соединителей и карт памяти USB.

Необходимое программное обеспечение и драйверы доступны для свободного копирования на сайте компании Vulgin, при этом все распространённые операционные системы автоматически обнаружат адаптер в режиме plug and play.

Новый адаптер Bluetooth-Buccaneer найдёт своё применение в различных промышленных областях, связанных с управлением технологическими процессами, где требуется надёжная связь между периферийными устройствами и компьютером.

www.prochip.ru

тел. (495) 234-0636

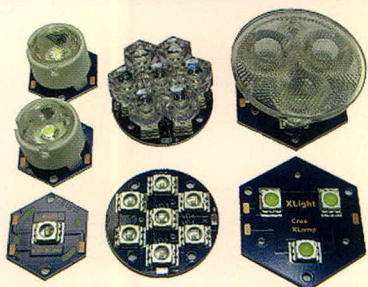
Новая продукция торговой марки XLight: светодиодные лампы Cree® XLamp™ 7090 и кластеры на их основе на алюминиевых печатных платах

Компания ПРОСОФТ совместно с партнёром – компанией Фаствел – начала серийное производство изделий полупроводниковой светотехники и светотехнической электроники под торговой маркой XLight.

В настоящее время освоено серийное производство ряда светотехнических изделий на базе светодиодных ламп Cree® семейства XLamp™ 7090. Среди них – светодиодные лампы и кластеры на их основе, смонтированные на алюминиевых печатных платах (см. рисунок). Воз-



Новости российского рынка



можно установка под заказ светодиодов любых цветов, выпускаемых компанией Cree.

Все устройства предусматривают установку стандартной вторичной оптики: серия XLD-AL-001 совместима с линзами всех основных производителей, таких как Cree, Polymer Optics, Ledil, Fraen; серия XLD-AC-007 предусматривает установку линзы-коллиматора Polymer Optics № 134 и 135, серия XLD-AC-009 – линзы-коллиматора Ledil OPTX-3-008.

Монтаж светодиодных ламп на алюминиевые печатные платы обеспечивает низкое тепловое сопротивление между теплоотводящим основанием излучателя и теплоотводом, что значительно упрощает обеспечение теплового режима и увеличивает надёжность.

Все изделия в настоящее время доступны в производственных количествах.

www.cree.ru

www.prochip.ru

тел. (495) 234-0636

Источники питания AC/DC серии HWS – расширение возможностей применения

Фирма Nemic Lambda объявила о расширении возможностей источников

электропитания серии HWS, предложив модели для применения в изделиях медицинской техники и модели с расширенным диапазоном рабочих температур (от -40 до $+71^{\circ}\text{C}$, при этом гарантируется запуск при температурах ниже -40°C).

Источники электропитания серии HWS выпускаются с выходными мощностями 15, 30, 50, 80, 100, 150, 300, 600 и 1500 Вт. Ряд выходных напряжений составляет 3,3; 5, 12, 15, 24 и 48 В. Источники электропитания способны работать в диапазоне входных напряжений питающей сети 85...265 В (частота сети 47...63 Гц) и 120...370 В постоянного тока. Источники могут использоваться в любом оборудовании, требующем высоконадёжного электропитания, особенно в оборудовании, используемом для автоматизации производственных процессов, испытательном и измерительном оборудовании, медицинской электроаппаратуре, аппаратуре средств связи, большеформатных системах отображении информации. Они соответствуют требованиям к производственному оборудованию полупроводников SEMI F47.

Источники электропитания серии HWS являются высоконадёжными изделиями с

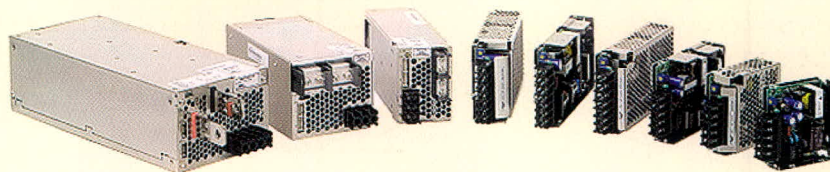
высокими показателями удельной мощности и КПД и соответствуют требованиям директивы RoHS (Restriction of Hazardous Substances in Electrical and Electronic Equipment Directive, 2002/5/EC), ограничивающей содержание опасных веществ в электротехническом и электронном оборудовании.

Изделия с выходными мощностями 15, 30, 50, 80, 100 и 150 Вт могут устанавливаться как на шасси в корпусах высотой 1U, так и на DIN-рейку с применением специальных кронштейнов.

Источники электропитания имеют гарантийный срок эксплуатации 5 лет. Они соответствуют требованиям стандартов безопасности UL60950-1, CSA60950-1, EN60950-1, ГОСТ Р 50377-92, EN50178, EN60601-1, IEC60601-1-2, ГОСТ Р 50267.0-92 и отвечают требованиям стандартов EN55011, EN55022-12, FCC Class B, VCCI-Class B, ГОСТ Р 51318.11-99, ГОСТ Р 51318.22-99 по помехам излучения и кондуктивным помехам. Коэффициент мощности на входе обеспечивает соответствие требованиям стандарта EN61000-3-2 (ГОСТ Р 51317.3.2-99) к излучениям гармонического тока.

www.prosoft.ru

тел. 234-0636



Приборы

Новая серия осциллографов GW Instek

Впервые в новой серии GDS-2000 представлены 4-канальные модели. Частота дискретизации увеличена до 1 ГГц в реальном времени (до 25 ГГц – в режиме эквивалентной дискретизации), память до 25 Кб на канал. Полосы пропускания 60, 100 и 200 МГц. Всего в серии 6 моделей в 2- и 4-канальном исполнении.

Режимы работы и синхронизации: выборка, пиковый детектор (>10 нс), усреднение (2/.../256), накопление. Запуск развёртки: авто, ждущий, однократный, ТВ (NTSC, PAL/SECAM), пред- и послезапуск (20/1000 дел.), по времени

(100 нс...1,3 мс), по событию (2...65 000), по уровню (ТТЛ, ЭСЛ, ± 20 В), по фронту, по длительности импульса (20 нс...10 с). Расширены возможности синхронизации: фильтры ФНЧ, ФВЧ, шума, связь AC/DC. Имеются режимы: ZOOM окна, самописец, X-Y, курсорные и автоматические измерения (5 одновременно; всего 17 параметров), допускной контроль. Математическая обработка: +, -, *, /, БПФ.

Сохранение во внутреннюю память до 8 осциллограмм и до 15 профилей. Интерфейсы: RS-232, USB (на передней и задней панели), разъём допускного контроля. Опционально – КОП/GPIB. Применён новый высококонтрастный цвет-



ной дисплей, который обеспечивает больший угол обзора, чем в предыдущей серии. Габариты и масса: 254 × 142 × 310 мм; 4,3 кг.

Эксклюзивным представителем компании GW Instek в России и на территории СНГ является ЗАО «ПриСТ».

www.prist.ru

тел. (495) 777-5591

Контрафактная продукция на рынке электронных компонентов

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

Подделка, попадающая в любой производственный или бытовой процесс, всегда опасна своей непредсказуемостью. Особо опасно попадание поддельных электронных компонентов в военное производство. К сожалению, такие явления встречаются. Реальным барьером против проникновения поддельных электронных компонентов в военное производство является эффективная отбраковка и свертотбраковка электронных компонентов, т.е. проведение специальных сертификационных испытаний.

Электронная компонентная база (ЭКБ) составляет технологическую основу радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) любого назначения. От бездефектности ЭКБ зависит качество и надёжность бортовой и наземной РЭА.

Подавляющее количество отказов РЭА вызваны выходом из строя той или иной ЭКБ. Известно, что качество ЭКБ определяется совершенством разработки (конструкции), обеспечивается в процессе производства и поддерживается в процессе эксплуатации. На всех этих стадиях в той или иной форме закладываются и осуществляются процедуры контроля качества ЭКБ, оценка её технического состояния, проведения сертификационных испытаний (СИ) [1].

Создание конкурентоспособных объектов отечественной техники, прежде всего РЭА космической техники, рассчитанной на длительные сроки активного функционирования, – актуальная проблема для рос-

сийской индустрии, особенно в преддверии вступления страны в ВТО.

Известно, что 15–20-летние сроки функционирования космических автоматических устройств в значительной мере определяются надёжностью и качеством элементной базы, которой они комплектуются.

В этом плане интеграция и дальнейшее взаимодействие между сетями телекоммуникаций России и стран Западной Европы – главное условие для установления деловых контактов и успешной деятельности России на мировом индустриальном рынке ЭКБ. В то же время опасность соприкосновения с фальшивыми электронными компонентами резко возрастает, особенно в условиях незащищённости российского рынка.

Электронные компоненты, применяемые в новой технике, играют также важнейшую роль для достижения максимальной эффективности, надёжности и долговечности космичес-

ких телекоммуникационных систем. И надо отметить, что в течение последних лет резко изменились подходы к выбору электронных компонентов для использования в новых разработках. Это вызвано эволюцией мировой индустрии, связанной с устойчивой тенденцией к применению высоконадёжных компонентов индустриального уровня качества в новых разработках (рис. 1).

Наиболее важным условием разработки обоснованных и эффективных мер повышения надёжности электронных устройств космических аппаратов (КА) является оперативная обратная связь между этапом эксплуатации и этапами разработки и изготовления [2]. В настоящее время НЦ СЭО организовало постоянную комплексную научно-исследовательскую работу (НИР) по сбору, накоплению и обобщению данных об отказах аппаратуры космической автоматики и связи. В процессе НИР систематически анализируются все отклонения параметров аппаратуры от установленных в ТУ значений с целью выявления отказов, связанных с функционированием электронных компонентов. Результаты такого исследования позволяют разрабатывать обоснованные нормы на параметры компонентов и эффективные мероприятия по выявлению в процессе СИ и исключению из военного производства поддельных электронных компонентов (рис. 2).

Кроме того, в рамках НИР предусмотрено создание базы данных:

- по типам отказов компонентов,
- по статистике отказов,
- по схемотехническим (программно-аппаратным) решениям, подвергавшимся анализу при выяснении причин возникновения отказов,
- по поставщикам элементной базы с детальными характеристиками качества и надёжности их продукции, полученными на основе анализа отказов.

В этом плане ещё раз подчеркнём актуальность борьбы с контрафакт-

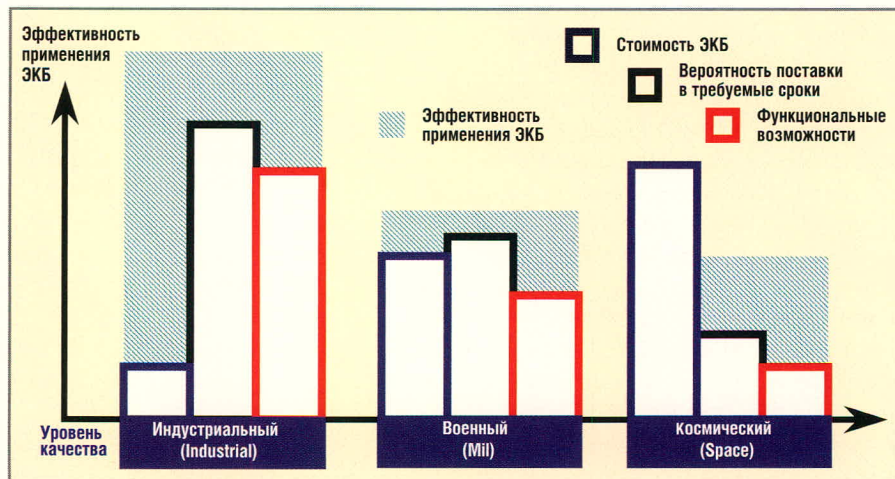


Рис. 1. Эффективность применения ЭКБ индустриального уровня

ной продукцией, т.е. с фальшивыми электронными компонентами [3].

Последнее исследование журнала Business Week показывает, что поддельный продукт составляет не менее 7% от внешней мировой торговли. Стоимость поддельного товара в 2004 г. составила \$512 млрд. В 2004 г. таможня США конфисковала поддельных компонентов на 46% больше, чем в 2003. Контрафактное производство сильно влияет на широкий круг предприятий промышленности – от бытовой электроники до телекоммуникационных систем [4].

Контрафактное производство получает прибыль множеством путей. В нём нет дорогостоящих издержек на исследования и развитие производства, нет больших расходов на сбыт. Ко всему прочему, поддельные товары обычно производятся из некачественных исходных материалов или используется нестандартный (а часто и кустарный) производственный процесс. Фальшивые электронные компоненты поступают на рынок из стран Азии, главным образом из Китая, подделки которого составляют примерно две трети всех поддельных компонентов. Другие страны, занимающиеся производством и сбытом контрафактной продукции, – это Филиппины, Вьетнам, Россия, Украина, Бразилия, Пакистан и Парагвай.

Производители контрафактной продукции обращаются на «чёрный» (нелегальный) рынок по многим причинам – им нужно сбыть компоненты до окончания реализации заказа основным поставщиком. Для этого компоненты выбрасываются на рынок с очень хорошими скидками. Поэтому когда производитель РЭА покупает электронные компоненты не напрямую у основной фирмы-поставщика или не у назначенного фирмой-поставщиком дистрибьютора, то купленные компоненты могут оказаться по качеству ниже стандарта или поддельными. Поддельные компоненты часто обнаруживаются после возврата отказавших компонентов фирме-поставщику. Выясняется, что поставщик, маркировка которого находится на компоненте, в действительности не производил их (рис. 3).

Согласно сведениям фирм, бизнес которых заключается в покупке и продаже компонентов, проблема поддельных компонентов возрастает. «Я не знаю, как оценить это явление коли-



Рис. 2. Сертификация ЭКБ в составе аппаратуры

чественно, но мы выявили возросшее количество поддельных элементов в нашем военном деле в течение прошлого года», – говорит Джим Ферри, директор компании Avnet ElectroAir, отделение Phoenix, которая имеет дело с компонентами, используемыми в авионике. Он отметил, что ощутил серьезную опасность появления поддельных компонентов после нескольких контактов с людьми, которых в дальнейшем невозможно было найти [5].

Такое состояние представляет большую опасность для производства радиоэлектронных систем, в которых требуется предсказуемая и гарантированная надёжность. В этом случае процедуры контроля качества компонентов на всех стадиях производства – от входного контроля до их установки в аппаратуру – приобретают особо важное значение. На рис. 4 показана эволюция надёжности радиоэлектронных систем, закладываемая в них эффективным контролем качества компонентов и аппаратуры и проведением сертификационных испытаний. Применение сертифицированных электронных компонентов обеспечивает следующие преимущества:

- стабильные электрические параметры и минимальные отклонения в граничных условиях эксплуатации;
- низкое энергопотребление;
- высокую удельную мощность рассеивания тепла;
- современные технологии производства и контроля;
- минимальные массо-габаритные характеристики;
- стойкость к воздействию внешних факторов;
- высокую вероятность безотказной работы партии компонентов ($\lambda_{cp} = 10^{-8} \dots 10^{-9}$).

В США принят закон, который звучит так: «Стоп фальсификату промышленных изделий». Этот закон принят для пресечения поставок поддельных продуктов и электронных компонентов в страну. Закон предусматривает уничтожение всех конфискованных поддельных товаров и привлекает виновных к возмещению убытков компаниям, которые понесли ущерб от контрафактной продукции.

Некоторые компоненты, забракованные производителем, однако, находят свое место в системе поставок. Встречаются, например, электронные компоненты, предназначенные для применения в коммерческом ди-



Рис. 3. Различие топологии кристаллов микросхемы OP177/883



Рис. 4. Эволюция надёжности радиоэлектронных систем

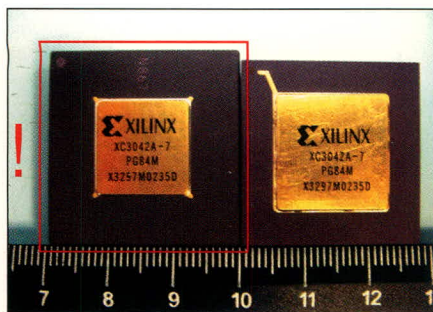


Рис. 5. Поддельная (слева) и фирменная микросхема ПЛИС

апазоне рабочих температур, с маркировкой изделий, характерной для более дорогостоящего промышленного диапазона рабочих температур. Низкоскоростные микропроцессоры иногда имеют «перебитые» номера партий изделий, которые присваиваются высокоскоростным, более дорогостоящим микропроцессорам.

В других случаях поддельные компоненты работоспособны и имеют на себе маркировку хорошо известных производителей электронных компонентов или не функционируют и являются лишь муляжом (рис. 5).

Поставщики электронных компонентов предупреждают своих потребителей о том, что поддельные компоненты и их производство в настоящее время находятся на подъёме. Поэтому необходимо придерживаться следующих рекомендаций, снижающих риск покупки фальшивых электронных компонентов [1]:

- не покупайте компоненты у поставщиков, пока не удостоверитесь в легитимности этих компонентов;
- для принятия решения о начале торговли с неизвестным поставщиком наведите справки о его кредитоспособности;
- стройте крепкие взаимоотношения с поставщиками, которым вы доверяете;
- избегайте покупки партии компонентов с различным цветом, датами или кодами партии товара.

И, наконец, реальным барьером против проникновения фальшивой продукции, как показывают результаты проведённых исследований, является эффективная отбраковка и сверхотбраковка, составляющая основу сертификационных испытаний [2].

Многолетний опыт деятельности НЦ СЭО в этом направлении является лучшим подтверждением рассматриваемого тезиса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Данилин Н.С. Информационные технологии и сертификация элементной базы новых российских космических телекоммуникаций. М.: РТА ГТК, 2000.
2. Урличич Ю.М., Данилин Н.С., Белослудцев С.А. Многоплановые инженерно-физические исследования электронной компонентной базы для космоса. М.: МАКС Пресс, 2005.
3. Jorgenson B. Counterfeit Electronic Component Resources Design Chain Associates: «Don't get burned by bogus parts». Electronic Business Online. 01/01/2004 (www.reed-electronics.com/eb-mag/article/CA371012).
4. Sullivan L. Counterfeit components: China's growing presence as a center for EM is likely to yield an increase in the circulation of counterfeit parts. EBN. 08/30/2002 (www.my-esm.com/showArticle?articleID=2916266).
5. Carbone J. How to spot counterfeit parts. Purchasing. COM. 21/11/02 (www.purchasing.com/article/CA259097.html). ©

Новости мира News of the World Новости мира

Топливный элемент Maxell работает на алюминии и воде

Компания Maxell разработала новый источник питания на основе топливного элемента.

Поставщиком энергии в устройстве является топливный элемент, работающий на водороде. Сам водород выделяется в результате реакции активированного алюминия с обычной водой. Одного грамма алюминия достаточно для генерации 1,3 л водорода при комнатной температуре. Плотность хранения энергии составляет

280 мВт/см², что примерно в пять раз выше аналогичного показателя для топливных элементов DMFC-типа (Direct Methanol Fuel Cell). Выходная мощность источника питания Maxell достигает 10 Вт, допускается замена картриджей с алюминием и водой.

Предполагается, что устройства, выполненные по технологии Maxell, будут использоваться для питания карманных гаджетов или портативных компьютеров. Прототип имеет размеры 160 × 100 × 60 мм и весит около 920 г. В перспективе Maxell надеется выпустить модификацию, которая будет на 70% компактнее. Впрочем, о сроках вывода новых источников питания на рынок ничего не сообщается.

Источники питания, в которых водород вырабатывается в ходе реакции между алюминием и водой, разрабатываются и в НТЦ энергосберегающих процессов и установок Объединённого института высоких температур РАН. Такие устройства были продемонстрированы на московской выставке «Водородные и альтернативные технологии производства энергии» в феврале нынешнего года. Как и источник Maxell, разработка российских учёных предназначена для подзарядки мобильных телефонов, питания ноутбуков и дру-

гих портативных устройств вдали от электросетей.

www.science.compulenta.ru

Японская ассоциация электроники и информационных технологий инвестирует в нанoeлектронику

Японская ассоциация электроники и информационных технологий (JEITA) заявила, что собирается инвестировать около \$766 млн. до 2010 г. в новое поколение полупроводниковой технологии, — сообщает SmallTimes.


В проекте, названном Asuka II, участвуют Toshiba, Renesas Technology, Fujitsu и NEC Electronics. Проект стартовал в апреле 2006 г. Интересы группы направлены на ускорение развития производственных линий изготовления микросхем по 45-нм технологическому процессу.

JEITA предполагает создать линии по производству 45-нм чипов до 2007 г., а к 2010 г. перейти на 32-нм технологию. Ранее JEITA финансировала развитие 65- и 55-нм техпроцессов. Проект по внедрению 90-нм технологий завершился в 2005 г.

www.cnews.ru



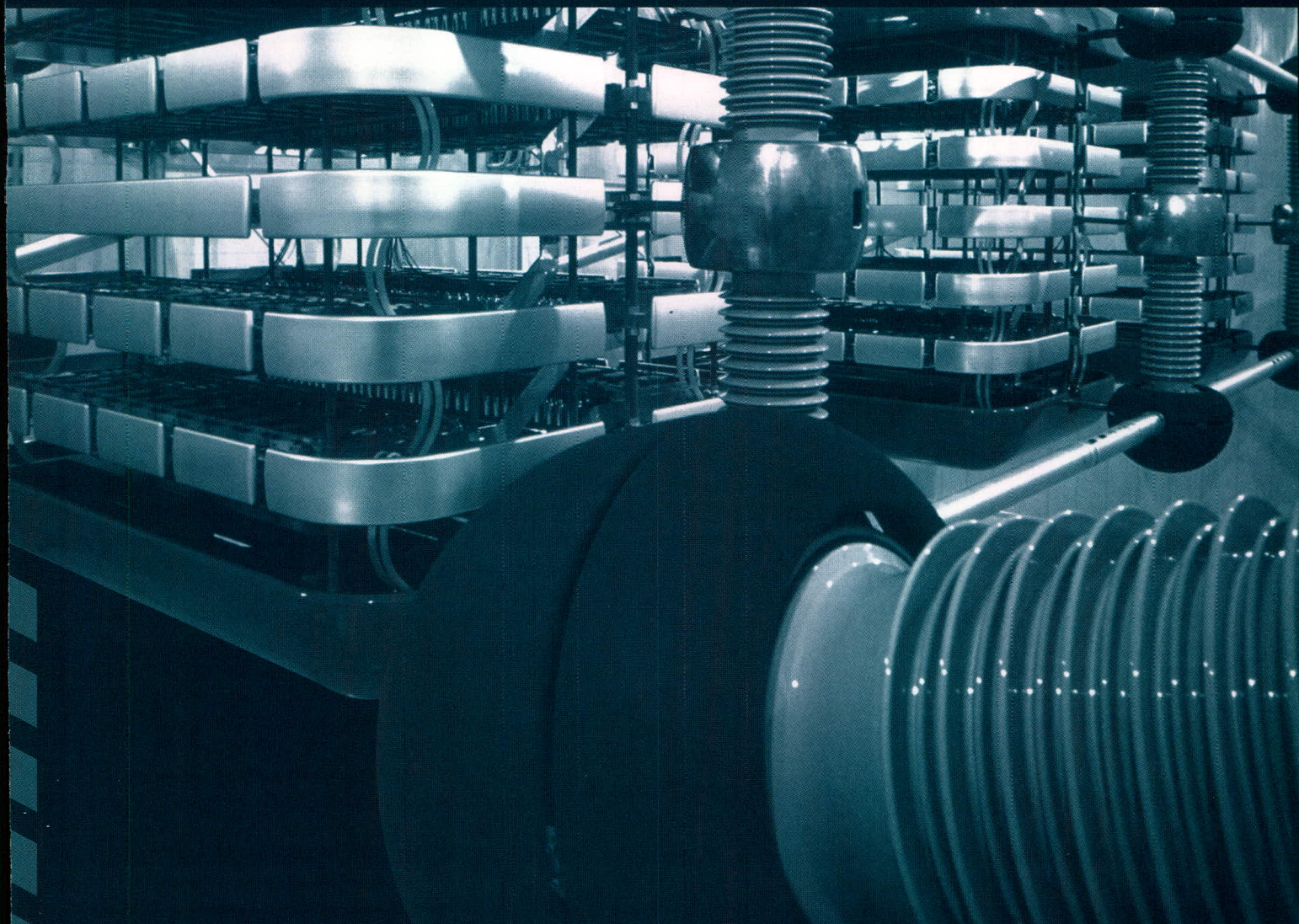
POWER ELECTRONICS



Международная
специализированная выставка
Силовая Электроника

25-27 октября 2006

Россия, Москва, Конгресс-центр ЦМТ



Организаторы:

ПРИМЭКСПО



Тел.: +7 (812) 380 6000/03/07

Факс: +7 (812) 380 6001

E-mail: electron@primexpo.ru

www.powelectronics.ru



"Благодарный партнер"
Специальный приз конкурса



ЧЛЕН
МЕЖДУНАРОДНОГО
СОЮЗА ВЫСТАВОК
И ЯРМАРОК

ufi
Member

Суперконденсаторы для электроники

(часть 1)

Александр Деспотули, Александра Андреева (Московская обл.)

Авторы знакомят читателей с перспективными изделиями электронной техники – суперконденсаторами. В статье изложены принципы функционирования суперконденсаторов, показаны конструкции приборов с двойным электрическим слоем и описана технология их изготовления. Выполнены оценки предельных параметров емкостных накопителей и приведены характеристики суперконденсаторов. Прогнозируется, что развитие интегральной электроники, нано-/микросистемной техники и техники ультраплотного поверхностного монтажа обеспечит массовый спрос на микроисточники с высокими плотностями ёмкости ρ_C , энергии ρ_E и мощности ρ_W .

ВВЕДЕНИЕ

Международные экспертные бизнес-агентства по исследованию и анализу новых возможностей для роста корпораций в индустрии пассивных электронных компонентов [1] выделяют суперконденсаторы (СК) как особо перспективную группу приборов. На основе комплексного анализа мирового рынка эксперты делают вывод, что, благодаря использованию нанотехнологий, технические характеристики СК быстро улучшаются, а цена одной фарады и единицы запасаемой энергии неуклонно снижается. Эксперты [2] разделяют мировой рынок по перспективам применения СК на три основных сегмента: применение на транспорте, в индустрии и электронике. С конца 1970-х годов СК находят широкое применение в электронике, приборы которой с повышением портативности и мобильности всё больше нуждаются в автономных источниках с вы-

сокой плотностью энергии ρ_E и мощности ρ_W .

Что же отличает СК от конденсаторов, применяемых нами в повседневной работе?

СК превосходят конденсаторы других типов по плотности ёмкости ρ_C , заряда ρ_Q и энергии ρ_E . В обычном плоском конденсаторе заряд концентрируется на обращённых друг к другу поверхностях электродов, а энергия электрического поля сконцентрирована в объёме межэлектродного промежутка. У СК с двумя одинаковыми электродами, разделёнными жидким электролитом, при заряде на гетеропереходах электролит/электрод формируются двойные электрические слои (ДЭС), т.е. слои пространственно разделённых зарядов разного знака. На одном электроде ДЭС формируют избыточные электроны и притянутые к электроду катионы электролита, а на другом – положительно заряженная поверхность

электрода и притянутые к этой поверхности анионы. Оба ДЭС соединены последовательно через электролиты и концентрируют заряд, напряжение и энергию. В жидких электролитах ДЭС имеет толщину до $\sim 0,1$ нм и высокую ёмкость $\sim 10^{-5}$ Ф/см². Пористые электроды суперконденсаторов с внутренней поверхностью до $\approx 10^7$ см²/г обеспечивают гигантские значения ёмкости (~ 100 Ф). Поскольку для катионов и анионов электролита часть пор недоступна, то ρ_C электродов ~ 25 Ф/г.

Принцип радикального уменьшения массы химического источника тока за счёт использования дополнительного СК продемонстрирован на рис. 1. Для пуска автомобильного двигателя требуется мощность порядка 5 кВт в течение 2 с (10 кДж). Свинцовый кислотный аккумулятор массой 1 кг имеет энергию 100 кДж, что достаточно для 10 пусков, но его мощность только 0,2 кВт, что в 25 раз меньше требуемой. Поэтому используются аккумуляторы массой 25 кг. СК массой 0,5 кг запасает 20 кДж и обеспечивает мощность 5 кВт, что достаточно для пуска двигателя. Если составить гибридный источник массой 1,5 кг (аккумулятор – 1 кг и СК – 0,5 кг), то с его помощью можно запустить двигатель 10 раз. Оптимальным гибридным источником на сегодняшний день представляется сочетание, например, литиевого аккумулятора и СК.

Экспертные агентства [1, 2] отмечают тенденцию замещения в электронике танталовых и алюминиевых конденсаторов на СК, которые имеют более высокие значения ρ_C , ρ_E и ρ_W . СК могут обеспечить работу различных систем при повышенных импульсных токовых нагрузках, поэтому они заменяют в ряде случаев химические источники тока. СК обладают уникальной комбинацией важных характеристик. По сравнению с литиевыми элементами, к преимуществам СК относятся на порядок большая плотность мощности ρ_W , длительные сроки хранения (~ 10 лет), отсутствие токсичных и представляющих опасность компонентов,



Рис. 1. Преимущество гибридных источников энергии и мощности

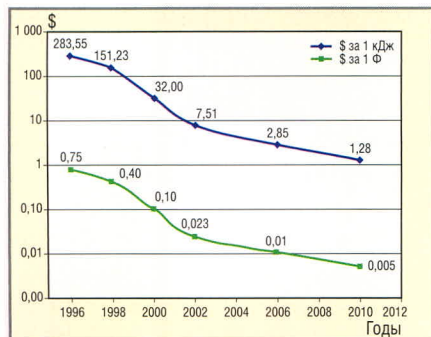


Рис. 2. Снижение стоимости фарады и джоуля для СК в период 1994–2012 гг.

огромное число циклов перезарядки без изменения ёмкости (до 10 000 000 циклов).

Анализ тенденций развития микро- и нанoeлектроники показывает возникновение потребности в низковольтных конденсаторах (рабочее напряжение менее 1 В) в период 2006–2016 гг. с рекордно высокими частотно-ёмкостными характеристиками [3]. Число приложений СК по мере осознания потенциала этих приборов всё время возрастает. СК миниатюрных размеров с плотностью ёмкости ρ_C более 10 мкФ/мм³ могут занять новую рыночную нишу:

- в секторе беспроводных средств (PCMCIA-карты, флэш-карты, сотовые телефоны, специальные компьютеры, беспроводные сенсорные сети);
- в потребительском секторе (цифровые камеры, ноутбуки, цифровые плееры, игрушки, е-книги, пульты дистанционного управления);
- в производственном секторе (пульты дистанционного управления, считыватели меток товаров, медицинские приборы, промышленные лазеры, транспортные приложения, выпрямители, источники бесперебойного питания, детекторы дыма, системы наблюдения и контроля, и многое другое).

Физическая идея, реализованная в СК, озвучена давно. В 1879 г. выдающийся немецкий ученый Г. Гельмгольц (1821–1894) предложил концепцию двойного электрического слоя для границы металл/жидкий электролит. Он представил ДЭС как конденсатор необычно большой ёмкости (condenser of enormous capacity). Термин «суперконденсатор» (синоним «конденсатор с ДЭС») появился на 100 лет позднее. Он известен как торговая марка (Supercap™) японской корпорации NEC.

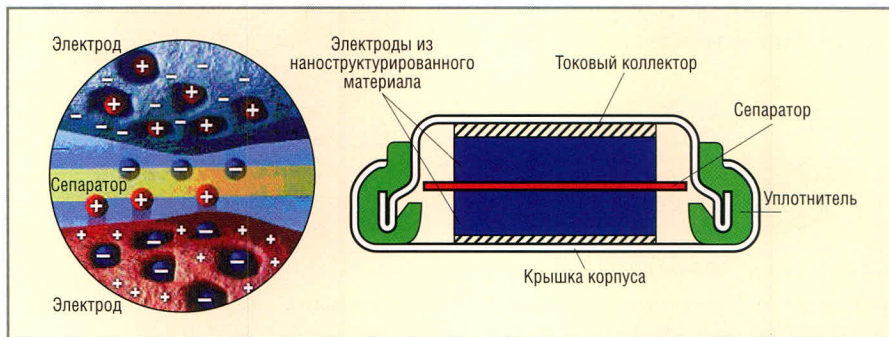


Рис. 3. Модель распределения ионов электролита у поверхности электродов СК и конструкция СК в форме таблетки

Ёмкость современных СК и батарей на их основе составляет 1...10 000 Ф. Они имеют ультратонкий ДЭС ($d \sim 1$ нм) и гигантские площади A распределённых в объёме прибора дисперсных электродов. В качестве электродных материалов в СК используются пористые вещества с внутренней поверхностью до 1000...3000 м²/г. Ёмкость СК может быть оценена по формуле плоского конденсатора: $C = \varepsilon_0 \varepsilon_r A/d$, где $\varepsilon_0 = 8,85 \times 10^{-12}$ Ф/м, $\varepsilon_r = 1$ (относительная диэлектрическая проницаемость ДЭС). Толщина ДЭС d зависит от концентрации ионов в электролите и размера ионов и для концентрированных жидких электролитов составляет 0,5...1 нм. Поэтому на гладких электродах поверхностная плотность ёмкости превышает 10^{-5} Ф/см², а напряжённость электрического поля в ДЭС может быть больше 10^7 В/см.

Появление СК на рынке электронных компонентов относится к 1978 г., когда в Японии по лицензии были выпущены СК, используемые как резервные источники питания чипов памяти компьютеров. СК имели ёмкость ~ 1 Ф при рабочем напряжении 2,3...2,7 В. В 90-е годы СК получили известность в связи с попытками создания гибридных источников, обеспечивающих рациональное энергопотребление транспортных средств в переходных режимах движения (ускорение и рекуперация энергии при торможении). Аналогичные задачи возникают и в других областях техники. Например, автономные миниатюрные системы сбора и передачи информации действуют в импульсном режиме, требующем высоких уровней мощности, с чем не справляются батареи и другие слаботочные источники.

СК относятся к наукоёмкой и высокотехнологичной продукции. Материаловедение, нанотехнологии и электрохимия играют решающую

роль в раскрытии потенциала СК (повышение технических характеристик и уменьшение стоимости СК, рис. 2 [4]). СК разного типа и назначения производятся в Азии, США, Европе и Австралии. Основными мировыми производителями СК являются AVX [5] (торговая марка Best Cap), Panasonic [6] (Gold Capacitor), Nichicon [7] (EVerCAP), Elna [8] (DYNACAP), NEC-Tokin [9] (Super capacitor), Maxwell [10] (Ultracapacitor), CAP-XX [11], NESS CAP [12] (NESSCAP). В России ведутся разработки СК (ЭСМА, Троицк [13], ЭЛИТ Курск [14]), а «Пириконд» (С-Петербург) выпускает СК под маркой «Ионистор». Рынок СК в РФ фактически ещё не сложился. Продаются СК малыми партиями как изделия специального назначения, заказываемые, главным образом, МО РФ.

Принцип работы, конструкции и типы СК

Существует несколько основных конструкций СК. В большинстве представленных на рынке СК электроды выполнены из разных сортов нанопористого углерода. Между электродами расположен сепаратор, проницаемый для ионов водного или жидкого органического электролита (симметричная конструкция, рис. 3). При подаче разности потенциалов на электродах формируются ДЭС, образуемые избыточными носителями противоположной полярности. Ёмкости ДЭС электродов C_1 и C_2 соединены последовательно через электролит, так что общая ёмкость СК $C = C_1 C_2 / (C_1 + C_2)$, а при $C_1 = C_2$ величина $C = C_1/2$. Для увеличения ёмкости СК размеры нанопор анода (катода) подбираются так, чтобы в поры могли входить отрицательные (положительные) ионы электролита, имеющие разные размеры.

Разработан ряд электрохимических конденсаторов асимметричной

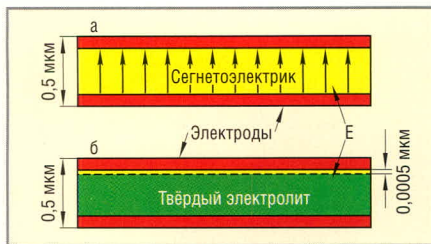


Рис. 4. В тонкоплёночном сегнетоэлектрическом конденсаторе электрическое поле E занимает слой толщиной $\approx 0,5$ мкм (а), в СК сопоставимой ёмкости на основе ПСИП электрическое поле E концентрируется в слое толщиной $\approx 0,0005$ мкм (б)

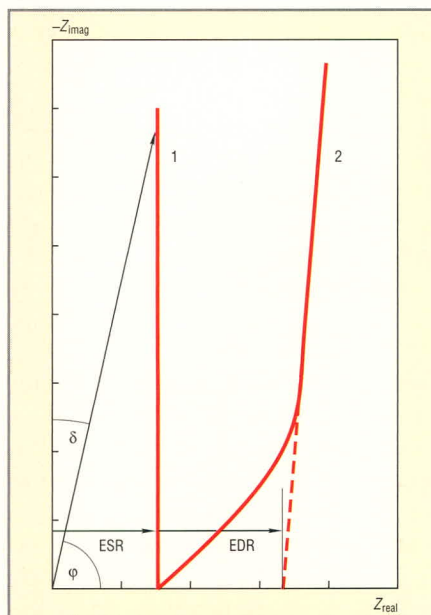


Рис. 5. Графики Найквиста стандартного конденсатора (1) и типичного СК (2)

конструкции [15], в которых один электрод (обычно отрицательный) выполнен из активированного углеродного материала и является идеально поляризуемым, а на другом электроде в процессе зарядно-разрядного цикла идут фарадеевские процессы (неполяризуемый электрод), сопровождающиеся изменением массы электрода и переносом заряда через гетерограницу электрод/электролит. Ёмкость положительного электрода обычно более чем на порядок превышает ёмкость отрицательного электрода при одинаковых размерах. Ёмкость асимметричного СК определяется ёмкостью поляризуемого электрода: $C = C_1$.

По электрохимическому поведению СК можно разделить на следующие типы [16]:

1. СК с идеально поляризуемыми электродами (симметричные СК), например, со следующими структурами: $Au^- - 30\%$ водный раствор

$KOH - Au^+$; $C^- - 38\%$ водный раствор $H_2SO_4 - C^+$; Pt^- – органический электролит – Pt^+ . В таких СК на электродах в рабочем интервале напряжений электрохимические реакции не протекают, поэтому по величине энергии, мощности, температурному диапазону и количеству циклов заряд-разряд они ближе всего к окисно-электролитическим конденсаторам.

2. СК с идеально поляризуемым электродом и неполяризуемым/слабополяризуемым вторым электродом (асимметричные СК), например, со следующими структурами: Ag^- – твёрдый электролит $RbAg_4I_5 - C^+$; $C^- - 30\%$ водный раствор $KOH - NiOOH^+$. В конденсаторе с твёрдым электролитом $RbAg_4I_5$ (суперионным проводником) реакция протекает на катоде: $Ag^+ + e \leftrightarrow Ag^0$, а в конденсаторе с 30% водным раствором KOH реакция на аноде имеет вид: $Ni^{2+} - e \leftrightarrow Ni^{3+}$. Эти реакции накладывают диффузионные и кинетические ограничения на скорость зарядки и разрядки СК, поэтому по своим характеристикам асимметричные СК ближе к аккумуляторам, чем к симметричным СК.

По типу используемых в качестве электролитов материалов СК можно разделить на следующие группы:

- жидкостные,
- твердотельные,
- полимерные,
- на основе биологических объектов.

Полимерные электролиты представляют собой растворы солей в полимере. На макроскопическом уровне такие вещества ведут себя как твёрдые тела, что обеспечивается контактными взаимодействиями макромолекул полимера, а на микроскопическом уровне они демонстрируют черты поведения жидкостей. В настоящее время наиболее часто используются полимерные твёрдые электролиты, образующиеся при смешивании окиси полиэтилена и таких солей, как $LiClO_4$, $LiAsF_6$, $LiCF_3SO_3$ и др.

Применение СК на основе твёрдых электролитов обеспечивает ряд преимуществ. Для электроники важна возможность создания тонкоплёночных СК с использованием микроэлектронных технологий. Перспективно использовать в СК высокопроводящие твёрдые электролиты – так называемые «передовые суперионные проводники» (ПСИП) – вещества с рекордно высоким уровнем ион-транспортных характеристик. СК на основе ПСИП могут конкурировать с высо-

коёмкими конденсаторами на основе сегнетоэлектрических материалов. В СК на основе ПСИП, так же как в СК с жидкими электролитами, энергия электрического поля запасается в ДЭС молекулярной толщины. Вызываемые проникающими ионизирующими излучениями токи утечки конденсаторов повышаются с увеличением объёма, занимаемого электрическим полем (рис. 4).

Радиационно-стойкие высокоёмкие СК необходимы для создания электроники и объектов нано- и микросистемной техники, предназначенных для работы в условиях сильных космических излучений и на территориях с высокими концентрациями радионуклидов. Плёночные СК на основе ПСИП должны значительно превосходить сегнетоэлектрические конденсаторы по радиационной стойкости.

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СК

Имеются отличия в частотных характеристиках обычных конденсаторов и СК. Для исследования электрических характеристик СК может быть использован метод электрохимического импеданса. Если к исследуемому прибору приложить синусоидальное напряжение небольшой амплитуды $V^* = V \exp(j\omega t)$ (записано в форме комплексной экспоненты), то электрический ток (отклик на воздействие) записывается в виде: $I^* = I \exp(j\omega t + \varphi)$, где V и I – действительные числа, φ – угол сдвига фаз между током и напряжением.

Полное комплексное сопротивление Z (импеданс) конденсатора определяется обобщённым законом Ома: $Z = V^*/I^* = (V/I) \exp(-j\varphi)$.

Применение формулы Эйлера, связывающей тригонометрические функции с комплексной экспонентой, даёт: $Z = (V/I)(\cos\varphi - j\sin\varphi) = Z_{real} - jZ_{imag}$, где $Z_{real} = V/I \cos\varphi$, а $Z_{imag} = V/I \sin\varphi$.

Величины V , I и φ определяются экспериментально в некотором частотном диапазоне. При этом каждой частоте ω^i из набора частот $\{\omega^i\}$ соответствует пара чисел Z_{real}^i, Z_{imag}^i , задающих на координатной плоскости $Z_{real} - Z_{imag}$ точку. Полная совокупность пар чисел $\{Z_{real}^i, Z_{imag}^i\}$ задаёт на координатной плоскости линию, называемую графиком Найквиста.

На рис. 5 показаны графики Найквиста стандартного конденсатора и типичного СК [17], имеющие одина-

ковые последовательные эквивалентные сопротивления (equivalent series resistance, ESR). Множество $\{Z_{real}, Z_{imag}\}$ стандартного конденсатора – это вертикальная линия 1, а график Найквиста СК (кривая 2) содержит два участка: большим частотам $\{\omega^1\}$ соответствует участок с углом наклона, близким к 45° (область Варбурга), а низким $\{\omega^1\}$ – участок с углом наклона, близким к 90° . Поэтому СК можно представить стандартным конденсатором, у которого к ESR добавляется ещё одно сопротивление, называемое эквивалентным распределённым сопротивлением (equivalent distributed resistance, EDR). Область Варбурга соотносят с распределением сопротивлений и ёмкостей в порах электродного материала.

Эквивалентная схема поры приведена на рис. 6 [17]. Если удельная проводимость электрода много больше, чем электролита (условие обычно выполняется), то на высоких частотах поведение СК определяется участками пор, близкими к поверхности (элементы R_1 и C_1 эквивалентной схемы), а вклад более глубоких участков ($R_2C_2, R_3C_3, \dots, R_nC_n$) незначителен: сопротивление и ёмкость СК (Z_{real}, Z_{imag}) уменьшаются на высоких частотах. Поэтому для создания СК с высокими частотно-ёмкостными характеристиками важен учёт двух основных факторов: величины внутренней поверхности распределённого нанопористого электрода и ионной проводимости электролита. В высокочастотных СК следует использовать электролиты с рекордно высоким уровнем ион-транспортных характеристик. Именно такой подход установлен работами [3, 18], нацеленными на создание инновационных наноионных СК на основе ПСИП. В статье [18] впервые введён в рассмотрение третий основной фактор высокочастотных СК – быстрый ионный транспорт (БИТ) в ДЭС на гетерогранице ПСИП-электрод.

У СК с пористыми электродами существует связь между ρ_E и ρ_W , поскольку произведение $\rho_E \times \rho_W$ является постоянной величиной для данного уровня технологий. Запасаемая энергия и мощность СК могут быть оценены по формулам: $E = CU^2/2$ и $W = U^2/4R$, где C – ёмкость СК, U – напряжение на электродах СК, R – эффективное последовательное сопротивление. На рис. 7 показана зависи-

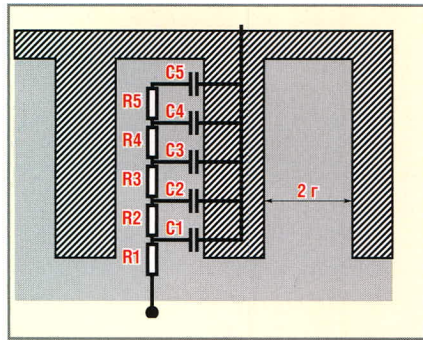


Рис. 6. Эквивалентная электрическая схема поры электродного материала СК

мость ρ_W от ρ_E для СК, имеющих водный и органический электролит и углеродные электроды. Толщины активного слоя электродов – 1, 10, 100 и 1000 мкм [17]. Видно, что в области тонких электродов (1...10 мкм) уменьшение толщины электрода ведёт к небольшому увеличению ρ_W , определяемому постоянным внутренним сопротивлением электролита, и быстрому понижению ρ_E . В области толстых пористых электродов (100...1000 мкм) при увеличении толщины электрода ρ_E увеличивается незначительно, но ρ_W уменьшается более чем в 10 раз из-за возрастания внутреннего сопротивления.

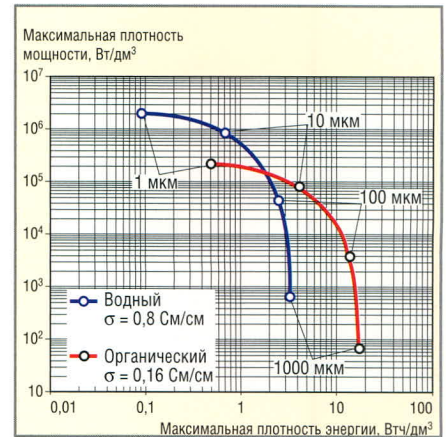


Рис. 7. Зависимость запасаемой энергии и генерируемой мощности СК от толщины пористого углеродного электрода в диапазоне 1...1000 мкм, σ – ионная электропроводность (водный и органический электролиты)

Представленная на рис. 8 эквивалентная схема даёт упрощённое представление о поведении СК в различных режимах заряда и разряда. Индуктивность L нужно учитывать на высоких частотах или при работе в импульсных режимах. Сопротивление $R_p \gg R_s$, так что R_p можно не учитывать для режимов большой мощности. Импеданс СК $Z = R_s + j(\omega L - 1/\omega C)$ становится чисто резистив-

Таблица 1. Типичные технические характеристики коммерческих СК цилиндрической формы

Наименование параметра	Значение параметра
Диапазон рабочих температур, °C	-25...70
Максимальное напряжение, В	2,5
Диапазон номиналов ёмкости, Ф	0,47...47
Разброс номиналов ёмкости при 20°C, %	±20
Ток утечки, мА	$C \cdot 1/2$
Стабильность при низкой температуре**	≥0,7

* Численное значение ёмкости СК после выдержки в течение 30 мин при напряжении 2,5 В.
 ** Представляет собой отношение значения ёмкости СК при -25°C к ёмкости при 20°C.

Таблица 2. Ёмкость, размеры и экспериментальные данные ESR цилиндрических СК

Ёмкость СК*, Ф	0,47	1	2,2	3,3	4,7	10	22	33	47
Размеры корпуса, мм (диаметр/высота)	6,3/11	8/11,5	8/20	10/20	12,5/20	12,5/31,5 и 10/40	16/31,5	18/31,5	18/40
ESR при 1 кГц, 20°C, Ом	7	2	1	1	0,5	0,5	0,1	0,1	0,1

* Максимальное напряжение 2,5 В.

Таблица 3. Ёмкость, размеры и ESR СК модельного ряда GS1

Обозначение модели	GS1 02F	GS1 03F	GS1 04F	GS1 11F	GS1 21F	GS1 05F	GS1 13F	GS1 08F	GS1 18F	GS1 19F	GS1 20F
Ёмкость ± 20%, Ф	0,3	0,4	0,55	0,65	0,8	1,1	1,4	1,6	2,4	3,3	4
Высота корпуса*, мм	0,9	1,1	1,2	1,4	1	1,2	1,4	1,7	1,6	1,8	2,1
ESR** ± 20%, МОм	34	26	22	18	34	26	20	18	28	24	22

* Длина и ширина корпуса 39 ± 1 и $17 \pm 0,5$ мм соответственно.
 ** Изменяется с температурой: при -20°C составляет 150%, а при 75°C – 75% от номинального значения.

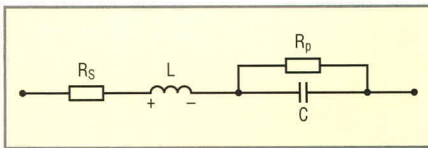


Рис. 8. Простая эквивалентная схема:

C – ёмкость СК, R_s – последовательное сопротивление (ESR), R_p – параллельное сопротивление утечки (моделирует саморазряд СК), L – индуктивность (определяется конструкцией СК)

ным на резонансной частоте, т.е. когда $\omega L - 1/\omega C = 0$. На самом деле поведение Z в СК с пористыми электродами является сложным. В соответствии с рис. 6 эквивалентная схема реального СК включает наряду с L последовательность RC цепочек (рис. 9).

Из представленных данных следует, что толщина слоя электродного материала, распределение пор по размерам, электропроводность электролита и другие факторы определяют ρ_E , ρ_W , ρ_C и ESR СК. Поэтому при сравнении характеристик разных СК необходимо учитывать их назначение. Типичные технические характеристики коммерческих СК цилиндрической формы, используемых в электронике, приведены в табл. 1 и 2. Из таблиц следует, что СК ёмкостью 4,7 Ф и объёмом 2453 мм³ обеспечивает $\rho_C \approx 2000$ мкФ/мм³.

В табл. 3 представлены технические характеристики СК модельного ряда GS1 компании CAP-XX. Максимальное и номинальное напряжение 2,5 и 2,3 В соответственно, максимальный импульсный ток 30 А. Диапазон рабочих температур: $-30...+75^\circ\text{C}$, температура хранения от -40°C до $+75^\circ\text{C}$. При заданной ёмкости и значении ESR СК этого



Рис. 10. СК промышленной серии корпорации Maxwell Technologies

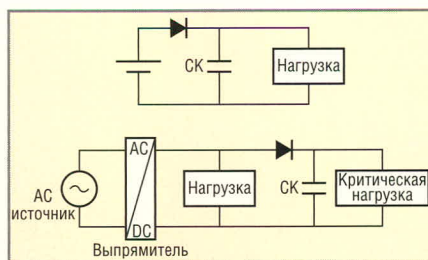


Рис. 11. Схема стабилизации напряжения критической нагрузки с помощью СК

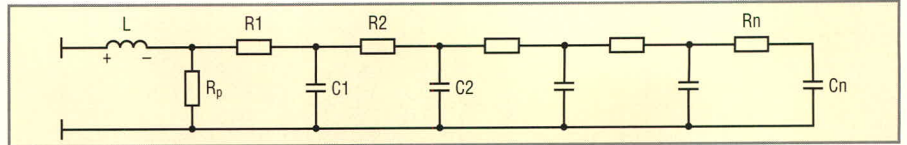


Рис. 9. Эквивалентная электрическая схема реального СК

модельного ряда имеют высокие значения ρ_C , ρ_E и ρ_W [11]. Например, СК GS120F ёмкостью 4 Ф имеет объём 1392 мм³ и $\rho_C \approx 2800$ мкФ/мм³, что примерно на 30...40% выше, чем у СК некоторых других марок. Следует отметить, что значительное снижение ESR достигается нанесением на углеродные волокна тонких плёнок благородных металлов, например золота. Это, однако, увеличивает стоимость СК.

На рис. 10 показан внешний вид СК типа MC2600 компании Maxwell Technologies (ёмкость 2600 Ф, рабочее напряжение 2,7 В) и 16-вольтовой батареи BMOD2600-16, составленной из 6 ячеек MC2600. Цилиндрические ячейки MC2600 имеют размеры 138 × 57,7 мм и массу 470 г. Батареи BMOD2600-16 имеют массу 5 кг и размеры 420 × 160 × 70 мм.

В настоящее время основным препятствием широкого использования СК является их стоимость. В 2005 г. в СК индустриальной серии BOOSTCAP типа MC2600 достигается $\rho_W \approx 10,4$ кВт/кг и $\rho_E \approx 5,6$ Вт час/кг (2×10^4 Дж/кг) [10]. Стоимость СК MC2600 составляет \$27 при ежегодном объёме продаж 1 млн. шт. Таким образом, цена одной фарады оказывается $\sim \$0,01$. Компания Maxwell Technologies планирует в течение 5 лет снизить эту величину в два раза [4].

Методы измерения и контроля электрических параметров СК можно найти в технических документах, представленных на сайтах компаний – производителей СК [5 – 14].

На рис. 11 показан принцип стабилизации напряжения критической нагрузки путём параллельного подключения СК. Кроме того, СК можно эффективно использовать в следующих случаях [11]:

- для продления срока службы батарей цифровых фотоаппаратов и камер,
- при мобильной радиосвязи по протоколам GPRS/GSM,
- для замещения электролитических танталовых конденсаторов,
- для улучшения характеристик источников на основе литиевых и NiMH-элементов при температурах ниже 0^oC,

- в беспроводных сенсорных сетях,
- в автоматизированных средствах измерений,
- в системах наблюдения и контроля,
- в медицинских приборах,
- в сотовых телефонах,
- при Hot-Swap-замене источника мобильного ноутбука и в других случаях.

Продолжение следует

ЛИТЕРАТУРА

1. www.paumanokgroup.com/specialty_reports/reports.asp?c=9.
2. www.frost.com/prod/servlet/company-info.pag.
3. Деспотули А.Л., Андреева А.В., Веденеев В.В., Аристов В.В., Мальцев П.П. Высокоёмкие конденсаторы для ультраплотного поверхностного монтажа. Нано- и микросистемная техника. 2006. № 3.
4. Ball R. Supercapacitors see growth as costs fall. www.electronicweekly.com/ Home/Default.aspx.
5. www.avxcorp.com.
6. www.panasonic.com/industrial/components/capacitive/cap_gold.htm.
7. www.nichicon-us.com.
8. www.elna-america.com.
9. www.nec-tokin.com/english/product/supercapacitor/outline01.html.
10. www.maxwell.com.
11. www.cap-xx.com.
12. www.nesscap.com/products_edlc.htm.
13. www.esma-cap.com.
14. www.elit-cap.com/files/rus/invest.htm.
15. Pasquier A. Du, Plitz I., Gural J., Menocal S., Amatucci G. Characteristics and performance of 500F asymmetric hybrid advanced supercapacitor prototypes. J. Power Sources. 2003. V. 113. P. 62.
16. Кузнецов В., Панькина О., Мачковская Р., Шувалов Е., Востриков И. Конденсаторы с двойным электрическим слоем (ионисторы): разработка и производство. Компоненты и технологии. 2005. № 6.
17. Kotz R., Carlen M. Principles and applications of electrochemical capacitors. Electrochimica Acta. 2000. V. 45. P. 2483–2498.
18. Деспотули А.Л., Андреева А.В. Создание новых типов тонкопленочных суперконденсаторов для микросистемной техники и микро(нано)электроники. Микросистемная техника. 2003. № 11, 12.



Яркая идея для вашего бизнеса

Самые высокоэффективные светодиодные лампы XLamp™

CREE
LIGHTING



10 лет
непрерывной работы!

Твердотельная
лампа XLamp™ 7090

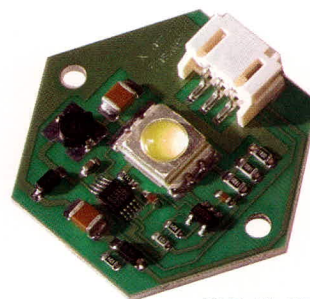
Области применения

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

ИКСЛАЙТ
XLight



XLID-C-007
Кластер с драйвером



XLID-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, mA	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

Обзор современных конденсаторов

Иван Голубев (Санкт-Петербург)

Многообразие существующих типов конденсаторов и появление новых, разбросанность данных о них в справочниках, каталогах, журналах в известной степени затрудняют конструирование, ремонт и эксплуатацию электронной аппаратуры. Предлагаемая статья призвана помочь разработчикам радиоэлектронной аппаратуры сориентироваться на рынке конденсаторов.

Конденсаторы, резисторы, трансформаторы, индуктивности и прочие изделия образуют большую группу пассивных элементов, основная задача которых – выполнение простейших операций (накопление заряда, сопротивление протекающему току, концентрация электромагнитной энергии и т.п.).

В связи с бурным развитием электроники потребность в пассивных элементах возрастает. Большой интерес представляют конденсаторы, о которых и пойдёт речь в этой статье.

Курс на микроминиатюризацию, снижение массы и габаритов, повышение стойкости к внешним факторам, рост надёжности предъявляет повышенные требования и к пассивным элементам, в частности – к конденсаторам. В последние годы разработаны новые конденсаторы с улучшенными электрическими и эксплуатационными характеристиками, приспособленные для монтажа на печатных платах.

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ В РАЗВИТИИ ТЕХНОЛОГИЙ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КОНДЕНСАТОРОВ, ОСНОВНЫЕ ТИПЫ И ХАРАКТЕРИСТИКИ, А ТАКЖЕ УКАЗАНИЯ ПО ПРИМЕНЕНИЮ

Конденсатор – изделие, обладающее сложным комплексом потребительских параметров. Изготовить универсальный идеальный конденсатор невозможно. Но это не мешает создавать и применять конденсаторы, близкие к идеалу для различных специальных применений. Вот почему особенности проектирования, выбора и применения конденсаторов представляют большой интерес.

Конструктивно конденсатор состоит из двух или более электродов (обкладок), разделённых слоем диэлектрика.

Конденсаторы различаются:

- по типу диэлектрической системы – на керамические, металлоплёночные, электролитические (алюминиевые и танталовые) и др.;

- по форме электродов – на плоские, цилиндрические, сферические и др.;
- по функциональному назначению – на помехоподавляющие (в том числе проходные), силовые (фильтровые, сглаживающие, снабберные, косинусные) и др.

Выбор конденсатора не определяется однозначно его ёмкостью и рабочим напряжением. В эквивалентную схему конденсатора, помимо полезной ёмкости, входят такие паразитные элементы, как активное сопротивление (потери в диэлектрике, сквозные токи утечки), определяемое тангенсом угла диэлектрических потерь на рабочей частоте; активная составляющая сопротивления обкладок и выводов; индуктивность обкладок и выводов. Влияние этих паразитных элементов на работу электронного устройства может свести на нет все усилия разработчика, неправильно выбравшего конденсатор.

Важнейшая задача при проектировании конденсаторов – разработка конструкции с минимальным значением паразитных параметров. Только конденсатор с малой индуктивностью обкладок сможет эффективно, без резонансных явлений, работать в заданной полосе частот и пропускать большой переменный ток.

ОБЗОР И СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ КОНДЕНСАТОРОВ ОСНОВНЫХ МИРОВЫХ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ

В настоящее время производством конденсаторов занимаются компании Panasonic, Kemet, Murata, Epcos, Vishay и ряд других. В таблице 1 приведён краткий сравнительный анализ конденсаторов основных мировых производителей. Как видно из таблицы, самый широкий диапазон продукции – у компании Panasonic, затем идут Epcos и Vishay. Но это не говорит о высоких технических характеристиках конденсаторов данных производителей.

Рассмотрим основные конкурентные преимущества и недостатки различных типов конденсаторов перечисленных выше производителей.

Алюминиевые конденсаторы

Эти конденсаторы (см. рис. 1) широко применяются в источниках питания.

Таблица 1. Сравнение конденсаторов основных мировых производителей

Производитель	Алюминиевые конденсаторы			Танталовые конденсаторы			Керамические конденсаторы			Плёночные конденсаторы	Подстроечные конденсаторы (триммеры)	Силовые конденсаторы	Ионисторы
	SMD	Выводные	С защитивающимися выводами (Snap-In)	SMD	Выводные	Высокотемпературные и высоковольтные	SMD	Выводные	Высокотемпературные и высоковольтные				
Kemet	+	-	-	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-
Panasonic	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+
Murata	-	-	-	-	-	-	+	+	+	-	+	-	-
Epcos	-	+	+	+	+	+	+	+	-	+	-	+	+
Vishay	+	+	-	+	-	+	+	+	+	+	-	-	-

Считается, что низкая цена может обеспечить хорошие продажи изделия, особенно это касается российского рынка, где безраздельно господствуют китайские низкокачественные товары. Наши производители, стараясь «подлезть» под демпинговые, а зачастую откровенно контрабандные цены, начинают выпускать товар с низкими техническими характеристиками и низкой надёжностью, используя в своих изделиях китайскую подделку.

Только применение высококачественной комплектации может гарантировать надёжность изделия, улучшение имиджа компании и успешное продвижение продукции не только на российском, но и на мировом рынке. Поэтому разработчики, которым не безразлична надёжность и качество выпускаемой аппаратуры, стараются использовать в источниках питания комплектующие известных компаний.

Как правило, надёжность источника питания обусловлена минимальной надёжностью одного или нескольких компонентов. Наименее надёжные элементы источников питания – электролитические конденсаторы, поэтому по возможности от них вообще стараются избавляться; но это не всегда получается. Для обеспечения долговременной и устойчивой работы рекомендуется использовать высоконадёжные конденсаторы такой известной и хорошо зарекомендовавшей себя на мировом рынке компании, как Panasonic, так как весь ряд конденсаторов этой фирмы отличается повышенной надёжностью.

Алюминиевые SMD-конденсаторы компании Panasonic в настоящее время являются наиболее качественными из доступных на российском рынке. Как и цилиндрические конденсаторы, они характеризуются высоким сопротивлением по постоянному току, долговечностью, работой при больших пульсациях тока и при температуре до 125°C. Диапазон доступных номиналов – 0,1...6800 мкФ. Применяются эти конденсаторы в аудио-/видеоаппаратуре, средствах телекоммуникации, схемах управления двигателями, промышленных приборах.

В таблице 2 сравниваются основные технические характеристики алюминиевых выводных конденсаторов фирм Epcos и Panasonic.

Выводные алюминиевые электролиты Panasonic доступны в широком диапазоне ёмкостей (0,1...22 000 мкФ) и рабочих напряжений. Они характеризуются высоким сопротивлением по постоянному току, большим сроком службы, работой при больших пульсациях тока и при температуре до 125°C. Основное применение конденсаторы радиального типа находят в различных типах телекоммуникационных устройств, системах освещения, аудио-/видеотехники, промышленных аппаратах и др.

Для использования в источниках питания хорошо зарекомендовали себя алюминиевые электролитические конденсаторы Panasonic серии FM-A с низким импедансом (LowESR), температурным диапазоном –40...+105°C с наработкой без ухудшения параметров до 7000 ч при температуре 105°C.

В таблице 3 приведён сравнительный анализ основных технических характеристик алюминиевых конденсаторов с защёлкивающимися выводами (Snap-in) таких производителей, как Epcos и Panasonic.

Данные конденсаторы находят широкое применение в инверторных схемах домашней бытовой электроники, схемах питания бытовых электронных устройств с цифровым управлением, а также в схемах питания промышленных устройств. В ряду этих конденсаторов снова лидирует продукция компании Panasonic. Конденсаторы этой компании выдерживают высокие токи пульсаций и в то же время имеют небольшие размеры.

Алюминиевые конденсаторы с защёлкивающимися выводами ком-



Рис. 1. Алюминиевые оксидные конденсаторы

пании Panasonic выпускаются с тремя, четырьмя или пятью выводами. Они отличаются долговечностью, высокими значениями ёмкости и способностью работать при больших пульсациях тока. Применяются данные конденсаторы в импульсных источниках питания, в схемах управления двигателями, промышленных приборах и др. Диапазон ёмкостей лежит в пределах 33 мкФ...0,1 Ф.

Алюминиевые конденсаторы Panasonic с защёлкивающимися выводами позволяют перейти с диаметра корпуса 35 мм (у прочих производителей) к диаметру 22 мм при той же ёмкости и значении токов пульсации. Как следствие, необходимое число конденсаторов может быть уменьшено на 1/3 (т.е. вместо трёх стандартных можно использовать два конденсатора компании Panasonic).

Особо стоит отметить алюминиевые конденсаторы Panasonic с защёлкивающимися выводами TS-EE серии, технические характеристики которых приведены в таблице 4.

Танталовые конденсаторы

Цена танталовых конденсаторов (см. рис. 2) таких производителей, как Epcos и Panasonic, бывает неоправданно высокой. Поэтому в таблице 5 приведём сравнительный анализ основных технических характеристик танталовых SMD-кон-

Таблица 2. Алюминиевые выводные конденсаторы

Производитель	Температурный диапазон, °C	Срок службы, ч	Номинальное постоянное напряжение, В	Номинальная ёмкость, мкФ
Panasonic	-55...125	До 10 000	450	0,1...22 000
Epcos	-55...125	До 7000	450	0,1...10 000

Таблица 3. Алюминиевые конденсаторы с защёлкивающимися выводами

Производитель	Температурный диапазон, °C	Срок службы, ч	Номинальное постоянное напряжение, В	Номинальная ёмкость, мкФ
Panasonic	-40...105	До 7000	450	33...100 000
Epcos	-40...85	До 5000	500	47...33 000



Рис. 2. Танталовый конденсатор

денсаторов таких производителей, как Kemet и Vishay.

Танталовые конденсаторы Kemet обладают высочайшими техническими характеристиками и высокой надёжностью наряду с конкурентами. Среди продукции этой фирмы, помимо стандартного ряда танталовых конденсаторов (как чиповых, так и выводных), имеется широкий ряд высокотемпературных и высоковольтных танталовых конденсаторов, а также конденсаторов специального применения, которые по своим характеристикам обходят прочих производителей и в то же время являются недорогими и доступными.

Керамические конденсаторы

Керамические конденсаторы (рис. 3) применяются практически во всех

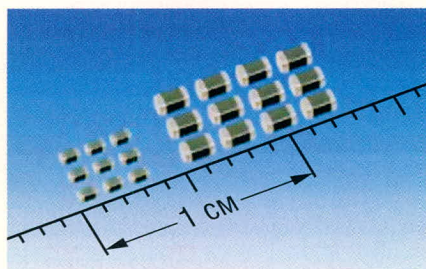


Рис. 3. Керамические конденсаторы

областях электроники. Особый интерес в настоящее время представляют чиповые (SMD) керамические конденсаторы, особенно при современной микроминиатюризации. В данном ряду конденсаторов наибольший интерес (по соотношению цена/качество) для разработчика представляют такие производители, как Kemet, Murata и Epcos. В таблице 6 приведён сравнительный анализ основных технических характеристик керамических чип-конденсаторов.

Продукция компании Kemet также является лидером и на рынке керамических конденсаторов, как чиповых, так и выводных. Среди продукции компании Kemet имеется широкий ряд высокотемпературных и высоковольтных керамических кон-

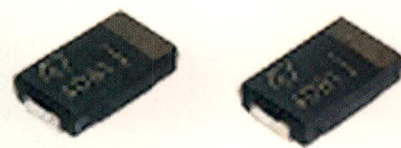


Рис. 4. Плёночные конденсаторы

денсаторов, а также конденсаторов специального применения.

В группу керамических конденсаторов Panasonic входят многослойные чип-конденсаторы и сборки (MLCC), дисковые конденсаторы радиального типа и подстроечные конденсаторы.

Многослойные керамические конденсаторы Panasonic, выполненные по технологии MLCC (Multi-Layer Ceramic Chip), представляет собой структуру с чередующимися тонкими слоями керамики и металла. Количество этих слоёв в конденсаторе может достигать до нескольких сотен.

MLCC-конденсаторы по сравнению с другими типами конденсаторов (в частности, алюминиевыми и танталовыми) обладают рядом преимуществ: повышенной надёжностью, низким паразитным сопротивлением и низкой паразитной индуктивностью. Диапазон их ёмкостей – от 0,1 пФ до 100 мкФ.

Дисковые керамические конденсаторы Panasonic выпускаются в различных модификациях для применения в цепях переменного/постоянного тока, в высоковольтных схемах (до 15 кВ), в средствах передачи данных, в балластных цепях подсветки ЖКИ.

Диапазон ёмкостей – от 10 пФ до 10 нФ. Диапазон рабочих температур – от -25 до 85(105)°С.

Керамические конденсаторы Panasonic обладают высоким качеством и надёжностью, но они заметно дороже, нежели изделия других производителей, особенно азиатских.

Плёночные конденсаторы

Для плёночных конденсаторов (см. рис. 4) важным является наличие минимальных паразитных параметров. Плёночные конденсаторы с низкими токами утечки незаменимы для пиковых детекторов и устройств выборки-хранения, а также для времязадающих цепочек. Постоянное совершенствование ди-

Таблица 4. Технические характеристики алюминиевых конденсаторов серии TS-EE

Характеристики	Стандартные	Высоковольтные
Рабочий ресурс, ч	3000 при 105°С	3000 при 105°С
Рабочий диапазон температур, °С	-40...105	-25...105
Номинальное напряжение, В	200...250	400...450
Ёмкость, мкФ	220...1800 мкФ	220...1800
Размеры, мм	От 22 × 25 до 35 × 50	От 22 × 25 до 35 × 50
Среднеквадратический ток пульсаций, А	1,43...5,22	0,83...3,18 А

Таблица 5. Танталовые конденсаторы

Производитель	Температурный диапазон, °С	Типоразмер	Допустимое отклонение от номинала, %	Номинальное постоянное напряжение, В	Номинальная ёмкость, мкФ
Kemet	-55...125	От R до E	5, 10, 20	До 50	0,1...1000
Vishay	-55...85	От A до P	5, 10, 20	До 50	0,1...680

Таблица 6. Керамические чип-конденсаторы

Производитель	Типоразмер	Температурный диапазон, °С	Допустимое отклонение от номинала	Номинальное постоянное напряжение, В	Номинальная ёмкость, пФ
Kemet	0402 – 2225	-55...125	B – G и J – Z	До 3000	0,5...100 000 000
Epcos	0405 – 0612	-55...125	J – Z	До 50	10...22 000
Murata	0603 – 2225	-55...125	C – M	До 2000	0,5...10 000

электрических плёнок позволило получить полимерные диэлектрики, ионная поляризация которых практически не вызывает шумов и искажений. Благодаря этому современные плёночные конденсаторы можно использовать в сигнальных цепях аудиоаппаратуры высокого класса.

С развитием силовой полупроводниковой техники повысились требования к подавлению радиопомех, возбуждаемых мощными транзисторами и тиристорами, рассчитанными на напряжения несколько сотен или тысяч вольт. Задача решена за счёт применения в демпфирующих цепях таких приборов плёночных конденсаторов с низким сопротивлением обкладок и выводов, рассчитанных на большие значения импульсного тока. Они с успехом заменяют известную комбинацию электролитических и керамических конденсаторов.

Конденсаторы подавления ЭМП подключаются непосредственно к линии и поэтому подвергаются перенапряжениям и переходным процессам, которые возникают в линии

Таблица 7. Плёночные конденсаторы

Производитель	Температурный диапазон, °С	Номинальное постоянное напряжение, В	Номинальная ёмкость, мкФ	Допустимое отклонение от номинала, %
Panasonic	-55...135	2000	0,0001...10	2...20
Epcos	-40...135	12 500	1...100	2,5...20

и могут повредить эти конденсаторы. По этой причине к таким конденсаторам предъявляются особые требования, которые отражены в соответствующих стандартах безопасности на конденсаторы подавления ЭМП. Для подавления ЭМП используют так называемые X- и Y-конденсаторы.

X-конденсаторы, которые подключаются между фазами, используют для подавления симметричной помехи (синфазный режим). Они применяются в приложениях, где неисправность конденсатора не приведёт к опасному электрическому удару. В соответствии с EN132400, X-конденсаторы разделены на три подкласса по пиковому импульсному напряжению, которому они подвергаются при тестировании. Эти пиковые напряжения могут быть вызваны разрядом мол-

нии или коммутационными процессами в соседнем оборудовании и в самом устройстве, где используется конденсатор.

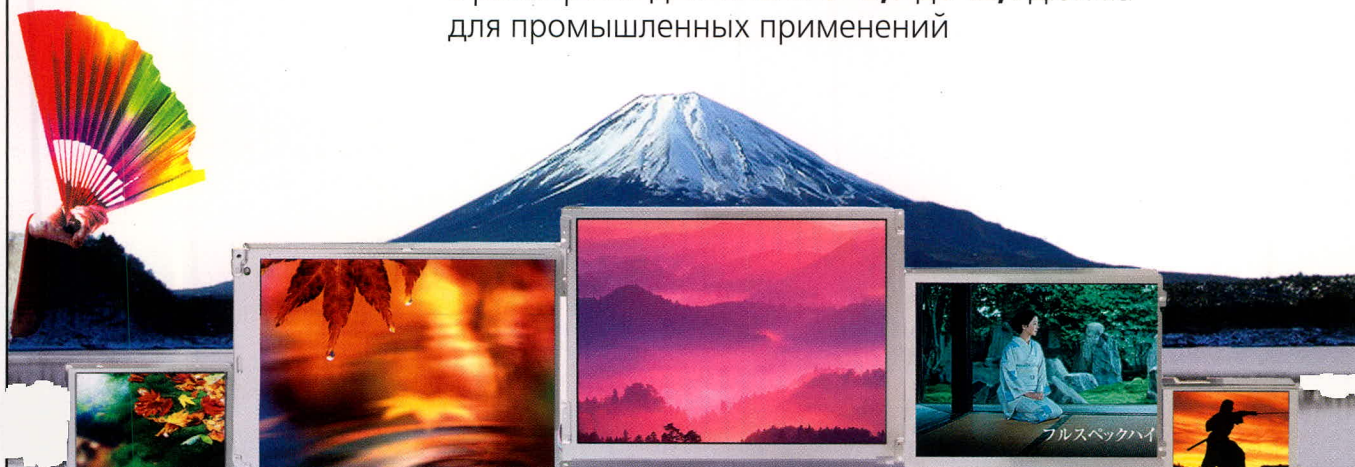
Y-конденсаторы, которые подключаются между фазой и нейтралью, эффективны при подавлении асимметричной (дифференциальной) помехи. Они используются там, где неисправность конденсатора может привести к электрическому удару. Y-конденсаторы имеют ограниченную ёмкость при повышенной электрической и механической надёжности. Для уменьшения тока, проходящего через конденсатор при переменном напряжении, и ограничения заряда на конденсаторе до безопасного уровня их ёмкость ограничена.

В таблице 7 приведены основные характеристики плёночных конденсаторов компаний Epcos и Panasonic,

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. 5. Силовые конденсаторы

т.к. они являются наиболее качественными и надёжными.

Плёночные конденсаторы компании Panasonic ориентированы на цепи с невысокими напряжениями (до 2000 В) и лидируют на рынке среди аналогов. Они обладают высочайшими техническими характеристиками и надёжностью. Компания Panasonic предлагает большое разнообразие плёночных выводных и чип-конденсаторов: металлополиэстровые, металлополипропиленовые, поливинилсульфидные и др. Диапазон ёмкостей – от 100 пФ до 10 мкФ. Рабочее напряжение – 10...400 В (постоянного тока) для чип-конденсаторов и 50...2000 В (постоянного тока) – для конденсаторов радиального типа.

Плёночные конденсаторы находят применение в цепях блокировки постоянного тока, фильтрах, в цепях автоподстройки частоты, источниках питания, в схемах подсветки и др.

Плёночные конденсаторы компании Epcos ориентированы на цепи с высокими напряжениями – до 12,5 кВ. Среди продукции Epcos можно отметить двойной проходной металлоплёночный конденсатор. Этот инновационный конденсатор отличается, прежде всего, своими малыми габаритами и превосходными характеристиками затухания даже в очень высокочастотном диапазоне. Стандартные двойные проходные конденсаторы имеют ёмкость 0,1 мкФ при номинальном токе 2 × 200 А. Благодаря модульной конструкции на заказ могут поставляться конденса-

торы с различной номинальной ёмкостью и рабочим током. Возможен и заказ различного исполнения контактов и корпуса конденсаторов. Номинальное напряжение – до 600 В постоянного тока или 250 В переменного. Двойные проходные конденсаторы Epcos удовлетворяют требованиям стандарта EN 132400. Основное применение данные конденсаторы находят на центральных телефонных станциях, базовых станциях мобильных сетей, в промышленных лазерах. Также их применяют для подавления широкополосных помех в AC/DC-источниках питания.

Подстроечные конденсаторы (триммеры)

В таблице 8 приведён сравнительный анализ основных технических характеристик триммеров компаний Murata и Panasonic.

Подстроечные конденсаторы (триммеры) Panasonic представлены тремя типами. Типы J и K выпускаются в миниатюрном корпусе для поверхностного монтажа и предназначены для применения в радиотелефонах, переносных радиоприёмниках, плеерах, видеокамерах, а также в пейджинговых системах. Высота корпуса триммера типа K не превышает 1,8 мм. Триммеры типа L выпускаются в миниатюрных корпусах с радиальными выводами и применяются в телевизорах, видеомагнитофонах, аудиоаппаратуре и другой электронной технике.

Триммеры компании Panasonic являются более надёжными, нежели триммеры Murata, в том числе и конструктивно. Но тем не менее разработчики, как правило, используют триммеры Murata, которые являются более доступными.

Силовые конденсаторы

Особенности снабберных конденсаторов Epcos (см. рис. 5):

- максимальная рабочая температура – 100°С;
- пластиковый корпус (UL 94 V-0);

- тип диэлектрика: полипропилен (МКР);
- герметизация эпоксидной смолой (UL 94 V-0);
- надёжные облуженные контакты;
- сверхнизкая индуктивность.

Силовые металлоплёночные конденсаторы Epcos MKK DC серии B25650 применяются в звеньях постоянного тока, последовательных резонансных контурах, цепях разряда. Их особенности:

- большой диапазон ёмкости и напряжения;
- высокие значения тока;
- высокая плотность энергии;
- возможно изготовление конденсаторов с размерами, заданными заказчиком.

Выводы

Резюмируя приведённый сравнительный анализ конденсаторов основных мировых производителей, можно с полной уверенностью сказать, что компоненты того или иного производителя следует выбирать в зависимости от типа конденсатора.

- там, где важна большая надёжность и хорошие технические характеристики, необходимо использовать продукцию компании Panasonic. Это, в первую очередь, алюминиевые электролитические конденсаторы, плёночные конденсаторы и ионисторы;
- продукция компании Kemet ориентирована на производителей, стремящихся уменьшить стоимость конечной продукции, но в то же время сохранить высокие технические показатели и высокую надёжность. Здесь большой интерес представляют танталовые и керамические конденсаторы всех типов;
- в продукции компании Epcos большой интерес представляют силовые конденсаторы, а также те позиции ионисторов и плёночных конденсаторов, аналоги которых отсутствуют у компании Panasonic;
- продукцию таких компаний, как Murata и Vishay, стоит использовать лишь в тех случаях, когда на первом плане выступает цена проектируемого или выпускаемого устройства, а технические характеристики и надёжность не важны.

Таблица 8. Подстроечные конденсаторы

Производитель	Перестройка ёмкости, пФ	Размеры, мм	Температурный диапазон, °С	Номинальное постоянное напряжение, В
Panasonic	3...50	3,2 × 4,5 × 1,8	-25...85	220
Murata	1...45	3,2 × 2,5 × 1,25 7 × 7,2 × 6	-25...85	55

FPGA Xilinx Virtex-5 по технологии 65 нм уже официально

Корпорация Xilinx на днях официально представила Virtex-5 – новое поколение своих СБИС программируемой логики (FPGA), выполненное с соблюдением норм технологического процесса 65 нм. Ранее, в марте, компания уже сообщала о готовности перехода в массовом производстве на технологию 65 нм в совокупности с технологией ExpressFabric и архитектурой ASMBL (Advanced Silicon Modular Block). Теперь же Virtex-5 – пятое поколение FPGA, начавшее свою историю в 1998 г. и принесшее компании более 4 млрд. дохода, представлено официально.

Как утверждает в пресс-релизе компании, благодаря переходу на новые производственные нормы, в Virtex-5 удалось достичь прироста частоты на 30% и увеличения числа логических узлов на 65% (до 330 000) по сравнению с Virtex-4, изготовленным по технологии 90 нм.

В состав нового семейства войдут следующие типы микросхем:

- Virtex-5 LX – высокопроизводительные логические ИС,
- Virtex-5 LXT – высокопроизводительные логические ИС с интегрированными последовательными портами,
- Virtex-5 SXT – высокопроизводительные цифровые сигнальные процессоры (DSP) с интегрированными последовательными портами,
- Virtex-5 FXT – для встраиваемых процессоров с интегрированными последовательными портами ввода/вывода (ожидается в первой половине 2007 г.).

В платформе Virtex-5 использована 65-нанометровая технология ExpressFabric и Hardened IP Blocks – таблица LUT (look-up table) с шестью независимыми выходами и диагональными внутренними соединениями. Суть технологии Hardened IP Blocks – в использовании 550-МГц двухпортовых BRAM/FIFO блоков по 36 Кбит с опциональной проверкой ECC, управлением тактовой частотой (CMT, Clock Management Tile), фазовой подстройкой (PLL) и DCM/PMCD, а также блока DSP48E с улучшенными множителями для обработки сигналов.

Новое (второе) поколение интерфейсов ввода/вывода (технология Sparse Chevron) позволяет задействовать до 1200 пользовательских интерфейсов ввода/вывода (на 35% больше, чем в Virtex-4) с пропускной способностью 1,25 Гбит/с, DDR (double data rate) и ChipSync в каждом канале. Поддерживаются интерфейсы DDR2 и QDR II.

Отдельного упоминания заслуживает наличие в технологическом процессе 65 нм помимо Hardened IP Blocks дополнительных слоёв оксида – Triple-oxide Technology. Это позволило снизить параметры энергопотребления. Напряжение питания микросхем составило 1,0 В.

www.ixbt.com

Цифровые интегральные схемы контроля мощности

Компания Analog Devices анонсирует ADM117х, семейство цифровых интегральных схем контроля мощности, состоящее из четырёх представителей. Микросхемы ADM1175/6/7/8 содержат в одном чипе 12-битный аналого-цифровой преобразователь, Hot-Swap-контроллер, а также Current-Sense-усилитель. Микросхемы работают с частотой опроса до 10 кГц и располагают функциями управления мощностью (например, предоставляют возможность динамического управления тактовой частотой процессора). Усилитель опрашивает напряжения на одном из последовательно включенных Sense-сопротивлений и ограничивает ток, управляя напряжением затвора внешнего N-канального полевого транзистора в каскаде мощности. Новые микросхемы имеют Convert-Start-вывод, обеспечивающий параллельный опрос нескольких конвертеров системы и позволяющий таким образом измерять общую потребляемую мощность всех источников.

Интегральные схемы позволяют управлять напряжениями питания в пределах от 3,3 до 14 В. Через интерфейс I²C могут считываться данные о токе и напряжении аналого-цифрового преобразователя. Микросхемы ADM1175, ADM1177 и ADM1178 располагают четырьмя I²C-адресами. Модель ADM1176 имеет 16 I²C-адресов.

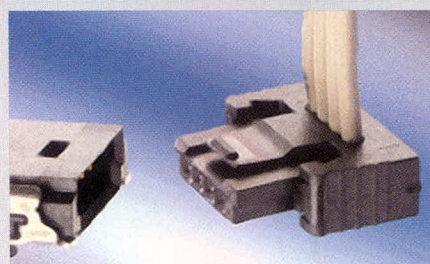
Все представители семейства ADM117х в настоящее время проходят стадию опробования. Серийное производство начнется в июне 2006 г. При заказе партии не менее 1000 штук микросхемы предлагаются по цене от \$2,5 за штуку. Микросхемы выполнены в корпусе MSOP (Mini Small Outline Plastic) с 10 выводами. Диапазон рабочих температур от –40 до 85°C.

www.analog.com/ADM1175

Система кабельных разъёмов с шагом 1,27 мм

Компания Erni представляет систему однорядных кабельных разъёмов с шагом 1,27 мм для соединений плат с кабелями.

Разъёмы предназначены для датчиков, исполнительных устройств, схем питания и



информационных систем в автомобильной, промышленной и бытовой электронике, компьютерной и медицинской технике. Разъёмы при размерах 10 × 10 × 3 мм имеют 4 пары контактов и обладают нагрузочной способностью по току 4 А при 20°C. Они имеют прямые или угловые ножевые контакты, а также пружинные контакты с 90- или 180-градусным отводом кабеля. Диапазон рабочих температур –55...+125°C. В дальнейшем запланирован выпуск разъёмов с количеством контактов 2, 3, 6 и 8.

Ножевые контакты имеют выводы для поверхностного монтажа (технология SMT), тогда как пружинные контакты выполнены по технологии IDC. Кроме того, имеются пружинные контакты с различными типами блокировки как для нормальных вибрационно-ударных нагрузок (цвет чёрный), так и для повышенных вибрационно-ударных нагрузок (цвет красный). У последних разблокировка возможна только с помощью инструмента.

www.erni.com

Индуктивности на токи от 9,8 до 35,8 А

Многоамперные дроссели серии HC7 компании Coiltronics перекрывают диапазон от 20 нГн до 4,7 мкГн при токах от 9,8 до 35,8 А. Частотный диапазон дросселей 1...500 кГц, температурный –40...85°C. Элементы предназначены для схем питания микропроцессоров, многоамперных DC/DC-преобразователей и программируемых переключателей для телекоммуникационных приложений. Компания оказывает поддержку применения многоамперных дросселей от стадии проектирования до производства.

www.ru.channel-e.de



Современные индуктивные элементы для РЭА

Алексей Арбузов (Санкт-Петербург)

За последние годы разработано множество новых индуктивностей с превосходными электрическими и эксплуатационными характеристиками. Наряду с ними используются и более «старые» модели индуктивностей, приведённые в многочисленных каталогах и справочниках. Автор данной статьи пытается сориентировать разработчиков радиоэлектронной аппаратуры в вопросе выбора необходимого индуктивного компонента того или иного производителя.

ВВЕДЕНИЕ

Миниатюризация и усложнение современного электронного оборудования требуют создания новых и усовершенствования старых компонентов. Большой интерес представляют индуктивные компоненты. О них и пойдёт речь в этой статье. Катушки индуктивности применяются в самой разнообразной РЭА – это компьютерная и телекоммуникационная аппаратура, бытовая и автомобильная техника, промышленное и медицинское оборудование, средства мобильной связи и многое-многое другое. Их качество и параметры оказывают большое влияние на работу устройств. Они используются для настройки колебательных контуров на заданную частоту (катушки настройки), для передачи электрических колебаний из одного контура в другой (катушки связи), для разделения или ограничения электрических сигналов различной частоты (дрессели) и т.д. В настоящее время от индуктивных компонентов требуется снижение массы и габаритов, повышение надёжности и стойкости к внешним воздействиям. За последние годы разработано множество новых индуктивностей с превосходными электри-

ческими и эксплуатационными характеристиками [1]. Внешний вид индуктивностей, используемых в РЭА, показан на рис. 1. Данная статья поможет разработчикам РЭА в вопросе выбора индуктивных компонентов от того или иного производителя.

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ В РАЗВИТИИ ТЕХНОЛОГИЙ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ИНДУКТИВНЫХ КОМПОНЕНТОВ ДЛЯ ПОВЕРХНОСТНОГО МОНТАЖА

Индуктивные компоненты имеют широкое применение в РЭА. Современные тенденции уменьшения габаритов РЭА привели к миниатюризации индуктивных компонентов и созданию конструкции для поверхностного монтажа. Тип корпуса в этой конструкции имеет первостепенное значение и является ключевым моментом при выборе изделия.

На сегодняшний день существует множество типов SMD-корпусов. Поскольку внедрение корпусов с новыми типоразмерами требует длительного периода для настройки и наладки оборудования автоматизированных линий производства, предпочтительным вариантом для разработчиков является применение компонентов с улучшенными характеристиками, изготавливаемых в уже существующих корпусах.

Другая тенденция в развитии корпусных технологий – это замена компонентов в корпусах с выводами для пайки на SMD-версию, что способствует более рациональному использованию площади печатной платы. Кроме того, миниатюризация компонентов улучшает некоторые характеристики аппаратуры в зависимости от

назначения индуктивного компонента (например, если индуктивность используется для подавления шумов).

В последнее время наметилась тенденция замены катушек индуктивности специальными схемами на транзисторах (гираторы) и электромеханическими, пьезоэлектрическими и акустоэлектронными фильтрами. Последние позволяют создавать очень компактные механические резонаторы с распределёнными параметрами, обладающие добротностью порядка 10^3 . Аналогично используются фильтры на приборах с зарядовой связью и поверхностных акустических волнах, а также активные RC-фильтры.

Катушки индуктивности в зависимости от их назначения можно разделить на пять групп.

Контурные катушки индуктивности

Эти катушки используются совместно с конденсаторами для получения резонансных контуров. Они должны иметь высокую стабильность, точность и добротность. В диапазоне длинных и средних волн эти катушки многослойные, как правило, с намоткой типа «универсаль». Для повышения добротности применяют многожильные провода типа «литцендрат». Для изменения индуктивности применяют цилиндрические сердечники из альсифера или карбонильного железа.

В диапазоне коротких и ультракоротких волн используются однослойные катушки с индуктивностью порядка единиц микрогенри и добротностью порядка 50...100. Число витков таких катушек не превышает одного – двух десятков, диаметр каркаса 10...20 мм. В качестве каркасов используют керамику, полиэтилен и полистирол. Для уменьшения собственной ёмкости применяют ребристые каркасы. Обмотка выполняется одножильным медным проводом диаметром около 1 мм. На УКВ применяют бескаркасные катушки индуктивности из неизолированного провода.

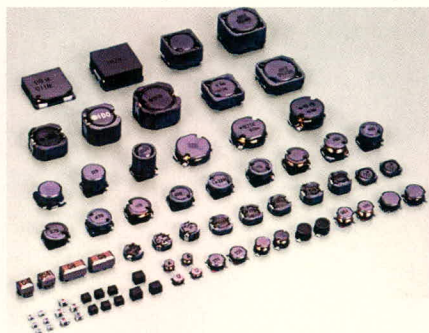


Рис. 1. Внешний вид индуктивностей, используемых в РЭА

Катушки связи

Эти катушки применяются для обеспечения индуктивной связи между отдельными цепями и каскадами. Такая связь позволяет разделить по постоянному току цепи базы и коллектора и т.д.

К таким катушкам не предъявляются жёсткие требования по добротности и точности, поэтому они выполняются из тонкого провода в виде двух обмоток небольших габаритов. Основными параметрами этих катушек являются индуктивность и температурный коэффициент.

Подстроечные катушки (вариометры)

В этих катушках предусмотрена возможность изменения индуктивности в процессе эксплуатации для перестройки колебательных контуров.

Они состоят из двух катушек, соединённых последовательно. Одна из катушек неподвижная (статор), другая располагается внутри первой и вращается (ротор). При изменении положения ротора относительно статора изменяется величина взаимоиндукции, а следовательно, индуктивность вариометра. Такая система позволяет изменять индуктивность в 4...5 раз.

Дроссели

Это катушки индуктивности, обладающие высоким сопротивлением переменному току и малым сопротивлением постоянному току. Обычно включаются в цепи питания усилительных устройств. Предназначены для защиты источников питания от попадания в них высокочастотных сигналов. На низких частотах они используются в фильтрах цепей питания и обычно имеют металлические сердечники.

Катушки индуктивности для гибридных микросхем

На частотах порядка 10...100 МГц находят применение тонкоплёночные спиральные катушки индуктивности. На площади в 1 см² располагается не более 10 витков. Добротность

таких катушек не превышает 20...30. Поэтому в микросхемах они находят ограниченное применение, а вместо них применяют миниатюрные тороидальные катушки индуктивности на ферритовых сердечниках, индуктивность которых может достигать десятков тысяч миллигенри.

ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ИНДУКТИВНЫХ КОМПОНЕНТОВ

Индуктивные компоненты характеризуются следующими основными параметрами.

Индуктивное и активное сопротивление

Катушка индуктивности вносит в цепь переменного тока индуктивное сопротивление. Чем выше частота тока, тем больше индуктивное сопротивление той же катушки. Кроме того, любая катушка индуктивности обладает некоторым активным сопротивлением. При постоянном токе активное сопротивление катушки определяется сопротивлением проволоки, которой она намотана. При переменном токе появляются потери энергии в изоляционных материалах и в магнитном сердечнике (если он имеется в катушке), которые проявляют себя в увеличении активного сопротивления. На высоких частотах, когда начинает проявлять себя поверхностный эффект, увеличивается сопротивление самого провода катушки. В результате общее активное сопротивление катушки возрастает, и тем больше, чем выше частота тока.

Добротность катушки индуктивности

Катушки индуктивности характеризуются активными потерями энергии. Поэтому, конструируя их, стараются получить по возможности большое индуктивное и малое активное сопротивление. Добротность является мерой качества катушки индуктивности, это отношение индуктивного сопротивления к активному сопротивлению.

Добротность катушки изменяется с частотой. В небольшом диапазоне рабочих частот, на который рассчитывается катушка индуктивности, активное и индуктивное сопротивления изменяются примерно одинаково, так что отношение их оказывается постоянной величиной. Поэтому добротность достаточно точно характеризует свойства катушки во всём диапазоне рабочих частот.

Температурный коэффициент индуктивности (ТКИ)

Параметр характеризует относительное изменение индуктивности катушки при изменении температуры окружающей среды на 1°C. ТКИ имеет положительное значение, и для его компенсации в контурах применяют конденсаторы с отрицательным ТКЕ.

Точность изготовления катушки индуктивности

Она характеризуется допуском и показывает отклонение фактической индуктивности от номинальной в процентах.

Собственная ёмкость катушки индуктивности

Собственная ёмкость катушки связана с расположением витков обмотки. Наличие собственной ёмкости ведёт к увеличению потерь энергии, поэтому параметр называют паразитной ёмкостью.

ОСНОВНЫЕ МИРОВЫЕ ПРОИЗВОДИТЕЛИ КАТУШЕК ИНДУКТИВНОСТИ

Сейчас производством индуктивных компонентов занимаются такие компании, как Coilcraft, Epcos, Kemet, Murata, Panasonic, Toko, Yageo и ряд других. В табл. 1 приведены типы катушек индуктивности этих производителей.

ЧИПОВЫЕ КЕРАМИЧЕСКИЕ КАТУШКИ ИНДУКТИВНОСТИ

Наиболее широко чиповые катушки индуктивности применяют в аппара-

Таблица 1. Типы катушек индуктивности основных мировых производителей

Производители катушек индуктивности	Чиповые катушки индуктивности	SMD-индуктивности для больших значений проходящего тока	Выводные индуктивности для больших значений проходящего тока	Индуктивности переменного номинала со встроенной ёмкостью	Индуктивности для двух проводных линий	Трансформаторы	Фильтры
Coilcraft	+	+	+	—	+	+	+
Epcos	+	—	+	—	—	+	+
Murata	+	+	—	—	—	+	+
Panasonic	+	+	+	—	+	+	+
Toko	+	+	+	+	+	+	+
Yageo	+	+	+	—	—	+	+

Таблица 2. Характеристики чиповых катушек индуктивности от различных производителей

Компания, модель катушки индуктивности	Типоразмер	Индуктивность, нГн	Точность изготовления, нГн	Q, не менее	Минимальная собственная резонансная частота, ГГц	Максимальное сопротивление постоянному току, Ом	Ток, А
Coilcraft, 0603HC-1N5XJLW	0603	1,5	0,2	22	12,5	0,1	1,6
Epcos, B82496C3159	0603	1,5	0,2	8	13	0,1	1,3
Murata, LQP18MN1N5C02	0603	1,5	0,2	12	6	0,3	0,3
Panasonic, ELJRF1N5JFB	0603	1,5	0,2	15	6	0,1	0,5
Toko, LLQ1608-F1N5	0603	1,5	0,2	24	12,5	0,1	1
Yageo, CLH1608T-1N5-S	0603	1,5	0,3	8	9	0,1	0,3

туре, где требуется миниатюризация. Характеристики чиповых катушек индуктивности различных производителей приведены в табл. 2. Видно, что наилучшими техническими характеристиками обладают индуктивные компоненты компаний Coilcraft, Panasonic и Toko. Они удовлетворяют всем современным требованиям рынка электронных компонентов.

Рассмотрим чиповые керамические катушки индуктивности компании Toko. Известны три типа таких катушек: многослойные (серия LL – рис. 2а), толстоплёночные (серия LLP –

рис. 2б) и намотанные (серия LLQ – рис. 2в). Их основные характеристики (зависимость добротности и индуктивности от частоты) изображены на рис. 3 – 5. Данные индуктивности отличаются высокой надёжностью, высокой собственной резонансной частотой, широким диапазоном рабочих температур (-55...+125°C), высокой добротностью, а также обладают превосходной термостойкостью даже при высокотемпературной пайке.

В номенклатуре имеются как широко распространённые типоразмеры (0805, 0603, 0402), так и сверхмини-

атюрные высокочастотные индуктивности типоразмера 0201 (0,6 × 0,3 × 0,3 мм) серии LLV, которые являются самыми малогабаритными современными компонентами в своей группе. Благодаря использованию новейших плёночных технологий, компания Toko удалось разработать компоненты с миниатюрными размерами, обладающими в то же время высокими техническими характеристиками.

По электрическим характеристикам SMD-индуктивности нового типа полностью сохраняют параметры катушек индуктивности типоразмера 0402. SMD-индуктивности предназначены для использования в беспроводных, телекоммуникационных и ВЧ-устройствах. Данная серия индуктивностей универсальна и взаимозаменяема с аналогичными сериями других производителей. Если разработчику не обязательны высокие технические характеристики катушек индуктивности серии LLV, то можно использовать менее дорогостоящие чиповые индуктивности компаний Panasonic и Coilcraft, также обладающие высокой надёжностью.

В продукции компании Murata выделены миниатюрные катушки индуктив-

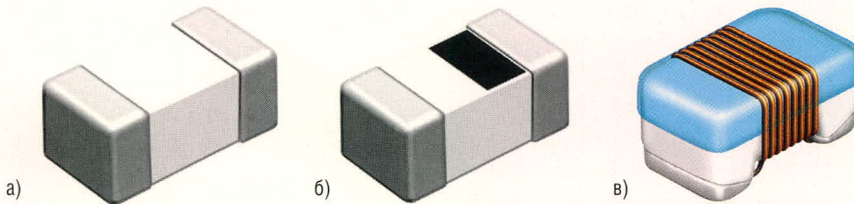


Рис. 2. Чиповые керамические индуктивности: многослойные (а), толстоплёночные (б) и намотанные (в)

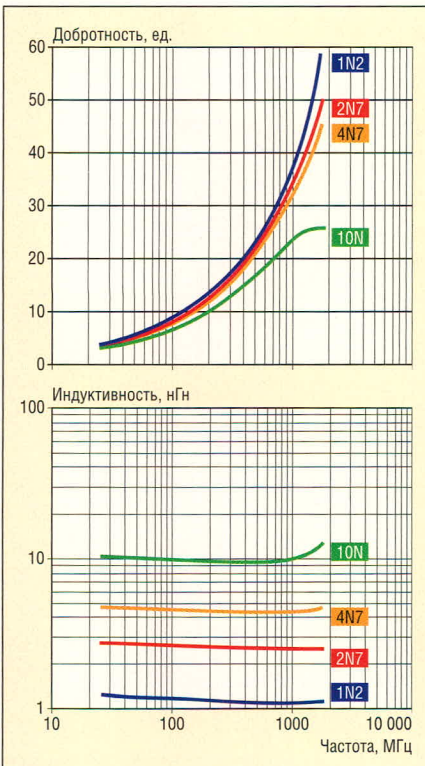


Рис. 3. Зависимость добротности и индуктивности от частоты многослойных керамических индуктивностей

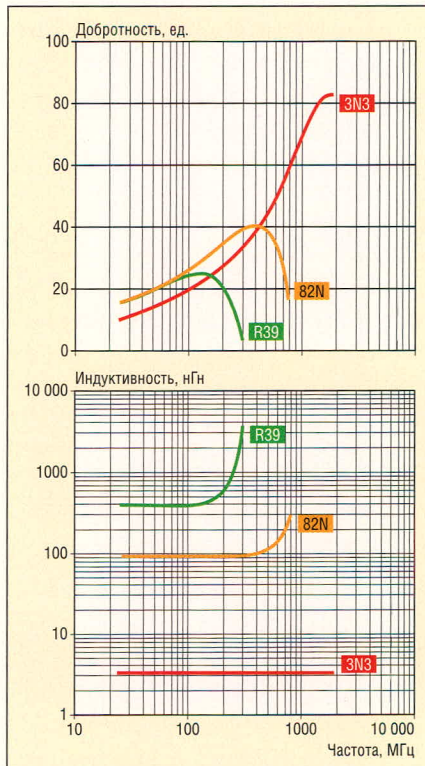


Рис. 4. Зависимость добротности и индуктивности от частоты толстоплёночных керамических индуктивностей

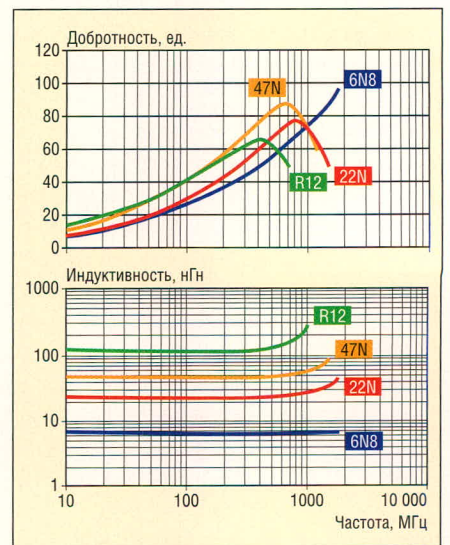


Рис. 5. Зависимость добротности и индуктивности от частоты намотанных керамических индуктивностей

ности серии BLM18E (типоразмер 0603, 1,6 × 0,8 × 0,8 мм), предназначенные для работы в фильтрах электроизмерительных приборов (EMI-фильтры). Особенности этой серии индуктивностей является низкое сопротивление постоянному току (0,35 Ом) и эффективное подавление высокочастотных шумов (частота среза от 300 МГц до 1 ГГц). Сфера применения индуктивностей этой серии, кроме EMI-фильтров, достаточно широка. Это подавление электромагнитных помех в быстродействующих цифровых устройствах, таких как персональные компьютеры и компьютерная периферия, подавление шумовой составляющей, возникающей при работе электродвигателей в лазерных устройствах чтения компакт-дисков, работа в модулях оптических приёмопередатчиков и т.д.

SMD-индуктивности и индуктивности с выводами для больших значений проходящего тока

Катушки индуктивности для больших значений проходящего тока находят широкое применение в источниках питания для подавления помех и в других цепях. В табл. 3 и 4 приведены основные характеристики наиболее качественных SMD-индуктивностей и индуктивностей с выводами. На рис. 6а и 6б показан внешний вид SMD-индуктивности и индуктивности с выводами соответственно. Самыми распространёнными сериями SMD-индуктивностей компании Токо являются LLM, D, 3D, E и FD, а катушек индуктивности с выводами – C2, 8R, 10R, 11R, 12R, 13R, 15R и 16R.

Эти серии рассчитаны на работу при больших значениях проходящего тока, имеют широкий диапазон индуктивностей и высокую добротность, а индуктивности с выводами имеют широкий диапазон рабочих температур. В то же время такие катушки индуктивности имеют небольшие размеры.

Например, SMD-индуктивность серии FDV0603 имеет значение проходящего тока 16,3 А при индуктивности 0,2 мкГн, серии FDA1254 – 23,7 А при 0,68 мкГн, а индуктивность с выводами серии C2LA имеет значение проходящего тока 4,32 А при индуктивности 1 мГн и диаметре 5 мм. Эти индуктивности идеально подходят для подавляющих фильтров DC/DC-преобразователей. Они используются в усилителях, в компьютерной периферии, во

Таблица 3. Характеристики SMD-индуктивностей

Компания	Максимальный ток, А	Максимальная индуктивность, мкГн	Минимальный размер, мм
Coilcraft	12,5	1000	6 × 7,1 × 2,4
Panasonic	1,25	470	3,3 × 3,1 × 1,4
Toko	27,2	3300	2,7 × 2,2 × 1,7

Таблица 4. Характеристики катушек индуктивности с выводами

Компания	Максимальный ток, А	Максимальная индуктивность, мкГн	Минимальный размер, мм
Coilcraft	7,5	1000	∅7,5 × 9
Panasonic	7	260	∅9 × 23
Toko	9,255	33 000	∅5 × 7,5

Таблица 5. Технические характеристики подстроечных индуктивностей компании Токо

Тип	Способ настройки	Геометрические размеры, мм	Диапазон индуктивностей, мкГн	Диапазон рабочей частоты, МГц
SMD, 5 мм				
5CDM	Ц	5,0 × 5,8 × 2,5	1...330	0,1...15
5CCS	Ц	6,0 × 6,2 × 4,3	1...700	0,1...15
5CCL	Ц	6,1 × 5,9 × 5,0	1...700	0,1...15
FSDV	Ц	5,8 × 5,8 × 5,5	1...7000	0,2...15
5CBM	СНЭ	4,4 × 5,8 × 2,3	0,03...1,2	10...150
5CCB	СНЭ	6,1 × 5,9 × 4,5	0,03...10	10...150
5CCF	СНЭ	5,9 × 5,9 × 6,0	0,03...30	10...150
5CCE	СЭ	5,9 × 5,9 × 6,0	0,05...2,7	10...150
Выводные, 5 мм				
5P	Ц	6,2 × 6,2 × 6,2	30...680	0,2...15
5PG	Ц	6,2 × 6,2 × 6,2	30...680	0,2...15
5PAG	Ц	6,2 × 6,2 × 7,2	100...4500	0,1...1
5PAB	Ц	6,0 × 6,6 × 7,2	1000...50 000	0,1...1,5
5KM	СЭ	5,9 × 6,1 × 7,5	0,05...10	1...120
5KR	СЭ	5,9 × 5,9 × 6,2	0,1...10	1...250
Выводные, 7 мм				
7PB	Ц	7,8 × 8,1 × 6,7	1...700	0,1...15
7PGS	Ц	7,8 × 7,8 × 6,9	1...700	0,1...15
7PL	Ц	7,5 × 7,5 × 9,2	1...700	0,2...20
7P	Ц	7,6 × 7,6 × 12,0	1...2600	0,2...20
7KLSG	СЭ	7,75 × 7,55 × 7,8	0,03...10	1...15
7KL	СЭ	7,5 × 7,5 × 9,5	0,03...50	10...150
7KM	СЭ	7,5 × 7,8 × 13	0,03...82	10...150
7TS	Ц	7,5 × 7,8 × 6,2	100...7000	10...200
7TL	Ц	7,5 × 7,8 × 9,2	200...50 000	0,01...0,2
7PA	Ц	7,5 × 7,5 × 12,5	1000...25 000	0,01...0,2
Выводные, 10 и 12 мм				
10K	Ц	10,5 × 10,5 × 13,0	0,08...82	2...120
10PA	Ц	10,5 × 10,5 × 14,0	1000...56000	0,01...0,2
12VX	СЭ	ш13,0 × 14,5	500...18000	0,01...1
Формованные				
MC152	СНЭ	5,1 × 5,0 × 5,0	0,03...0,14	30...150
MC153	СНЭ	5,0 × 11,4 × 5,0	0,01...0,12	30...150
MC120	СНЭ	10,0 × 10,0 × 13,0	0,03...0,53	30...150
MC122	СНЭ	8,2 × 7,5 × 10,0	0,03...0,45	30...250
MC136	СНЭ	8,2 × 7,5 × 10,0	0,03...0,45	30...250
MC137	СНЭ	7,5 × 7,5 × 6,6	0,02...0,4	30...150
MC138	СНЭ	7,4 × 7,4 × 14,0	0,03...0,24	30...250
MC139	СНЭ	5,5 × 6,0 × 5,5	0,012...0,15	30...250
MC141	СНЭ	5,5 × 6,0 × 5,5	0,013...0,35	30...150
DC/DC-преобразующие				
5T	Ц	5,5 × 5,5 × 6,2	30...5000	10...200
10RS	СЭ	∅7,0 × 12,1	30...10 000	10...200
Высокочастотные				
RBFW07V	Ц	8,1 × 16 × 14	–	–

Ц – цокольный сердечник,

СНЭ – стержневой сердечник (не экранированная структура),

СЭ – стержневой сердечник (экранированная структура).

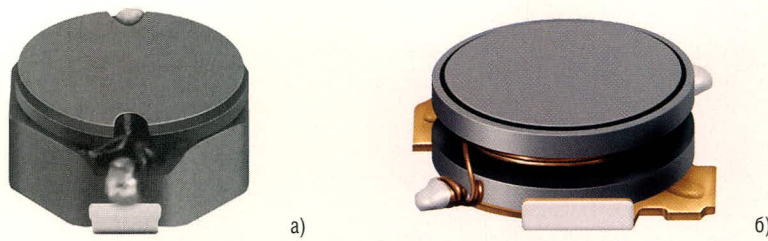


Рис. 6. SMD-индуктивности (а) и индуктивности с выводами (б) для больших значений проходящего тока

многих типах современного электроинструмента и в прочей аппаратуре.

Подстроечные индуктивности

Подстроечные индуктивности вызывают особый интерес у разработчиков аппаратуры. Они содержат либо две индуктивности (вариометры), либо подстроечный сердечник, конструктивно встроенный в катушку индуктивности (рис. 7). Подстроечные индуктивности позволяют в незначительных пределах подстраивать контур на нужную частоту. Поэтому наиболее широко подстроечные катушки индуктивности используются для настройки колебательных контуров в гетеродинах приёмников и возбуждителях передат-

чиков. В табл. 5 приведены основные технические характеристики подстроечных индуктивностей компании Токо. Основными сериями подстроечных индуктивностей являются 5P, 5K, 7PL, 7P, 7PA, 7TS/7TL, 7PA/7PLA, 7KLS, 7KLL/7KMM, 10PA, FSDV и MC152. С рекомендуемыми областями применения индуктивностей этих серий можно ознакомиться на сайте www.toko.co.jp.

Индуктивности для двухпроводных линий (сетевые фильтры)

Индуктивности для двухпроводных линий отличаются миниатюрными размерами и предназначены для подавления сетевых помех. Такие индуктивности выпускают многие

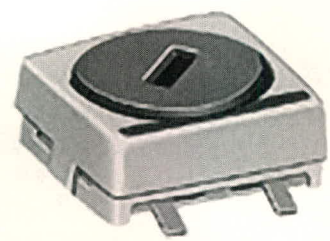


Рис. 7. Миниатюрные подстраиваемые катушки индуктивности

компании, поэтому разработчики сетей легко могут найти в каталогах и справочниках необходимые сетевые фильтры (например, серий NT2012, B5W, ECM85 и другие).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

К сожалению, всё многообразие индуктивных компонентов невозможно рассмотреть в рамках одной журнальной статьи. Можно лишь отметить, что основным критерием выбора индуктивных компонентов является оптимальное соотношение цена/качество.

ЛИТЕРАТУРА

1. Голубев И. Высококачественные индуктивные элементы компании TOKO. Компоненты и технологии. 2006. № 1. ©

19-21 сентября 2006

Новосибирск

СИБИРСКИЙ ФОРУМ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ:

СИБСВЯЗЬ. СИБКОМПЬЮТЕР. СИБИНТЕРНЕТ

XIV международная специализированная выставка средств связи и телекоммуникаций, коммуникационного оборудования, информационных технологий и компьютерной техники, сервисов Интернет

ЭЛЕКТРОНСИБ

Специализированная выставка электронных компонентов и технологического оборудования

СИБИРЬ-ТЕЛЕРАДИОВЕЩАНИЕ

Специализированная выставка кабельного и спутникового телевидения, радиовещания и широкополосных телекоммуникаций

Генеральный информационный спонсор:

ИЗДАТЕЛЬСКИЙ ДОМ **connect**

Выставочное Общество СИБИРСКАЯ ЯРМАРКА

Россия, 630049, Новосибирск, Красный пр-т, 220/10. Тел: (383) 210-62-90

Факс: (383) 225-98-45. E-mail: ponkrat@sibfair.ru; <http://www.sibfair.ru>

Новости мира News of the World Новости мира

Сдвоенный линейный регулятор 150 мА

Компания Micrel представила сдвоенный линейный регулятор MIC5310. Микросхема является первой в ряду сдвоенных линейных регуляторов, которые имеют падение напряжения 35 мВ при токе 150 мА и снижение колебаний напряжения питания свыше 70 дБ.

Микросхема MIC5310 содержит два независимо управляемых мощных линейных регулятора, которые комплектуются керамическими конденсаторами 1 мкФ. Оба регулятора имеют ток покоя 75 мкА на каждом выходе и время включения 30 мкс. Они обладают защитой ограничения тока и температурного отключения и способны работать в диапазоне температур $-40...125^{\circ}\text{C}$. Микросхема выполнена в 8-выводном корпусе MLF размером 2×2 мм без содержания свинца. Регулятор предназначен для питания высокочастотной части мобильных телефонов, для питания датчиков изображения в цифровых видео- и фотокамерах, узлов фотоприёмников (PDA), переносных плееров и PC-камер, и т.д.. Микросхема предлагается в настоящее время по цене от \$0,6/шт. при партии 1000 и более шт.

www.micrel.com

Сдвоенные аналоговые SPDT-переключатели

В компании Vishay имеется три монолитных интегрированных сдвоенных аналоговых SPDT-CMOS-переключателя (SPDT – однополюсный двухпозиционный переключатель). Аналоговые переключатели DG2731, DG2732 и DG2733 предназначены для использования в мобильных телефонах, узлах фотоприёмников, переносных медиаплеерах, головных телефонах, дисководах жёстких дисков и в модемах. Им требуется униполярное напряжение питания 1,6...4,3 В, они имеют при максимальной мощности сопротивление в прямом направлении 0,4 Ом. Переключатели совместимы с 1,6-вольтовыми логическими схемами и поэтому могут управляться низковольтным цифровым сигнальным процессором и микропроцессорным блоком. Это позволяет использовать их в конечных устройствах, которые питаются от одноэлементных литий-ионных батарей. Во включенном состоянии они одинаково хорошо проводят в обоих направлениях сигналы с амплитудами, не превышающими напряжение питания; в выключенном состоянии они запирают такие сигналы в обоих направлениях. Переключение про-

исходит с гарантированным разьединением. Время включения составляет 50 нс, а время выключения 14 нс при 4,3 В.

Два из трёх переключателей – DG2731 и DG2732 – имеют два отдельных контакта управления с логикой обратной полярности. DG2731 содержит два переключателя, разомкнутых в исходном состоянии, и два переключателя, которые в исходном состоянии замкнуты. DG2732 имеет три переключателя, которые в исходном состоянии разомкнуты, и один, замкнутый в исходном состоянии. Как и DG2731, переключатель DG2733 имеет два переключателя, разомкнутых в исходном состоянии, и два переключателя, которые в исходном состоянии замкнуты; он имеет также EN-контакт, через который включается высокий уровень логики.

Все три микросхемы имеются в двух различных корпусах: DFN-10 с никельпалладиево-золотыми выводами без содержания свинца и MSOP-10 с оцинкованными выводами, также без содержания свинца. Оба типа выводов отвечают требованиям JEDEC по методу пайки с оплавлением припоя. Они рассчитаны на работу в температурном диапазоне $-40...85^{\circ}\text{C}$.

www.vishay.com

5-вольтовые датчики тока с магнитным зондом

Компания Vacuumschmelze GmbH & Co. KG (VAC) предлагает новый стандартный ряд компенсационных датчиков тока. В качестве нулевого уровня поля здесь используется магнитный зонд. Почти вся электроника сконцентрирована в одной интегральной схеме.

Для начала в распоряжении имеются три конструктивных исполнения в диапазоне номинальных токов от 6 до 150 А с питанием 5 В и током до 200 А с питанием $\pm 12...15$ В. В зависимости от напряжения питания датчики имеют те или иные токовые и потенциальные выходы сигналов, причём имеются исполнения для внутреннего и внешнего источника опорного на-

пряжения. Датчики механически совместимы с другими аналогичными и по заявлению производителя могут использоваться во многих приложениях один к одному.

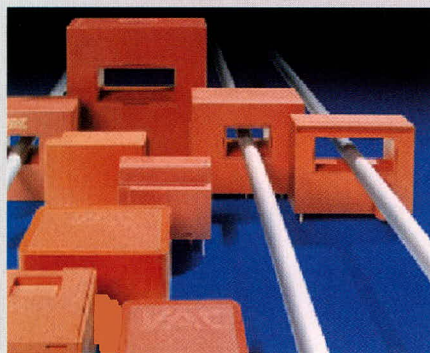
www.vacuumschmelze.com

Мощные МОП-транзисторы на 20 и 30 А в PolarPAK

Компания STMicroelectronics объявила о мощных транзисторах в корпусе PolarPAK, имеющем металлическую верхнюю поверхность. МОП-транзисторы STK800 и STK850 рассчитаны на 20 и 30 А соответственно. Они требуют монтажной площади 5×6 мм и имеют высоту 0,8 мм. В марте 2005 г. ST заключила с фирмой Siliconix лицензионное соглашение об использовании технологии PolarPAK. В отличие от обычных корпусов SO-8, этот корпус, по заявлению компании, обеспечивает такую эффективность теплоотвода, что при той же опорной площади обеспечивается удвоенная сила тока. Элементы производятся по новейшей технологии STripFET компании ST. Она основана на повышенной плотности элементов. Типичное значение RDS (On-сопротивление) для STK800 на 20 А составляет 6,0 мОм, тогда как для STK850 на 30 А оно составляет 2,9 мОм (в обоих случаях при 10 В).

Корпус привносит свой вклад в низкое On-сопротивление у обоих МОП-транзисторов, так как он, благодаря своему исключительно низкому тепловому сопротивлению между запорным слоем и корпусом, обеспечивает более низкие температуры запорного слоя. Благодаря своей низкой ёмкости и общего заряда затвора STK800 может использоваться в качестве управляющего полевого транзистора для неизолированных понижающих DC/DC-преобразователей, тогда как STK850, благодаря своему малому RDS(on), рекомендуется применять как синхронный полевой транзистор. МОП-транзисторы уже продаются и при партиях от 1000 штук STK800 стоят \$1,20, STK850 \$1,60.

www.st.com



Новые конструктивные решения электромагнитных реле

Андрей Селезёнкин (Санкт-Петербург)

Минувший XX век, да и начавшийся XXI, совершенно заслуженно объявлены веком полупроводников и оптоэлектроники. Однако и сегодня в технике нередко применяются всевозможные электромеханические компоненты: лентопротяжные механизмы, сервоприводы и устройства коммутации. О последних и идёт речь в статье.

В электронной технике нередко приходится коммутировать и переключать различные электронные цепи. В большинстве случаев с этой задачей успешно справляются полупроводниковые элементы коммутации и оптоэлектронные компоненты. И в то же время есть ряд специфических применений, где для переключения удобнее использовать «металлический контакт».

К этой сфере, во-первых, можно отнести узлы обработки аналоговых сигналов, где критична нелинейность, свойственная полупроводникам. Во-вторых, это сигнальные ВЧ-цепи, для которых имеет значение малейшая утечка сигнала и нежелательны любые паразитные наводки. И наконец, это специализированная измерительная, медицинская и научная аппаратура, часто работающая с вы-

сокими напряжениями и частотой; к качеству коммутирующего элемента такой аппаратуры предъявляются достаточно высокие требования.

Таким образом, во многих устройствах использование электромагнитных реле вместо твердотельных более предпочтительно. Прогресс коснулся не только полупроводниковых и оптических элементов, но и электромагнитных реле: в этой области также появляются новые технологические и технические решения. Рассмотрим их подробнее.

Замыкание/размыкание контактной группы реле неизбежно сопровождается искрением. Это приводит к разрушению контактной группы, увеличению её сопротивления и, наконец, к обгоранию контактов с их возможным слипанием и последующим выходом из строя электромагнитного реле, что может повлечь повреждение всего устройства.

Исследования показали два ключевых момента в обгорании групп контактов.

Во-первых, при искрении неизбежно происходит нагрев контактов и их последующее окисление, и наиболее уязвим в данной ситуации «контактный пятячок», выполненный из проводящего материала. Контакт из чистой меди подвержен окислению, сопровождающемуся падением проводимости. В дальнейшем происходит перегрев контакта и выход из строя. Для уменьшения окисления контакты выполняют из латуни либо покрывают контактное пятно слоем химически инертного «благородного» металла – золота или серебра. В военной технике применяют контакты с платиновым покрытием, что существенно повышает их

ресурс. Наиболее интересное решение применено компанией Shrack, использующей для создания контактной группы латунь с легированием вольфрамом – это реализовано в реле серии RM8.

Вторым ключевым фактором обгорания контактов является сочетание воздействия на них атмосферного кислорода и высокой температуры, отчего проводящая поверхность при искрении скоро окисляется и разрушается. Одним из решений является использование герконовых реле, представляющих собой сочетание управляющей катушки и стеклянного баллона, из которого откачан воздух (иногда – закачан инертный газ). В баллоне располагается группа контактов, один из которых снабжён небольшим магнитным якорем, способным перемещаться под действием магнитного поля, создаваемого катушкой. По такому принципу построены, например, реле компании Axicom – серия так называемых reed-relays (см. рис. 1).

Недостаток герконовых реле – сравнительно небольшой ток коммутации, из-за чего такие реле используются преимущественно в малосигнальных цепях. Для защиты от искрения более мощных контактных групп приходится герметизировать и заполнять инертным газом весь корпус реле. Однако здесь приходится самым тщательным образом подбирать используемые в конструкции реле материалы, которые бы весь срок службы не выделяли внутри корпуса вредных для контактной группы веществ, а также идти на такие ухищрения, как, например, применение абсорбентов. Тем не менее благодаря появлению новых материалов и технологий задача создания герметизированных реле успешно решена многими фирмами. Та же компания Axicom серийно выпускает несколько семейств герметизированных реле (см. рис. 2).

Другой актуальной тенденцией является уменьшение размеров электронных компонентов и переход на

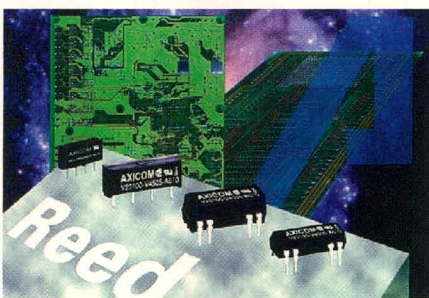


Рис. 1. Герконовые реле Axicom



Рис. 2. Герметизированные реле Axicom

технологии поверхностного монтажа (SMD). В соответствии с этим стали появляться электромагнитные реле в SMD-исполнении. Как правило, это маломощные сигнальные реле (типичные представители – серии реле AGN и AGQ фирмы Matsushita Electric/Nais (см. рис. 3)).

SMD-исполнение реле позволило не только перейти на более современные «технологические рельсы», но и существенно повысить частоту коммутируемого сигнала – до нескольких гигагерц, что, несомненно, очень актуально для ВЧ-техники: систем спутникового телевидения, телекоммуникаций, беспроводных сетей.

Но миниатюризация не остановилась и на этом. Теперь сверхминиатюрные механические элементы, требующие высокой точности изготовления, выполняются при помощи фотолитографии. На базе подобных разработок Matsushita Electric выпустила новую серию реле – ME-X (см. рис. 4), которая является в некотором роде целой коллекцией высокотехнологичных инноваций. Корпус реле выполнен не с выводами (для

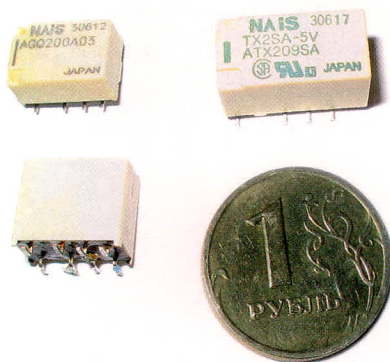


Рис. 3. SMD-серии реле Matsushita Electric/Nais

пайки в отверстия платы) и даже не в SMD-исполнении, а в BGA (шариковые оплаваемые выводы на корпусе). Это позволило коммутировать сигналы с частотой до 6 ГГц на нагрузку с волновым сопротивлением в 50 Ом. Сам узел коммутации полностью выполнен по микромеханической технологии Pimitec и состоит из соленоида и двух независимых контактных групп: одна – на замыкание, другая – на размыкание. Напряжение срабатывания относительно невелико – всего 3 В, что позволяет устанавливать ME-X даже в портатив-

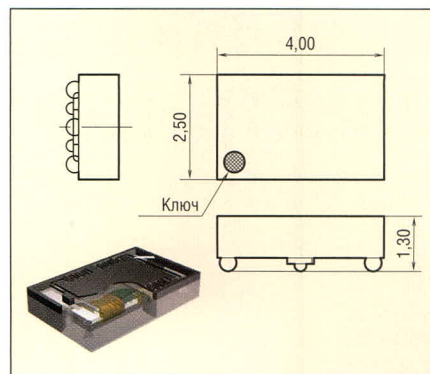


Рис. 4. Микромеханическое реле Matsushita Electric серии ME-X

ную аппаратуру. Габариты реле – $4 \times 2,5 \times 1,3$ мм. Разработчики этой технологической новинки рекомендуют использовать ME-X в системах спутникового телевидения, измерительных приборах, высокочастотных узлах беспроводного сетевого оборудования, например, в роутерах и точках доступа системы Wi-Fi.

ЛИТЕРАТУРА

1. www.nais-e.com/relay/mems.
2. relays.tycoelectronics.com/axicom.
3. relays.tycoelectronics.com/schrack/techn/relbook.asp.



NEMIC LAMBDA

Leading Power

Практически для любых применений!



Универсальная серия HWS AC/DC-преобразователей

- + Универсальный вход 85-265 В (47-63 Гц) или 120-370 В постоянного напряжения
- + Выходные мощности от 15 до 1500 Вт
- + Выходные напряжения от 3,3 до 48 В
- + Высокие энергетические показатели качества
- + Монтаж на шасси и DIN-рейку
- + Диапазон рабочих температур от -40 до $+74^{\circ}\text{C}$ (опция)
- + Устойчивость к вибрационным и ударным воздействиям: MIL-STD-810F
- + Исполнение для применения в медицинском оборудовании (ГОСТ Р 50267.0-92, ГОСТ Р 50267.0.2-95)
- + Широкий набор сервисных функций

PROSOFT®

МОСКВА
С.-ПЕТЕРБУРГ
ЕКАТЕРИНБУРГ
САМАРА

Телефон: (495) 234-0636 • Факс: (495) 234-0640 • E-mail: info@prosoft.ru • Web: www.prosoft.ru
Телефон: (812) 448-0444 • Факс: (812) 448-0339 • E-mail: info@spb.prosoft.ru • Web: www.prosoft.ru
Телефон/факс: (343) 376-2820/376-2830 • E-mail: info@prosoftsystems.ru • Web: www.prosoftsystems.ru
Телефон: (846) 277-9165 • Факс: (846) 277-9166 • E-mail: info@samara.prosoft.ru • Web: www.prosoft.ru

Особенности применения электромеханических соединителей для поверхностного монтажа

Ольга Гуреева (Москва)

Использование соединителей для поверхностного монтажа имеет как свои преимущества, так и некоторые узкие места, которые разработчики аппаратуры должны принимать во внимание.

В данной статье рассматриваются вопросы выбора соединителей в зависимости от решаемых задач.

ВВЕДЕНИЕ

Выбор того или иного электромеханического соединителя при разработке нового электронного изделия только на первый взгляд может показаться тривиальной задачей. Каждый разработчик радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) обладает несколькими «излюбленными» готовыми решениями, которые он успешно применял в прошлом.

Тем не менее, новые требования, предъявляемые стремительно развивающимся рынком электроники, такие как пониженное энергопотребление, миниатюризация, бессвинцовая технология пайки и многие другие, вынуждают разработчиков постоянно заниматься обновлением используемой компонентной базы и предлагать более эффективные решения.

По тем же причинам производители электронных компонентов, в том числе и электромеханических соединителей, постоянно анонсируют новые изделия. Информация о предлагаемых разъёмах должна быстро доходить до разработчиков.

Монтаж компонентов на печатную плату в большинстве случаев

производится с помощью пайки. До недавнего времени в серийном производстве широко применялась групповая пайка волной припоя, когда компоненты, в том числе и разъёмы, устанавливались в металлизированные отверстия платы. Появление на платах поверхностно монтируемых компонентов существенно изменило технологию пайки Surface Mount Technology (SMT). При использовании SMT-компонентов, в особенности разъёмов, необходимо знать все плюсы и минусы их применения и учитывать эти особенности при проектировании электронных изделий.

К преимуществам использования SMT-разъёмов (рис. 1) можно отнести значительное повышение плотности компоновки и качества монтажа компонентов на печатную плату, а также существенное сокращение суммарных затрат на данную операцию. Тем не менее, при проектировании следует учитывать возможность непрочного или недолговечного соединения выводов разъёма с поверхностью печатного проводника. Рассмотрим эти вопросы подробнее.

Плотность компоновки плат

Главное преимущество, которое получает разработчик при использовании SMT-компонентов, – это значительное увеличение плотности компоновки плат. Штыревой монтаж в отверстие платы предполагает доступ к её обратной стороне. Этого не требуется в случае поверхностного монтажа. Нанесение печатного про-

водника на обе стороны платы позволяет использовать её поверхность более эффективно. Эта возможность позволила предлагать компактные схемотехнические решения и, как следствие, производить миниатюрные электронные изделия. Наглядный пример – мобильные телефоны.

Ещё одно немаловажное преимущество использования SMT-компонентов – это упразднение на платах контактных отверстий. Обычно отверстия изготавливаются при производстве печатных плат, причём данная операция требует некоторого времени и затрат. Монтаж компонентов в отверстия нельзя отнести к элементарной операции – при пайке волной на платах нередко возникают перемычки припоя между выводами компонентов или другие дефекты. Поверхностный монтаж является более простой, надёжной и сравнительно недорогой технологией, позволяющей также интегрировать на печатную плату безвыводные и бескорпусные компоненты.

МЕХАНИЧЕСКАЯ ПРОЧНОСТЬ СОЕДИНЕНИЯ

К недостаткам использования SMT-разъёмов относится меньшая механическая прочность соединения выводов разъёма с поверхностью печатного проводника. Надёжность соединения во многом зависит от габаритов разъёма, количества циклов соединения ответных частей и прилагаемых усилий для их фиксации. Очевидно, что механическая прочность соединения штыревых выводов с проводниками печатной платы значительно выше (рис. 2). Выводы разъёма, установленные в отверстия печатной платы и зафиксированные припоем, выдерживают большие механические нагрузки. Штыревые разъёмы устойчивы к ударам и вибрации.

Производители электромеханических соединителей предложили дополнить конструкцию корпуса разъёмов

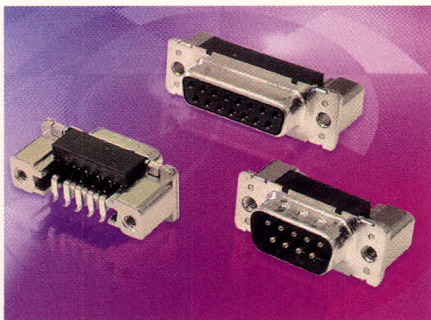


Рис. 1. Разъёмы D-SUB для поверхностного монтажа

крепёжными стойками (рис. 3), монтируемыми в отверстия платы. Сквозные крепёжные стойки придают разъёму дополнительную устойчивость, он имеет более длительный срок эксплуатации. У таких разъёмов увеличено количество циклов соединения ответных частей, и они выдерживают несколько большие механические нагрузки. Модификация корпуса позволяет увеличить количество контактов, что значительно повышает интерфейсную плотность разъёма. Эти разъёмы получили название разъёмов высокой плотности (high density connectors) (рис. 4). Для SMT-разъёмов крепёжные стойки значительно повышают надёжность соединения выводов и ответной части разъёма.

При длительной эксплуатации SMT-разъёмов без крепёжных стоек велика вероятность повреждения тонкого слоя проводящих дорожек на плате. Простое уменьшение прилагаемых усилий при подключении разъёма приводит лишь к увеличению контактного сопротивления. Соответственно, необходимы более тонкие контакты, чтобы минимальных усилий было достаточно для соединения ответных частей. Но такое конструктивное решение повышает чувствительность разъёма к ударам и вибрации.

Тем не менее, во многих приложениях, например, таких как межплатные соединения (рис. 5), использование SMT-разъёмов предпочтительнее. В случае соединений, когда одна часть разъёма располагается на плате (рис. 6а), а ответная часть монтируется на кабель (рис. 6б), следует учитывать вышеизложенные замечания.

Компланарность

Основное требование, которое предъявляется к любому компоненту, предназначенному для поверхностного монтажа, – это компланарность. Все выводы на поверхности компонента должны быть строго параллельными по отношению к плате. Данное условие является обязательным для качественного соединения выводов компонента с печатным проводником. По мере возрастания плотности контактов сложнее достичь полной компланарности.

Температурные характеристики и размещение разъёмов

Большое значение имеют температурные характеристики материалов,

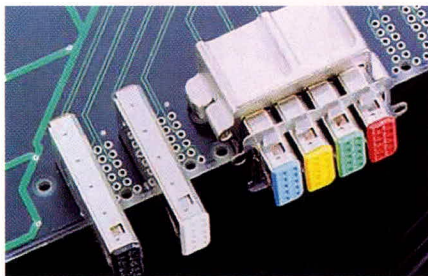


Рис. 2. Монтаж разъёмов в контактные отверстия печатной платы

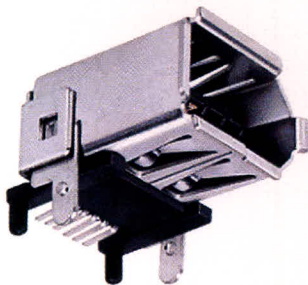


Рис. 3. Пример конструкции корпуса с крепёжными стойками

используемых в процессе производства. Материалы должны выдерживать температурный режим пайки оплавлением без деформации, т.е. не должны коробиться, растрескаться, вздуться и т.п.

Для достижения максимально возможной плотности выводов контакты SMT-разъёмов располагаются под корпусом. Контакты, выступающие в разные стороны, уменьшают полезную площадь платы. В некоторых случаях контакты размещают посередине или по краям корпуса. Это увеличивает механическую прочность разъёмов и позволяет более эффективно использовать поверхность печатной платы.

SMT-разъёмы очень чувствительны к термоударам и механическим нагрузкам (ударам и вибрации). Механическая и термическая стойкость корпуса и контактов имеет определяющее значение для надёжности разъёма.

Усилия и количество циклов соединения

Важной характеристикой SMT-разъёмов является величина усилия, необходимого для соединения с ответной частью. Усилие должно быть незначительным и при этом обеспечивать низкое омическое сопротивление. Корпус разъёма и контакты должны быть механически прочными и максимально амортизировать нагрузку, прикладываемую при соединении ответной части. Количество циклов соединения ответных частей определя-

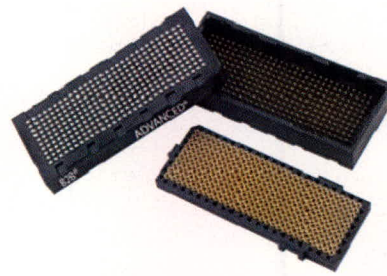


Рис. 4. Пример разъёма высокой плотности

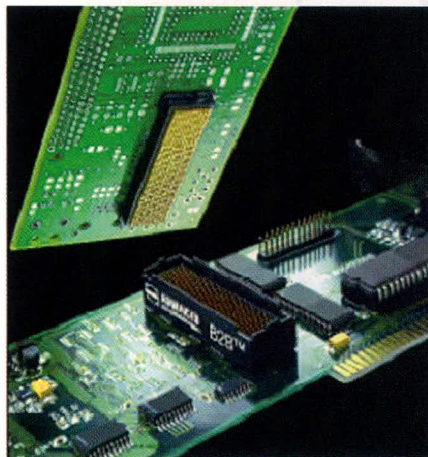


Рис. 5. Пример межплатного соединения

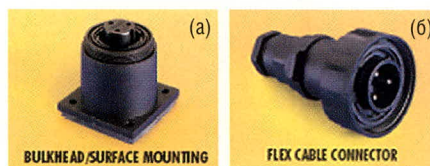


Рис. 6. Разъём, устанавливаемый на плату (а) и его ответная часть, устанавливаемая на кабель (б)

ет класс исполнения разъёма. Чем больше гарантируемых циклов соединения, тем выше класс разъёма.

Условия захвата, транспортировки и установки разъёмов

Для возможности автоматизированного поверхностного монтажа на поверхности корпуса SMT-разъёма имеются площадки для захвата компонента автоматом. Область захвата располагается на верхней или боковой поверхности разъёма. При установке разъёма важно обеспечить компланарность выводов разъёма и проводников на плате. Важно, чтобы компланарность сохранялась и в процессе пайки. В связи с этим особое значение придаётся упаковке и хранению SMT-разъёмов. Они должны быть упакованы в катушки или трубы, которые имеют достаточную жёсткость, чтобы защитить выводы и поверхности разъёмов от каких-либо механических повреждений.



LEMO – современные соединители для жёстких условий эксплуатации

Илья Шевелёв (Москва)

Швейцарская фирма LEMO, которая выпускает известные марки Redel и Coelver, – ведущий разработчик и производитель электрических соединителей (разъёмов) для межприборных и кабельных цепей.

Швейцарская фирма LEMO, которая выпускает известные марки Redel и Coelver, – ведущий разработчик и производитель электрических соединителей (разъёмов) для межприборных и кабельных цепей. Более 40 лет группа компаний LEMO разрабатывает и производит круглые многофункциональные соединители повышенной надёжности (класс защиты IP68), которые с успехом применяются во многих отраслях, в том числе в оборудовании для аэрокосмической, атомной, судостроительной, радиоприборной, электротехнической и военной промышленности.

Ассортимент продукции LEMO на сегодняшний день составляет более 50 тысяч наименований различных соединителей и разъёмов из пластмассы, металла и других материалов (рис. 1). При необходимости LEMO улучшает уже существующие типы и модели или разрабатывает и производит новые.

Основные преимущества продукции LEMO:

- диэлектрик выдерживает свыше 10 000 циклов соединения;
- самофиксирующаяся защёлка обеспечивает надёжность фиксации;
- обеспечивается защита от вандальных действий;
- золочёные контакты;
- возможность соединения кабеля большого диаметра;
- подвергается стерилизации паром или газом высокой температуры, а также т.н. «холодной стерилизации» с использованием химических агентов;

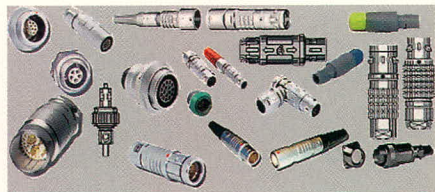


Рис. 1. Внешний вид разъёмов

- надёжно передаёт сигнал при температуре –200...+500°C;
- ассортимент продукции содержит виброустойчивые, водонепроницаемые, жидкостные, ударопрочные и огнеупорные соединители;
- соединители надёжно и исправно работают на расстоянии 36 000 км от земли и на глубине 600 метров;
- цветовая идентификация хвостовиков.

Самозащёлкивающаяся система LEMO позволяет разъёму сопрягаться с помощью простого проталкивания штекера в гнездо. Накрепко защёлкнутое соединение не может быть разорвано выдергиванием за кабель или другую составную часть разъёма, кроме как за наружную освобождающую муфту. Если необходимо, разъём можно разъединить однократным прямым соосным усилием, приложенным к внешней освобождающей муфте; первой освобождается защёлка, и затем из гнезда извлекается штекер.

Изоляторы разъёмов

Диэлектрические изоляторы соединителей LEMO изготавливаются из термоустойчивого пластика, характеристики которого соответствуют типу разъёма. К этим характеристикам относят диэлектрическую проницаемость, влагозащищённость, радиационную устойчивость, воспламеняемость, диапазон рабочих температур. Для улучшения общих технических данных изолятора в термопластик добавляют стекловолоконные добавки с различными физическими свойствами, которые расширяют его механические характеристики, делая его устойчивым к агрессивной внешней среде. Наиболее часто используется термопластик Peek, разработанный специально для LEMO.

Производственная линия диэлектрических изоляторов разъёмов LEMO включает более десяти типов.

Корпуса разъёмов

Выбор материала корпуса и покрытия разъёма зависит от условий окружающей среды, в которой будет использоваться данный разъём (рис. 2). Обычно применяется хромированная бронза. Кроме того, возможны следующие варианты: позолоченная бронза, никелированная бронза, хромированная бронза (чёрная), нержавеющая сталь, оцинкованная бронза (зелёная) и т.п.

Корпуса коннекторов в большинстве случаев изготавливаются из латуни. На наружную часть корпуса наносится никелевое покрытие, являющееся отличной защитой от промышленных газов, солевых испарений и других источников коррозии. Альтернативными защитными покрытиями являются электролитический никель и никелированное золото.

Корпуса коннекторов, эксплуатируемых в суровых условиях, изготавливаются из нержавеющей стали. Для ядерной индустрии, где разъёмы подвергаются действию радиации и паров азотной кислоты, LEMO рекомендует использовать корпус из стали AISI 304. Сталь AISI 316L идеальна для использования в медицинских целях.

Когда вес разъёма имеет критическое значение (авиа-, автомобилестроение), в качестве материала корпуса соединителя часто используют сплавы алюминия, которые обладают высокой прочностью и стойкостью к коррозии.

Некоторые модели разъёмов имеют пластмассовый корпус. Чёрный полиоксиметилен применяется в 00- и S-сериях, которые идеально работают в медицинской промышленности. Серый или белый полисульфон обладает превосходными механическими свойствами и эффективен для стерилизации газов. Этот материал используется в моделях серий 2B и 3B.

ОБЗОР ОСНОВНЫХ СЕРИЙ РАЗЪЁМОВ

Одноконтатные

Основные преимущества:

- надёжность системы самозащёлкивающегося соединения (push-pull);

- контакты под пайку или для монтажа на печатную плату (прямые и загнутые);
- 100-% экранирование по всей оси для полной электромагнитной защиты;
- широкий модельный ряд для большинства применений;
- рабочий ток до 230 А;
- цветовая идентификация хвостовиков.

Многоконтактные соединители

Основные преимущества:

- надёжность механизма фиксатора на разъёме;
- выпускаются в двух модификациях: под пайку или для монтажа на печатную плату;
- 100-% экранирование по всей оси для полной электромагнитной защиты;
- модельная линия включает в себя модификации с количеством контактов до 106;
- контакты со стороны монтажной части выполнены конусом, что облегчает пайку провода;
- международный индекс защиты IP50;
- цветовая идентификация хвостовиков.

Пластиковые разъёмы Redel

Основные преимущества:

- надёжность механизма фиксатора соединения на разъёме;
- высококачественные полимерные материалы PSU или PEI, лёгкие и прочные;
- контакты под пайку или для монтажа на печатную плату;
- модельная линия предназначена для применения в различных сферах промышленности;
- контакты со стороны монтажной части выполнены конусом, что облегчает пайку провода;
- цветовая идентификация хвостовиков;
- подвергается стерилизации паром или газом высокой температуры, а также т.н. «холодной стерилизации» с использованием химических агентов.

Коннекторы для термопар

Основные преимущества:

- надёжность механизма фиксатора соединения на разъёме;
- однопарные или многопарные конфигурации контактов;



Внешний вид корпусов

- цветовая идентификация хвостовиков;
- международный индекс защиты IP50.

Жидкостные и пневматические соединители

Основные преимущества:

- надёжность механизма фиксатора соединения на разъёме;
- одноканальные, многоканальные или смешанные конфигурации;
- международный индекс защиты IP50;
- цветовая идентификация хвостовиков.

Высоковольтные разъёмы

Основные преимущества:

- надёжность механизма фиксатора соединения на разъёме;
- 100-% экранирование по всей оси для полной электромагнитной защиты;
- дополнительный диэлектрик на контакте;
- международный индекс защиты IP50.

Триаксиальные коннекторы

Основные преимущества:

- надёжность механизма фиксатора на разъёме;
- 100-% экранирование по всей оси для полной электромагнитной защиты;
- разработаны для применения внутри и вне помещений.

Опволоконные коннекторы

Основные преимущества:

- надёжность механизма фиксатора на разъёме;
- инновационная технология соединения из штекера и гнезда;
- защита от повреждения волокна;
- уникальное поддержание рабочих параметров;
- работа с одномодовым и многомодовым волокном;
- простота в чистке и обслуживании;



- возможность использования конечной нагрузки;
- контакты под пайку или для монтажа на печатную плату;
- цветовая идентификация хвостовиков.

Коаксиальные коннекторы

Основные преимущества:

- надёжность механизма фиксатора на разъёме;
- 100-% экранирование по всей оси для полной электромагнитной защиты;
- международный стандарт защиты IP50.



Электронная индустрия

Разъёмы LEMO для:

- АТОМНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
- ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ
- АЭРОКОСМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
- РОБОТОТЕХНИКИ
- МЕДИЦИНСКИХ ПРИБОРОВ
- ПРИБОРОВ СВЯЗИ
- ПРИБОРАХ ОБЩЕГО НАЗНАЧЕНИЯ

ТОРГУЕМ ОПТОМ И В РОЗНИЦУ

Connectors (high voltage, high current, hybrid)
Stackverbindungen (Hochspannung, Hochstrom, gemischt)

www.INDUSTRY.su • im@industry.su
тел.: (495) 540-4530 (многоканальный)

Современные магнитомягкие материалы для силовой электроники

Алексей Куневич, Алексей Максимов (Санкт-Петербург)

В статье анализируется состояние рынка силовых ферритовых и порошковых материалов и приводятся электромагнитные параметры наиболее известных в России зарубежных марок. Приведённые в статье таблицы соответствия импортных материалов их отечественным аналогам облегчают разработку новых изделий. Рассматриваются преимущества использования порошковых материалов на основе сплава железа и алюминия.

Сейчас рынок силовой электроники России характеризуется устойчивым ростом. Развитие полупроводниковой базы предъявляет новые, всё более жёсткие требования к качеству магнитомягких мате-

риалов, используемых в силовых модулях.

Длительное время отсутствие промышленного выпуска современных отечественных силовых материалов вынуждало разработчиков исполь-

зовать для преобразователей энергии, выпускаемых в России, устаревшие материалы M2500HMC1 и M2500HMC2, а также материалы широкого назначения M1500HM3, M2000HM, M1000HN, что отрицательно сказывалось на эффективности работы силовых устройств.

В настоящее время на небольшом по размеру, но постоянно растущем рынке силовых ферритов представлен широкий ассортимент изделий как всемирно известных брэндов, так и малоизвестных даже у себя на родине китайских фирм.

К современным магнитным материалам можно отнести силовые ферриты с высоким значением индукции насыщения (до 0,5 Тл), предназначенные для работы в преобразователях с частотой до 1 МГц, а также магнитные материалы с экстремально высокой индукцией насыщения из порошковых материалов.

ФЕРРИТОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Эти материалы представлены большим числом конфигураций и выпускаются для мощностей от десятых долей ватта до нескольких киловатт.

Электромагнитные параметры наиболее часто используемых марок силовых ферритов приведены в таблице 1. Материалы, предлагаемые зарубежными изготовителями, отличаются высоким потребительским качеством и значительно превосходят морально устаревшие отечественные марки M2500HMC1 и M2500HMC2 по электромагнитным параметрам (так, в контрольной точке на 100 кГц при 100°C и $B = 0,2$ Тл потери в марке N87 (Ercos) и 3C90 (Ferroxcube) составляют примерно 385 мВт/см³, что ориентировочно в 3,5 раза меньше, чем у M2500HMC1).

Характерной особенностью рынка отечественных силовых ферритовых материалов является отсутствие долгосрочного планирования у изготовителей силовой электроники, вынужденных, как правило, выполнять разовые заказы. Не многие изготовители силовой аппаратуры располагают перспективными производствен-

Таблица 1. Параметры популярных марок силовых ферритов

Фирма	Россия	Ercos	Ferroxcube	ACME	Cosmo
Марка	M2500HMC1	N87	3C90	P4	CF138
Начальная магнитная проницаемость		2200 ± 25%	2300 ± 25%	2500 ± 25%	2100 ± 25%
Индукция насыщения, мТл ($H = 1200$ А/м, $f = 10$ кГц)	450	490 /390*	430/340*	480/380*	480/380*
Коэрцитивная сила, А/м ($f = 100$ кГц)	16	21/13*		10/6*	15
Потери, кВт/м ³ , при:					
25 кГц, 200 мТл, 100°C	–	57	80	55	60
100 кГц, 200 мТл, 100°C	1600	385	450	450	450
300 кГц, 100 мТл, 100°C	–	390	–	430	390
Постоянная гистерезиса, ×10 ⁻⁶ мТл	–	<1,0	–	<1,2	–
Температура Кюри, °C	–	>210	>220	>220	>220
Удельное сопротивление, Ом м	–	10	–	5,5	4
Плотность, г/см ³	4,8	4,85	4,8	4,8	4,8

* При температуре: 25°C/100°C

Таблица 2. Сравнительные характеристики современных материалов Ercos

Параметры	N87	N97	N92
Магнитная индукция, мТл (1200 А/м, 10 кГц)	490	510	500
Коэрцитивная сила, А/м (100 кГц)	21/13*	21/12*	24/13*
Рабочий диапазон, кГц	25...500	25...500	25...500
Температура Кюри, °C	>210	>230	>280
Плотность, кг/м ³	4850	4920	4850
Относительные потери в сердечнике кВт/м ³ (100 кГц, 200 мТл, 100°C)	385	300	410

* При температуре: 25°C/100°C

Таблица 3. Аналоги ферритовых материалов

Ercos	Россия	Ferroxcube	Samwha	Cosmo
–	M2500HMC1*	–	–	–
N27	M2500HMC2	3C80	–	CF196
N87	–	3C90	PL9	CF139
N97	–	3C94	PL11	–
N92	–	3C92	–	CF122
N49	–	3F3	–	–

* Марка M2500HMC1 обладает ориентировочно на 25% большими потерями, чем M2500HMC2

ными планами и, вследствие этого, готовы ожидать поставки требуемых сердечников более 2 месяцев, не говоря уже о проблемах, возникающих на стадии опытно-конструкторских работ при получении опытных образцов и мелких серий. Достаточно жесткая конкуренция на рынке не всегда позволяет изготовителям РЭА использовать лучшие по параметрам, но более дорогие сердечники.

В связи с этим наибольшую популярность у изготовителей РЭА и наибольший сегмент рынка в настоящее время смогла завоевать только фирма Epcos, предложившая не только оптимальное соотношение цена/качество, но и создавшая развитые дистрибуторские сети, позволяющие приобретать значительную часть требуемой продукции со складов в России.

Активную политику по продвижению своих материалов в России проводят также Acme (Тайвань), Cosmo (Индия), Yeng-Tat (Тайвань), Samwha (Корея), Ferroxcube, однако их продвижение сдерживается небольшим объемом и насыщенностью российского рынка.

Значительный сегмент рынка остается и у изготовителей отечественных материалов: ОАО «Ферроприбор» (Санкт-Петербург) и ЗАО НПФ «Феррокерам» (Украина) занимают нишу недорогих силовых типоразмеров, не имеющих точных зарубежных аналогов (например, Ш6 × 6, Ш4 × 8, ПК40 × 18).

В последнее время на российском рынке усиливается интерес и к новейшим маркам силовых материалов, аналогичным:

- N97 (Epcos), с уровнем потерь на 20% ниже, чем у базового материала N87;
- N92 (Epcos), который насыщается при токе, на 20% большем, чем N87;
- N49 (Epcos), позволяющий создавать преобразователи на частотах до 1 МГц.

Сравнительные характеристики этих марок и заменяющие их аналоги других изготовителей перечислены в таблицах 2 и 3.

Порошковые материалы

Традиционно российские разработчики могли использовать только сердечники на основе Мо-пермаллоя с проницаемостью от 14 до 250 и типоразмерным рядом от K7 × 4 × 3 до K52 × 36 × 14. Материалы, аналогичные High Flux и Kool Mμ (см. табл. 4), отсутствовали, т.к. отечественная

Таблица 4. Материалы фирм High Flux и Kool Mμ

Характеристики	Мо-пермаллой	High Flux	Kool Mμ
Начальная магнитная проницаемость	14...550	14...160	26...125
Потери	Самые низкие	Умеренные	Низкие
Зависимость проницаемости от намагничивания постоянного тока	Хорошая	Наилучшая	Средняя
Индукция насыщения, Тл	0,75	1,5	1,05
Содержание никеля	80%	50%	0%
Удельная стоимость	Высокая	Средняя	Низкая

Таблица 5. Материалы фирм Magnetics и Arnold

Magnetics	Arnold	Отечественный аналог	Ближайший зарубежный аналог
77280-A7	MS-038125-8	МП140 K10 × 6 × 3	HS125 R9,65 × 4,78 × 3,18
77290-A7	-	МП140 R10 × 6 × 4,5	HS125 R9,65 × 4,78 × 3,96
77050-A7	MS-050-125-2	МП140 K13 × 7 × 5	HS125 R12,7 × 7,62 × 4,75
77120-A2	MS-065125-2	МП140 K15 × 7 × 6,7	HS125 R16,5 × 10,2 × 6,35
77380-A7	MS-068125-2	МП140 K17 × 10 × 6,5	HS125 R17,3 × 9,65 × 6,35
77206-A7	MS-080125-2	МП140 K20 × 12 × 6,35	HS125 R20,3 × 12,7 × 6,35
77350-A7	MS-092125-2	МП140 K24 × 13 × 7	HS125 R23,6 × 14,4 × 8,89
77324-A7	MS-141125-2	МП140 K36 × 25 × 9	HS125 R35,8 × 22,4 × 10,5
77254-A7	MS-157125-2	МП140 K44 × 28 × 10,3	HS125 R39,9 × 24,1 × 14,5
77715-A7	MS-200125-2	МП140 K52 × 36 × 14	HS125 R50,8 × 31,8 × 13,5

промышленность их не выпускала. В настоящее время на рынке России представлена также продукция фирм Magnetics и Arnold (см. табл. 5).

Возможность использования сердечников из данных материалов с диаметром до 78 мм открывает новые возможности для создания мощных преобразователей. Наличие диэлектрического покрытия облегчает намотку и увеличивает долговечность изделий при эксплуатации в условиях неблагоприятной климатической.

Сердечники на основе Мо-пермаллоя характеризуются наименьшими потерями, идеальной временной и температурной стабильностью магнитной проницаемости, что делает их незаменимыми для создания высокостабильных прецизионных катушек индуктивности. Однако достаточно высокая стоимость, вызванная высоким содержанием никеля, не всегда позволяет использовать их в массовых изделиях.

С этой точки зрения особый интерес для использования в изделиях силовой электроники представляют недорогие материалы типа Kool Mμ (Sendust), представляющие собой сплав железа с алюминием.

По экономическим показателям средняя цена 1 кг ферритовых изделий в мощных преобразователях составляет около 10 долл., сердечников на основе Мо-пермаллоя – 80 долл., а сендастовых сердечников Kool Mμ – 30 долл.

Наличие типоразмеров большого диаметра, относительно низкие поте-

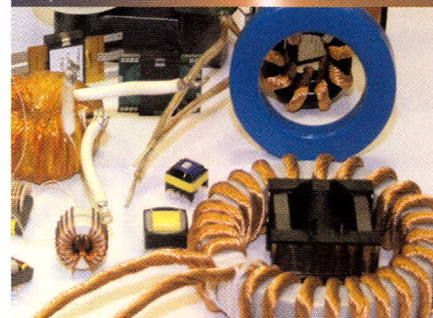
ри в сочетании с большой величиной индукцией насыщения и, что немаловажно, доступные цены делают магнитопроводы из материала Kool Mμ перспективными для применений в моточных изделиях для силовых преобразователей энергии.

Северо-Западная лаборатория

Генеральный представитель Epcos
по ферритам в России и СНГ

ЗАО «Лэпкос» СЗЛ предлагает со склада:

- Ферритовые сердечники Epcos и ЗАО НПФ Феррокерам
 - Недорогие материалы с высокой индукцией насыщения (MPP, Kool M, High Flux, Iron Powder, Magnetics и Micrometals)
 - Наномангнитные материалы для мощной силовой электроники
 - Намоточные каркасы, скобы, материалы для намотки
 - Пассивные компоненты фирмы Epcos
- ЗАО «СЗЛ» является крупнейшим в СНГ изготовителем трансформаторов и дросселей мощностью от 1 Вт до 150 Квт, работающих в диапазоне от 10 Гц до 150 МГц для силовой электроники, светотехники, телекоммуникаций. Осуществляется разработка и изготовление трансформаторов по документации или ТЗ Потребителя.



т/ф (812)389-11-54, (812)389-51-80
e-mail: epcos@ferrite.ru http://www.ferrite.ru

Прецизионные системы сбора данных семейства MSC12xx фирмы Texas Instruments

(часть 4)

Павел Редькин (г. Ульяновск)

Автор завершает описание микросхем семейства MSC12xx. В этой части представлена информация о работе с демонстрационными программами обслуживания аналого-цифровых преобразователей, для которых в качестве первичного измерителя выступает устройство MSC12xx, а в качестве устройства отображения, обработки результатов и управления – персональный компьютер. Кроме того, приведена практическая конструкция на базе устройства MSC12xx – цифровой прецизионный вольтметр; рассказано о построении его управляющей программы и о методике калибровок и измерений

КОМПЬЮТЕРНЫЕ ПРОГРАММЫ ОБСЛУЖИВАНИЯ АЦП MSC12xx

Как уже упоминалось, многие управляющие программы для MSC12xx, предлагаемые производителем, в качестве интерфейса ввода/вывода требуют использования компьютерной терминальной программы или иной компьютерной программы поддержки с условием постоянного подключения системы к компьютеру через встроенный порт USART. К таким программным продуктам можно отнести демонстрационные программы обслуживания АЦП MSC12xx: MSC12xx EVM Demo и Texas Instruments MSC1210 ADC Demo Program. Они свободно распространяются TI [1] и входят в состав набора программного обеспечения разработки/отладки отладочных комплектов MSC12xxEVM. Каждый из этих продуктов включает в себя компьютерную программу с графическим интерфейсом поддержки обмена отладочной платой с ПЭВМ, а также встроенную управляющую программу (hex-файл прошивки), загружаемую во Flash-память микроконтроллера MSC12xx отладочной платы. Каждая из программ (MSC12xx EVM Demo и Texas Instruments MSC1210 ADC Demo Program) позволяет на базе отладочной платы MSC12xxEVM построить прецизионный цифровой вольтметр с широким набором настроек его параметров, а также режи-

мов и форматов отображения/обработки результатов измерений.

Программа Texas Instruments MSC1210 ADC Demo Program при установке создаёт на жёстком диске компьютера каталог MSC1210_ADC_Demo с одноимённым исполняемым файлом в нём, а программа MSC12xx EVM Demo – каталог Texas Instruments, содержащий исполняемый файл MSC12xx Demo.exe. Обе эти программы используют один и тот же файл прошивки Flash-памяти микроконтроллера – MSC1210_ADC_Demo.hex. Перед запуском любого из указанных исполняемых файлов необходимо подключить отладочную плату MSC12xxEVM через разъём XR6 UART0 (см. рис. 16) к COM-порту компьютера с помощью стандартного кабеля RS-232 и включить питание платы. При этом DIP-переключатели SA1, SA2 (рис. 16) в цепях обеспечения сброса микроконтроллера и загрузки его встроенной Flash-памяти с помощью сигналов DTR, RTS интерфейса RS-232 должны быть замкнуты.

После запуска исполняемого файла программа начнёт поиск подключённой к ПЭВМ отладочной платы путём опроса всех имеющихся COM-портов компьютера. В случае обнаружения подключённой платы программа начнёт загрузку во Flash-память микроконтроллера файла MSC1210_ADC_Demo.hex с жёсткого диска ПЭВМ. Процесс за-

грузки будет графически отображаться в нижней части окон программ MSC12xx EVM Demo и Texas Instruments MSC1210 ADC Demo Program. При этом программа самостоятельно определит значение тактовой частоты микроконтроллера отладочной платы и отобразит это значение в поле Clock Frequency своего окна. После завершения загрузки программа произведёт сброс микроконтроллера отладочной платы и сделает в своём главном окне графические кнопки RESET и Run ADC активными. Активными также станут кнопки настроек в полях ADC Setting, Input Channels, Display и другие, с помощью которых можно осуществлять следующие манипуляции:

- задавать параметры и режимы встроенного АЦП микроконтроллера,
- задавать параметры и режимы программируемого усилителя, цифрового фильтра, ЦАП смещения, входного буфера и других вспомогательных аналоговых узлов,
- выбирать активные входы АЦП,
- устанавливать (выбирать) величину опорного напряжения,
- производить калибровки,
- задавать режим усреднения результатов и т.д.

Когда встроенное АЦП MSC12xx не производит преобразования, все эти настройки по мере их изменения пользователем в окне программы передаются в отладочную плату из компьютера через COM-порт и записываются в соответствующие PCN (регистры специального назначения) микроконтроллера. Дополнительно программа позволяет выбирать единицы (вольты или дискреты АЦП) и формат (десятичный или шестнадцатеричный) представления результатов преобразования, объём графически отображаемой выборки результатов преобразований, пара-

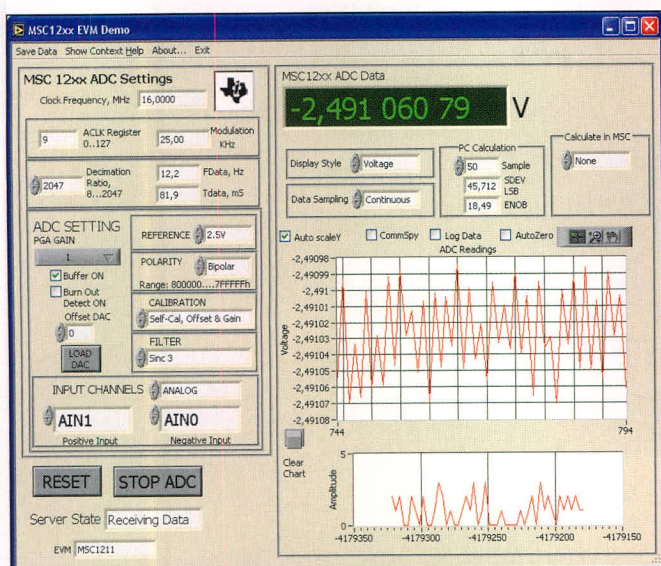


Рис. 19. Процесс осуществления преобразований в отладочной плате совместно с MSC12xx EVM Demo

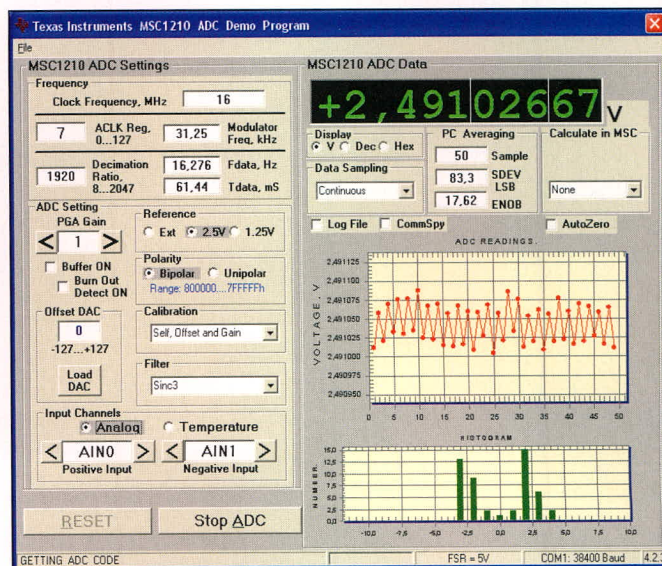


Рис. 20. Процесс осуществления преобразований в отладочной плате совместно с MSC1210 ADC Demo Program

ваний, параметры, строящиеся по этой выборке гистограммы и т.д.

После щелчка левой кнопкой мыши на кнопке Run ADC встроенное АЦП микроконтроллера начинает выполнять преобразования, результаты которых непрерывно передаются из отладочной платы в компьютер и отображаются в поле MSC1210 ADC Data (MSC12xx ADC Data) окна программы. Кроме того, в соответствующих полях окна графически отображается выборка из заданного количества измерений и построенная по этой выборке гистограмма. Процесс работы программ MSC12xx EVM Demo и Texas Instruments MSC1210 ADC Demo Program совместно с отладочной платой иллюстрируется рис. 19 и 20 соответственно. Для изменения настроек АЦП или аналоговой периферии необходимо сначала остановить преобразования с помощью кнопки Stop ADC.

Экспериментируя с программами MSC12xx EVM Demo и Texas Instruments MSC1210 ADC Demo Program, можно легко подобрать оптимальные параметры АЦП и аналоговой периферии микроконтроллера под конкретные условия (входное измеряемое напряжение, требуемые точность и эффективное разрешение преобразования и т.д.), с тем чтобы затем установить найденную комбинацию параметров в конечной целевой пользовательской системе с MSC12xx. Кроме того, как уже отмечалось, каждую из этих программ совместно с платой удобно использовать в качестве прецизионного цифрового вольтметра.

ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ НА БАЗЕ MSC12xx

В заключение вниманию читателей предлагается целевое пользовательское устройство, спроектированное на базе микросхемы MSC1211Y5. Это прецизионный цифровой вольтметр с индикацией результатов измерений на встроенном ЖКИ. Помимо «штатных» калибровок, имеющихся в составе MSC1211 и реализованных в пользовательском интерфейсе вольтметра, в устройстве обеспечена возможность дополнительной программной калибровки с сохранением её результатов во встроенной Flash-памяти данных. При разработке этого пользовательского устройства были поставлены следующие основные задачи:

- достижение максимально возможных для используемой аппаратной платформы точности и разрешающей способности измерений в выбранном диапазоне входных сигналов;
- реализация всего устройства на одной микросхеме;
- осуществление калибровочных операций в устройстве только с помощью цифрового пользовательского интерфейса (кнопки + ЖКИ) без проведения каких-либо аналоговых регулировок, подстроек и т.п. (за исключением аналоговой подстройки переменным резистором контрастности изображения ЖКИ).

Предложенный вариант цифрового вольтметра интересен прежде всего тем, что обеспечивает достаточно хорошие характеристики при ми-

нимальных аппаратных затратах: требуется всего одна микросхема и можно измерять микровольты! Традиционный подход к построению аналогового устройства предполагает использование по меньшей мере трёх микросхем: прецизионного ИОН, прецизионного АЦП и управляющего микроконтроллера.

Принципиальная схема вольтметра приведена на рис. 21. Она построена на базе отладочной платы MSC12xxEVM (см. рис. 16). Разъём XR2, адаптер уровней интерфейса RS-232 DD2 с элементами его «обвязки», а также супервизор перехода в режим программирования DD4 служат только для загрузки управляющей программы во встроенную Flash-память DD1 MSC1211Y5. После программирования Flash-памяти эти элементы из схемы можно удалить, оставив выводы DD1 P3.0/RxD0, P3.1/TxD0, PSEN/OSCCLK/MODCLK неподключенными. При программировании перед запуском программы-загрузчика Flash-памяти необходимо однократно нажать на кнопку SB2 LOAD.

Для дополнительного сглаживания шумов во входном измеряемом напряжении и улучшения эффективной разрешающей способности преобразований используются фильтрующие цепочки R1, C5 и R2, C6. Эти элементы должны иметь малые размеры, располагаться по возможности ближе к корпусу микросхемы DD1. Кроме того, их целесообразно экранировать. Проводники, идущие от резисторов R1 и R2 к щупам разъёма XP1 Уизм, также должны быть заключены в эк-

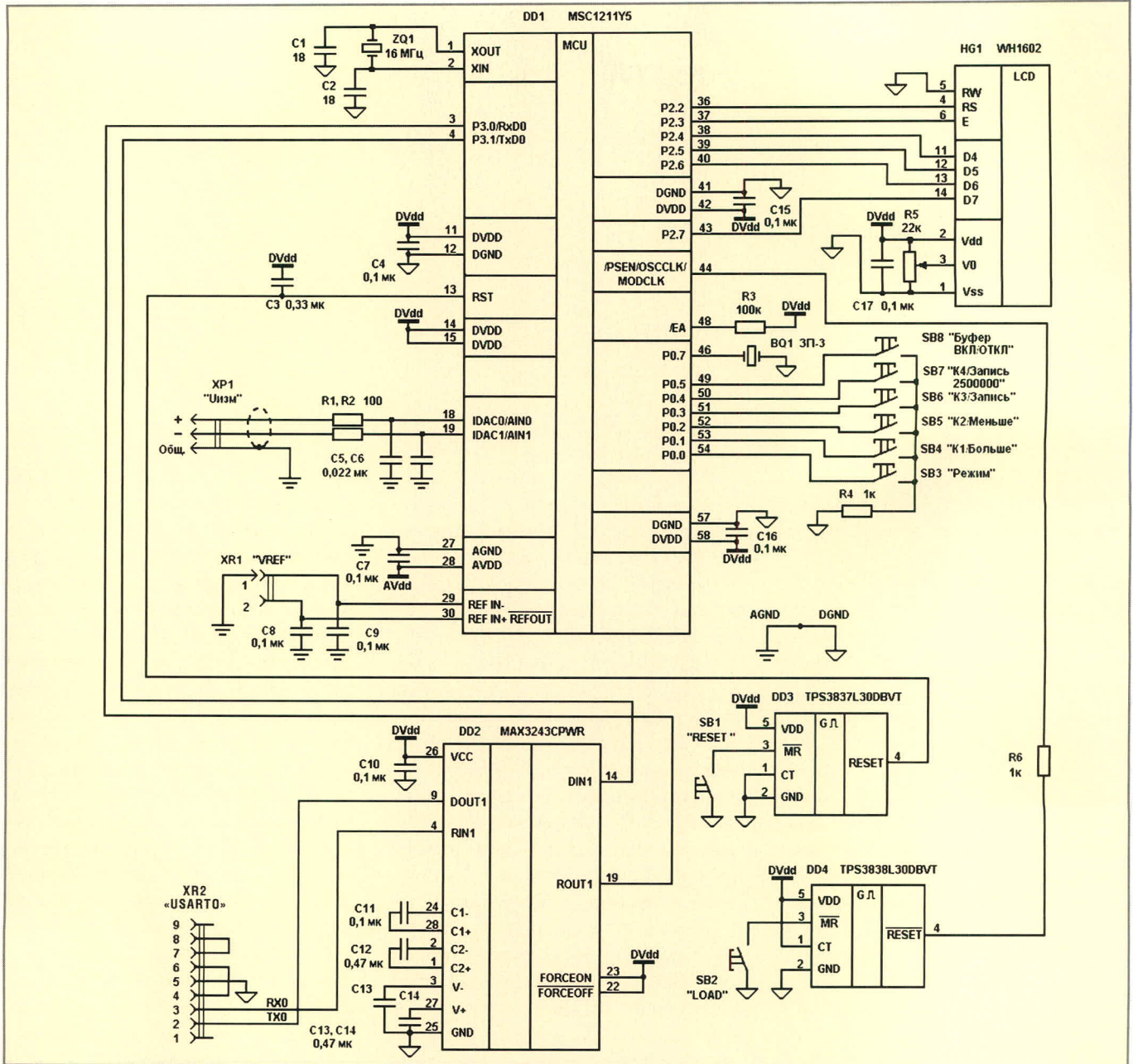


Рис. 21. Принципиальная схема цифрового прецизионного вольтметра на базе MSC1211

ран, соединённый с аналоговой «землёй» устройства, и иметь по возможности минимальную длину.

Пьезоэлектрический излучатель BQ1 предназначен для генерации звуковых сигналов пользовательского интерфейса вольтметра: «озвучивания» нажатий на клавиши, а также успешного завершения записи во встроенную в микросхему DD1 Flash-память данных. Звуковые сигналы генерируются программно, без использования встроенного модуля ШИМ/тонального генератора микроконтроллера.

Управление вольтметром осуществляется с помощью кнопок SB3 – SB8, которые в комментариях к исходному тексту управляющей программы будут именоваться для краткости кнопками 0 – 5 соответственно.

Встроенная управляющая программа вольтметра позволяет производить циклические измерения (преобразования) и все виды заложенных производителем в MSC1211 калибровок для модуля АЦП MSC1211 в выбранном дифференциальном канале (AIN0+ – AIN1–), в выбранном диапазоне входных сигналов (от 0 до напряжения встроенного ИОН), униполярном режиме и при частоте обновления выходных данных 2 Гц с использованием в качестве ИОН АЦП встроенного ИОН с выбранным напряжением 2,5 В. Кроме того, в программе задана характеристика цифрового фильтра третьего порядка вида sinc3. Программное управление входным буфером АЦП (его включение и отключение) реализовано в составе пользовательского

интерфейса вольтметра. При подключении отрицательного входа дифференциальной пары AIN1 к аналоговой «земле» устройство может производить измерения входного напряжения, подаваемого на вход AIN0, относительно общего провода.

Все перечисленные параметры настройки модуля АЦП могут быть легко изменены путём коррекции байтовых констант инициализации в исходном тексте управляющей программы, о чём будет подробнее сказано ниже.

Результат каждого преобразования пересчитывается программой в милливольты и индицируется в верхней строке ЖКИ в десятичном представлении в формате X,XXXXXX В, т.е. в целых и дробных вольтах с разрешением 1 мкВ. С учётом того, что в диа-

пазоне 2,5 В АЦП MSC12xx обеспечивает значение уровня собственных шумов около 1,5 мкВ [2], лучшее разрешение при индикации результата использовать не имеет смысла.

Вольтметр имеет три режима работы: «измерение» (режим 0), «калибровка 1» (режим 1) и «калибровка 2» (режим 2). Измерения и индикация входного напряжения производятся в каждом из этих режимов, однако в двух последних дополнительно доступны различные калибровочные операции (о них будет рассказано ниже). Переключение между режимами осуществляется по кольцу с помощью кнопки SB3 «Режим». Номер текущего режима (0, 1 или 2) отображается с левого края нижней строки ЖКИ. Кроме того, в любом режиме можно включить/отключить входной аналоговый буфер АЦП с помощью кнопки SB8 «Буфер ВКЛ/ОТКЛ». Включенное состояние буфера индицируется символом «В» с правого края нижней строки ЖКИ.

В режиме «измерение», в который вольтметр переходит после сброса по умолчанию, никакие калибровки не доступны, устройство только производит циклические измерения входного напряжения и индицирует измеренное значение на ЖКИ в указанном выше формате.

В режиме «калибровка 1», помимо измерений, при нажатии на кнопку SB4 «К1/Больше» происходит автокалибровка смещения АЦП, а при нажатии на кнопку SB5 «К2/Меньше» – усиления АЦП. При проведении этих двух калибровок наличие или отсутствие внешних сигналов на входах АЦП AIN0 и AIN1 роли не играет. При нажатии на кнопку SB6 «К3/Запись» производится системная калибровка смещения. Перед её проведением на входы АЦП AIN0 – AIN1 необходимо подать внешнее напряжение системного «нуля». Для этого достаточно замкнуть накоротко между собой щупы разъёма XP1 «+» и «-», ни с чем их не соединяя. После проведения двух вышеназванных калибровок смещения из результата преобразования будет автоматически вычитаться составляющая, обусловленная наличием внешнего смещения на входах АЦП при отсутствии входного измеряемого напряжения. При нажатии на кнопку SB7 «К4/Запись 2 500 000» производится системная калибровка усиления. Перед проведением системной калибровки усиления на входы АЦП

AIN0 – AIN1 необходимо подать внешнее напряжение системного верхнего предела шкалы. В схеме на рис. 21 для этого достаточно подключить отрицательный вход AIN1 к аналоговой «земле» AGND, а положительный вход AIN0 – к выводу REF IN+/REFOUT (вывод 30) DD1. После проведения двух вышеназванных калибровок усиления результат преобразования будет приведён к значению опорного напряжения, т.е. будет равен максимально возможному значению кода АЦП (FFFFFFh) при входном измеряемом напряжении, равном опорному.

После проведения любой из калибровок модуль АЦП автоматически переходит в режим циклических рабочих преобразований, поэтому результат проведения калибровки пользователь может наблюдать немедленно. Например, после проведения системной калибровки смещения можно оценить реальную (эффективную) разрешающую способность АЦП по уровню собственных шумов АЦП. После окончания калибровки и автоматического перехода АЦП в режим преобразований при замкнутых между собой входах АЦП AIN0 – AIN1 меняться будет только один младший разряд результата, а остальные разряды будут неизменными и нулевыми. Если считать, что этот меняющийся младший разряд отражает влияние собственных шумов АЦП, то получим значение собственных шумов АЦП в диапазоне единиц микровольт. Другими словами, АЦП интерпретирует внешнее короткое замыкание своих дифференциальных входов как нулевое входное напряжение с точностью до нескольких микровольт. На самом деле уровень собственных шумов АЦП MSC12xx ещё меньше [2], однако в нашем случае невозможно оценить его точнее, поскольку отображаемый на ЖКИ результат преобразования округляется программой при пересчёте из дискрет АЦП в микровольты.

Все указанные калибровки рекомендуется всегда производить перед началом рабочих измерений после включения питания (сброса) устройства. В противном случае потенциально достижимое эффективное разрешение реально достигнуто не будет. Заметим, что эту подготовительную процедуру можно несколько упростить. Для этого надо изменить программу, например, задать запуск

автоматической калибровки смещения и усиления от одной кнопки с некоторым программным интервалом.

Если проведение рабочих измерений предполагается при включенном аналоговом буфере АЦП, то и калибровки следует производить при включенном буфере. В связи с этим необходимо отметить следующее. Проводя системную калибровку усиления при выбранной схеме подачи на входы АЦП напряжения системного верхнего предела шкалы (соединение AIN1 с AGND и AIN0 – с REF IN+/REFOUT), для входа AIN1 выходим за нижний предел допустимого входного напряжения буфера АЦП относительно общего провода (этот предел составляет AGND + 50 мВ). Для такого случая производитель MSC12xx не гарантирует достоверность результатов преобразований, хотя, по наблюдениям автора, заметного влияния на результаты преобразований это обстоятельство не оказывает.

Для пояснения сути калибровочных операций, доступных пользователю в режиме «калибровка 2», необходимо привести описание процедуры получения результата измерений, отображаемого на ЖКИ. Результат вычисляется по следующей формуле: $U_{\text{вх}} = (n \times 2\,500\,000) / (2^{24} - 1)$ [мкВ], где n – результат АЦП в дискретах, 2 500 000 – константа-множитель, равная значению опорного напряжения в микровольтах, $2^{24} - 1 = \text{FFFFFFh}$ – константа-делитель, равная значению максимального результата АЦП в дискретах.

Константа-множитель 2 500 000 = 2625A0h входит в формулу в допущении, что величина опорного напряжения встроенного ИОН равна строго 2,5 В, однако, как было сказано в первой части статьи, точность заводской установки напряжения встроенного ИОН составляет 0,2%. Это даёт возможную ошибку измерений до 5000 мкВ. Для устранения источника этой ошибки в режиме «калибровка 2» реализована возможность пользовательской коррекции константы-множителя с сохранением скорректированного значения в Flash-памяти, встроенной в MSC1211. Строго говоря, во Flash-памяти хранится не вся эта константа, а только два её младших байта, которые выгружаются оттуда в ОЗУ при включении питания (сбросе) устройства, а затем используются в вычислениях. Старший байт константы, равный 26h, жёстко задан в программе. В режиме «калибровка 2», помимо измерений и

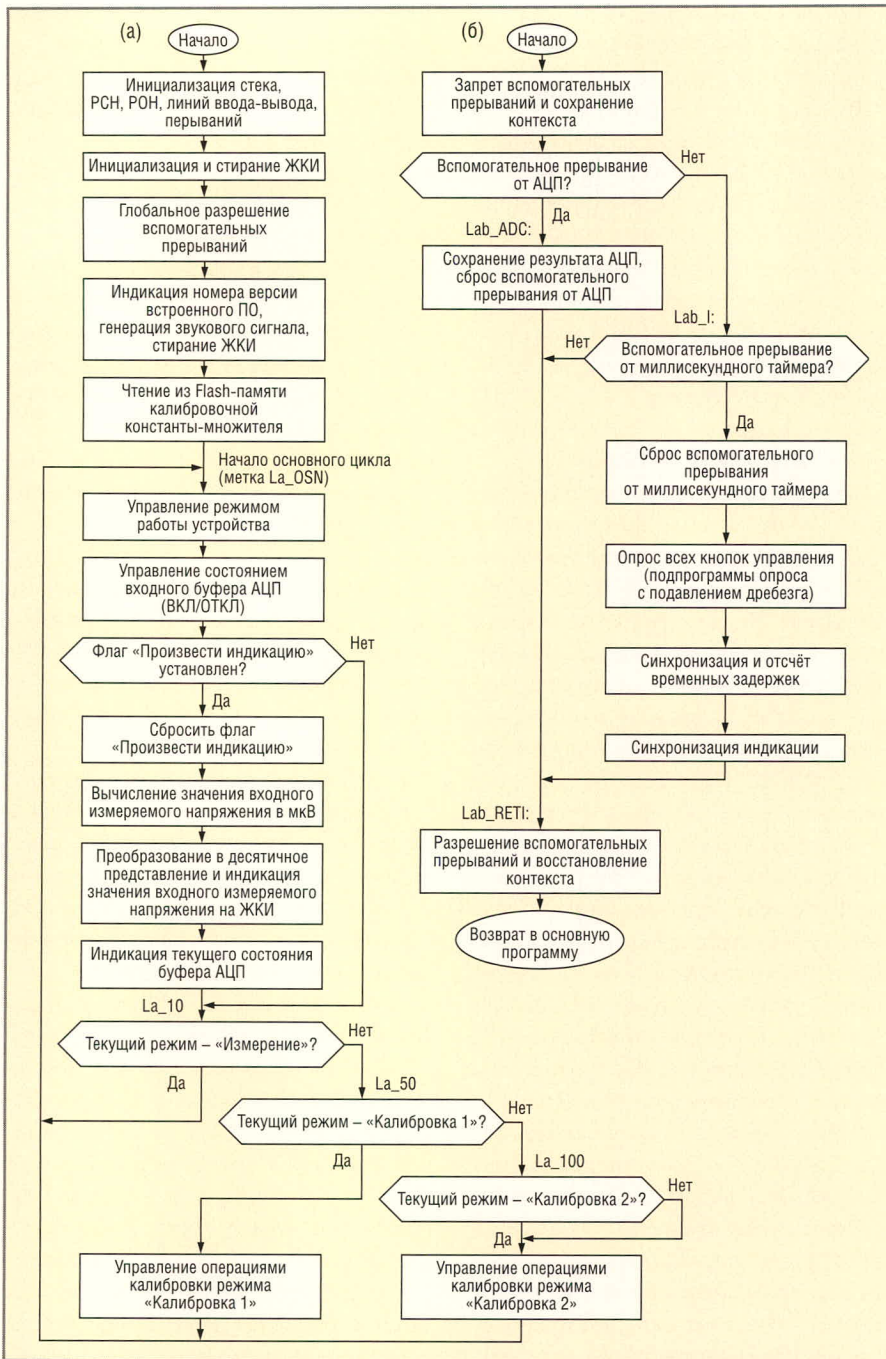


Рис. 22. Блок-схема алгоритма основной программы (а) и программы-обработчика вспомогательных прерываний (б)

индикации результата, текущее значение константы в десятичном виде индицируется в нижней строке ЖКИ. При нажатии на кнопку SB4 «К1/Больше» текущее значение константы, находящееся в ОЗУ MSC1211, увеличивается на единицу. При этом при переполнении младшего байта автоматически производится перенос в средний байт, что даёт возможность производить коррекцию значения константы в диапазоне от 260000h = 2 490 368 до 26FFFFh = 2 555 903. При нажатии на кнопку SB5 «К2/Меньше» текущее значение константы в ОЗУ уменьшается на единицу также с учё-

том автоматического переноса (заёмом). При нажатии на кнопку SB6 «К3/Запись» производится сохранение текущего значения двух младших байт константы из ОЗУ во Flash-памяти данных. При нажатии на кнопку SB7 «К4/Запись 2 500 000» производится сохранение по тем же адресам Flash-памяти данных двух младших байт числа 2 500 000: 25h и A0h. Последняя операция включена в состав пользовательского интерфейса для начального задания номинального значения константы-множителя при первом включении устройства после «прошивки» Flash-памяти программ.

Таким образом, алгоритм компенсации ошибки измерений, обусловленной неточностью заводской установки напряжения встроенного ИОН, может быть следующим:

- измерить эталонным вольтметром значение напряжения встроенного ИОН MSC1211 с точностью до микровольта (измерение производить на выводе REF IN+/REFOUT относительно AGND с экранировкой проводов, минимальной длиной проводов и другими необходимыми мерами);
- подключить отрицательный вход AIN1 к аналоговой «земле» AGND, а положительный вход AIN0 – к выводу REF IN+/REFOUT, с соблюдением мер, указанных в предыдущем пункте;
- установить отображаемый на ЖКИ результат преобразований равным измеренному значению напряжения путём коррекции константы-множителя в режиме «калибровка 2», а затем сохранить текущее значение константы во Flash-памяти кнопкой «К3/Запись».

В качестве измеряемого напряжения не обязательно использовать напряжение встроенного ИОН. Можно взять любой другой достаточно стабильный источник, например, микросхему прецизионного ИОН AD780 [6]. Напряжение этого источника может быть отличным от 2,5 В, однако результат коррекции будет тем лучше, чем ближе измеряемое напряжение к указанному значению.

Все шаги указанного алгоритма следует производить после проведения «штатных» калибровок (режим «калибровка 1»). В отличие от «штатных» калибровок, которые нужно проводить после каждого сброса устройства, этот алгоритм допустимо выполнить лишь однократно.

На рис. 22а приведена блок-схема алгоритма основной программы вольтметра, на рис. 22б – блок-схема программы-обработчика прерываний. Исходный текст управляющей программы прецизионного цифрового вольтметра на базе MSC1211 содержится в файле Vmeter.a51, который доступен на сайте журнала. Там же доступен и соответствующий этому исходному тексту файл «прошивки» Vmeter.hex.

Программа использует только вспомогательные прерывания: от АЦП (генерируются по завершении каждого преобразования) и от миллисекундного таймера (генерируют-

ся с частотой 100 Гц). Прерывания от таймера используются в системе для вызова событий, которые должны происходить циклически: опрос кнопок управления (подпрограммы Pod_OPR_KNOP0 – Pod_OPR_KNOP5), отсчёт временных задержек (подпрограмма Pod_SINHR), задание частоты обновления информации на ЖКИ (подпрограмма Pod_SIN_IND).

После сброса основная программа производит начальную инициализацию РСН и РОН MSC1211 (все настройки модуля АЦП, в частности, задаются в подпрограмме инициализации РСН Pod_INIT_RSN), инициализацию подключенного ЖКИ, а затем выводит на индикатор номер версии встроенной управляющей программы (подпрограмма Pod_Ind_Ver), сопровождая индикацию звуковыми сигналами. Затем программа копирует в ОЗУ из Flash-памяти данных два байта константы-множителя. После этого начинается выполнение основного цикла, в котором всегда производится обработка следующих подпрограмм:

- обнаружения нажатий на кнопку SB3 «Режим» (подпрограмма управления режимом работы Pod_REGIM),
- обнаружения нажатий на кнопку SB8 «Буфер ВКЛ/ОТКЛ» (подпрограмма управления состоянием буфера АЦП Pod_BUF_ON_OFF),
- периодическое вычисление значения входного измеряемого напряжения, преобразование его в десятичное значение и индикация на ЖКИ (подпрограммы Pod_VICH_REZ, Pod_Ind_REZ),
- индикация текущего состояния буфера АЦП (подпрограмма Pod_Ind_BUF).

Далее программа определяет для себя текущий режим работы и в зависимости от этого делает потенциально активным тот или иной набор сервисных (калибровочных) операций. Набор калибровочных операций для режима «калибровка 1» содержится в подпрограмме Pod_KAL1, для режима «калибровка 2» – в подпрограмме Pod_KAL2. В режиме «калибровка 2» дополнительно производится индикация текущего значения константы-множителя (подпрограмма Pod_Ind_KAL).

Обновление результата измерений на ЖКИ производится с выбранной в программе частотой 10 Гц. Эта частота задается частотой прерываний от миллисекундного таймера (100 Гц) и

значением делителя (10) в подпрограмме синхронизации индикации Pod_SIN_IND.

Операции целочисленного деления и умножения, производимые в подпрограмме Pod_VICH_REZ, реализуются с помощью подпрограмм целочисленной арифметики для N-байтных чисел, вызываемых из подключаемого файла math_n.a51 [7]. Для преобразования форматов представления чисел в программе используются подпрограммы, вызываемые из подключаемого файла преобр.a51 [2]. Эти файлы свободно доступны как оригинальные исходные тексты встроенного программного обеспечения для 8051-совместимых микроконтроллеров, описанных в работе [4].

Используемые в программе в качестве подключаемых файлы knop.a51 и lcd_del.a51 были описаны в предыдущей части этой статьи, а файл HCRConfig.a51 доступен на сайте журнала. Этот файл содержит ассемблерные директивы, определяющие содержимое аппаратных регистров конфигурации (HCR0, HCR1) MSC121x, которое автоматически записывается в них при программировании Flash-памяти.

Как можно видеть из файла HCRConfig.a51, в аппаратном регистре конфигурации HCR0 битовое поле DFSEL имеет значение 110, что означает задание в MSC121x Flash-памяти данных размером 1 Кб (в области адресов 0400h-07FFh). Поскольку по умолчанию в «чистой» микросхеме MSC1211Y5 Flash-память данных не задана, первое программирование MSC1211Y5 кодом, полученным в результате трансляции Vmeter.a51, необходимо производить с предварительным стиранием аппаратных регистров конфигурации (включить поле Erase Hardware Config в загрузчике TI Downloader).

Используемый в программе в качестве подключаемого файл rom.a51 доступен на сайте журнала. Он также свободно предоставляется компанией TI [1] и содержит список меток с заданными адресами в области загрузочного ПЗУ MSC1211. Эти метки являются точками входа в подпрограммы загрузочного ПЗУ. Управляющая программа вольтметра использует две такие подпрограммы: _page_erase – стирание страницы Flash-памяти и _write_flash_chk – запись байта в ячейку Flash-памяти. Операции с

Flash-памятью данных в программе производят следующие пользовательские подпрограммы: Pod_RD_KAL, Pod_ER_FLASHD, Pod_WR_FLASHD, Pod_WR_FLASHD_K. Как уже говорилось, во Flash-памяти данных (по адресам 0400h, 0401h) программа хранит два младших байта трёхбайтовой константы-множителя. Для их модификации программа предварительно стирает 128-байтную страницу с адреса 0400h, а затем записывает в ячейки с адресами 0400h, 0401h новое содержимое. После успешной модификации Flash-памяти программа генерирует трехкратный звуковой сигнал (подпрограмма Pod_3_ZWUK).

Как уже было сказано ранее, проект был выполнен в среде IDE RIDE, а программирование MSC1211Y5 осуществлено с помощью загрузчика TI Downloader.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В заключение следует заметить, что объём представленного в данной статье материала об устройствах семейства MSC12xx ограничен форматом журнала. Он не позволяет рассказать читателям о значительной части возможностей и особенностей замечательных устройств семейства MSC12xx. За рамками статьи остались также многочисленные сложнее аппаратные решения и области применения этих устройств, одним из отличительных признаков которых является принцип «построены на базе одной микросхемы!». Тем не менее, автор надеется, что эта статья подтолкнула читателей к поиску более подробной информации о микросхемах семейства MSC12xx.

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.
5. MSC1211 Precision ADC with 8051 Microcontroller and Flash Memory Evaluation Module. SBAU086 – 2003, Texas Instruments Incorporated (www.ti.com).
6. 2.5V/3.0V High Precision Reference AD780. Analog Devices. Inc., 2002 (www.analog.com).
7. www.pyrometer.ru.



Новые продукты от Anadigm

По материалам фирмы Anadigm

Фирма Anadigm хорошо известна на российском рынке как ведущий мировой производитель таких сложных компонентов, как ПАИС и аналоговые процессоры. Спектр продукции этой фирмы постоянно расширяется, а технические параметры изделий неуклонно растут. Эта заметка познакомит вас с новыми разработками фирмы: аналоговым процессором нового поколения и чипсетом для RFID-систем.

Недавно компания Anadigm анонсировала RangeMaster2™ – RFID-считыватель второго поколения, дающий возможность разработать единый «универсальный» считыватель, который может быть настроен для чтения различных типов меток радиочастотной идентификации (RFID) с различными типами модуляции и частотами. Семейство RangeMaster™ полностью поддерживает ВЧ- и УВЧ-протоколы EPC Gen 1 и Gen 2 (Class 0, 1, 2) и технические требования стандарта ISO18000-6. RangeMaster2™ – второй считыватель в семействе решений радиочастотной идентификации, который Anadigm разрабатывает для быстро расширяющихся рынков радиочастотной идентификации. Технология радиочастотной идентификации революционным образом меняет такие специфические области, как розничные продажи (от делового учёта до электронных платежей через мобильные телефоны) и медицинские приложения (гарантирующие, что пациенты больницы получают надлежащий уход и лечение).

RangeMaster2™ – это комплект из двух микросхем, включающий в себя динамически программируемый процессор аналогового сигнала (ASP) и RFID-считыватель. Он позволяет системным проектировщикам разработать универсальный считыватель меток радиочастотной идентификации, который может поддерживать разнообразные протоколы и частоты для

универсальных стационарных и портативных ручных считывателей, считывателей комбинированных штрихкодов и RFID-считывателей. Допуская стандартизацию на единой печатной плате для поддержки разнообразных конечных продуктов и приложений, RangeMaster2™ упрощает и ускоряет процесс проектирования изделия. Поколение RangeMaster™ позволяет не только уменьшить время разработки и собственные расходы для стационарных систем, но также даёт возможность создавать портативные считыватели, снизив требования к напряжению питания и потребляемой мощности.

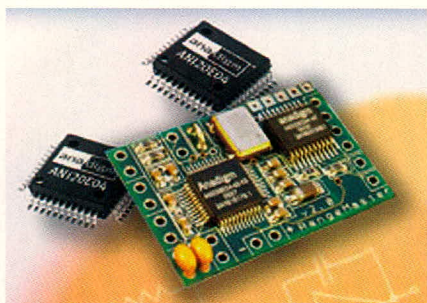
Напряжение питания RangeMaster2™ составляет 3,3 В, что позволяет обеспечить расширенный диапазон чтения и оптимизацию чувствительности с регулируемым усилением. Как малопотребляющий чипсет он идеально подходит и для портативных, и для стационарных считывателей. У пользователя есть возможность выбрать один из четырёх методов аналоговой обработки сигнала: Universal, EPC Gen 2 Twin, EPC Gen 2 Triple или Class 0. Чипсет RangeMaster2™ предоставляет пользователю возможность выбора из 16 предустановленных значений верхних и нижних поднесущих частот, а также выбор цифрового или аналогового выхода. С помощью удобного доступа через последовательный периферийный интерфейс (SPI) пользователь имеет возможность настроить разнообразные параметры без нарушения работы сигнального канала. Поскольку семейство RangeMaster™ основывается на аналоговой технологии, программируемой в режиме реального времени, можно оптимизировать параметры системы. Например, усиление считывателя радиочастотной идентификации в базовой полосе

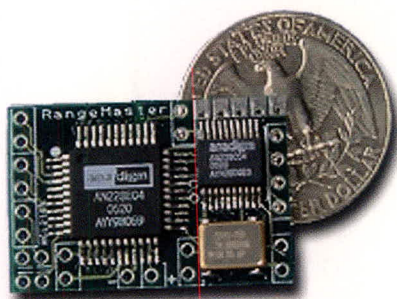
частот процессора аналогового сигнала может быть настроено на динамическую оптимизацию диапазона чтения метки. Или, к примеру, считыватель может быть калиброван потребителем так, чтобы устранить фоновые помехи, вызванные флюоресцентным освещением. RangeMaster™ даёт возможность декодирования пары частот EPC2 или избирательного декодирования единственной частоты. Набор микросхем обеспечивает обработку без ограничения сигнала и может выделить все информационные частоты от 0 до 800 кГц и выбранные частоты от 0 до 3,3 МГц. Подобно предшественнику RangeMaster1™, процессор для обработки сигналов RangeMaster2™ может управляться RFID-считывателем, обеспечивая расширенную оптимизацию I- и Q-каналов.

Ричард Райкер, президент Anadigm, заявил: «Промышленные аналитики ожидают, что мировой рынок радиочастотной идентификации составит несколько миллиардов долларов в 2010 г. и считыватели радиочастотной идентификации будут значимым компонентом этого роста. RangeMaster2™ демонстрирует выполнение обязательств Anadigm перед рынком. Наше изделие нового поколения имеет расширенные возможности при 3,3-вольтовом рабочем напряжении. Оно даст возможность создать больше проектов портативных и стационарных RFID-считывателей.»

Другой новый продукт от Anadigm – высокоэффективный экономичный динамически программируемый процессор аналогового сигнала (dpASP) третьего поколения AN231E04. Этот процессор питается от источника напряжением 3,3 В и по сравнению со своим предшественником второго поколения потребляет мощность втрое меньшую, а производительность имеет вдвое более высокую. Процессор AN231E04 предназначен для обработки аналогового сигнала в считывателях радиочастотной идентификации, звукозаписывающей и звуковоспроизводящей аппаратуре, а также в широком диапазоне промышленных приложений.

Аналоговый процессор AN231E04 идеально подходит для приложений, в которых требуется формирование





аналогового сигнала, фильтрация, регулировка усиления, детектирование, суммирование, вычитание, умножение, и т.п. Применение AN231E04 для обработки сигналов в аналоговой области вместо традиционного аналогового или цифрового процессора существенно уменьшает период проектирования и время окупаемости разработки для многих приложений. Уменьшение напряжения питания до 3,3 В при номинальной потребляемой мощности 125 мВт представляет особый интерес для разработчиков, создающих устройства с автономным питанием. Кроме того, удвоение производительности даёт возможность разработчику расширить полосу пропускания аналогового сигнала до 999 кГц, а для ряда специфических приложений, например, UHF RFID Class 0, до 2 МГц.

Существенным шагом вперёд является добавление функции обнуления по постоянному току, уменьшающей типовое входное напряжение смещения CMOS-операционного усилителя с 4 мВ до менее чем 250 мкВ. Эта функция управляется пользователем и может выполняться автоматически после конфигурации системы или в любой последующий момент, например, при изменении температуры окружающей среды.

Процессор AN231E04 состоит из матрицы полностью конфигурируемых аналоговых блоков размером 2 × 2, обрамлённых программируемыми блоками коммутации и аналоговыми узлами ввода/вывода с активными элементами. Встроенный генератор формирует от внешнего стабильного источника тактовых импульсов несколько неперекрывающихся по времени синхросигналов, необходимых для оптимизации и точной настройки параметров конфигурируемого аналогового модуля (CAM). Два внутренних синхросигнала имеют задаваемый пользователем фазовый сдвиг, что даёт возможность оптимизировать работу синхронных демодуляторов. Внутренний опорный источник используется

для создания термокомпенсированных уровней опорных напряжений, а наличие таблицы соответствия объёмом 8 × 256 бит даёт возможность синтезировать сигнал требуемой формы и ряд нелинейных функций.

Информация о конфигурации сохраняется во внутренней SRAM-памяти. Кроме того, предусмотрен SP-интерфейс, обеспечивающий простую последовательную загрузку данных конфигурации от микропроцессора или DSP. Наличие теневого ОЗУ позволяет загружать различные схемные конфигурации без нарушения работы основной схемы. «Процессор AN231E04 был задуман в результате анализа пожеланий наших потребителей, которые нуждались в большей производительности таких приложений, как распознаватели электронного кода в диапазоне СВЧ и портативные RFID-считыватели. Ключевая особенность процессора AN231E04 состоит в том, что он может динамически реконфигурироваться в процессе работы микропроцессором или DSP. Это даёт возможность AN231E04 быть запрограммированным для выполнения многих аналоговых функций или перестраиваться «на лету», сохраняя точность вычислений при изменении параметров окружающей среды» – сказал Ричард Райкер.

Разработчики могут программировать AN231E04 с помощью AnadigmDesigner2. Это программное обеспечение даёт проектировщикам возможность создавать сложные аналоговые функции, используя конфигурируемые аналоговые модули (CAM) в качестве стандартных блоков. С удобным в работе интерфейсом процесс проектирования может измеряться в минутах вместо часов или дней, давая возможность быстро создавать и моделировать полные аналоговые системы и затем загружать их в AN231E04 для тестирования и использования.

Процессор AN231E04 выполнен в ультратонком корпусе QFN размера 7 × 7 × 0,9 мм с 44 выводами, соответствующем требованиям RoHS.

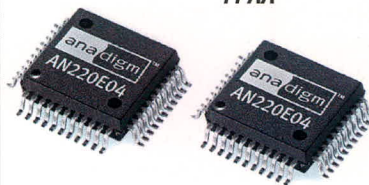
Образцы и промышленные изделия фирмы Anadigm доступны на фирме ПРОСОФТ (www.prochip.ru). Программное обеспечение Anadigm-Designer2 доступно для свободной загрузки после регистрации на сайте www.anadigm.com.

ana digm™

Программируемые аналоговые интегральные схемы (FPAА):

весь спектр аналоговой электроники на одном кристалле!

Микросхемы FPAА



ОСНОВНЫЕ ДОСТОИНСТВА FPAА

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

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

PROSOFT®

ПРОСОФТ – АКТИВНЫЙ КОМПОНЕНТ ВАШЕГО БИЗНЕСА
Телефон: (495) 234-0636 • E-mail: info@prochip.ru • Web: www.prochip.ru

Защита высокоскоростных коммуникационных портов

Тим Ардлей (США)

Перевод Игоря Волобуева

В статье приведены некоторые общие сведения о стандартах IEEE 1394 и USB в высокоскоростных и низкоскоростных применениях.

Рассмотрены вопросы защиты портов, а также линий питания и данных при перегрузках по току и напряжению. Рассмотрен также стандарт IEC 61000-4-2 и уровни защиты от электростатических импульсов.

Порты USB

Стандарт USB (Universal Serial Bus) предоставляет возможность одному USB-порту управлять 127 периферийными USB-устройствами с одного хоста (ПК, узел сети). Также USB позволяет широкому кругу устройств с малым потреблением, таких как USB-фонарики, зарядные устройства мобильных телефонов, переносные жёсткие диски для ноутбуков, получать питание от хоста и не использовать собственные источники питания. Протокол USB 1.1 обеспечивает скорость передачи данных до 12 Мбит/с. Протокол USB 2.0 (последняя версия) обеспечивает скорость передачи данных до 480 Мбит/с. Протокол USB 2.0 использует стандартные разъёмы А для подключения к хосту и стандартные разъёмы В для подключения к периферии. Поскольку они слишком ве-

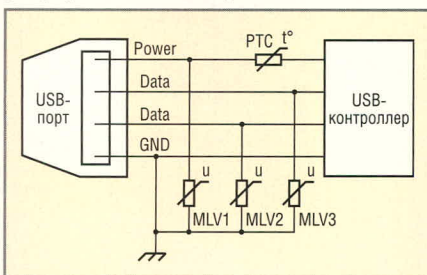


Рис. 1. Принципиальная схема защиты по току и напряжению USB-порта

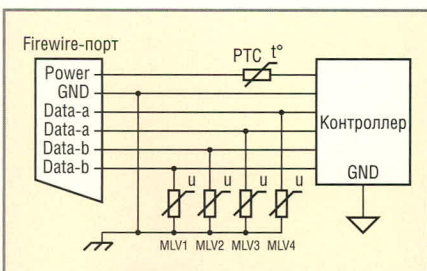


Рис. 2. Принципиальная схема защиты по току и напряжению IEEE1394 портов

лики для переносных устройств, часто используются разъёмы мини-А и мини-В.

Самый последний стандарт USB OTG (On The Go) разрешает периферийному оборудованию (PDA, цифровые фотоаппараты и мобильные телефоны) соединяться друг с другом (рис. 1). Например, USB OTG разрешает цифровому фотоаппарату посылать файлы напрямую на принтер без использования компьютера. Оборудование стандарта USB OTG может являться или хостом, или периферией, и имеет возможность переключаться в процессе работы. У оборудования с поддержкой USB OTG интерфейсные разъёмы меньше по размеру. К ним можно подключать разъёмы или мини-А, или мини-В. Такие разъёмы называют мини-АВ.

Порты IEEE 1394 (FIREWIRE™, i.LINK™)

Институт ИЭР опубликовал стандарты последовательного подключения, получившие названия IEEE 1394A (поддерживает передачу данных со скоростью 400 Мбит/с) и IEEE 1394B (поддерживает – 800 Мбит/с). Эти стандарты важны, когда требуется передача видео реального времени или больших объёмов данных. Стандарт IEEE 1394 предусматривает возможность подключения до 63 внешних устройств к одному порту.

Разводка по стандарту IEEE 1394 отличается от разводки USB использованием для связи двух витых пар вместо одной. Каждая пара отдельно экранирована внутри кабеля – одна используется для передачи данных, другая – для приёма. Экранирование кабеля критично для уменьшения внешней интерференции, приводящей к порче би-

тов данных. Перехлест линий от драйвера к приёмнику происходит в кабеле.

Существует возможность питания от хоста устройств мощностью до 45 Вт (рис. 2). Источник питания может поддерживать максимум до 1,5 А при абсолютном максимуме напряжения в 40 В. В то время как такая возможность позволяет цифровым фотоаппаратам и PDA получать питание от порта, высокая плотность тока требует наличия защиты от перегрузки по току.

ЗАЩИТА ЛИНИЙ ПИТАНИЯ ОТ ПЕРЕГРУЗКИ ПО ТОКУ

Сопротивление термистора с положительным температурным коэффициентом (Positive Temperature Coefficient – PTC) значительно увеличивается с ростом его температуры за счёт теплового действия тока (I^2R). Рабочий ток – это максимальный ток, который PTC-термистор будет проводить при максимальном напряжении без отключения. Этот параметр обычно указывается при комнатной температуре. Повышение температуры среды приводит к уменьшению тока отключения, что необходимо учитывать на этапе разработки.

При любом токе между I_{HOLD} и I_{TRIP} PTC-термистор может перейти в состояние высокого сопротивления. Это сильно зависит от сопротивления PTC-термистора. Он будет оставаться в отключенном состоянии (с небольшим током), пока ток не упадёт ниже значения I_{HOLD} . Из-за повышенной температуры корпуса рабочий ток будет крайне низким, поэтому может потребоваться сброс вручную. Как только PTC-термистор остынет, его сопротивление вернётся к номинальному значению. Поскольку отключение PTC-термистора зависит от тока, существует взаимосвязь между временем отключения и током. Небольшое превышение по току, близкое к рабочему значению, может выразиться в большом времени переключения, что также требуется учитывать на этапе разработки.

ЗАЩИТА ЛИНИЙ ПИТАНИЯ USB ОТ ПЕРЕГРУЗОК ПО ТОКУ

Нагрузка на порты USB 2.0 хоста (настольного ПК или ноутбука) может быть до 500 мА. Внешние хабы ограничены током 100 мА на порт и максимум четырьмя портами на хаб. Защита от перегрузок по току требуется на портах, имеющих номинальное питание 5 В. Периферийные устройства USB OTG предназначены для работы с ограниченным хостом и должны иметь возможность отдавать и принимать напряжение питания. Если номинал тока на порт больше 100 мА, то требуется стабилизация напряжения в интервале 4,75...5,25 В. Это обеспечивает обратную совместимость со стандартом питания в USB 2.0. Для требуемой защиты от перегрузки по току для протокола USB 2.0 подходят полимерные термисторы с положительным температурным коэффициентом (polymer positive temperature coefficient – PPTC), например, термисторы Bourns® Multifuse® MF-NSMF075, обладающие при 23°C током $I_{\text{HOLD}} = 750$ мА, который падает до 520 мА при 60°C. Если требуется больший рабочий ток, то для обеспечения запаса надёжности следует использовать термистор MF-NSMF110, у которого при 60°C ток равен 800 мА. Ток отключения (I_{TRIP}) равен удвоенному рабочему току, при нём термистор будет находиться в отключенном состоянии.

Например, термистору MF-NSMF050 потребуется примерно 3 с для переключения при токе нагрузки в 1 А и 0,15 с при токе 2 А. Термистору MF-NSMF075 с меньшим сопротивлением потребуется примерно 1 с для переключения под нагрузкой в 2 А.

Добавление PTC-термистора вызовет нестабильность выходного напряжения источника питания USB (рис. 3), находящемуся под нагрузкой. При максимальной нагрузке на источник питания его напряжение не должно падать ниже 4,75 В. Максимальное сопротивление кабеля USB длиной 5 м равно 190 мОм. Сопротивление кабеля в 2 мОм/см должно быть согласовано с сопротивлением PTC-термистора, но обычно им можно пренебречь. Возможно, для обеспечения достаточной стабилизации напряжения придётся уменьшить сопротивление PTC-термистора, но в случае отката это приведёт к большей нагрузке на источник питания (табл. 1).

ЗАЩИТЫ ЛИНИЙ ПИТАНИЯ IEEE 1394

Большинство современных периферийных устройств, использующих протокол IEEE 1394, не используют опцию питания от хоста, и некоторые поставщики предоставляют кабели без линий питания. Спецификацией IEEE 1394 предусматривается большая плотность тока по сравнению с USB 2.0, поэтому выбор PTC-термисторов немного отличается. Максимальное рабочее напряжение PTC-термистора должно быть не менее 33 В, а ток отключения должен быть не более 1,5 А. При температуре окружающей среды термистор Bourns® Multifuse® MF-SMDF150/33 обладает рабочим током в 1,5 А для ограничения воздействия на источник питания при коротком замыкании в цепи. Обычное время срабатывания MF-SMDF150/33 составляет 120 с при токе в 2 А и 7 с при токе 5 А, что делает его устойчивым к высоким пусковым токам. Из-за небольших габаритов его удобно использовать в портативных устройствах (табл. 2).

ЗАЩИТА ОТ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКИХ ИМПУЛЬСОВ

При выборе защиты оборудования от импульсов напряжения необходимо понимать причину возникновения импульсов. Интегральные схемы (ИС) обычно проектируются с защитой от прикосновений напряжений 1...2 кВ. Это делается для защиты от

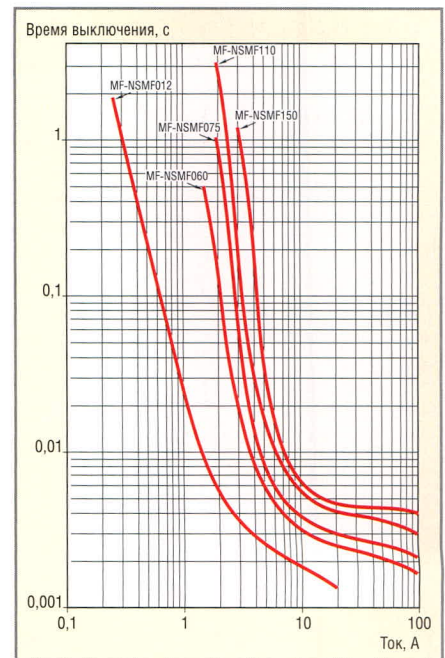


Рис. 3. Временная характеристика PTC

возможных происшествий при производстве платы. Для портативного оборудования стандарт IEC 61000-4.2 определяет модели человеческого тела, создающего электростатические импульсы до 8 кВ. Следовательно, важно удостовериться, что защищённые ИС или цепь выдержат такой скачок напряжения. Обсуждается ужесточение стандарта на контактные и воздушные заряды, так как модели человеческого тела при благоприятных условиях достигают заряда до 25 кВ.

Наиболее общий метод защиты от электростатических разрядов заклю-

BOURNS®

Надёжные решения в электронике

- диоды
- PTC-предохранители
- газовые разрядники
- электронные модули
- подстроечные резисторы
- потенциометры
- гибридные сборки
- DC/DC конвертеры
- тиристоры
- энкодеры
- переключатели
- варисторы
- трансформаторы
- фроссели
- чип-резисторы и сборки

Дистрибьютеры в России:
 Аргуссофт (495) 221-0130
 Avnet Time (495) 937-2167
 Платан (495) 737-5999
 Spoerle Electronic (495) 926-5597

Центр технической поддержки BOURNS:
 тел.: (495) 981-0961, www.bourns.ru

Bourns AG, European headquarters, Zugerstrasse 74, CH-6340 Baar, TEL +41-41-768 55 55, www.bourns.com

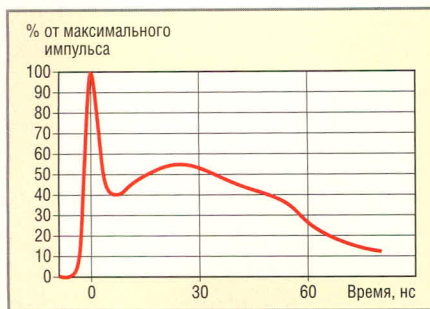


Рис. 4. Осциллограмма электростатического импульса

чается в использовании в качестве первого уровня защиты маленьких кремниевых стабилитронов или многослойных варисторов (multilayer varistors – MLV). Следовательно, для надёжного решения необходимо знать плотность рассеиваемой мощности, которую должно выдерживать защитное устройство. У многослойных варисторов существует пороговое напряжение, до которого их сопротивление остаётся высоким, например, 120 МОм для семейства CG0603MLC. При повышении напряжения сопротивление уменьшается, что приводит к экспоненциальному росту тока через варистор. После прохождения импульса сопротивление варистора MLV вернётся в своё начальное высокоомное состояние.

ЗАЩИТА ЛИНИЙ ДАННЫХ ОТ СКАЧКОВ НАПЯЖЕНИЯ

При разработке защиты высокоскоростной линии данных решающее значение получает ёмкость за-

щитного устройства. Последовательное сопротивление и ёмкость нагрузки создают фильтр первого рода, который делает нарастающий и спадающий фронты импульса более пологими. Уменьшению последовательного сопротивления способствуют более толстые и широкие дорожки, но уменьшение эффективного сопротивления даёт лучший эффект. Многослойный тиристор Bourne® ChipGuard® CG0603MLC-xxE был разработан для обеспечения сверхнизкой ёмкости в 0,5 пФ, и при этом он имеет пренебрежимо малый ток утечки. Использование тиристора CG0603MLC почти не отразится на скорости передачи данных при 480 Мбит/с. Он может быть использован даже при передаче данных со скоростью 1 Гбит/с и более быстрых интерфейсах. Для использования в коммуникационных устройствах со скоростью примерно до 480 Мбит/с вполне подойдёт более дешёвое семейство CG0603MLD-xxE с максимальной ёмкостью 5 пФ.

ЗАЩИТА ЛИНИЙ ПИТАНИЯ ОТ СКАЧКОВ НАПЯЖЕНИЯ

Источники питания защищены от электростатических импульсов, в основном, путём использования пассивных компонентов, таких как конденсаторы и катушки индуктивности. Ферритовые шайбы обычно применяются для увеличения индуктивности линий, чтобы ограничить амплитуды импульсов при быстрых перехо-

дах. Обычно это является достаточным решением. Для уменьшения нагрузки на компоненты возможно использование устройств защиты от импульсов напряжения. Корпус 0603 обеспечивает большую плотность энергии по сравнению с корпусом 0402 и может быть рекомендован для устройств защиты силовых линий от электростатических импульсов. Компонент CG0603MLA-14KE обладает максимальным рабочим напряжением в 14 В, что делает его применение уместным для защиты линий питания USB. Чтобы использовать один компонент для защиты и линий данных, и линий питания, можно выбрать компоненты CG0603MLD-12E или CG0603MLC-12E.

Устройства с IEEE 1394 требуют большего предельного напряжения питания до отключения, чтобы при обычных операциях рабочее напряжение не ограничивалось. На данный момент продукты Bourne® ChipGuard® не поддерживают напряжения более 18 В, и поэтому в таких устройствах для подавления выбросов напряжения (TVS) стоит применять стабилитрон на 400 Вт – CD214A-Txx.

СОГЛАШЕНИЕ О РАЗМЕЩЕНИИ КОМПОНЕНТОВ

Для того чтобы повлиять на входное/выходное питание USB-контроллера, варистор между линией питания и землёй необходимо размещать как можно ближе к внешнему разъёму. У большей части портативного оборудования есть только системная земля, на которую схема защиты от перенапряжения будет рассеивать избыток энергии. Контурный ток оказывает влияние на всю плату и может из-за остаточной индуктивности в её дорожках привести к колебаниям уровня потенциала земли. Индуктивное сопротивление определяется формулой $X_L = 2\pi FL$, из которой видно, что высокочастотные сигналы (электростатическая модель человеческого тела определяет время нарастания фронта в 1 нс) увеличивают сопротивление дорожек. Можно использовать индуктивное реактивное сопротивление для уменьшения воздействий электростатических импульсов, достигающих важных компонентов. При электростатическом разряде CG0603MLC-12E может пропустить импульсы с амплитудой до 200 В. Импульс можно значительно

Таблица 1. Основные характеристики самовосстанавливающихся предохранителей Bourne серии MF-NSMF*

Модель	Максимальное рабочее напряжение, В	Максимальный рабочий ток, А	Максимальный рабочий ток при 60°C, А	Ток срабатывания, А	Минимальное сопротивление, Ом	Максимальное сопротивление, Ом
MF-NSMF050	13,2	0,5	0,35	1	0,15	0,7
MF-NSMF075	6	0,75	0,52	1,5	0,1	0,29
MF-NSMF110	6	1,1	0,8	1,8	0,06	0,2
MF-NSMF150	6	1,5	1,1	3	0,03	0,13

* Поставляются компанией «Аргуссофт» (Прим. перев.)

Таблица 2. Основные характеристики самовосстанавливающихся предохранителей Bourne серии MF-SMxx*

Модель	Максимальное рабочее напряжение, В	Максимальный рабочий ток, А	Максимальный рабочий ток при 60°C, А	Ток срабатывания, А	Минимальное сопротивление, Ом	Максимальное сопротивление, Ом
MF-SMDF1 50/33	33	1,5	1	3	0,07	0,175
MF-SM 150/33	33	1,5	0,99	3	0,06	0,23
MF-SM1S5/33	33	1,8	1,28	3,6	0,04	0,15

* Поставляются компанией «Аргуссофт» (Прим. перев.)

уменьшить, если расположить схему защиты как можно дальше от ИС. Это даст дополнительное реактивное индуктивное сопротивление между компонентами. Типичное напряжение фиксации для CG0603MLC-05E, разработанного для более мягких условий, составляет 20 В (время задержки измерения 30 нс). Высокое напряжение (6 кВ и более), приходящее на плату, может привести к пробоем между соседними дорожками. Поэтому схема защиты должна быть расположена как можно ближе к разъёму. Многослойный варистор Bourns® ChipGuard® также следует располагать как можно ближе к коммуникационной линии. В идеале контактные площадки схемы защиты должны быть внедрены в коммуникационную линию. Соединение коммуникационной линии и схемы защиты создаёт дополнительную индуктивность. Индуктивность дорожки становится помехой, поскольку в соединении с варистором это приводит к увеличению изначального выброса. Производителей ИС не радуют длинные дорожки от разъёма до ИС, поскольку они могут понизить производительность. Поэтому решением становится выбор качественного компонента для защиты от электростатических импульсов, обладающего низкими пропускаемым напряжением и уровнем фиксации.

Таблица 3. Уровни защиты от статики

Уровень по IEC 61000-4-2	Напряжение пробоя, кВ	Ток пробоя, А
Уровень 1	2	7,5
Уровень 2	4	15
Уровень 3	6	22,5
Уровень 4	8	30

ПРИЛОЖЕНИЕ

Электростатический заряд – это заряд, которым обмениваются тела с неравными потенциалами. Чаще всего требуется защита от заряда между людьми и металлическими предметами. Двигаясь, люди вызывают движение электронов и при наличии диэлектрического изолятора становятся подобны конденсатору. Искусственные материалы, такие как подошва обуви, создают диэлектрическую изоляцию, когда человек идёт по ковру; это приводит к накоплению энергии. Международная электротехническая комиссия (International Electro-technical Commission – IEC) разработала электростатическую модель человека, позволяющую разработчикам выбирать подходящую защиту для разрабатываемых устройств. Комиссия (МЭК) определила допустимый электростатический импульс с временем нарастания менее 1 нс и временем спада 60 нс (рис. 4). Новый стандарт называется IEC 61000-4-2 и определяет четыре уровня защиты.

Производители ИС, чувствительных к электростатическим импульсам, для повышения надёжности интегрируют некоторую степень защиты непосредственно в ИС (табл. 3). Однако защитные цепи увеличивают стоимость ИС, поскольку занимают место на кремниевой пластине. Производители ИС считают обязательным наличие защиты первого уровня согласно IEC 61000-4-2 при производственном процессе, когда контактные разряды могут достигать 2 кВ. Напряжения электростатических импульсов человека определяет природа. Они могут быть более 15 кВ и своим разрядом повредить ИС. Четвёртый уровень IEC 61000-4-2 рассматривает воздушные разряды до 15 кВ. Для большей надёжности оборудования принято, чтобы все порты, с которыми непосредственно соприкасается человек, были защищены по четвёртому уровню. Таким образом, внешняя защита от электростатических импульсов становится первым уровнем защиты ИС, а в них самих находится второй уровень.



Новости мира News of the World Новости мира

«Липучка» из нанотрубок заменит термопасту

Высокая теплопроводность нанотрубок может быть использована при создании новых типов термоинтерфейсов, обеспечивающих быструю передачу тепла от микросхем к охлаждающему радиатору.

Доктору Тимоти Фишеру и его коллегам из университета Пердью удалось покрыть «ковром» из нанотрубок поверхность рассеивающего радиатора, увеличив скорость передачи тепла между ним и охлаждающей поверхностью. Наноклёв из углеродных нанотрубок имеет сходство с обычной застёжкой-липучкой, поэтому исследователи назвали его Thermal Velcro.

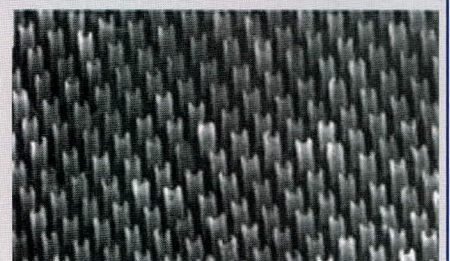
Цель исследователей состояла в разработке новых типов тепловых интерфейсов, обеспечивающих быструю передачу тепла от микросхем к охлаждающему радиатору. Роль теплового интерфейса в компьютерных чипах выполняет специальная термопаста, которая наносится между микропро-

цессором и кулером. Однако её теплопроводные характеристики не очень высоки.

Ковёр-застёжка из нанотрубок может передавать тепло быстрее, чем все существующие на сегодняшний момент термопасты. Нанотрубки характеризуются высокой теплопроводностью, поэтому материал на их основе может быстро передавать тепло, а это и требуется для создания эффективного интерфейса между радиатором и нагретым чипом.

Такой термоинтерфейс не обеспечивает механической адгезии двух поверхностей, но из-за контактирования нанотрубок между собой он является хорошим передатчиком тепла. Исследования показали, что нанотрубки могут провести в несколько раз больше энергии, чем обычные теплопроводные материалы при тех же температурах.

Чипы нагреваются не только изнутри, но и в местах контакта с термопастой, которая не успевает полностью передать тепло радиатору. Например, при использовании



традиционных термоинтерфейсов чип на поверхности дополнительно нагревается на 15°C, а липучка из нанотрубок вызывает дополнительный нагрев микропроцессора всего на 5°C. Поскольку в будущем размеры чипов уменьшатся и их нагрев увеличится, то несколько градусов будут важны для работоспособности устройства.

Технология термоинтерфейса уже подготовлена к коммерческому распространению, и ряд компаний намерен вскоре показать на основе Thermal Velcro серийную продукцию. Это будут военные применения и охлаждение силовой электроники.

www.cnews.ru/news/top/

Вентиляторы для радиоэлектронной аппаратуры

Леонид Вихарев (Санкт-Петербург)

В статье дан обзор основных типов вентиляторов, используемых в радиоэлектронной аппаратуре. Рассмотрены вопросы применения вентиляторов в зависимости от условий эксплуатации. Даны рекомендации по расчёту и подбору вентиляторов. Приведены некоторые правила разработки вентиляционных систем охлаждения РЭА.

ВВЕДЕНИЕ

В технических данных на любой полупроводниковый прибор, будь то диод или микропроцессор, обязательно приводятся сведения о диапазоне рабочих температур компонента. Для любого серийного электронного устройства указываются оптимальные температурные условия эксплуатации. Это важно из-за влияния температуры на параметры приборов и устройств [1].

Способов отвода избыточного тепла от компонентов радиоаппаратуры много. Простейший из них – использование радиаторов. Однако за эту простоту приходится расплачиваться громоздкими размерами аппаратуры, так как эффективность такого охлаждения невелика. Известно, что в условиях свободного конвекционного теплоотвода необходим радиатор с площадью поверхности примерно 25 см² на каждый ватт рассеиваемой мощности. Чтобы не увеличивать габариты, но повысить эффективность теплоотвода, применяют принудительную конвекцию. Струя прохладного воздуха от вентилятора, обтекая электронные компоненты, уносит с собою избыточное тепло, повышая эффективность охлаждения. С развитием и миниатюризацией радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) вентиляторы стали

компактнее, снизилась их потребляемая мощность, они почти не шумят, увеличился рабочий ресурс.

Однако, с появлением высокопроизводительных полупроводниковых чипов (процессоров современных компьютеров, специализированных видеопроцессоров и т.п.) их потребляемая мощность возросла до 50 и более ватт (мощность среднего паяльника!). Возникла проблема локального охлаждения радиоэлектронных компонентов. В свою очередь, совершенствование технологий в электротехнике привело к созданию миниатюрных электродвигателей и вентиляторов. Сегодня серийно производятся вентиляторы самых разных габаритов, в т. ч. малютки, сравнимые с размерами микросхем, которые они охлаждают (например, вентилятор AD1505LX-K90 фирмы JARO-USA с размерами 15 × 15 × 6 мм или GM0517PDV1-8 фирмы Sunon-Taiwan с размерами 17 × 17 × 8 мм). В большинстве случаев маленькие вентиляторы устанавливаются на радиаторы, примыкающие к поверхности охлаждаемого компонента. В продажу они поступают либо в виде уже смонтированного блока, получившего название «кулер», либо порознь – отдельно вентилятор, отдельно радиатор. Сочетание общей вентиляции РЭА с локальным обдувом отдельных наиболее разогретых её частей позволило более надёжно отводить избыточное тепло.

Размеры кулеров определяются размерами компонентов, для охлаждения которых они предназначены (например, процессоры фирм Intel или AMD, рис. 1). Они могут использоваться для охлаждения и других

электронных компонентов и входить в состав любой РЭА. При этом они должны подходить по конструкции, эффективности и размерам к охлаждаемому компоненту. Кулеры – сравнительно дорогостоящие изделия. Без серьёзных оснований в серийную аппаратуру их не ставят, отдавая предпочтение более дешёвым решениям. Поэтому кулеры в этой статье рассматриваться не будут (интересующиеся кулерами читатели могут получить необходимые материалы на сайте www.ixbt.com).

ОСЕВЫЕ, ДИАГОНАЛЬНЫЕ И РАДИАЛЬНЫЕ ВЕНТИЛЯТОРЫ

Из множества различных конструкций вентиляторов, используемых для охлаждения РЭА, рассмотрим только осевые (аксиальные), диагональные и центробежные радиальные вентиляторы. Несмотря на внешнюю простоту, вентиляторы характеризуются множеством параметров. Среди них такие характеристики, как производительность, напряжение питания, потребляемая мощность, наличие встроенных схем управления и защиты, тип выходного статусного сигнала, уровень шума, тип и число подшипников, габариты (одна из важнейших характеристик) и т.д.

Все вентиляторы имеют напряжение питания постоянного или переменного тока и различаются, прежде всего, по производительности (ещё говорят «по расходу»). Под этим понимается интенсивность воздушного потока, т.е. объём перемещаемого вентилятором воздуха за единицу времени (литры в секунду, кубометры в час и т.п.). С этой характеристикой связан другой параметр, называемый статическим давлением. Он измеряется в миллиметрах (или дюймах) водяного столба и показывает разность между давлением воздушного потока вентилятора и атмосферным давлением. В зарубежной документации производительность вентиляторов часто приводится в CFM (куб. футов в минуту). Таблица 1 позволяет перевести одни единицы измерения в

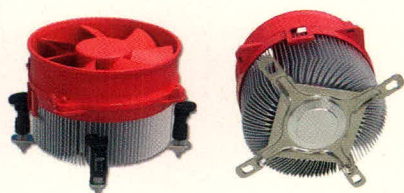


Рис. 1. Кулер компании Evercool PT08-9525ELP для процессоров Intel Pentium

другие для сравнения вентиляторов по производительности.

Наиболее распространённый тип вентиляторов в системах охлаждения РЭА – осевые вентиляторы (внешний вид показан на рис. 2). Своё название они получили за то, что создаваемый ими воздушный поток движется параллельно оси вращения крыльчатки. Охлаждение аппаратуры потоком воздуха достигается путём установки вентилятора снаружи или внутри корпуса. Эти вентиляторы предназначены для создания больших воздушных потоков, но они бывают недостаточно эффективны в плотно закрытых конструкциях РЭА, т.к. не способны создавать большое статическое давление внутри закрытых шкафов с аппаратурой. Низкая эффективность обусловлена тем, что в таких вентиляторах воздух выталкивается всеми частями пропеллера. При большом сопротивлении воздушной среды часть потока отрывается от основной струи. Возникает турбулентность, при которой часть воздуха движется по небольшому кругу, снижая эффективность охлаждения.

Радиальные вентиляторы (или блогеры) всасывают воздух через центральное осевое отверстие и выталкивают его радиально по всей окружности крыльчатки (внешний вид показан на рис. 3). Воздух выбрасывается лопастями рабочего колеса в момент, когда он разгоняется до максимальной круговой скорости. Спирально расширяющийся корпус-воздуховод направляет воздух в нужную сторону и преобразует высокую скорость движения потока в высокое статическое давление. Радиальные вентиляторы по сравнению с осевыми создают меньшие воздушные потоки, но большее статическое давление. Используются они в конструкциях РЭА, где имеются многочисленные перегородки и крупные компоненты, т.е. там, где существует высокое сопротивление воздушной среды. Данный тип вентиляторов также применяется в случаях, когда требуется ввести воздушную струю с изменением направления потока на угол 90°.

Диагональные вентиляторы занимают промежуточное положение между осевыми и радиальными и являются своеобразным гибридом, созданным на основе этих двух типов. В них использованы как эффект «за-

черпывания» воздуха лопастями осевых вентиляторов, так и принцип центробежного ускорения радиальных вентиляторов. В результате получается поток почти равный тому, что имеют осевые вентиляторы, и вместе с тем удаётся достичь высокого статического давления, присущего радиальным вентиляторам.

Отличительная черта диагонального вентилятора – коническая ступица ротора. Сердцевина ротора, сделанная в форме усечённого конуса, имеет маленькое сечение в зоне входа и увеличенный диаметр на стороне выброса (рис. 4). Более высокая круговая скорость движения кончиков лопастей придаёт более высокое центробежное ускорение воздуху. При тех же габаритах, что и у осевого вентилятора, молекулам воздуха здесь передаётся большая энергия, и, таким образом, достигается повышенное статическое давление. Вихреобразование минимизировано благодаря конической форме колеса вентилятора. Преимущество их также в том, что даже при высоких скоростях вращения и высоком статическом давлении вентилятор работает почти бесшумно.

В конструкциях вентиляторов постоянного тока прошлых лет двигатель имел неподвижный статор, внутри которого вращался ротор с насаженной на его вал крыльчаткой. Ток поступал на коллектор ротора через угольные щётки (самый ненадёжный элемент конструкции). Теперь статор и ротор поменялись местами. Статор с обмоткой находится в центре двигателя, тогда как ротор, представляющий собой постоянный магнит, вращается снаружи. Он же служит основанием крыльчатки. Вал двигателя вращается на герметизированных подшипниках внутри статора, а лопасти вентилятора вместе с ротором образуют единый конструктивный элемент (рис. 5).

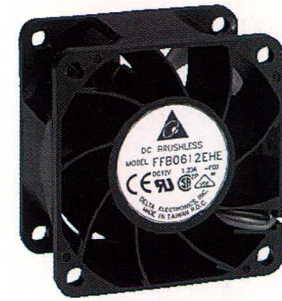


Рис. 2. Аксиальный (осевой) вентилятор серии FF806 компании Delta, Тайвань

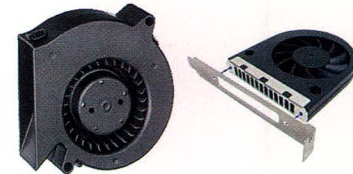


Рис. 3. Центробежные радиальные вентиляторы

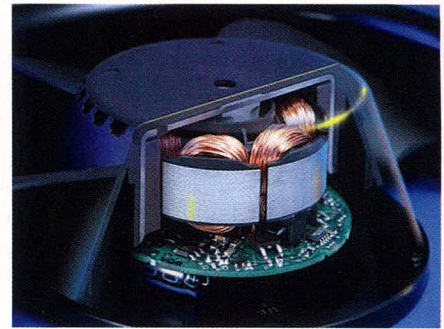


Рис. 4. Диагональный вентилятор компании EBM-Papst, США (видна часть печатной платы электронной системы управления)

В современных вентиляторах постоянного тока нет коллектора и угольных щёток. Коммутация тока на обмотках статора выполняется электронной схемой. Плата управления встраивается в электродвигатель и не требует дополнительного места, сокращая габариты системы. Пример конструкции вентилятора с платой управления показан на рис. 6. Момент переключения токов определяется при помощи сенсоров на эффекте Холла. Последние производятся в виде микросхем в миниатюрных кор-

Таблица 1. Соотношение различных единиц измерения воздушного потока

м³/с	м³/мин	м³/час	литр/с	литр/мин	фут³/с	CFM (фут³/мин)
1	60	3600	1000	60000	35,531	2118
0,017	1	60	16,667	1000	0,589	35,531
$2,778 \times 10^{-1}$	0,017	1	0,278	16,667	0,01	0,589
0,001	0,06	3,6	1	60	0,035	2,118
$1,667 \times 10^{-4}$	0,001	0,06	0,017	1	$5,9 \times 10^{-4}$	0,035
0,028	1,698	101,9	28,32	1698	1	60
$4,72 \times 10^{-4}$	0,028	1,698	0,472	28,31	0,017	1

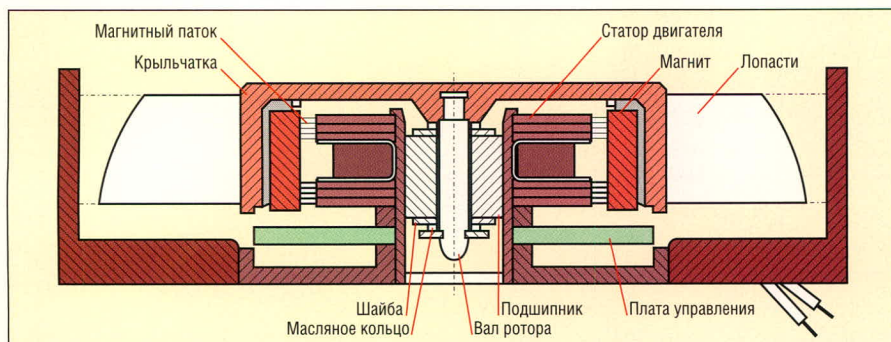


Рис. 5. Устройство современных вентиляторов

пусах для поверхностного монтажа и занимают мало места на плате. Поскольку мощность электродвигателей невелика, то в схеме удастся обойтись без мощных транзисторов и диодов. Электронная схема выполняет коммутацию токов, но может также иметь датчики температуры, схемы защиты двигателя от перегрузки, датчики скорости вращения ротора. Встроенная схема совместно с внешней управляющей системой позволяет гибко регулировать скорость вращения ротора, меняя её в зависимости от состояния охлаждаемой аппаратуры.

Благодаря современной компоновке, двигатель и крыльчатка вентилятора составляют общую конструкцию, расположенную в центре воздушной струи, что обеспечивает хорошее воздушное охлаждение двигателя. Ещё одно важное достоинство такого расположения ротора и статора – высокий крутящий момент. По этой причине для заданной производительности уже не нужен мощный и энергоёмкий электродвигатель. Стало возможным уменьшить габариты и достичь тех же результатов при меньшей мощности.

К дополнительным преимуществам данной конструкции следует отнести сравнительную легкость выполнения модификаций вентиляторов. Вентиляторы, сделанные на базе одного типоразмера, могут отличаться возможностями управления и статусными сигналами, не различаясь при этом внешним видом и мощ-

ностью. Например, легко можно сделать обычный вентилятор или с «мягким» стартом (последний позволяет избежать лишних помех в сетях питания и исключить мощные коммутационные элементы из схемы управления). Вентилятор может оснащаться датчиками вращения ротора или температурными сенсорами. Встроенные в схему управления датчики температуры позволяют автоматизировать процесс поддержания оптимального теплового режима РЭА.

Стандартный интерфейс предоставляет богатые возможности управления двигателем, допуская управление скоростью вращения и, следовательно, величиной воздушного потока. Обычно интерфейс состоит из трёх проводов. Два из них – питание и «земля», а третий – статусный или управляющий. В зависимости от модификации, на этом проводе может присутствовать сигнал с постоянным уровнем напряжения, широтно-модулированный сигнал или импульсный сигнал с частотой пропорциональной скорости вращения ротора. Интерфейс позволяет реализовать два типа управления скоростью вращения двигателя: частотное (частотой импульсов или ШИМ-управление) и линейное управление напряжением питания.

Лидером в данной области техники является компания EBM-Papst, среди продукции которой можно найти серии изделий с несколькими вариантами статусных сигналов. От лидера не отстают и азиатские конкуренты. Например, в вентиляторах китайской компании Sunon серий OCM, TM, F, R, M и AM, кроме обычных двух проводников («земля» и питание), есть третий – контрольный (статусный), с помощью которого можно определить состояние двигателя. У серии R (вентиляторы с автоматическим рестартом после остановки) уровень выход-

ного сигнала близок к нулю при нормальной работе и отличен от нуля в случае остановки двигателя. У серий OCM, TM, M и F – импульсный сигнал, который снимается при остановке двигателя. У серии F на выходе мандр, у которого частота импульсов пропорциональна скорости вращения ротора. В серии AM защита двигателя от перегрузки дополнена звуковым излучателем. Аналогично используется третий провод в вентиляторах тайваньской компании Delta: F (частотный импульсный сигнал), R (низкий уровень сигнала).

В последние годы малогабаритные вентиляторы некоторых восточных фирм, предназначенные для охлаждения серийных компьютеров, оснащаются встроенными светодиодами двух или трёх цветов и крыльчаткой из прозрачного пластика. Встроенные датчики температуры управляют включением этих диодов и в зависимости от состояния окрашивают вращающуюся крыльчатку в синий, жёлтый или красный цвет.

Регулировка скорости вращения – очень полезное качество, позволяющее управлять интенсивностью воздушного потока и, следовательно, температурой охлаждаемого объекта и потреблением энергии. Выше говорилось, что используются два основных метода регулировки скорости вентилятора: линейное управление изменением напряжения питания и широтно-импульсное управление питанием двигателя. Рассмотрим каждый из них.

Метод линейного управления применим только к тем вентиляторам, которые способны устойчиво работать на пониженных напряжениях. У вентиляторов с низким номинальным уровнем напряжения питания (5 В и ниже) пределы регулировки скорости вращения довольно ограничены. Это связано с тем, что напряжение питания не может быть меньше некоторого порогового уровня. В сериях вентиляторов с напряжением питания 12 В оно может падать при регулировке до 5 В, а у низковольтных – на 1...1,5 В. Причём этот уровень различен для разных ситуаций. При старте с места, например, питание должно быть номинальным, а при плавном понижении числа оборотов оно может быть снижено более чем на 50%. При управлении данным способом часть напряжения гасится



Рис. 6. Статор вентилятора вместе с платой управления

на регулирующем элементе. Это не всегда допустимо, т.к. имеют место непроизводительные затраты мощности. К тому же в схему приходится включать мощный транзистор, который требует большого места. Однако данный метод позволяет плавно регулировать число оборотов ротора, прост в реализации и имеет наименьший уровень помех.

ШИМ-метод характеризуется повышенной шумностью работы вентиляторов, возникающей из-за биений скорости и появления ударных механических нагрузок. Важно отметить, что при таком методе управления становится невозможно контролировать работу с помощью встроенных средств и сигналов. Это существенный недостаток данного метода управления. Ещё один важный недостаток – высокий уровень генерируемых помех. Преимуществом ШИМ-метода является широкий диапазон регулировки скорости вращения. Частота вращения двигателя может начинаться практически с нуля.

Эффективность системы охлаждения повышается, если имеется обратная связь. Для этого в состав аппаратуры должны входить температурные датчики, сигнал от которых поступает на вход схемы управления двигателем. Поскольку проблема управления вентиляторами имеет не разовый характер, производители электронных компонентов в микросхемном исполнении реализовали ряд решений, облегчающих построение систем управления для вентиляционных устройств [9, 10]. На сайте [11] в изобилии представлены материалы и оригинальные решения по охлаждению плат.

На российском рынке можно найти продукцию, произведённую в различных частях света. В табл. 2 представлены наиболее известные из мировых компаний – производителей вентиляторов, в т.ч. азиатские компании, получившие мировое признание. Вентиляторы европейских и американских производителей встречаются у нас реже, хотя и обладают превосходными характеристиками. Отечественные пользователи часто отдают предпочтение продукции из Юго-Восточной Азии, т.к. она сравнительно дешевле. Но в ряде случаев технические параметры, заявленные в документации, далеки от реальных.

ОСНОВНЫЕ ФИЗИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ, ПРОИСХОДЯЩИЕ В СИСТЕМАХ ВЕНТИЛЯЦИИ РЭА

Вентиляторы создают воздушный поток, который, преодолевая сопротивление среды, распространяется через охлаждаемое оборудование. Если течение воздуха через оборудование затрудняется какими-либо крупноразмерными компонентами или перегородками и изгибами, то поток будет уменьшаться. Движение воздуха через пространство шкафа или корпуса возможно, если существует перепад давления в начале и конце отрезка пути, по которому он движется.

Практически всегда существует сколько-нибудь заметное сопротивление потоку. Полное отсутствие сопротивления бывает только в идеале. В реальности можно считать, что оно незначительно и им можно пренебречь, если вентилятор работает в очень большой и пустой комнате. При этом воздушный поток достигает максимального значения, а статическое давление приближается к нулю. В приложении к закрытым шкафам и корпусам с РЭА картинка будет далека от идеала. Вместе с ростом сопротивления движению воздуха наблюдается пропорциональное уменьшение воздушного потока и рост статического давления. Струя наталкивается на препятствие, и вентилятору становится труднее «проталкивать» её через закрытое пространство. Скорость вращения крыльчатки уменьшается. Уменьшается, соответственно, интенсивность воз-

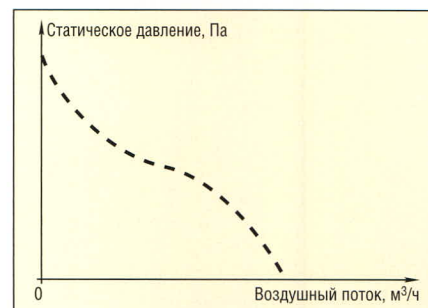


Рис. 7. Характеристическая кривая вентилятора

душного потока. Конструктивные особенности вентиляторов, в частности, мощность двигателя, частота вращения, диаметр рабочего колеса, число лопастей, их геометрия и т.д., определяют эффективность вентиляторов при меняющихся величинах давления и потока воздуха. Поведение вентиляторов описывается характеристической кривой (рис. 7). Она устанавливает взаимосвязь между изменением статического давления, вызванного сопротивлением среды, и изменением величины воздушного потока, обеспечивая потребителя информацией о производительности вентилятора. Для каждой среды такая зависимость строго индивидуальна, и она может быть изменена экспериментально. Обычно фирмы-производители сопровождают технические данные на выпускаемые вентиляторы графическими характеристиками. На графике видно, что наибольший поток имеет место при наименьшем статическом давлении. И наоборот, максимальное давление наблюдается при работе вен-

Таблица 2. Производители вентиляторов и систем охлаждения, представленные на российском рынке

Компания	Адрес сайта	Тип производимой продукции
AMETEK (США)	www.ametek.com	Вентиляторы, контроллеры, электродвигатели
EBM-Papst (США)	www.ebmpapst.com	Вентиляторы, электродвигатели, кондиционеры, радиаторы
JMC (США)	www.jmcproducts.com	Вентиляторы, кулеры, аксессуары
Molex (США)	www.molex.com	Вентиляторы, радиаторы, кулеры, жидкостные системы
Mechatronics (США)	www.mechatronics.com	Вентиляторы и аксессуары
NMB (Panasonic, Япония)	www.nmbtech.com	Вентиляторы, миниатюрные подшипники, электродвигатели
Delta (Тайвань)	www.delta.com.tw	Вентиляторы, кулеры, радиаторы, электродвигатели
Evercool (Тайвань)	www.evercool.com.tw	Вентиляторы, кулеры, жидкостные системы
Jamicon (Тайвань)	www.jamicon.com.tw	Вентиляторы, конденсаторы, аксессуары
Titan (Тайвань)	www.titan-cd.com	Вентиляторы, кулеры, жидкостные системы, источники питания
Sunon (Тайвань)	www.sunon.com.tw	Вентиляторы, кулеры, электродвигатели, аксессуары
Thermaltake (Тайвань)	www.thermaltake.com	Вентиляторы, кулеры, жидкостные системы, источники питания
Zalman (Корея)	www.zalman.co.kr	Вентиляторы, кулеры, жидкостные системы, источники питания, контроллеры кулеров

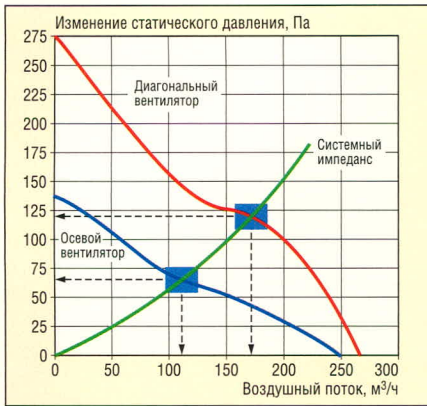


Рис. 8. Рабочая точка вентилятора

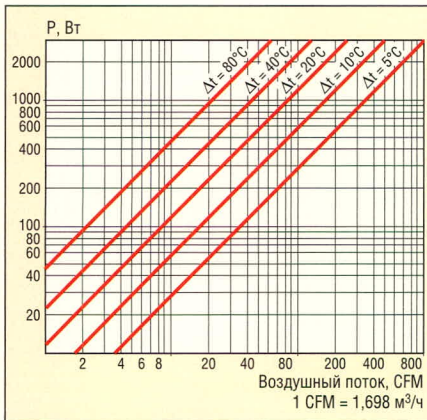


Рис. 10. Диаграмма для определения воздушного потока

вентилятора с закрытым выпуском, когда поток равен нулю. На рис. 8 показана точка пересечения кривой производительности вентилятора и кривой воздушного сопротивления системы. Эта точка называется рабочей точкой, и она показывает, какой должна быть величина воздушного потока вентилятора при заданной величине давления воздуха в данных условиях и в данной конструкции.

При разработке воздушной системы охлаждения РЭА для подбора подходящего вентилятора необходимо определить:

- количество теплоты, которое должно быть удалено из каркаса;
- перенос тепла (в ваттах), соответствующий изменению температуры;
- интенсивность воздушного потока, необходимого для удаления избыточного тепла.

Для облегчения подбора вентилятора разработаны различные табли-

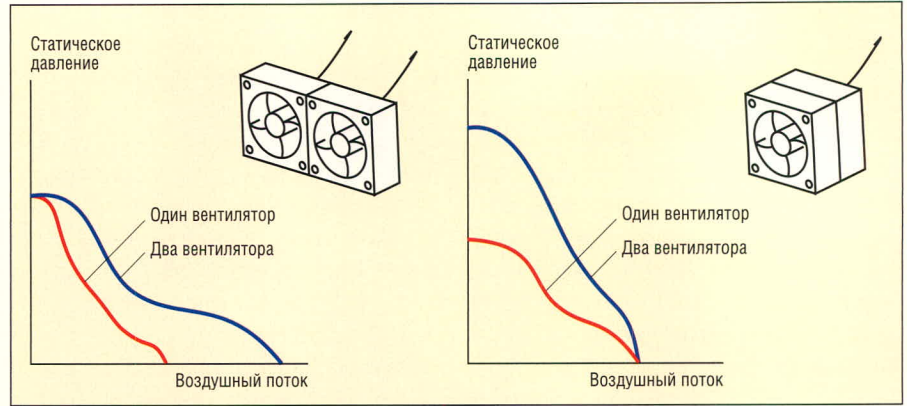


Рис. 9. Параллельная и последовательная работа вентиляторов

цы, использующие эти данные (например, табл. 3 компании EBM-Papst). Следует помнить, что производительность вентиляторов, указанная в технических характеристиках, определяется при нулевом статическом давлении, а реальная работа происходит при давлении, отличном от нуля. Поэтому выбор вентилятора для закрытой конструкции должен быть сделан из ряда с большим потоком (рекомендуется подбирать вентиляторы, имеющие производительность на 20...30% выше расчётной).

Если ни одно из известных устройств не обладает требуемой производительностью при заданном значении статического давления, то можно прибегнуть к каскадированию вентиляторов. При этом следует помнить, что параллельная работа двух одинаковых вентиляторов позволяет получать удвоение воздушного потока (при нулевом статическом давлении), а последовательная установка вентиляторов позволяет удвоить статическое давление в системе (при нулевом воздушном потоке). В реальности объём и давление возрастут, но менее, чем в два раза. Точную величину можно определить по характеристическим кривым, принцип построения которых иллюстрируется на рис. 9.

Разработаны различные диаграммы, позволяющие ориентироваться при разработке воздушной системы охлаждения РЭА даже неспециалисту. Например, диаграмма компании EBM-Papst позволяет легко опреде-

лить величину необходимого воздушного потока в зависимости от допустимого роста температуры в устройстве определённой мощности (рис. 10). Предположим, что устройство потребляет мощность 100 Вт, а допустимый прирост температуры по сравнению с выключенным состоянием (например, 27°C) не должен превышать 10°C (это очень жёсткое требование). Для определения воздушного потока необходимо найти на вертикальной оси точку, соответствующую 100 Вт, и провести горизонтальную прямую до пересечения с линией прироста 10°C; на горизонтальной оси получим примерно 17 CFM. Такова минимальная величина потока (при нулевом статическом давлении), которую должен обеспечить вентилятор, чтобы температура в аппаратуре не превышала 37°C. Дальнейший выбор будет учитывать условия работы аппаратуры, отличные от идеальных (габариты, мощность, уровень шума, конструктивные особенности и т.д.). Необходимо выбрать вентилятор с потоком, превышающим расчётную величину на 30%, т.е. с запасом по производительности.

Следует отметить, что эффективность работы воздушных систем охлаждения в большей степени, чем выбор технических характеристик вентиляторов, определяется умением правильно оценить реальные условия работы аппаратуры. Принудительное охлаждение струёй воздуха для компактных корпусов РЭА достигается или откачкой горячего воздуха из корпуса (с вентилятором на выпускной стороне), или нагнетанием прохладного воздуха (с вентилятором на входной стороне). На ранних этапах проектирования аппаратуры должно быть решено, ка-

Таблица 3. Типовые величины мощности РЭА и воздушного потока

Мощность, рассеиваемая РЭА, Вт	50	100	200	300	400	500	1000	2000	2500	5000	7500
Расчетная величина воздушного потока, CFM	9	18	36	54	72	72	90	180	360	440	880
Рекомендуемая величина воздушного потока, CFM	12	23	45	68	90	113	225	450	550	1100	1625

кой именно тип вентиляции (нагнетающий или вытяжной) наиболее удобен в данном конкретном случае, и должны быть продуманы размеры и местоположение впускных и выпускных отверстий в корпусе аппаратуры. Необходимо определить расположение компонентов по отношению к воздушному потоку, учесть допустимый уровень шума (уровень шума меньше 30 дБ практически не слышим), рассчитать достаточный воздушный поток, решить другие подобные вопросы.

Нагнетающий вентилятор образует направленный воздушный поток внутри корпуса РЭА. Он начинается от выходного отверстия вентилятора и простирается вглубь в направлении оси вращения крыльчатки. Воздух, подающийся вентилятором, может быть отфильтрован, а создание избыточного давления внутри корпуса не позволяет пыли проникать через щели. При проектировании конструкции аппаратуры необходимо разместить компоненты таким образом, чтобы наиболее горячие из них попали в охлаждающий поток (компоненты, остающи-

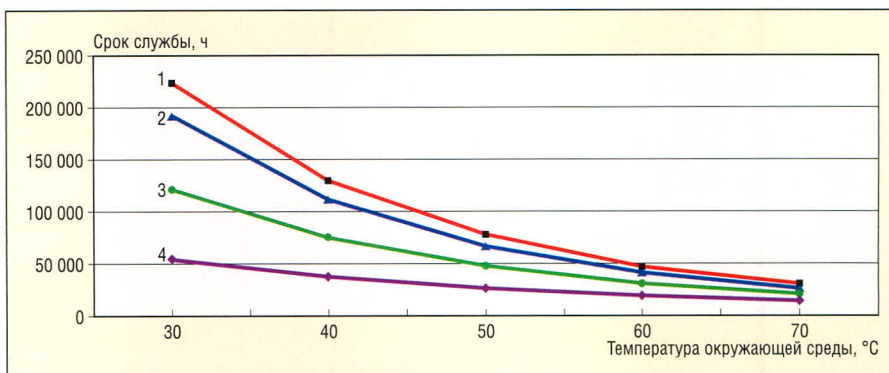


Рис. 11. Зависимость срока службы вентилятора от температуры окружающей среды и типа подшипников (материалы компании Supon)

1 – имеет два специальных подшипника качения и специальную магнитную систему поддержки и стабилизации

2 – имеет два обычных шарикоподшипника

3 – имеет один шарикоподшипник и один подшипник скольжения

4 – имеет два подшипника скольжения

ся вне потока, могут перегреваться). Важно избежать создания застойных зон, в которых воздух может перегреваться. К недостаткам нагнетающей вентиляции можно отнести дополнительный нагрев поступающего воздуха двигателем вентилятора.

В шкафу, оборудованном вытяжным вентилятором, возникает небольшое разрежение. Подсос возду-

ха может происходить через отверстия, расположенные оптимальным образом. В закрытом шкафу образуется несколько воздушных струй, возле каждой из которых можно разместить самые горячие компоненты. Для равномерного охлаждения всего объема можно выполнить некоторые стенки корпуса сетчатыми, как это сделано, например, в блоках питания серийных компью-

Магнитодиэлектрики MICROMETALS

Снижение габаритов и потерь энергии



Высокоэффективные магнитодиэлектрические сердечники Micrometals для силовой электроники и ВЧ-техники

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

ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И ДОСТОИНСТВА

Большая номенклатура типоразмеров – от 3,4 мм до 165 мм

Токоизолирующее полимерное покрытие до 3 слоёв
Тороидальные, Ш- и U-образные, трубчатые, низкопрофильные сердечники, стержни, шайбы, бусины и др.

Силовые магнитопроводы до 5 МГц
ВЧ-сердечники для частот от 0,01 до 500 МГц
Рабочая температура до 2000°C
Высокая стабильность параметров

Применение сердечников MICROMETALS позволяет:

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

PROSOFT®

ПРОСОФТ – АКТИВНЫЙ КОМПОНЕНТ ВАШЕГО БИЗНЕСА

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

теров. В результате воздух внутри шкафа или корпуса перемещается более свободно, распределяясь по всему объёму аппаратуры. При данном методе охлаждения образуется меньше застойных зон, а тепло, выделяемое электродвигателем самого вентилятора, в шкафу не рассеивается. Правда, сам вентилятор в этом случае работает в струе горячего воздуха, что сокращает срок его службы.

На срок службы вентилятора влияют также такие факторы, как тип и число подшипников, сбалансированность системы статор–ротор (т.е. точность изготовления узлов и качество сборки), температура внешней среды, стабильность параметров электрического питания и другие факторы. Температура является одним из главных факторов. Её влияние на срок службы вентилятора иллюстрируется графиками, приведёнными на рис. 11, где по вертикальной оси отсчитывается срок службы вентилятора, а по горизонтальной – температура окружающей среды. Кривая 1 соответствует вентилятору, имеющему два специальных подшипника качества и специальную магнитную систему поддержки и стабилизации, 2 – вентилятору с двумя обычными шарикоподшипниками, 3 – вентилятору с одним шариковым и одним подшипником скольжения, 4 – вентилятору с двумя подшипниками скольжения. Как видно из рисунка, повышение температуры окружающей среды на 20°C сокращает срок службы вентилятора почти в два раза. Теперь очевидно, что нагнетающий вентилятор проработает дольше вытяжного, т.к. он работает в прохладном потоке воздуха. Кроме того, при нагнетающей вентиляции в шкафу поддерживается повышенное давление, что препятствует проникновению внутрь атмосферной пыли, а усиление турбулентности воздушного потока внутри системы увеличивает общий отвод тепла на выходе.

При вытяжной вентиляции из-за возникающего разряжения атмосферная пыль втягивается внутрь шкафа сквозь все отверстия и щели. Фильтрация воздуха в данном случае невозможна. Поэтому в условиях повышенной запылённости воздуха лучше использовать жидкостные системы охлаждения, исклю-

чающие попадание запылённого воздуха в РЭА. Отметим, что жидкостные системы охлаждения используются только для локального охлаждения наиболее горячих компонентов и на общее снижение температуры внутри шкафа влияют мало. Но размещение вентилятора на выпускной стороне имеет и преимущества. Это лучшее управление воздушным потоком за счёт размещения впускных отверстий вблизи источников тепла и уменьшение уровня шума за счёт того, что выходное отверстие обычно располагается вдали от пользователя, на удаленной стороне шкафа. Ещё отметим, что тепло, выделяемое электродвигателем вентилятора, не влияет на работу РЭА.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В заключение рассмотрим основные факторы, влияющие на эффективность теплоотвода. При разработке системы охлаждения необходимо:

- определиться, какой именно тип вентиляции – нагнетающая или вытяжная – является оптимальным для данных условий эксплуатации;
- рассчитать необходимые величины воздушных потоков, выбрать тип вентилятора, учитывая мощность двигателя, допустимый уровень шума, полное время эксплуатации оборудования;
- внимательно продумать размещение электронных компонентов, а также расположение впускных и выпускных отверстий и пути движения воздуха.

Следует помнить, что охлаждение РЭА улучшается, если:

- увеличиваются объёмы и скорость потока воздуха;
- снижается сопротивление воздушному потоку;
- увеличивается разница температур в подводимом и выходящем потоке;
- исключаются застойные зоны или по крайней мере сокращаются их размеры и количество;
- применяются радиаторы.

С целью усиления теплоотвода следует:

- использовать для радиаторов материалы с высокой теплопроводностью и теплоёмкостью (например, медные или алюминиевые сплавы);

- увеличивать площадь охлаждаемой поверхности, придавая радиаторам сложную форму;
- ликвидировать всевозможные препятствия и перегородки на пути движения воздушного потока;
- по возможности располагать элементы с низким тепловыделением вблизи впускных отверстий, а наиболее горячие – вблизи выпускных отверстий.

При разработке системы нужно помнить, что:

- правильно подобранный вентилятор не должен перегреваться, поэтому лучше иметь небольшой запас по мощности двигателя, что обеспечит более длительную и надёжную эксплуатацию;
- применение мощных устройств с большим воздушным потоком, работающих на пониженной скорости, является лучшим способом борьбы с шумом;
- в случаях, когда необходимо для усиления охлаждения направлять большие объёмы воздуха в среду с высоким сопротивлением, следует отдавать предпочтение высокоскоростным центробежным вентиляторам;
- если выяснится, что теплоотвод недостаточен, то прежде чем принимать решение о замене вентилятора на более мощный, следует пересмотреть компоновку устройства и расположение входных и выходных отверстий, расстановку компонентов на плате и путь движения воздушного потока.

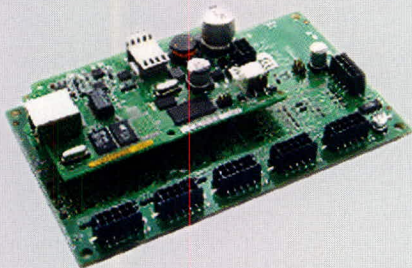
ЛИТЕРАТУРА

1. Вихарев Л. Как нужно работать, чтобы не сгореть на работе. Силовая электроника. 2005. № 4.
2. Валентинова М. Компьютерные системы: с тепловым режимом всё «Окей», Электроника НТБ. 2001. № 1.
3. Бёрк М. (перевод А. Власенко), Управление скоростью охлаждающего вентилятора: как и зачем это делается. www.analog.com.ru/Public/FAN%20CONTROL.pdf.
4. www.ebm.com/Product/techarticles.htm.
5. Compact Fans for AC and DC, каталог компании EBM-Papst. 2005.
6. www.jaro1.com/catalog.asp.
7. www.titan-cd.com.
8. www.zalman.co.kr.
9. www.sunon.com.tw.
10. www.analog.com.
11. www.overclockers.ru.



Специализированные Embedded Controller-Boards за пять дней

Фирма Rabbit Semiconductor извещает о выпуске платформы продуктов RabbitFlex, в которой используется технология создания и производства плат по заказу. Пользователи RabbitFlex могут разрабатывать свои решения на уровне платы после предварительного применения Rabbit-Web-приложения RabbitFlex Configurator. Через интернет-сайт пользователь создаёт разработку путём выбора из палитры имеющихся опций плат, таких как Ethernet, RS232, RS485 или RabbitNet, а также из аналоговых и цифровых I/O-интерфейсов. Все эти конфигурации запоминаются в Design-ID. Благодаря упрощённой технологии производства продукты могут заказываться без разовых расходов, изготавливаться и поставаться с завода в течение пяти рабочих дней.

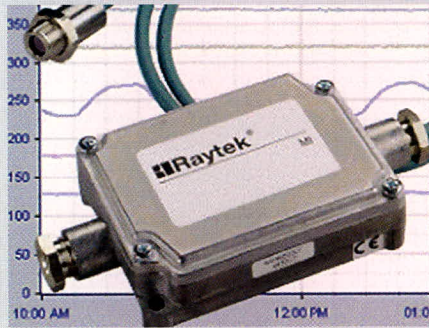


Для первой разработки предлагается комплект инструментов RabbitFlex, в котором содержится пакет программ разработки, документация, кабель программирования и принадлежности.

<http://www.ru.channel-e.de>

Инфракрасные температурные сенсоры с оптикой 22:1

Миниатюрные инфракрасные сенсоры серии MI фирмы Raytek дополнены моделью с оптикой 22:1, которая должна обеспечивать измерения на мельчайших пятнах даже в тяжёлых условиях. Благодаря своему оптическому разрешению измерительные головки особенно подходят для приложений, которые до сих пор предполагали большое фокусное расстояние или использование прицела. При использовании моделей могут проводиться измерения мельчайших пятен на относительно больших расстояниях. Размеры сенсора – диаметр 14 мм и длина 28 мм – позволяют простую интеграцию в самых тесных условиях, например, в управляющих установках или готовых изделиях. Измерительные головки MI могут иметь интерфейс RS485, что допускает наличие до 32 датчиков.



Оptionальное программное обеспечение DataTemp MultiDrop служит для дистанционного управления датчиком и регистрации данных. Все устройства имеют стандартный коммуникационный интерфейс RS232 для дистанционного компьютерного контроля.

www.raytek.com

Serial Device Server: подключение устройств RS-232 к Ethernet

JetPorts, производимые фирмой Korenix, обеспечивают подключение устройств RS-232 к Ethernet. JetPort 5201 Serial Device Server представляет собой сетевое решение по администрированию последовательных устройств по сети Ethernet, базирующееся на Standard-IP. Это означает возможность управления через TCP/IP-сеть многочисленными распределёнными в среде Windows NT, 2000, XP, 2003, Linux последовательными устройствами, такими как терминалы, измерительные приборы, модемы и т.д. Последовательные устройства, которые подключены к JetPort 5201, могут размещаться в TCP/IP-сети и работать с вышеупомянутыми операционными системами. Благодаря разработке продукта скорость достигает 460,8 Кбит/с (Full Duplex).

Пакет JetPort Commander является Management Interface и работает под Windows-, Web- или Telnet-консолью. После запуска JetPort Commander производится поиск всех имеющихся в сети JetPort-устройств посредством Broadcasting-метода. Найденные уст-



ройства могут затем индивидуально вызываться и конфигурироваться. JetPort 5201 поддерживает функции SNMP и E-mail и автоматически извещает администратора о нарушениях. JetPort постоянно контролирует себя автоматически и выдаёт сообщения, например, TX/RX-Timeout, TCP alive check.

www.korenix.de

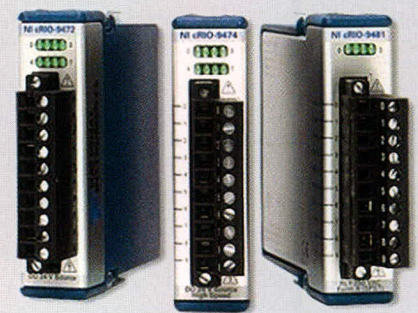
Модульная система регистрации данных с поддержкой USB

Компания National Instruments извещает о выпуске модульной системы регистрации данных с поддержкой USB – NI CompactDAQ. Речь идет о платформе, которая может использоваться для измерений с помощью сенсоров и электрических измерений на испытательном стенде, на месте монтажа, а также при производстве. Система включает в себя шасси с 8 гнездами для I/O-модулей, которые могут производить измерения по 256 каналам внутри системы.

CompactDAQ обеспечивает подключение и формирование сигналов для измерения таких параметров, как напряжение, температура, растяжение, акустика и колебания, а также цифровые входы-выходы и процессы в схемах. Модули могут подключаться в процессе работы без выключения системы и обеспечивают автоматическую идентификацию. Они обладают изоляцией до 2300 В эффективного значения и возможностью передачи данных по 4 специальным USB-потокам сигналов для синхронных аналоговых и цифровых вводов-выводов, что обеспечивает работу приложений с интенсивным обменом данными. Размеры системы составляют 25 × 9 × 9 см, а питание возможно переменным или постоянным напряжением в пределах 11...30 В.

NI-DAQmx имеет открытый программный интерфейс приложения для языков offene NI LabView, C/C++, Visual Basic 6 и Microsoft Visual Studio.net, а также DAQ-ассистента, служебную программу с руководством компании NI, которая генерирует automatisch LabView-Programcode.

www.ni.com



Устройство флэш-памяти с USB-интерфейсом

Олег Вальпа (Челябинская обл.)

В настоящее время очень популярны устройства внешней флэш-памяти с интерфейсом USB. Они предназначены для хранения и переноса информации и отличаются компактностью, малым энергопотреблением, большой ёмкостью, высокой надёжностью и простотой использования. Благодаря появлению большого количества микросхем флэш-памяти и разнообразных контроллеров к ним становится возможным самостоятельное создание подобных устройств. Вниманию читателей предлагается один из вариантов такого устройства, разработанного автором.

Устройство флэш-памяти выполнено на основе USB Flash-контроллера STBD2011N фирмы SigmaTel. Фирма-изготовитель своевременно позаботилась о драйверах для данного контроллера. Благодаря этому устройство, собранное на основе контроллера, автоматически поддерживается операционными системами MAC, Linux, Windows ME/2000/XP и более старшими версиями операционных

систем Windows. Драйверы для контроллера доступны на сайте компании www.sigmatel.com и включены в состав драйверов некоторых современных операционных систем, например Windows XP.

Рассмотрим архитектуру контроллера. Его структурная схема приведена на рисунке 1.

Как видно из рисунка, в состав контроллера входят все необходи-

мые блоки для поддержки интерфейса USB и работы с флэш-памятью. Поддержка USB осуществляется блоком высокоскоростного приёмопередатчика USB2.0 Hi-Speed Transceiver и устройства управления USB2.0 Hi-Speed Device Controller. Протокол интерфейсов USB и флэш-памяти поддерживается встроенным микроконтроллером High Performance Microcontroller, который использует для своей работы встроенное ПЗУ программ ROM и оперативную память RAM. Внутренний синтезатор частот PLL обеспечивает необходимую синхронизацию работы всех внутренних устройств с помощью внешнего кварцевого резонатора на 24 МГц. Блок GPIO обеспечивает внешнее управление и индикацию режимов работы контроллера. Связь контроллера с флэш-памятью осуществляется через интерфейс памяти Flash Memory Interface. Встроенный регулятор напряжения Voltage Regulators формирует из входного напряжения 5 В, поступающего от интерфейса USB, необходимые для работы ядра контроллера и внешних микросхем памяти напряжения питания 3,3 и 1,8 В.

Контроллер имеет встроенный интерфейс USB2.0 и позволяет обслуживать от одной до четырех микросхем флэш-памяти, выполненных по современной NAND-технологии с 8- или 16-разрядной шиной данных. Типовая схема подключения микросхем памяти к контроллеру показана на рисунке 2.

Питание микросхемы контроллера производится от интерфейса USB (5 В) через внутренний регулятор напряжения. В таблице 1 приведены основные эксплуатационно-технические характеристики STBD2011N.

Контроллер выпускается в современном малогабаритном 48-выводном корпусе QFN размером всего 7 × 7 мм. Описание назначения выводов контроллера приводится в таблице 2.

Таблица 1. Эксплуатационно-технические характеристики микросхемы

Параметр	Значение		
	минимальное	типовое	максимальное
Рабочий температурный диапазон, °C	0	–	70
Температура хранения, °C	–40	–	125
Напряжение источника питания, В	4,35	5,0	5,25
Напряжение питания входов/выходов, В	2,97	3,3	3,6
Напряжение питания ядра, В	1,62	1,8	1,98
Ток потребления в рабочем режиме, мА	100	120	160
Ток потребления в режиме ожидания, мА	1	1,5	2,5

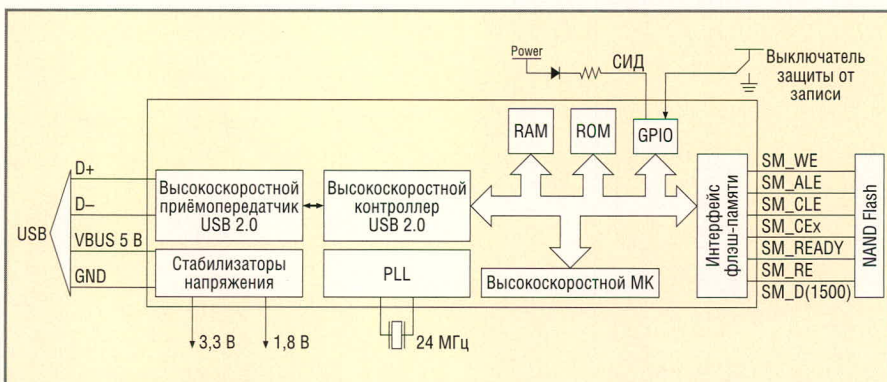


Рис. 1. Структурная схема контроллера

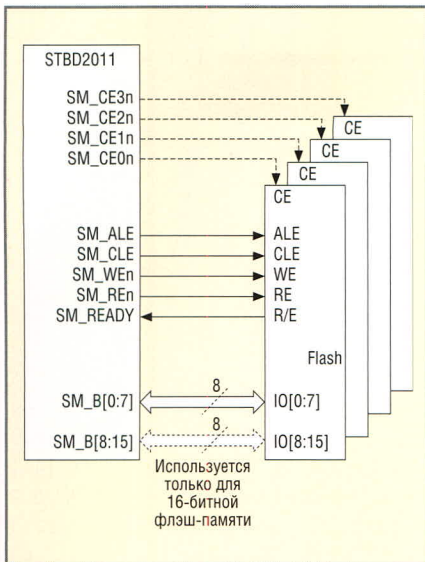


Рис. 2. Подключение микросхем памяти к контроллеру

Принципиальная схема устройства, разработанного автором, приведена на рисунке 3.

В схеме могут быть использованы микросхемы флэш-памяти (D2 – D5) фирмы Samsung типа K9K2G08UXM-Y с 8-разрядной шиной данных и питанием от 3,3 В или K9K2G08Q0M-Y с питанием 1,8 В, каждая из которых имеет объём 2 Гбит. При использовании четырёх таких микросхем устройство будет иметь объём памяти 8 Гбит, т.е. 1 Гб. Такой объём памяти превышает ёмкость CD-ROM и позволяет хранить и переносить огромный объём информации. Если вместо четырёх микросхем памяти устанавливать только одну микросхему, объём памяти устройства сократится соответственно в 4 раза. Вместо микросхем памяти K9K2G08UXM-Y можно без изменений принципиальной схемы устройства применить микросхемы и с меньшим объёмом памяти. Например, фирма ST Microelectronics производит микросхемы флэш-памяти типа NAND01G-A, NAND512-A, NAND256-A и NAND128-A, с объёмом памяти 1 Гбит и 512, 256 и 128 Мбит соответственно. Применение меньшего количества микросхем памяти или микросхем с меньшей ёмкостью позволит уменьшить размеры и цену устройства. При использовании всех 16 разрядов ввода-вывода контроллера в устройстве можно применить микросхемы памяти с 16-разрядной шиной данных. Это повысит скорость обмена с микро-

Таблица 2. Назначение выводов микросхемы

Вывод	Название	Тип	Описание
1	5VIN	V	Вход источника питания
2	USB_DP	I/O	Положительный сигнал данных USB
3	USB_DM	I	Отрицательный сигнал данных USB
4	GND	G	Общий вывод
5	REF RES	O	Резистор калибровки USB
6	RESET n TMCLK	I	Сброс и синхронизация тестового режима
7	SM READY	I	Сигнал Flash готов/занят
8	SM RE n	O4	Сигнал Flash разрешения чтения
9	SM CE0 n	O4	Сигнал Flash выбор кристалла 0
10	SM CE1 n	O4	Сигнал Flash выбор кристалла 1
11	GP1	IO4	Сигнал блока управления GP1
12	GP2	IO4	Сигнал блока управления GP2
13	N.C.	NC	Не используется
14	N.C.	NC	Не используется
15	N.C.	NC	Не используется
16	SM_CE2 n	O4	Сигнал Flash выбор кристалла 2
17	SM_CE3 n	O4	Сигнал Flash выбор кристалла 3
18	VDDCORE	V	Питание ядра
19	GND	G	Общий вывод
20	VDDIO	V	Питание для ввода-вывода
21	N.C.	NC	Не используется
22	SM_D15	IO4	Сигнал Flash вход/выход 15
23	SM_D7	IO4	Сигнал Flash вход/выход 7
24	SM_D14	IO4	Сигнал Flash вход/выход 14
25	SM_D6	IO4	Сигнал Flash вход/выход 6
26	SM_D13	IO4	Сигнал Flash вход/выход 13
27	SM_D5	IO4	Сигнал Flash вход/выход 5
28	SM_D12	IO4	Сигнал Flash вход/выход 12
29	SM_D4	IO4	Сигнал Flash вход/выход 4
30	VDDIO	G	Питание для ввода-вывода
31	GND	A	Общий вывод
32	SM_D11	IO4	Сигнал Flash вход/выход 11
33	SM_D3	IO4	Сигнал Flash вход/выход 3
34	SM_D10	IO4	Сигнал Flash вход/выход 10
35	SM_D2	IO4	Сигнал Flash вход/выход 2
36	SM_D9	IO4	Сигнал Flash вход/выход 9
37	SM_D1	IO4	Сигнал Flash вход/выход 1
38	SM_D8	IO4	Сигнал Flash вход/выход 8
39	SM_D0	IO4	Сигнал Flash вход/выход 0
40	SM_CLE	O4	Сигнал Flash разрешение защёлки команды
41	SM_ALE	O4	Сигнал Flash разрешение защёлки адреса
42	SM_WEn	O4	Сигнал Flash разрешения записи
43	GP0	IO4	Сигнал блока управления GP0
44	VDDIO	V	Питание для ввода-вывода
45	GND	G	Общий вывод
46	VDDCORE	V	Питание ядра
47	XTALI	I	Вход резонатора
48	XTALO	O	Выход резонатора

*IO4 – вход/выход 4 мА, O4 – выход 4 мА, A – аналоговый вывод, I – вход, O – выход, NC – не подключенный вывод, V – питающий вывод, G – общий вывод

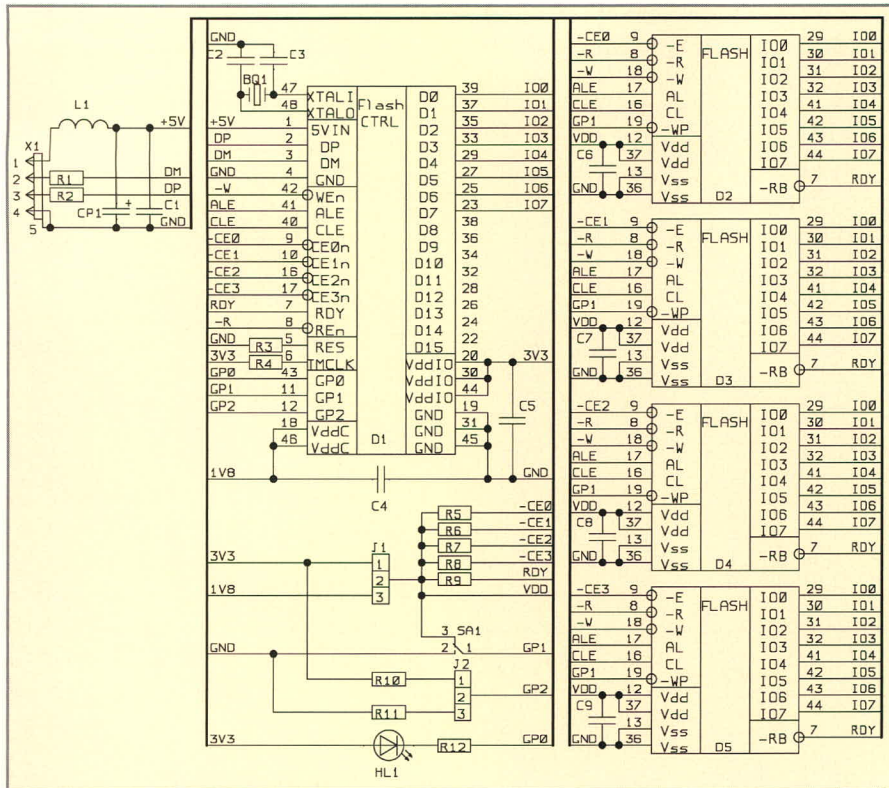


Рис. 3. Принципиальная схема устройства

Таблица 3. Перечень элементов устройства

Позиционное обозначение	Наименование	Количество	Примечание
Резонаторы кварцевые HC-49SM (HC-49U)			
BQ1	24 000 кГц	1	
ЧИП-конденсаторы 0805			
C1, C4 – C9	0,1 мкФ	7	
C2, C3	22 нФ	2	
Конденсаторы электролитические			
CP1	SR-25-10	1	10 мкФ × 25 В
Микросхемы			
D1	STBD2011N	1	QFN-48
D2 – D5	K9K2G08UXM-Y	4	TSOP-48
ЧИП-индуктивность 1812			
L1	100 мкГн	1	
ЧИП-резистор 0805			
R1, R2	45 Ом ± 5%	2	
R3	620 Ом ± 1%	1	
R4 – R11	10 кОм ± 5%	8	
R12	1 кОм ± 5%	1	
Светодиод			
HL1	L-934HC	1	
Соединители			
J1, J2	Вилка PLS-3	2	
X1	Вилка USB A-4 на плату, тип A (USB A-1J)	1	
Переключатель			
SA1	SS22	1	

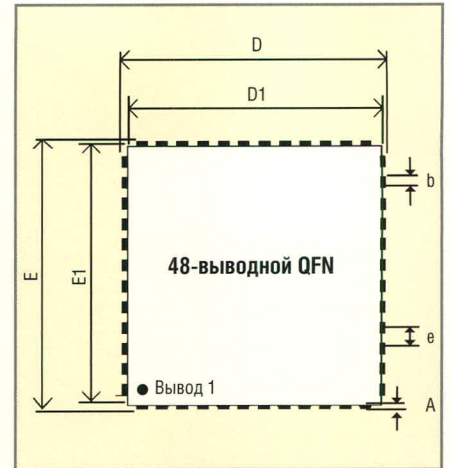


Рис. 4. Корпус микросхемы контроллера

схемами, но несколько усложнит топологию печатной платы.

Напряжение питания поступает на устройство от интерфейса USB через разъём X1. Элементы L1, CP1 и C1 обеспечивают фильтрацию этого напряжения по высокой и низкой частоте. Контроллер D1 формирует из него напряжения питания 3,3 и 1,8 В, необходимые как для питания ядра самого контроллера, так и для питания микросхем памяти. Дополнительную фильтрацию напряжений питания осуществляют блокировочные конденсаторы C4-C9. Выбор питающего напряжения памяти осуществляется переключками J1, J2. Переключатель SA1, подключённый к выводу GP1 контроллера, позволяет запретить запись в микросхемы памяти для предотвращения случайного стирания информации. Вывод контроллера GP0 управляет через ограничительный резистор R12 светодиодом HL1, отвечающим за индикацию режима работы (хранение/чтение/запись). Резисторы R1 и R2 обеспечивают согласование входов контроллера с дифференциальными сигналами DM и DP интерфейса USB. Остальные резисторы – «подтягивающие». Кварцевый резонатор BQ1 с конденсаторами C2 и C3 обеспечивает формирование задающей частоты контроллера – 24 МГц.

Перечень элементов устройства с указанием типа применяемых электронных компонентов, их номиналов и типов корпусов, приведён в таблице 3.

Для изготовления устройства потребуется разработать печатную плату. На рисунке 4 показан внеш-

Таблица 4. Размеры корпуса микросхемы

Обозначение	Размер, мм		
	минимальный	номинальный	максимальный
A	0,8	0,85	0,9
D		7,00	
D1		6,75	
E		7,00	
E1		6,75	
E		0,5	
B	0,18	0,25	0,3

ний вид корпуса микросхемы контроллера, а размеры перечислены в таблице 4.

Схема не требует отладки и при правильной сборке начинает работать сразу же при подключении к USB-интерфейсу компьютера. При первом подключении операционная система компьютера обнару-

жит новое устройство и автоматически произведёт установку необходимых драйверов. В дальнейшем устройство будет доступно в качестве сменного диска, с которым можно осуществлять любые операции чтения, записи и стирания информации, как с обычным жёстким диском.



Новости мира News of the World Новости мира

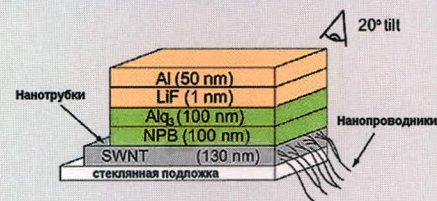
Создан быстрый OLED-дисплей на нанотрубках

Исследователи из лаборатории Regroupement Quebecois sur les Matériaux de Pointe (RQMP – Квебек, Канада) создали высокоскоростной OLED-дисплей на основе углеродных нанотрубок. OLED – альтернативный тип дисплеев, основанных на органических светоизлучающих диодах, которые получили широкое распространение в мобильных телефонах и цифровой фото- и видеотехнике.

Обычно в качестве электродов OLED используется тонкая плёнка оксида индия. Однако современные OLED-дисплеи не обладают необходимым быстродействием. Для применения в мобильных телефонах, цифровых фотоаппаратах и фоторамках быстродействие не играет заметной роли. Но для показа динамичных сцен в телевизорах с органическим дисплеем на основе традиционных индиевых электродов требуется высокое быстродействие.

Ещё одно применение OLED – в гибком текстиле. Новая технология позволит выводить на футболку или другую одежду необходимую информацию. Ранее сделать это было невозможно из-за хрупкости слоя оксида индия, который растрескивался при изгибании дисплея. Канадским учёным удалось найти простой и эффективный способ производства OLED-плёнок на основе подложки из углеродных однослойных нанотрубок. Нанотрубки – идеальный материал для матрицы задних электродов. Пластина из нанотрубок довольно гибкая и при деформации не теряет эластичных свойств. И, что самое главное, плёнка полностью прозрачна. Учёные считают, что на основе инновационных дисплеев можно будет сконструировать новый тип гибких электронных книг – с малой инерционностью обновления и полностью прозрачных в выключенном состоянии. На их основе можно будет даже сделать видегазеты, способные воспроизводить не только статичные картинки, но и динамичное видео.

Учёные смогли сформировать из углеродных нанотрубок гибкую пластину тол-



щиной всего несколько нанометров, которая играет роль электродов. Более того, те же нанотрубки формируют проводники, связывающие подложку с устройством управления OLED. Достичь высокого быстродействия позволили не только «нанотрубчатые» инновации. Структура дисплея претерпела существенные изменения. Теперь он состоит из нескольких типов плёнок различной толщины.

Ещё одной особенностью новой технологии является возможность изготовления двустороннего дисплея на одной подложке. «С помощью специально разработанной техники травления мы можем добиться адгезии отдельных наноплёнок дисплея с обеих сторон матрицы нанопроводников, состоящих из однослойных нанотрубок. В этом случае мы получим плёнку, способную отображать информацию с двух сторон при общем управлении нанопроводниками», – комментирует руководитель исследований, доктор Карла Агуирре (Carla Aguirre).

www.cnews.ru

Новый класс волноводов для систем связи

В университете Альборга физики из Дании и Франции под руководством доктора Сергея Божевольного (Sergey Bozhevolnyi) разработали новый класс волноводов, в которых свет «сжимается» ниже дифракционного предела и может практически без потерь проходить по каналам в микросхемах.

Основой мировой системы связи является сеть из оптических волокон, передающих информацию в форме световых импульсов. По этим волокнам может передаваться большой объём данных, но проблемы возникают в коммутационных центрах, в которых световые импульсы преобразуются в электрические сигналы.

Поэтому телекоммуникационная промышленность заинтересована в разработке микрофотонных цепей. В таких цепях световые импульсы могут обрабатываться непосредственно, что позволяет повысить скорость передачи данных.

В обычных волноводах из-за дифракции через отверстия, имеющие диаметр меньше длины волны, может проходить лишь незначительная часть света, а после прохождения свет распространяется по всем направлениям. Это приводит к тому, что в телекоммуникационных устройствах свет, имеющий обычно длину волны 1,5 мкм, не может проходить по узким каналам современных кремниевых микросхем.

Проблему можно преодолеть, используя механизм возбуждения коллективного волнообразного движения множества электронов на поверхности металлов с помощью световых волн. В отличие от самих световых волн, на такие «поверхностные плазмоны» не действует ограничение дифракционного предела для света. Учёные в серии экспериментов показали, что поверхностные плазмоны могут использоваться для передачи света по каналам, гораздо более узким, чем заданная длина световой волны, сообщает PhysicsWeb.

В экспериментах использовался новый тип поверхностных плазмонов – так называемые плазмон-поляритоны. Это электромагнитные волны, формирующиеся в переходной зоне между металлом и диэлектриком, например, воздухом. Исследователи показали, что такие плазмоны могут без значительных потерь передавать свет со сверхкороткими длинами волн по дну V-образных каналов в плёнке золота, поскольку поверхностные плазмоны концентрируют свет в объёме, меньшем длины волны.

Исследователи отмечают, что поверхностные плазмоны могут использоваться во многих практических приложениях, например, при выполнении сверхкомпактных внутренних соединений, в интерферометрах и в волноводно-дисковых резонаторах.

www.ci.ru

Зарядное устройство для автомобильной аккумуляторной батареи

Сергей Шишкин (Нижегородская обл.)

Автор предлагает несложное устройство для зарядки и восстановления автомобильной аккумуляторной батареи.

Заряд свинцовой аккумуляторной батареи (аккумулятора) осуществляют постоянным током или постоянным напряжением. При заряде постоянным током необходима величина тока $0,1C$, где C – ёмкость батареи в Ач. Для батареи ёмкостью 55 Ач требуется ток заряда 5,5 А. Бурное газовыделение из аккумулятора свидетельствует об окончании процесса зарядки. При заряде постоянным напряжением полностью зарядить аккумулятор можно при напряжении 16,5 В. В

момент включения зарядного устройства (ЗУ) величина тока может достигать 50 А и более (зависит от внутреннего сопротивления аккумулятора). По мере заряда аккумулятора напряжение на его выводах приближается к напряжению ЗУ. Критерием полного заряда является достижение напряжения на выводах аккумулятора $14,4 \pm 0,1$ В.

Частое закипание электролита и оголение пластин аккумулятора приводит к сульфатированию пластин (покрытию пластин кристаллами

сульфата свинца). Частично восстановить такие аккумуляторы можно в режиме «заряд-разряд». При этом соотношение зарядного и разрядного тока должно быть 10 : 1.

Принципиальная схема ЗУ представлена на рис. 1. Цифровая часть принципиальной схемы таймера гальванически развязана от сети и аналоговой части (стабилизатора тока).

В ЗУ можно выделить три функциональных узла. Это стабилизатор тока, выполненный на транзисторе VT4, таймер на микроконтроллере (МК) DD1 и стабилизатор напряжения на микросхеме DA1 для питания таймера. Заряд аккумулятора осуществляется положительными импульсами тока с обмотки 2 трансформатора T1 в течение половины периода сетевого напряжения, когда напряжение на клеммах XT3, XT4 превысит напряжение на аккумуляторе. В течение второго полупериода диоды VD4, VD5 закрыты, и аккумулятор разряжается через нагрузочный резистор R22, сопротивление которого определяет величину разрядного тока. Значение зарядного тока устанавливается переменным резистором R18 по ампер-

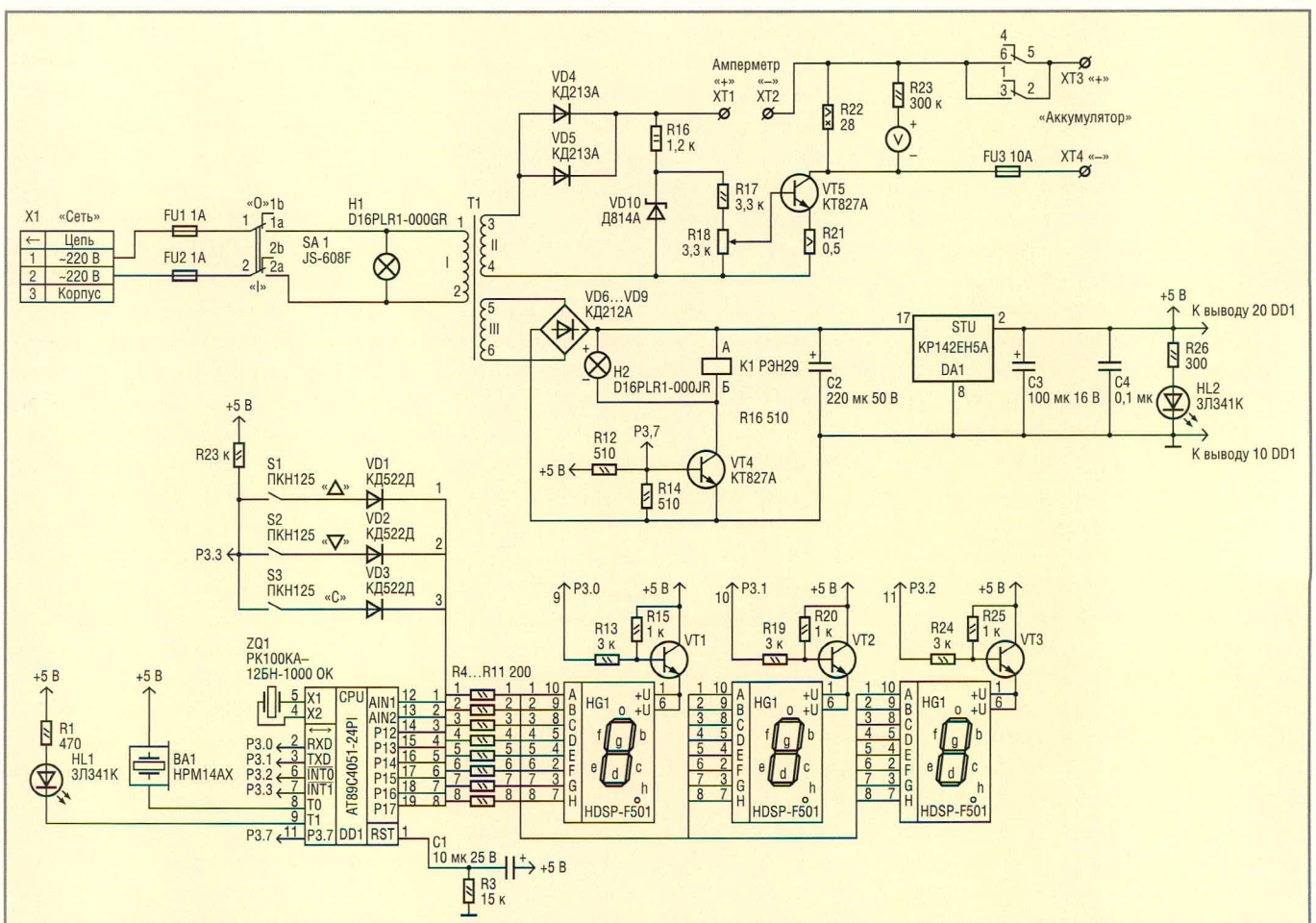


Рис. 1. Принципиальная схема зарядного устройства для автомобильного аккумулятора

метру, подключаемому к клеммам XT1 и XT2. ЗУ обеспечивает импульсный зарядный ток до 10 А. Для заряда и тренировки аккумулятора целесообразно устанавливать импульсный зарядный ток 5 А. Так как при зарядке аккумулятора часть тока протекает и через резистор R19, амперметр должен показывать ток 1,8...2 А (амперметр показывает усреднённое значение тока за период, а заряд осуществляется в течение половины периода).

Источником опорного напряжения служит стабилитрон VD10. Опорное напряжение через делитель R17, R18 поступает на базу транзистора VT5. Сетевое напряжение поступает на обмотку 1 трансформатора Т1 через предохранители FU1, FU2 и сетевой выключатель SA1. Лампочка Н1 позволяет визуально контролировать наличие сетевого напряжения. ЗУ имеет следующие основные характеристики:

Сетевое напряжение питания, В	.....220 ± 10%, 50 Гц
Потребляемая мощность, ВА, не более	...170
Задаваемый импульсный зарядный ток, А	..... до 10
Задаваемое максимальное время заряда, мин	.....999
Дискретность задания, мин	.....1
Габариты, мм	.....245 × 115 × 110
Масса, кг, не более	.....5

В схеме предусмотрена защита аккумулятора от неконтролируемого разряда в случае провала сетевого напряжения. В этом случае реле К1 своими контактами отключит цепь разряда аккумулятора. Для защиты от короткого замыкания на выходе в ЗУ предусмотрен предохранитель FU3. Источник питания 5 В включает в себя выпрямитель на диодах VD6 – VD9 и стабилизатор напряжения DA1. Напряжение на выпрямитель поступает с обмотки 3 трансформатора Т1. Индикатор HL2 позволяет визуально контролировать напряжение 5 В.

Таймер с обратным отсчётом времени выполнен на МК DD1 (AT89C4051-24PI). Чтобы его запрограммировать, необходимо иметь коды прошивки в формате Intel HEX (или HEX-файл). Эта программа размещена на сайте журнала, и её можно загрузить бесплатно. Задаваемое время – от 1 до 999 мин с дискретностью задания 1 мин. Предусмотрена подача звукового сигнала длительностью 60 с в момент окончания отсчёта заданного времени. Рабочая частота

МК задаётся генератором с внешним резонатором ZQ1 на 10 МГц.

Канал управления реле К1 собран на транзисторе VT4. Канал управления с вывода 11 МК DD1. Пьезоэлектрический излучатель BA1 и индикатор HL1 включаются через выводы 8 и 9 МК DD1 соответственно.

С порта П1 МК DD1 управляет клавиатурой (кнопки S1 – S3) и динамической индикацией. Динамическая индикация собрана на транзисторах VT1 – VT3 и цифровых семисегментных индикаторах HG1 – HG3. Резисторы R4 – R11 ограничивают ток через сегменты индикаторов HG1 – HG3. Коды для включения индикаторов HG1 – HG3 при функционировании динамической индикации поступают на вход П1 МК DD1. Для функционирования клавиатуры задействован вывод 7 МК DD2.

В интерфейс устройства входят клавиатура (кнопки S1 – S3), индикатор HL1, лампочки Н1, Н2 и блок индикации (дисплей HG1 – HG3). На индикаторе HG1 отображаются единицы минут, на HG2 – десятки минут, на HG3 – сотни минут. Кнопки S1 (Δ) и S2 (∇) увеличивают и уменьшают (соответственно) установленное время на единицу (при удержании данной кнопки в нажатом состоянии более 4 с значение времени, индицируемое на дисплее, изменяется на 5 единиц за 1 с). Кнопка S3 (C) включает или выключает выпрямитель. С нажатия этой кнопки начинается работа таймера – идёт обратный отсчёт заданного времени, включается реле К1 (лампочка Н2), включается также индикатор HL1.

На выводе 1 МК DD2 с помощью RC-цепи R3, C1 формируется сигнал системного аппаратного сброса МК DD1 сразу после подачи питания. При инициализации пьезоэлектрический излучатель BA1, индикатор HL1 и транзистор VT4 отключены. На индикаторах HG1 – HG3 индицируются нули. Точка h индикатора HG3 включена.

Для перевода ЗУ в рабочий режим необходимо кнопками S1 и S2 установить необходимый интервал времени. При этом в таймере отсчёт текущего времени запрещается. Далее необходимо нажать на кнопку S3. При этом включится индикатор HL1 и лампочка Н2, а на выводе 11 МК установится «лог. 1». Транзистор VT4 откроется и напряжение с выпрямителя (VD6 – VD9) включит реле К1,

которое своими контактами замкнёт цепь подключения аккумулятора. Начинается процедура зарядки аккумулятора. Установленное время заносится в память МК DD1.

Время, индицируемое на индикаторах HG1 – HG3, декрементируется с каждой минутой. Точка h индикатора HG3 мигает с периодом 1 с. Если требуется остановить заряд и изменить время, необходимо нажать на кнопку S3. При этом выключится индикатор HL1, лампочка Н2 и реле К1, которое своими контактами разомкнёт цепь подключения аккумулятора. Потом кнопками S1 и S2 надо установить необходимый интервал времени и снова нажать на кнопку S3.

Программное обеспечение МК полностью обеспечивает реализацию алгоритма работы электронных часов. Формирование точных временных интервалов длительностью 1 с решено с помощью прерываний от таймера TF0 и счётчика на регистре P3. Счётчик на регистре P4 формирует интервал в одну минуту. Таймер TF0 формирует запрос на прерывание через каждые 3400 мкс. Счётчики на данных регистрах подсчитывают количество прерываний, через каждую минуту устанавливается флаг (pusk1), и текущее время декрементируется.

Корректировка текущего времени происходит каждые 10 мин. Интервал 3400 мкс для таймера TF0 выбран не случайно. Через каждые 3400 мкс происходит отображение разрядов в динамической индикации ЗУ.

Программа состоит из трёх основных частей: инициализации, основной программы, работающей в замкнутом цикле, и подпрограммы обработки прерывания от таймера TF0.

В основной программе происходит счёт текущего времени, коррекция текущего времени, включение световых и звуковых сигналов и перекодировка двоичного числа значений времени в код для отображения информации на семисегментных индикаторах.

В памяти данных МК (адреса 30H – 32H) организован буфер отображения для динамической индикации. Данные адреса загружаются в регистр P0 МК. При нажатии на кнопку S1 устанавливается флаг, разрешающий увеличивать текущее значение времени, индицируемое на дисплее. Одновременно запускается счётчик

по адресу 58H, формирующий интервал 4 с. Если кнопку удерживать более 4 с, значение времени, индицируемое на дисплее, увеличивается на пять единиц за 1 с. Интервал времени, в течение которого происходит увеличение времени, организован в ячейке по адресу 59H. При отпускании кнопки S1 все вышеуказанные счётчики обнуляются. Совершенно аналогичным образом организована работа кнопки S2 для уменьшения текущего значения времени, индицируемого на дисплее. Счётчики алгоритма для кнопки S2 организованы соответственно в ячейках по адресам 5AH, 5BH.

На регистре P1 организован счётчик разрядов. При каждом обращении к подпрограмме обработки прерывания регистры P0 и P1 инкрементируются. При инициализации в P0 загружается адрес 30H, а в P1 соответственно «лог. 1».

Разработанная программа на ассемблере занимает порядка 0,57 Кб памяти программ МК, аппаратная часть МК DD1 использована полностью.

Каждый байт из функциональной группы в цикле, в подпрограмме обработки прерывания таймера TF0 (метка OT) после перекодировки выводится в порт П1 МК. Для включения индикаторов HG1 – HG3 необходимо установить «лог. 0» на выводах 2, 3, 6 МК DD1 соответственно. Например, чтобы на индикаторе HG1 индицировалась «1», необходимо двоично-десятичное число, расположенное по адресу 30H, перекодировать, вывести в порт П1 МК и установить «лог. 0» на выводе 2 МК DD1. Записывая поочередно после перекодировки (в цикле) в порт П1 МК байты из функциональной группы буфера отображения и «лог. 0» на соответствующие выводы порта П3 DD1, получаем режим динамической индикации.

В процессе обработки подпрограммы прерывания происходит опрос клавиатуры. Младшая тетрада выводимого при этом в порт П1 МК байта для клавиатуры представляет собой код «бегущий ноль». После записи данного байта в порт П1 МК DD1 анализирует сигнал на входе 7 (P3.3). В рамках вышеуказанной подпрограммы при любой нажатой кнопке на входе 7 МК присутствует лог. 0. Таким образом, каждая кнопка клавиатуры «привязана» к своему разряду в младшей тетраде байта

данных, выводимого в порт П1, МК для опроса клавиатуры.

Транзистор VT5 и микросхему DA1 следует установить на радиаторе. Площадь эффективной поверхности радиатора – не менее 200 и 20 см² соответственно.

Конструктивно источник питания состоит из платы управления (70 × 85 мм), платы интерфейса (80 × 80 мм), радиатора для транзистора VT2 и трансформатора T1. Вилка X1 входит в состав сетевого шнура. В ЗУ применены резисторы типа C2-33H-0.125, C2-33H-2 (R16), СП5-2ВБ (R18), C5-16МВ (R21), ПЭВ30 (R22). Можно использовать любые другие резисторы с такой же мощностью рассеяния и погрешностью не более 5%. В схеме использованы конденсаторы типа К50-35 (C1 – C3) и К10-17а (C4). Конденсатор C4 устанавливается между цепью 5 В и общим проводником МК DD1. В качестве стабилизатора VD10 можно использовать любой стабилизатор с напряжением стабилизации от 8 до 12,2 В. Реле К1 на 12 В имеет паспорт РЭН29 РФО.450.016ТУ.

Трансформатор T1 выполнен на магнитопроводе ШЛ 32 × 40 (материал Э310; 0.35). Обмотка 1 содержит 554 витка провода ПЭТВ-2-0,8. Обмотка 2 – 132 витка ПЭТВ-2-1,6, с отводом от 66 витка. Обмотка 3 – 30 витков ПЭТВ-2-0,8. Между обмотками надо проложить три слоя лакоткани ЛМШС-105-0,12 ГОСТ 2214-78. Катушку обернуть также тремя слоями вышеуказанной лакоткани. Данный трансформатор можно заменить любым другим трансформатором с параметрами:

Максимальная выходная мощность, Вт, не менее	.....200
Напряжение обмотки 2: в режиме холостого хода, В	.....22...25
в режиме номинальной нагрузки, В	...21...24
Напряжение обмотки 3: в режиме холостого хода, В	.....12
в режиме номинальной нагрузки, В	.....11
Максимальный ток обмотки 2, А, не более	.....8
Максимальный ток обмотки 3, А, не более	.....1
Отклонение напряжения вторичных обмоток, %	.....5
Электрическая прочность между обмотками, кВ	.....1,5
Сопротивление изоляции, МОм	.....500
Потребление тока по каналу 5 В, мА, не более	.....200

Номинальный ток предохранителей FU1, FU2 – 1,1 А. В схеме использованы предохранители типа ВП1-1,1А с параметрами 1,1 А, 250 В. Для предохранителей используются держатели типа ДВП4-1в. Номинальный ток предохранителя FU3 – 10 А. Его тип – ВП1-2, параметры – 10 А, 250 В, а держатель – ДВП4-2В. Для монтажа стабилизатора тока применён сдвоенный провод МГШВ-0.5, таймера – МГТФ-0.12, остальных цепей – МГШВ-0.35. Пьезоэлектрический излучатель ВА1 НРМ14АХ можно заменить на НРА17АХ или НРА14АХ. Индикаторы HG1 – HG3 имеют зелёный цвет свечения. В схеме использованы индикаторы марки HDSP-F501, но подойдут любые другие индикаторы с общим анодом и приемлемой яркостью свечения, например типа АЛС321. Индикатор HL1 марки ЗЛ341К имеет красный цвет свечения. Можно использовать любой с $I_{np} = 10$ мА. В качестве индикаторной лампы Н1 можно использовать любую лампу с рабочим напряжением 220 В, а в качестве лампы Н2 – с напряжением 12 В.

Целесообразно проверить ЗУ на резистивной нагрузке. Для этого необходимо к клеммам ХТ3, ХТ4 подключить резистивную нагрузку 6 ± 1 Ом ($P_{рас} = 60$ Вт, $I = 6$ А). К клеммам ХТ1 и ХТ2 подключить амперметр с пределом измерения тока до 10 А. Включить выключатель SA1 и установить, резистором R18 ток 1,8 А (для импульсного зарядного тока 5 А). Через 2...3 часа надо проверить тепловой режим работы устройства и показания амперметра. После подключения аккумулятора значение зарядного тока нужно установить в пределах 1,8...2,0 А.

С более глубоким рассмотрением отдельных вопросов по созданию ЗУ для аккумуляторов можно ознакомиться в [1 – 3].

ЛИТЕРАТУРА

1. Фрунзе А.В. Микроконтроллеры? Это же просто! Том 3. М.: СКИМЕН, 2003.
2. Нефёдов А.В. Интегральные микросхемы и их зарубежные аналоги: Справочник. Т. 8. М.: РадиоСофт, 1999.
3. Найвельт Г.С., Мазель К.Б., Хусаинов Ч.И. и др. Источники электропитания радиоэлектронной аппаратуры: Справочник. Под ред. Г.С. Найвельта. М.: Радио и связь, 1985.



NPB
560

Switchcraft

Разъёмы на приборную панель

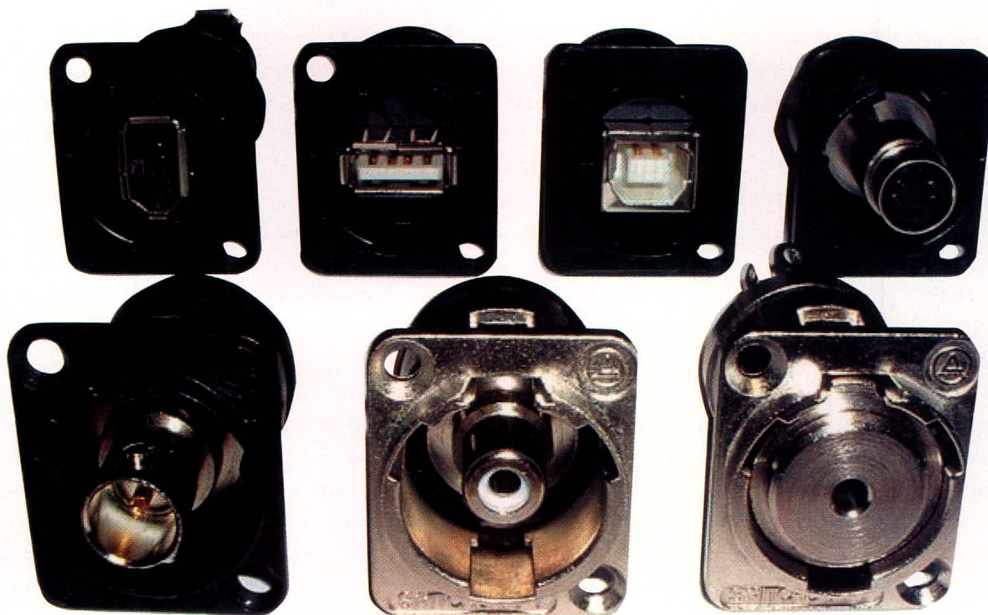
СЕРИЯ EH
Audio/
Video/
Data

EHFWX2B

EHUSBABB

EHUSBBAB

EHSVHS2B



EHBNC2B

EHRCA2

EH35MMS

Компания Switchcraft представляет новую линейку разъемов серии EH, выполненных в стандартном корпусе XLR. Корпус разъема легко монтируется на приборную панель.

Предусмотрены форматы USB-A, USB-B, Firewire, S-VHS, 3.5mm стерео, MIDI, 9-контактные HD D-SUB, 15-контактные HD D-SUB, RCA и BNC.

Данные разъемы являются идеальным решением для системной интеграции, профессиональной аудиоаппаратуры, для передачи аудио/видео сигнала и т.д. Разъемы устанавливаются в стандартные XLR гнезда, что позволяет без труда комбинировать различные форматы на одной монтажной рейке Switchcraft QG.

Электронный каталог продукции Switchcraft представлен на сайте:
www.switchcraft.com

PROSOFT®

ПРОСОФТ — АКТИВНЫЙ КОМПОНЕНТ ВАШЕГО БИЗНЕСА

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

Оптимизационные преобразования VHDL-моделей цифровых систем

Пётр Бибило, Денис Кочанов (г. Минск, Белоруссия)

В статье предлагается выделить из RTL-описания поведения цифровой системы комбинационный логический блок и провести глобальную логическую минимизацию, отсутствующую в системах синтеза логических схем по алгоритмическим описаниям на языке VHDL. Оптимизационные преобразования позволяют улучшить результаты синтеза логических схем в библиотеках проектирования базовых матричных кристаллов. Основная проблема заключается в разработке средств конвертирования VHDL-моделей.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в области автоматизированного проектирования (САПР) цифровых сверхбольших интегральных схем (СБИС) широко применяются различные системы синтеза (синтезаторы). Одним из наиболее известных является синтезатор LeonardoSpectrum компании Mentor Graphics [1]. Данный синтезатор может быть настроен пользователем на собственную библиотеку проектирования. Синтезатор может оптимизировать схемы по различным критериям (площадь – area, быстродействие – delay) и учитывать разнообразные технологические ограничения. Синтез схемы от алгоритмических описаний на языке VHDL [2] в LeonardoSpectrum разбит на два этапа – высокоуровневый синтез, результатом которого является так называемое RTL-описание (RTL – Register Transfer Level), и технологическое отображение (technology mapping). В процессе технологического отображения промежуточное RTL-описание (назовём его R0) заменяется результирующей логической схемой. Важным отличием LeonardoSpectrum от других синтезаторов является возможность повторного синтеза (перепроектирования) – получения новой схемы на основе уже синтезированной. Для этого имеется соответствующая команда *intpar*, по которой осуществляется переход от структурного описания полученной логической схемы к RTL-описанию (назовём его R1).

ОПТИМИЗАЦИОННЫЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ

Предлагается преобразовать RTL-описание R1 в функционально эквивалентное VHDL-описание R2 и провести оптимизацию. Очевидно, RTL-описание R2 может быть подано на вход синтезатора в качестве исходного – так будет осуществлён повторный синтез схемы. В качестве оптимизационных преобразований предлагаются такие, которые отсутствуют в LeonardoSpectrum – это переход к двухуровневому («И/ИЛИ») представлению системы логических функций и совместная либо раздельная минимизация функций в классе ДНФ. В результате таких преобразований и повторного синтеза зачастую можно уменьшить сложность схемы и (или) увеличить её быстродействие.

Чтобы проиллюстрировать эффективность предлагаемого подхода, применим его для оптимизации секвенциального автомата SEKV:

$$\bar{x}_1 x_2 z_0 z_1 \mid \bar{z}_0 \bar{z}_4 y_1 \bar{y}_2,$$

$$\bar{x}_2 \bar{z}_0 z_1 z_4 \mid \bar{z}_1 \bar{z}_2,$$

$$x_2 z_0 \bar{z}_1 \bar{z}_2 \mid z_2,$$

$$\bar{x}_1 \bar{z}_1 \bar{z}_4 \mid \bar{z}_3 z_4 \bar{y}_1,$$

$$x_1 \bar{z}_1 \bar{z}_4 \mid z_3 z_4 y_2,$$

$$\bar{x}_1 x_2 z_0 z_1 \mid z_3,$$

Секвенциальный автомат [3] является моделью цифровой системы, функционирующей в дискретном времени, и состоит из множества S

секвенций s_i . Каждая секвенция s_i имеет форму $f_i \mid k_i$, где f_i – булева функция входных и внутренних переменных; k_i – элементарная конъюнкция внутренних и выходных переменных; через \mid обозначено логическое следствие. Каждая секвенция $f_i \mid k_i$ описывает определённое требование к поведению цифровой системы: если в некоторый момент времени f_i принимает значение 1, то непосредственно вслед за этим (в следующем такте дискретного времени) k_i также принимает значение 1. При этом значения всех переменных в k_i определяются *однозначно*, т.е. непротиворечиво.

Рассмотрим простой секвенциальный автомат SEKV. В простом секвенциальном автомате каждая функция f_i является элементарной конъюнкцией входных и внутренних переменных. Автомат SEKV задаётся шестью секвенциями. Переменные x_1, x_2 являются входными; z_0, z_1, z_2, z_3, z_4 – внутренними; y_1, y_2 – выходными для автомата SEKV. Секвенциальный автомат SEKV является простым, так как левые части секвенций (функции f_i) представляются элементарными конъюнкциями входных и внутренних переменных [3].

Вначале по методике, предложенной в статье [4], создаётся VHDL-модель секвенциального автомата (см. файл *sekv_short.vhd* на сайте журнала), после чего по этой модели синтезируется схема в системе LeonardoSpectrum. Синтез осуществляется в библиотеке проектирования БМК. Описание элементов библиотеки представлено в книге [2, с. 159]. Полученная по исходной VHDL-модели логическая схема имеет сложность 138 элементарных ячеек БМК и быстродействие 4,32 нс. Сложность S схемы в библиотеке проектирования БМК (далее просто схемы БМК) подсчитывалась как сумма площадей входящих в данную схему элементов, а площадь элемента подсчитывалась в числе элементарных ячеек БМК.

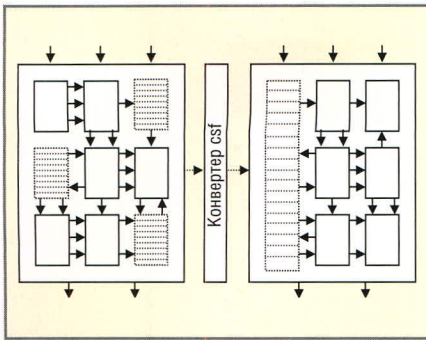


Рис. 1. Конвертирование RTL-описаний в SF-описания при помощи конвертера csf

Элементарная ячейка БМК содержит комплементарную пару транзисторов.

Затем выполняется команда *untar*. В результате будет сгенерировано RTL-описание R1 (файл *sekv_short_RTL.vhd*). RTL-описание R1 конвертируется в эквивалентное ему описание логической схемы на языке SF [5], который поддерживается отечественной системой CustomLogic [5] проектирования СБИС. В системе CustomLogic проводится оптимизация логической схемы – выполняются программы совместной минимизации функций в классе ДНФ. Оптимизированное представление конвертируется (соответствующий конвертор имеется в [5]) в представление R2 на языке VHDL (файл *sekv_short_net.vhd*) и подается на вход LeonardoSpectrum. Осуществляется повторный синтез схемы. Результирующая схема имеет сложность 127 элементарных ячеек и быстродействие 3,07 нс. Таким образом, проведение оптимизирующих преобразований позволило уменьшить сложность схемы и повысить быстродействие.

КОНВЕРТИРОВАНИЕ RTL-ОПИСАНИЙ В ОПИСАНИЯ НА ЯЗЫКЕ SF

Основная трудность предлагаемого подхода заключается в конвертировании RTL-описаний, которые и оптимизируются с помощью развитых программ логической оптимизации, имеющих в системе CustomLogic.

Конвертирование VHDL-описания уровня RTL осуществляется при помощи специализированного конвертера csf. По RTL-описанию конвертер csf генерирует два связанных между собой SF-описания. Одно из них – функциональное (содержит описа-

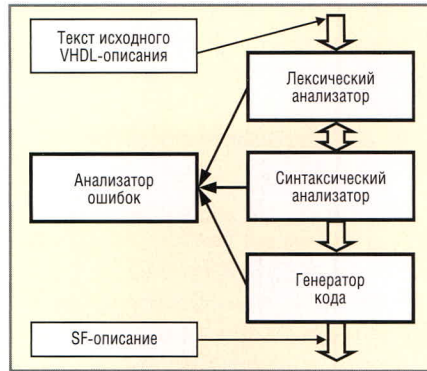


Рис. 2. Системная архитектура конвертера csf

ние логических функций комбинационной части схемы), другое – структурное (содержит описание компонентов и межкомпонентных связей). В качестве компонентов выступают элементы памяти и комбинационная часть схемы, оформленная в виде одного компонента. Процесс конвертирования изображен на рис. 1.

Реализация конвертера опирается на широко развитую теорию создания компиляторов [6]. Конвертер состоит из четырех взаимодействующих блоков: лексического и синтаксического анализаторов, генератора кода и блока обработки ошибок [6 – 8]. Каждый из блоков выполняет определенную функцию. На рис. 2 изображена архитектура конвертера csf. Лексическим анализатором (ЛА) считывается входной VHDL-код, синтаксический анализатор (СА) вызы-

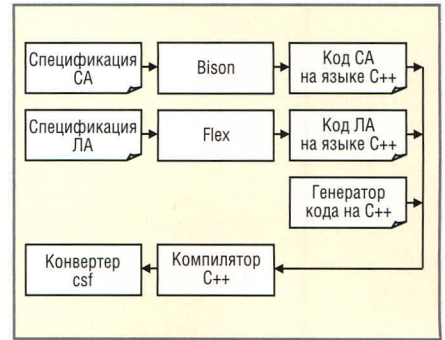


Рис. 3. Процесс программной реализации конвертера csf

вает ЛА, тот распознаёт очередную лексему [6, 7] и передает её СА, который на основе полученных лексем строит дерево синтаксического разбора [6, 8]. После того как обработан весь входной VHDL-код, управление передается генератору выходного кода, который создает на основе дерева разбора SF-код, эквивалентный по функциональности исходному VHDL-коду.

Разработка конвертера csf опирается на известные, хорошо апробированные инструментальные средства: генераторы лексических и синтаксических анализаторов Flex [8] и Bison [9, 10], а также язык C++ [11]. На рис. 3 изображен процесс разработки конвертера csf. На первом этапе разработки были созданы спецификации лексического и синтаксических анализаторов [9]. На их основе генераторы Flex и Bison

Измерительные технологии будущего

Современные сенсорные технологии позволяют решать различные задачи: измерение, преобразование сигнала, тестирование, технологический контрол, обеспечение безопасности, позиционирование объектов, автоматизация производственных процессов.

Первичные преобразователи

Устройства обработки сигнала

Индустриальные датчики

Все виды датчиков от одного поставщика

Москва, 1-й Щемилковский пер., д. 17/19, стр. 2
Тел./факс: (495) 223-00-38
E-mail: info@sensorica.ru

построили алгоритмические описания соответствующих программ на языке программирования C++. После чего был разработан модуль генерации SF-кода и скомпилирован совместно с остальными модулями в конвертер csf.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ СИНТЕЗ СХЕМ В БИБЛИОТЕКЕ БМК

Предложенный подход был проверен экспериментально на типовых схемах – сумматорах (Adder), умножителях (Mult), декременторах (Decr), инкременторах (Incr), схемах сравнения на равенство (Eq), на «больше/равно» (Greate_eq), «меньше» (Smaller), дешифраторах (Decod), мультиплексорах (Mux). Эксперимент состоял в сравнении результатов синтеза типовых устройств комбинационной логики двумя способами, различающимися формой задания функционально эквивалентных исходных данных:

Способ 1. Синтез от исходных высокоуровневых VHDL-описаний.

Способ 2. Синтез от VHDL-описаний, представляющих собой минимизированные системы ДНФ функций.

В качестве синтезатора использовался LeonardoSpectrum [1]. В качестве библиотеки была выбрана библиотека проектирования базовых матричных кристаллов (БМК) [2, с. 159], состоящая из 35 элементов. В качестве программ минимизации использовались программы совместной минимизации систем булевых функций в классе ДНФ [5].

Результаты эксперимента приведены в таблице. Жирным шрифтом выделены лучшие решения (схемы, имеющие меньшую сложность *S* и меньшую задержку τ). Сравнивая результаты синтеза, можно заметить, что синтез от исходного высокоуровневого задания эффективен для сумматоров и умножителей, что свидетельствует о том, что реализация компилятов в LeonardoSpectrum является весьма эффективной. Напомним, что компилятом [2] является параметри-

чески генерируемая логическая схема, реализующая оператор (в данном случае сложение и умножение) языка VHDL. Переход к двухуровневому представлению системы функций позволяет во многих случаях уменьшить задержку схем. Однако если основным параметром оптимизации является сложность, то синтез лучше проводить от исходных алгоритмических описаний. Для схем нерегулярной логики может достигаться уменьшение сложности и задержки.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Использование изложенного подхода преобразования VHDL-моделей и переход к двухуровневому представлению логики синтезируемых устройств с последующей логической минимизацией может оказаться целесообразным, особенно если требуется увеличить быстродействие схем.

ЛИТЕРАТУРА

1. Библио П.Н. Системы проектирования интегральных схем на основе языка VHDL. StateCAD, ModelSim, LeonardoSpectrum. М.: СОЛОН-Пресс, 2005.
2. Библио П.Н. Синтез логических схем с использованием языка VHDL. М.: Солон-Р, 2002.
3. Зафрековский А.Д. Параллельные алгоритмы логического управления. Мн.: Институт технической кибернетики НАН Беларуси, 1999.
4. Библио П.Н. Описание параллельных и секвенциальных автоматов на языке VHDL. Информатика. 2005. № 1.
5. Библио П.Н., Василькова И.В., Кардаш С.Н. и др. Система Custom Logic автоматизированного проектирования управляющей логики заказных цифровых СБИС. Микроэлектроника. 2004. Т. 32. № 5.
6. Ахо А., Ульман Дж., Сети Р. Компиляторы: принципы, технологии и инструменты. Пер. с англ. М.: Вильямс, 2001.
7. Фридл Дж. Регулярные выражения. Библиотека программиста. С.-Петербург: Питер, 2003.
8. Зелковиц И., Пратт Т. Языки программирования: разработка и реализация. С.-Петербург: Питер, 2002.
9. Хантер Р. Основы построения компиляторов. Пер. с англ. М.: Вильямс, 2002.
10. Костельцев А.В. Построение интерпретаторов и компиляторов. СПб.: Наука и Техника, 2001.
11. Страуструп Б. Язык программирования Си++. Пер. с англ. М., СПб.: «БИНОМ» – «Невский Диалект», 2002.

Сравнение реализаций типовых устройств по различным исходным описаниям

Имя схемы	Исходная VHDL-модель		VHDL-модель системы ДНФ	
	<i>S</i>	τ , нс	<i>S</i>	τ , нс
Adder_4	75	3,73	87	2,97
Adder_5	97	4,83	110	4,92
Adder_6	119	5,92	363	8,7
Mult_4	253	7,2	648	9,5
Mult_5	451	10,6	2633	18
Decr_6	57	2,43	58	3,92
Decr_7	69	3,2	70	4,97
Decr_8	81	3,97	81	4,03
Incr_6	54	4,25	54	4,24
Incr_7	66	5,42	66	5,41
Incr_8	78	6,59	78	6,56
Eq_4	33	1,74	33	1,74
Eq_5	43	1,74	43	1,74
Greate_eq_4	39	3,21	39	2,25
Greate_eq_5	51	4,11	51	2,52
Smaller_4	39	3,18	37	2,93
Smaller_5	51	4,17	51	2,28
Decod3_8	44	1,42	44	1,42
Decoder4_16	85	1,76	85	1,78
Decoder5_32	171	2,53	133	2,83
Mux8_3	36	1,67	36	1,67
Mux16_4	75	2,03	75	2,03
Mux32_5	158	2,87	166	4,04

Твердотельные суперконденсаторы

Новый тип твердотельного устройства – суперконденсатора, – изготовленный учёными из Университета Калифорнии, Лос-Анжелес, может обеспечить лучший метод сохранения информации в памяти компьютера при перебоях электроэнергии.

Конденсатор является компонентом, где запасается электрическая энергия в форме разделённых отрицательных и положительных зарядов на электродах. Так называемые суперконденсаторы примерно в тысячу раз более ёмкие, чем обычные конденсаторы, что обусловлено внутренней структурой, двойным электрическим слоем и пористостью электродов.

Как основа для быстрых источников энергии, суперконденсатор может заряжаться и разряжаться за время от единиц микросекунд до секунд, тогда как для батарей это занимает минуты и часы. Однако, плотность энергии в батареях гораздо выше. Поэтому эксперты считают, что идеальное устройство для резервного хранения информации должно быть гибридом батареи и суперконденсатора.

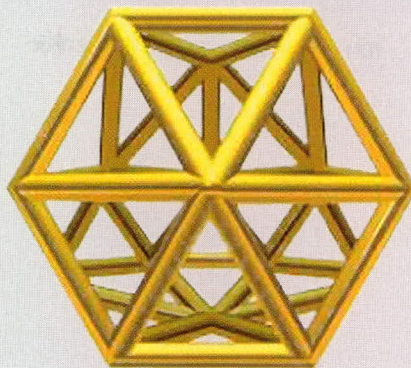
Между тем, для применения в такой роли суперконденсаторы должны легко изготавливаться и интегрироваться в микросхемы. Именно здесь разработка учёных и оправдывает себя: простой технологический процесс (диэлектрический слой фторида лития, помещённый между электродами из золота, серебра или алюминия), отсутствие электролита (многие другие суперконденсаторы наполовину являются миниатюрными батареями, т.к. для их работы необходим электролит) и возможность интеграции для различных применений. Ёмкость полученных суперконденсаторов составляет десятки микрофарад на см², частота перезарядки – до 10 кГц.

www.physics.com.ua

Впервые учёными получен «Золотой фуллерен»

Научному сообществу уже давно известны экзотические круглые молекулы углерода C₆₀, называемые фуллеренами (в честь открывшего их химика Бакминстера Фуллера). Недавние исследования показали, что такие круглые молекулы-клетки могут формировать и металлы, сообщает EurekAlert.

Команде учёных из Вашингтонского государственного университета под руководством профессора университета Лай-Шэна Вана (Lai-Sheng Wang) удалось син-



тезировать молекулу «золотого фуллерена», имеющую круглую форму. В отличие от углеродных фуллеренов, состоящих из 60 атомов углерода, золотые «наноклетки» состоят из 16, 17 или 18 атомов благородного металла. Новые наноструктуры назвали «полыми золотыми клетками» (hollow golden cages). Диаметр золотых наноструктур – всего 6 А. Внутри этой наноклетки можно поместить один-единственный небольшой по размерам атом, например, атом водорода.

«Нами впервые создана полая нанометаллическая структура; ранее у учёных были сомнения относительно возможности создания фуллеренов из атомов металла», – говорит проф. Ван. Вместе со знаменитым профессором-химиком Ричардом Смолли (Richard Smalley) они исследовали наноразмерные структуры – нанотрубки и фуллерены. Проф. Вану, наконец, удалось создать «полую золотую клетку».

В лаборатории молекулярной химии PNNL учёным удавалось создавать и кластеры золота Au₃₂, однако они были неоднородны и агрегатированы в «комки». Проф. Ван синтезировал «чистый» Au₁₆. Больше всего Au₁₆, Au₁₇ и Au₁₈ похожи на пирамидки из золота, чем на шары. Это связано с малым количеством атомов – ведь у молекулы фуллерена 60 атомов углерода, поэтому она «круглее».

Au₁₆ и другие экзотические наноструктуры из этого ансамбля стабильны при комнатной температуре. Молекулы-клетки также воздействуют с поверхностью, на которой они размещены. Они могут выступать даже в роли катализаторов.

Проф. Ван и его коллеги в следующих экспериментах планируют «наполнить» клетку небольшими атомами с помощью процесса, называемого допированием. Как ожидают ученые, клетки будут менять свои химические свойства в зависимости от типов атомов, размещённых внутри золотых наноструктур.

www.cnews.ru

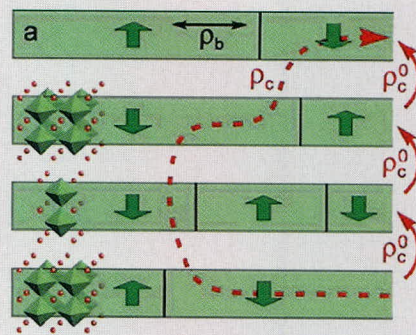
Новые свойства керамик определяют будущее трёхмерных ИС

Международная группа физиков обнаружила новые свойства керамических материалов, которые позволят в будущем создавать трёхмерные микросхемы на их основе. Исследования проводились учёными из Федерального технологического института в Цюрихе (ETH), Токийского университета и американской компании Lucent Technologies под руководством специалистов из Лондонского университетского колледжа. Было выявлено, что сложные материалы, такие как сплав на основе оксида марганца (La_{1,6}Sr_{1,4}Mn₂O₇), могут работать как интегральные микросхемы. Проводя электричество только в определённых направлениях, они дают возможность создавать металлические слои, которые отделяются друг от друга слоями изолятора толщиной всего в несколько атомов (см. рисунок). Таким образом, получают трёхмерные структуры.

«Существует проблема проницаемости слоёв в трёхмерной микросхеме, – комментирует руководитель исследования профессор Габриэль Аеппли (Gabriel Aeppli). – Наше исследование показывает, что эта проблема решается. В данном случае мы имеем дело не с электронами, а с более крупными структурами, состоящими из электронов и связанных с ними возмущений атомной структуры материала, которые не могут проникнуть через барьер между слоями.»

Используя сканирующий туннельный микроскоп, учёные обнаружили, что керамический материал ведёт себя как металл в плоскости, параллельной его поверхности, и как изолятор в перпендикулярном направлении. Предполагается, что такие необычные проводящие свойства материала обусловлены поляронами – составными квазичастицами, состоящими из электрона и двигающейся вместе с ним деформации решетки.

www.cnews.ru



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

(часть 4)

Сергей Лоцицкий (г. Брянск)

В четвёртой части статьи подробно рассматриваются такие параметры ММ ОУ, как зависимость выходного сопротивления от частоты и максимальная скорость изменения выходного напряжения. Статья ориентирована на специалистов, занимающихся практической разработкой автоматики, электроники, измерительной техники.

ЗАВИСИМОСТЬ ВЫХОДНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ММ ОУ ОТ ЧАСТОТЫ

В спецификациях (datasheet) обычно приводится график зависимости от частоты выходного сопротивления для ОУ с разомкнутой ОС или для ОУ, включенного по схеме повторителя напряжения. Схема, изображённая на рис. 38, позволяет по результатам тестирования ММ ОУ построить график любой из этих зависимостей.

На переменном токе петля ОС ОУ DA1 разомкнута с помощью компонентов R1, C1, A2 (указанные компоненты решают ту же самую задачу, что и компоненты R1, C1, E1 в схеме на рис. 36), а ОУ DA2 охвачен стопроцентной ОС. Очевидно, что в режиме анализа AC Sweep токи с амплитудами 1 А источников I_{out1} и I_{out2} протекают через выходные зажимы ОУ

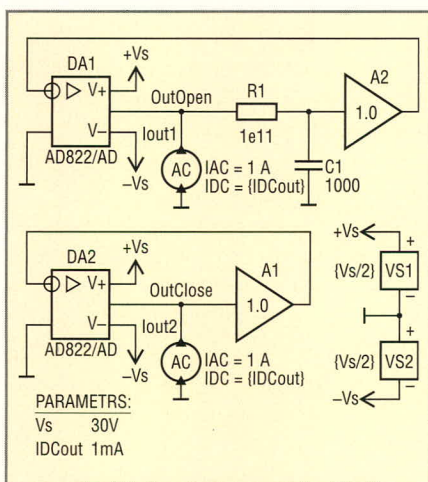


Рис. 38. Схема тестирования выходного сопротивления ММ ОУ

(DA1 и DA2 соответственно), а узловые напряжения $V(\text{OutOpen})$ и $V(\text{OutClose})$ численно равны выходным сопротивлениям ОУ. С помощью глобального параметра I_{DCout} задаются величины постоянных токов, протекающих через выходные зажимы ОУ DA1 и DA2. При тестировании ММ транзисторного уровня от величин указанных постоянных токов зависят параметры линейных схем замещения транзисторов выходного каскада, а следовательно, и результаты тестирования выходного сопротивления ММ транзисторного уровня. Результаты тестирования выходного сопротивления ММ транзисторного уровня THS4011 изображены на рис. 39.

ММ ОУ THS4011 тестировалась при двух значениях варьируемого параметра I_{DCout} (на нижнем графике рис. 39 кривые, соответствующие различным значениям I_{DCout} практически не различимы). Кривые верхнего и нижнего графиков рис. 39 являются прекрасной иллюстрацией к вопросу о влиянии отрицательной ОС на выходное сопротивление ОУ.

В статье [1] отмечалось, что ОУ с выходом Rail-to-Rail имеют высокое выходное сопротивление, величина которого на низких частотах может достигать сотен килоом. Сказанное подтверждают результаты тестирования ММ Rail-to-Rail Output ОУ AD822, изображённые на рис. 40.

Следует заметить, что снижение выходного сопротивления в диапазоне частот от 1 Гц до 1 кГц (верхний график) объясняется действием местной частотно-зависимой отрицательной ОС, которая охватывает выходной каскад схемы замещения ОУ AD822.

Вопросы, связанные с моделированием выходного сопротивления

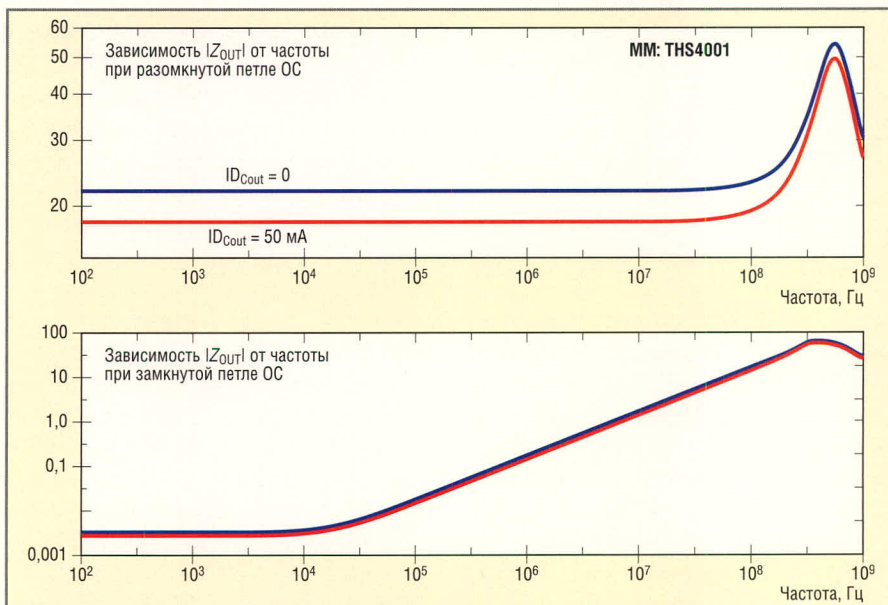


Рис. 39. Результаты тестирования выходного сопротивления ММ THS4011

ММ Бойля и классических МРЗ ММ, детально рассмотрены в статье [1]. Здесь же только отметим, что выходное сопротивление этих ММ не зависит от величины постоянного тока, задаваемого параметром I_{DCout} (разумеется, если этот ток не превышает величины, при которой выходной каскад схемы замещения ОУ переходит в нелинейный режим работы).

Максимальная скорость изменения выходного напряжения ММ ОУ

В отечественной технической литературе параметр, численно равный максимальной скорости изменения выходного напряжения ОУ, называется максимальной скоростью нарастания выходного напряжения ОУ. Следует заметить, что укоренившаяся терминология крайне неудачна, поскольку ОУ часто имеют существенно различающиеся скорости нарастания и спада выходного напряжения. Ниже используются следующая терминология и сокращения:

- $SR\uparrow$ – максимальная скорость нарастания выходного напряжения ОУ;
- $SR\downarrow$ – максимальная скорость спада выходного напряжения ОУ;
- SR – гарантированная максимальная скорость изменения выходного напряжения ОУ, равная меньшей из величин $SR\uparrow$ и $SR\downarrow$.

Более серьёзная проблема – отсутствие единой (общепринятой) методики тестирования указанного параметра. Анализ большого количества спецификаций показывает, что разные производители ОУ обычно используют различные методики измерения величины SR . Более того, часто в различных условиях тестируются разные серии ОУ, выпускаемые одной фирмой. Единственным общим моментом для всех методик тестирования параметра SR является только вид входного воздействия – перепад (скачок) напряжения.

Из сказанного следует, что схема тестирования ММ ОУ на предмет максимальной скорости изменения выходного напряжения должна обеспечивать:

- оперативное изменение конфигурации схемы (инвертирующий или неинвертирующий усилитель) и её параметров (коэффициента усиления, номиналов цепей ОС и нагрузки ОУ);

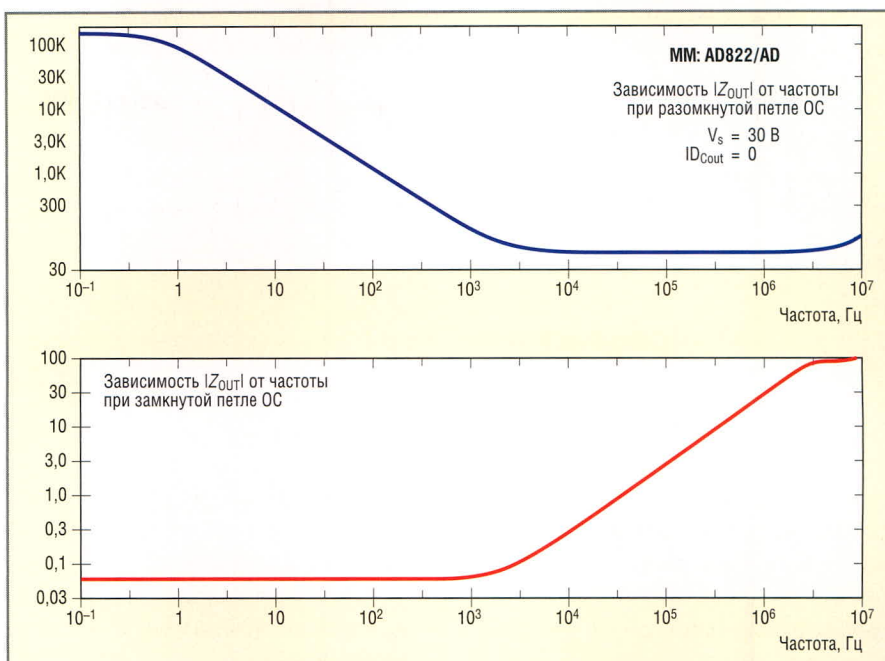


Рис. 40. Результаты тестирования выходного сопротивления ММ AD822/AD

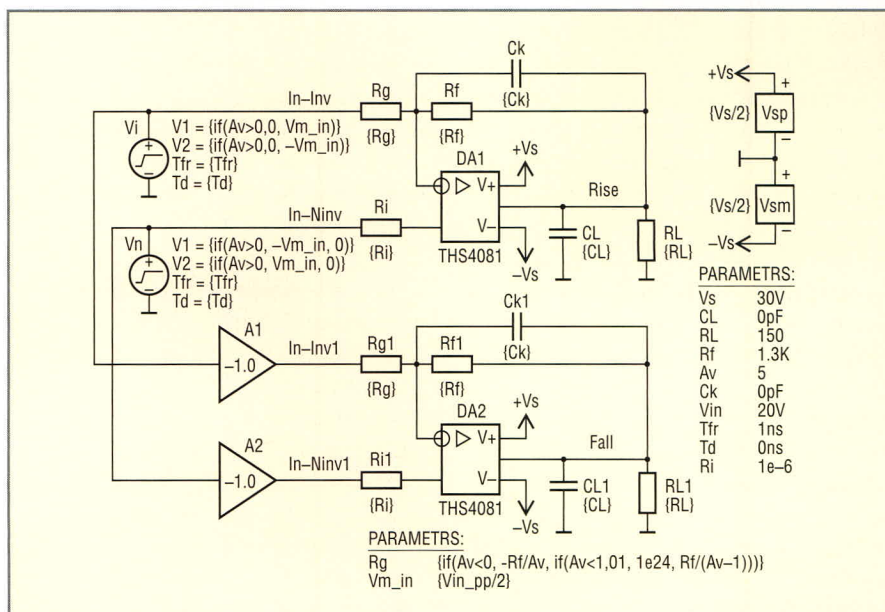


Рис. 41. Схема тестирования максимальной скорости изменения выходного напряжения ММ ОУ

- оперативное изменение параметров входного ступенчатого сигнала (величины перепада напряжения, длительности фронта);
- определение величин $SR\uparrow$ и $SR\downarrow$ по результатам одного тестирования схемы.

Перечисленным требованиям отвечает схема, изображённая на рис. 41.

Рассмотрим часть схемы, в которую входят ОУ DA1, резисторы R_g, R_f, R_i, R_L , конденсаторы C_k, CL и источники входных сигналов V_i, V_n .

Идеальный источник нулевого напряжения (фиктивный источник напряжения) формально может рассматриваться как переключатель, осуществляющая короткое замыкание двух

узлов внешней схемы, к которым подключены выводы этого источника. В схеме тестирования имеется два источника V_i и V_n входного сигнала, но один из них (за счёт использования условных выражений для определения атрибутов $V1, V2$ этих источников) всегда является фиктивным. Какой именно из этих источников является фиктивным, зависит от знака глобального параметра Av , задающего величину коэффициента передачи усилителя. Если вы зададите положительную величину параметра Av , то атрибуты $V1, V2$ источника V_i автоматически установятся равными нулю, а атрибуты источника V_n примут следующие значения: $V1 =$

$= -V_{in_pp}/2, V_2 = V_{in_pp}/2$. Очевидно, что в рассмотренном случае схема тестирования представляет собой неинвертирующий усилитель.

Если же вы зададите отрицательную величину параметра A_v , то картина меняется на обратную – фиктивным автоматически становится источник V_n . В этом случае схема тестирования представляет собой инвертирующий усилитель. Заметим, что в процессе тестирования схемы выходное напряжение ОУ DA1 всегда (вне зависимости от знака параметра A_v , которым определяется конфигурация схемы) изменяется от низкого уровня к более высокому, и, следовательно, напряжение узла Rise является нарастающим. На ОУ DA2 и связанных с ним компонентах реализован второй усилитель, который ничем не отличается от рассмотренного усилителя. На входы второго усилителя сигналы от источников V_i, V_n поступают через идеальные инверторы A1, A2, и поэтому напряжение на выходе ОУ DA2 в процессе тестирования схемы изменяется от высокого уровня к низкому, т.е. напряжение узла Fall является спадающим.

Источники V_i, V_n , моделирующие в режиме Transient перепад (скачок) напряжения, являются важным частным случаем стандартного источника VPULSE и описываются следующей простой MM:

```
.SUBCKT Vstep 1 2 PARAMS:
+Vstart=0 Vend=1 VDC=0 VAC=1
+Td=0 Tfr=1u
*
V 1 2 DC {VDC} AC {VAC}
+PULSE({Vstart} {Vend} {Td}
+{Tfr})
.ENDS Vstep
```

Схема тестирования имеет ещё одну маленькую хитрость – сопротивление резистора R_g в ней рассчитывается автоматически по следующей формуле:

$$R_g = \begin{cases} -\frac{R_f}{A_v}, & \text{если } A_v < 0 \\ 10^{24} \text{ Ом}, & \text{если } 0 \leq A_v < 1,01 \\ \frac{R_f}{A_v - 1}, & \text{если } A_v \geq 1,01 \end{cases}$$

Из сказанного следует, что для определения конфигурации и желаемых условий тестирования схемы пользователю достаточно задать численные значения десяти гло-

бальных параметров. Это существенно упрощает и ускоряет тестирование.

В спецификации на высокоскоростной ОУ THS4081 [www.ti.com] указывается, что типовая величина параметра SR равна 230 В/мкс при тестировании ОУ в следующих условиях: $V_s = 30 \text{ В}, V_{in_pp} = 20 \text{ В}, A_v = +5, R_L = 150 \text{ Ом}$. Номиналы цепи ОС явно не указаны, но из типовой схемы инвертора следует, что $R_f = 1,3 \text{ кОм}$. Кроме того, в спецификации указано, что параметр SR измеряется на участке изменения выходного напряжения ОУ между относительными уровнями, составляющими 25 и 75% от полного размаха выходного напряжения тестируемого ОУ. Указанные на рис. 41 величины глобальных параметров обеспечивают моделирование в схеме тестирования рассмотренных условий испытаний ОУ THS4081.

Существенно уменьшить время, необходимое для определения величин параметров $SR \uparrow$ и $SR \downarrow$ по результатам тестирования схемы, можно за счёт использования следующей целевой функции [3, 4]:

```
*****
SR_RelLevel(1,RelLevel)=
+(y4-y3)/(x4-x3)*1e-6
*
* Find the value Slew Rate [V/us]
{
1|Search forward x value (0%) !1
Search forward x value (100%) !2
Search forward /Begin/level
+(y1+RelLevel*(y2-y1)) !3
Search forward /Begin/ level
+(y1+(1-RelLevel)*(y2-y1)) !4;
}
*****
```

В процессе расчёта величины целевой функции $SR_RelLevel(<Trace>, RelLevel)$ автоматически выполняются следующие действия:

- отыскивается стартовая (самая левая) точка $P1(x1,y1)$ трассы;
- отыскивается конечная (самая правая) точка $P2(x2,y2)$ трассы;
- отыскивается точка трассы $P3(x3,y3)$, Y-координата которой отвечает условию: $y_3 = y_1 + RelLevel(y_2 - y_1)$;
- отыскивается точка трассы $P4(x4,y4)$, Y-координата которой отвечает условию: $y_4 = y_1 + (1 - RelLevel)(y_2 - y_1)$;

- рассчитывается величина целевой функции:

$$SR_RelLevel(<Trace>,RelLevel) = \frac{y_4 - y_3}{x_4 - x_3} \times 10^{-6}$$

Заметим, что целевая функция возвращает величину, которая имеет общепринятую для параметра SR размерность [В/мкс].

Выполните следующие действия:

- осуществите анализ схемы тестирования в режиме Transient (параметры моделирования: Final Time = 120 ns, Step Ceiling = 100 ps);
- последовательно выберите пункты меню Tools и Options программы Probe. В открывшемся окне Probe Options активизируйте опцию Display Evaluation и закройте окно нажатием кнопки ОК;
- указателем мыши щёлкните на иконке Eval Goal Function и в открывшемся окне Evaluate Goal Functions из списка целевых функций выберите функцию $SR_RelLevel(1, RelLevel)$. В строке Trace Expression в качестве первого фактического параметра функции $SR_RelLevel$ укажите трассу $V(Rise)$, а в качестве второго – число 0,25 (относительный отсчётный уровень), и нажмите кнопку ОК.

В результате выполнения указанных действий на экран Probe выводится график узлового напряжения $V(Rise)$ и рассчитанная величина целевой функции $SR_RelLevel(V(Rise), 0,25)$. Повторите действия последнего пункта с единственным отличием – в качестве первого фактического параметра целевой функции укажите трассу $V(Fall)$. Теперь вид экрана Probe должен соответствовать рис. 42.

Итак, целевая функция $SR_RelLevel$ по результатам тестирования схемы не только рассчитала искомые величины параметров $SR \uparrow = 298,89 \text{ В/мкс}$ и $SR \downarrow = -298,67 \text{ В/мкс}$, но и попутно вывела на экран Probe графики узловых напряжений $V(Rise)$ и $V(Fall)$, на которых явно указаны точки P1, P2, P3, P4, использованные в процессе вычисления функций. Следует заметить, что вывод графиков узловых напряжений $V(Rise)$ и $V(Fall)$ с явным указанием точек P1...P4 не оставляет никаких сомнений в правильности расчёта целевых функций. Отметим также, что величины параметров

SR↑, SR↓ ММ ОУ и реального ОУ THS4081 отличаются на 30% (ММ имеет более оптимистичные параметры).

Схема на рис. 41 позволяет воспроизвести практически любые условия тестирования параметра SR реального ОУ. Однако, к сожалению, воспользоваться этой возможностью удастся в исключительно редких случаях. Проблема заключается в том, что в спецификации крайне редко оговариваются все условия тестирования параметра SR (схема включения ОУ, нагрузка, уровни перепада входного сигнала, отсчётные уровни выходного сигнала и т.п.). Как правило, информация об условиях тестирования либо вообще отсутствует в datasheet, либо её объём оказывается недостаточным для определения величин всех глобальных параметров схемы тестирования рис. 41 (в этом смысле детальность документирования ОУ THS4081 является редким исключением).

Другая проблема заключается в том, что сравнение величин параметров SR разных ММ ОУ, полученных в одинаковых условиях тестирования, не даёт ответа на вопрос: какая из этих ММ ОУ имеет более высокую скорость изменения выходного напряжения в условиях, отличных от условий тестирования? Известно [5], что максимальная скорость изменения выходного напряжения ОУ наиболее существенно зависит от величины напряжения V_d перевозбуждения его входа (дифференциального напряжения, прикладываемого между входами ОУ). Наиболее полную информацию о скорости изменения выходного напряжения ОУ дают графики зависимостей SR↑ и SR↓ от величины напряжения V_d перевозбуждения входа ОУ. Графики указанных зависимостей могут быть построены по результатам тестирования ММ ОУ в схеме, изображённой на рис. 43.

Напряжение на выходе источника напряжения E1, управляемого напряжением (ИНУН), равно напряжению V_{OS} смещения ОУ DA1. Это напряжение используется для компенсации напряжений смещения ОУ DA2 и DA3 (V_{OS} через ИНУН E2 и E3 поступает на инвертирующие входы ОУ DA2 и DA3). Из сказанного следует, что ОУ DA2, DA3 по отношению к сигналам, поступающим на их входы

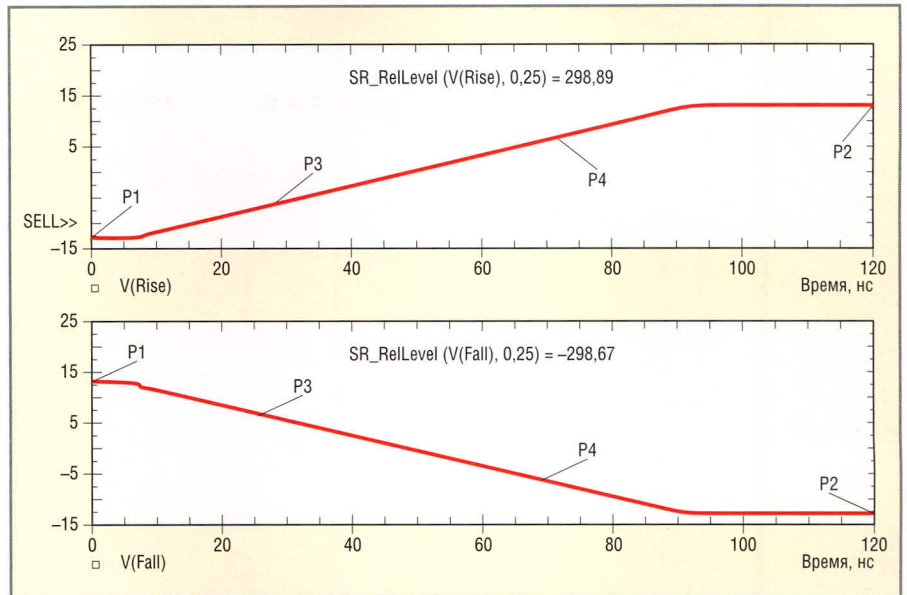


Рис. 42. Результаты тестирования параметров SR↑ и SR↓ ММ THS4081

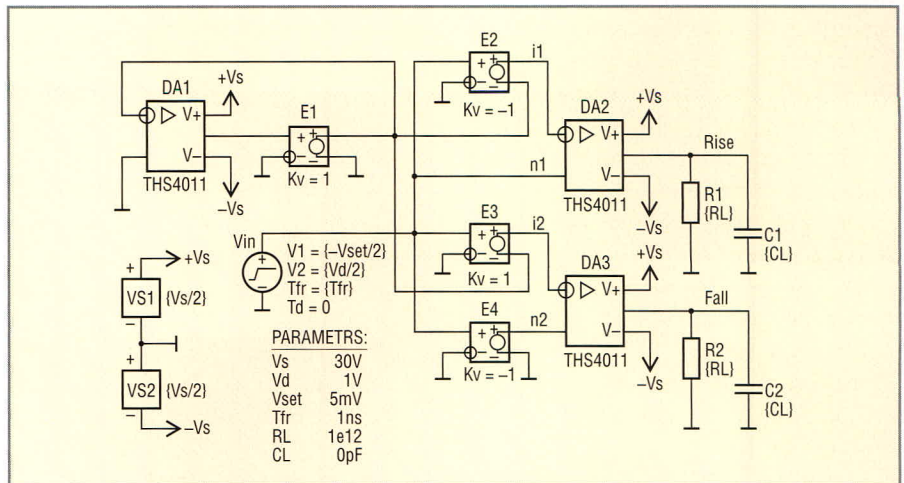


Рис. 43. Схема тестирования зависимости параметров SR↑ и SR↓ от уровня перевозбуждения входа ММ ОУ

от источника V_{in} непосредственно и через ИНУН E2, E3, E4, имеют нулевые напряжения смещения. Так, например, если напряжение источника V_{in} равно нулю, то выходные напряжения ОУ DA2, DA3 (несмотря на то, что они не охвачены цепью ОС) также равны нулю. В нулевой момент времени $V_{in} = -0,5V_{set}$ (величина напряжения V_{set} задаётся глобальным параметром). Параметр V_{set} необходимо задавать такой величины, чтобы гарантированно выполнялись условия:

$$|V_{set}| A_{VDO} > 0,5V_s - V_{SAT P} \quad (6)$$

$$|V_{set}| A_{VDO} > 0,5V_s - V_{SAT M} \quad (7)$$

где: $V_{SAT P}$, $V_{SAT M}$ – напряжения насыщения выхода ММ ОУ относительно уровней соответственно положительного и отрицательного напряжений питания.

При выполнении условий (6), (7) в нулевой момент времени выходные напряжения ОУ DA2 и DA3 равны:

$$V_{OUT DA2} = V(Rise) = -0,5V_s + V_{SAT M}$$

$$V_{OUT DA3} = V(Fall) = -0,5V_s - V_{SAT P}$$

К моменту $t = T_{fr}$ напряжение источника V_{in} возрастает до величины $0,5V_d$ (V_d – глобальный параметр), а входные дифференциальные напряжения ОУ DA2 и DA3 устанавливаются на уровнях $V_D DA2 = V_d$ и $V_D DA3 = -V_d$. Начиная с момента $t = T_{fr}$ уровень перевозбуждения входов ОУ DA2 и DA3 остаётся неизменным и равным величине параметра V_d , а выходные напряжения этих ОУ начинают изменяться со скоростями SR↑ и SR↓. Сказанное о работе схемы рис. 43 поясняют временные диаграммы, изображённые на рис. 44.

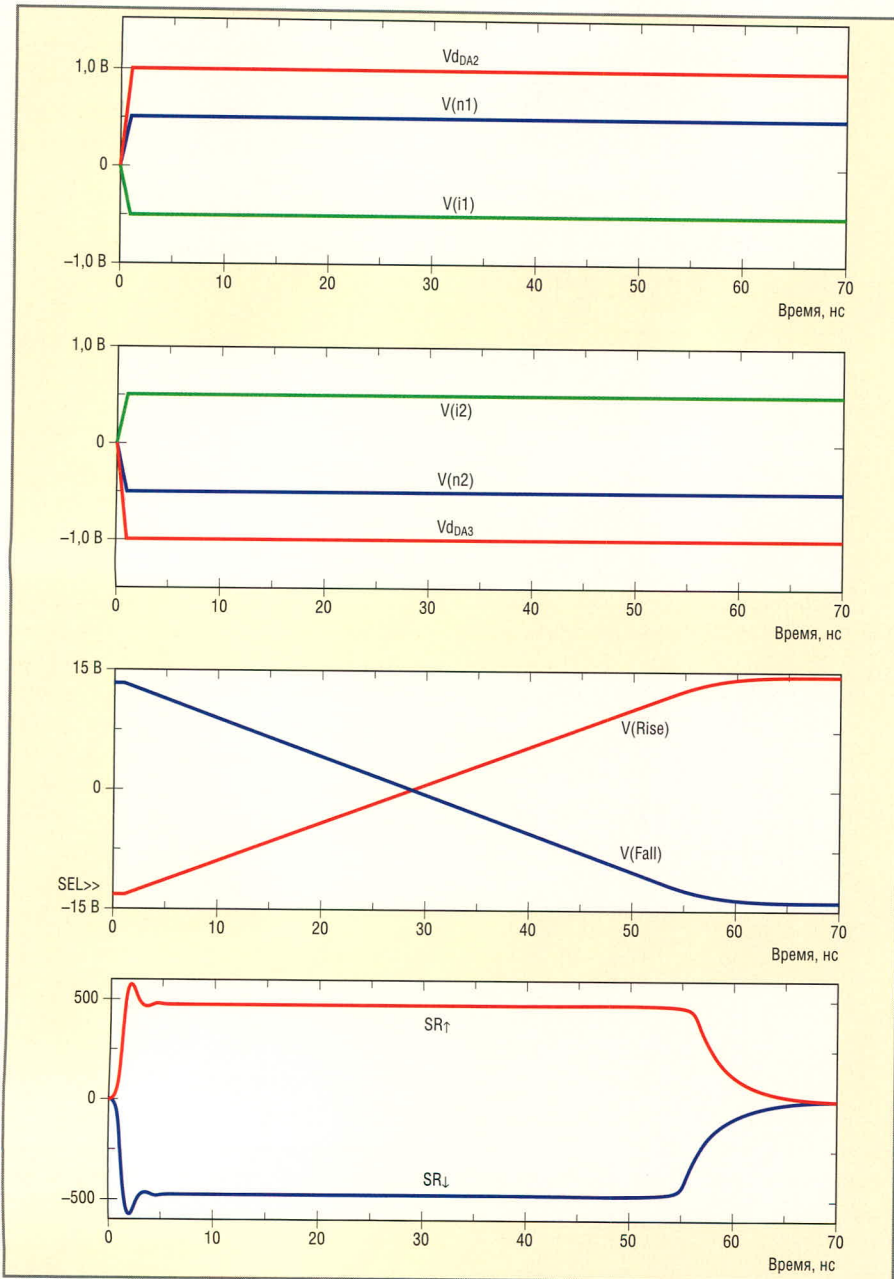


Рис. 44. Временные диаграммы, поясняющие работу схемы рис. 43

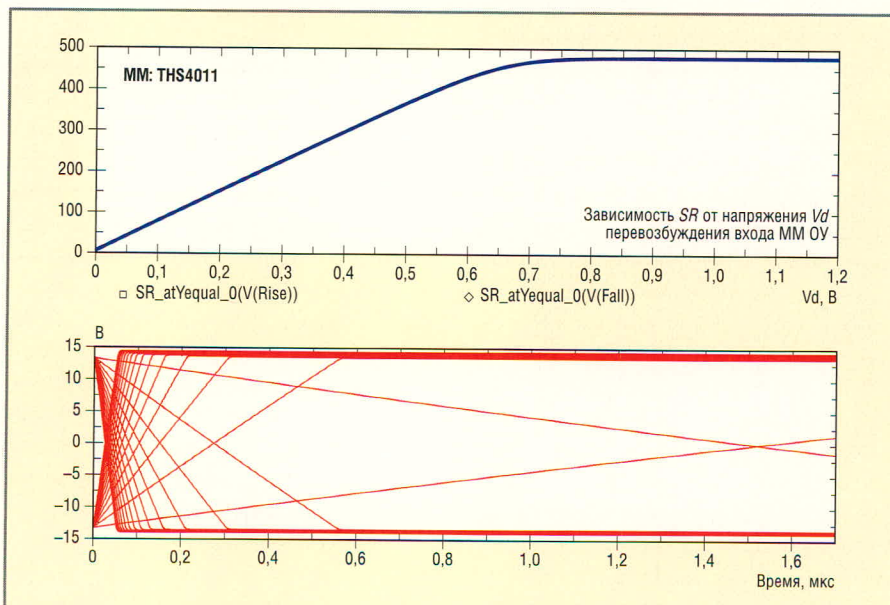


Рис. 45. Результаты тестирования зависимостей $SR\uparrow = f(Vd)$ и $SR\downarrow = f(Vd)$ MM TMS4011

Производные по времени от узловых напряжений $V(\text{Rise})$, $V(\text{Fall})$, умноженные на коэффициент 10^{-6} (кривые на нижнем графике), численно равны скоростям нарастания $SR\uparrow$ и спада $SR\downarrow$ тестируемой ММ ОУ при заданном уровне Vd перевозбуждения входа (в нашем примере $Vd = 1$ В). Однако наша задача заключается в построении графиков зависимостей $SR\uparrow$ и $SR\downarrow$ от величины напряжения Vd перевозбуждения входа тестируемой ММ ОУ. Для решения этой задачи необходимо осуществить многовариантный анализ схемы, варьируя величину параметра Vd , и по результатам этого анализа средствами программы Probe построить параметрические зависимости $SR\uparrow = f(Vd)$ и $SR\downarrow = f(Vd)$. Для построения указанных зависимостей в принципе можно использовать рассмотренную выше целевую функцию $SR_RelLevel$. Однако в этом случае время анализа схемы необходимо выбирать таким, чтобы во всех его вариантах выходные напряжения ОУ DA2, DA3 успевали измениться от одного уровня насыщения выхода до другого (см. рис. 44). Это существенно увеличивает суммарное время многовариантного анализа схемы. Логично определять величины $SR\uparrow$ и $SR\downarrow$ в моменты, когда выходные напряжения ОУ DA2, DA3 пересекают нулевые уровни (см. рис. 44). В этом случае суммарное время анализа схемы уменьшается приблизительно в два раза. Определить величину SR в окрестностях точки, в которой выходное напряжение ОУ пересекает нулевой уровень, позволяет следующая целевая функция:

```

*****
SR_atYequal_0(1)=
+abs((y3-y2)/(x3-x2))*1e-6
*
* Find the value Slew Rate
* [V/us] where the trace is 0
{
  |Search forward level (0) !1
  Search forward /Begin/
  +x value (0.99*x1) !2
  Search forward x value
  +(1.01*x1) !3;
}
*****
    
```

Целевая функция $SR_atYequal_0$ выполняет следующие действия:

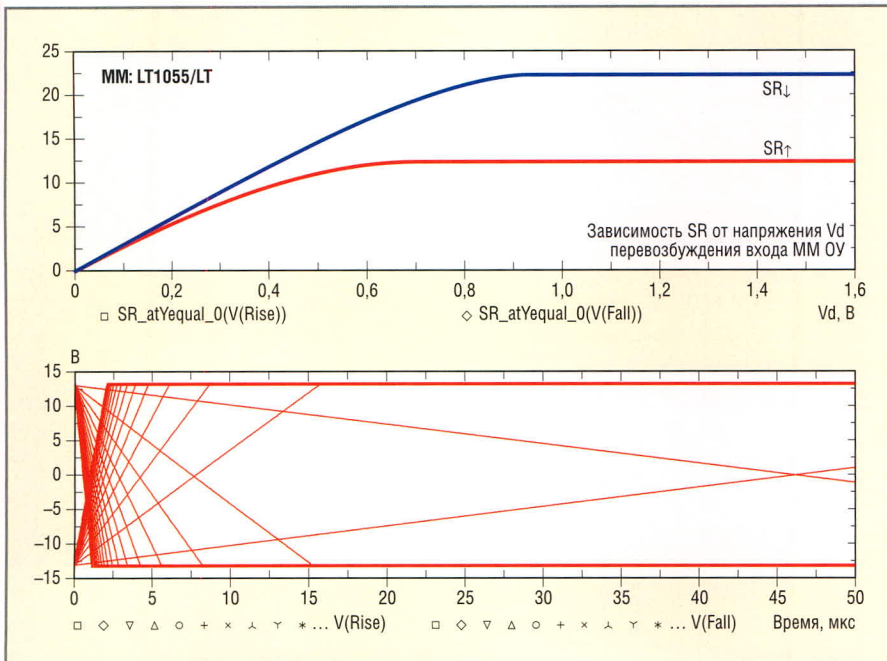


Рис. 46. Результаты тестирования зависимостей $SR\uparrow = f(Vd)$ и $SR\downarrow = f(Vd)$ MM LT1055/LT

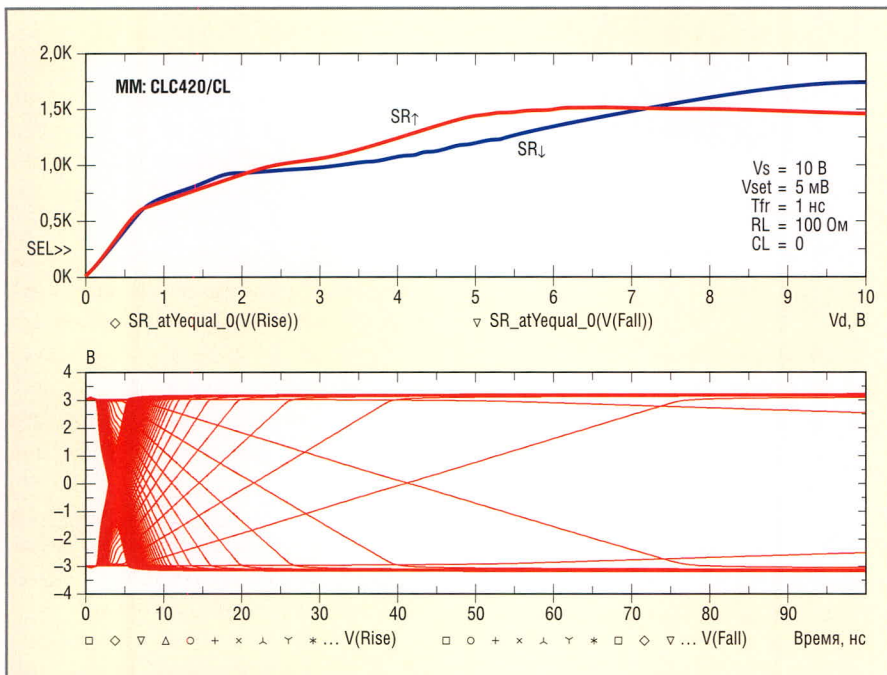


Рис. 47. Результаты тестирования зависимостей $SR\uparrow = f(Vd)$ и $SR\downarrow = f(Vd)$ MM CLC420/CL

1. находит точку трассы $P1(x1, y1)$, Y-координата которой отвечает условию: $y1 = 0$;
2. находит точку трассы $P2(x2, y2)$, X-координата которой отвечает условию: $x2 = 0,99x1$;
3. находит точку трассы $P3(x3, y3)$, X-координата которой отвечает условию: $x3 = 1,01x1$;
4. рассчитывает величину SR по формуле:

$$SR[B/\mu\text{с}] = \left| \frac{y3 - y2}{x3 - x2} \right| \times 10^{-6}$$

Кривые зависимостей $SR\uparrow = f(Vd)$ и $SR\downarrow = f(Vd)$, полученные в результате

тестирования MM ОУ THS4011 при вариации параметра Vd в диапазоне значений от 10 мВ до 1,2 В с шагом приращения 50 мВ (величины остальных параметров указаны на рис. 43), изображены на верхнем графике рис. 45.

Заметим, что кривые параметрических зависимостей $SR\uparrow = f(Vd)$ и $SR\downarrow = f(Vd)$ на рис. 45 совпадают (неразличимы на графике). Это означает, что MM THS4011 не моделирует асимметрию максимальных скоростей нарастания и спада выходного напряжения ОУ. В схемах замещения ряда ОУ (LF355, LF412, LT1022,

LT1055 и др.) фирмы Linear Technology используется оригинальное схемное решение [6], позволяющее моделировать значительно различающиеся величины максимальных скоростей нарастания и спада выходного напряжения ОУ. На рис. 46 изображены результаты тестирования MM LT1055/LT.

У классических ОУ с транзисторным балансным входным каскадом [1] увеличение напряжения Vd перевозбуждения входа сопровождается ростом SR только до тех пор, пока оба транзистора входного дифференциального каскада работают в активном режиме. При некоторой предельной величине напряжения Vd один из транзисторов входного дифференциального каскада закрывается (при этом весь ток источника I_{EE} протекает через другой транзистор [1]), и дальнейшее увеличение напряжения Vd не влияет на скорость изменения выходного напряжения ОУ. Сказанное наглядно иллюстрируют рис. 45 и 46. Однако если ОУ реализован по нетрадиционной структуре «ОУ с токовой ОС + буфер + резистор» [1, рис. 52], то зависимость SR от напряжения перевозбуждения входа сохраняется при изменении Vd в широком диапазоне значений. На рис. 47 изображены результаты тестирования MM упрощенного транзисторного уровня ОУ CLC420, схемотехника которого соответствует структуре «ОУ с токовой ОС + буфер + резистор».

Продолжение следует

ЛИТЕРАТУРА

1. Лоцицкий С. Эволюция SPICE-совместимых макромоделей операционных усилителей. Современная электроника. 2005. №№ 4–6.
2. Лоцицкий 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.



ExpoElectronica – 2006: проблемы роста

Прошла очередная выставка ExpoElectronica – 2006. Традиционно она считается ключевой выставкой нашей отрасли. Все мы, ее участники, уделяем ей особое внимание, тщательно к ней готовимся и ожидаем от неё весомых результатов для развития наших фирм. Была ли удачна прошедшая выставка, оправдала ли она наши ожидания? Мы надеемся, что обсуждение её итогов на страницах журнала поможет организаторам сделать выставку более привлекательной как для экспонентов, так и для посетителей.

Выставка ЭкспоЭлектроника считается основным событием года для всего электронного сообщества России. Под сообществом в данном случае подразумеваются и разработчики электронной техники, и её производители, и дистрибьюторы электронных компонентов, и журналы – все, кто профессионально связан с электроникой. Участники выставки – экспоненты – вкладывают в неё немалые средства и, соответственно, ожидают адекватную отдачу, иначе участие в выставке становится бессмысленным. В первую очередь эта отдача проявляется во внимании посетителей к демонстрируемым экспонентами товарам и услугам, а если проще – то в количестве посетителей.

Учитывая опыт прошлогодних выставок ЭкспоЭлектроника и ЧипЭкспо, мы ожидали большого наплыва посетителей, но были неприятно удивлены: их оказалось в разы меньше ожидаемого. За неизменным занятием участники выставки ходили по полупустым проходам в гости друг к другу и налаживали деловые контакты – это один из немногочисленных положитель-

ных её итогов. Мы для себя расценили результаты выставки как неудовлетворительные. А каково мнение других её участников? Для этого мы обратились к экспонентам и посетителям выставки с просьбой ответить на несколько наших вопросов. Для того чтобы выборка была репрезентативной, мы опросили самые разные фирмы: разработчиков и производителей электронной техники, дистрибьюторов электронных компонентов и выставочные организации. Ответы расположены в алфавитном порядке названий фирм.

Оправдала ли выставка ExpoElectronica – 2006 ваши ожидания, как вы оцениваете её результаты по сравнению с ExpoElectronica – 2005?

Елена Соколова, коммерческий директор «Александр Электрик источники электропитания» (Москва):

Выставку посетили специалисты, было много интересных встреч и переговоров. К сожалению, посетителей выставки было мало.

Николай Король, генеральный директор «БИСЭЛ» (Москва):

На что рассчитывали, то и произошло. Но все же приятные сюрпризы были, впрочем, как и не очень приятные. Не могу однозначно сравнивать эту выставку с прошлогодней, но мне лично в целом больше нравится в КрокусЭкспо. Стадион не совсем подходит для выставок, как и выставочные павильоны для спортивных мероприятий.

Михаил Некрасов, инженер «Квест» (г. Выборг):

Прошедшая выставка оправдала надежды не в полной мере. По моему мнению, выставка 2005 г. была интереснее. Было больше посетителей и гостей на выставке.

Роман Евлампиев, технический директор «КПЦ-МК»:

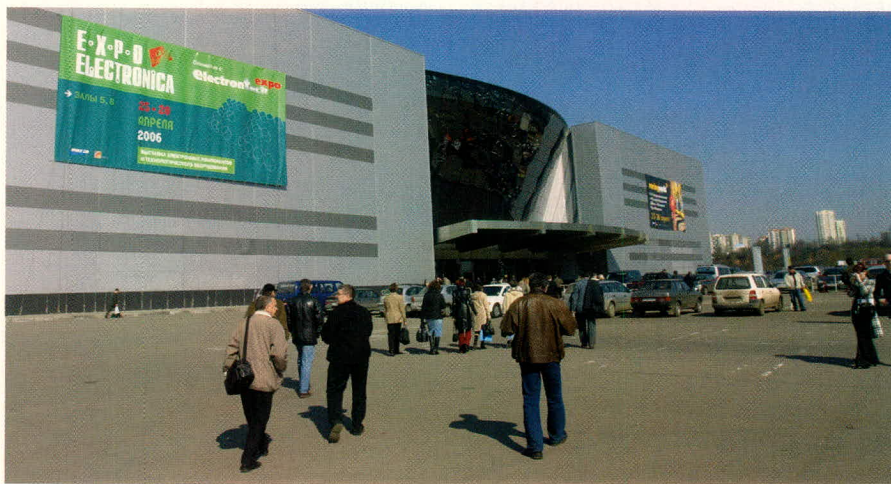
Выставка ЭкспоЭлектроника – 2006 наши ожидания оправдала. Выставка растёт, расширяется, что не может не радовать, т.к. это отражает высокие темпы развития отрасли. Заметен рост интереса зарубежных компаний к выставке.

Алексей Максимов, технический директор «ЛЭПКОС» (С.-Петербург):

К сожалению, выставка лишь частично оправдала ожидания. Очень серьёзные опасения вызывает то, что значительно, с нашей точки зрения, упал и процент иногородних посетителей.

Илья Бриллиантов, коммерческий директор, и Дмитрий Велеславов, председатель совета директоров ГК «Макро Групп» (С.-Петербург):

Ещё до подведения предварительных итогов мы с сожалением понимали, что высокой результативности от участия в этом году для нас не предвидится. Основная причина – крайне низкое количество посетителей выставки по сравнению с опытом предыдущих лет. Наша компания уже не первый год участвует в ЭкспоЭлектронике и поэтому нам действительно есть с чем сравнивать. Так, например, количество собранных анкет и людей, посетивших наш стенд в этом году, в разы меньше, чем в 2005. Причины мы видим разные, но основная, на наш взгляд, – это удалённость выставочного центра от Москвы и от метро. Мы на себе ощутили, насколько может быть неудобно и долго добираться до КрокусЭкспо.



Лариса Биленко, генеральный директор «Макро Тим» (Москва):

Мы не планировали в ней участвовать, ожидая снижения её эффективности, в том числе из-за малого числа посетителей. Всё так и вышло.

Игорь Яковлев, президент «Чип и Дип» (Москва):

Не оправдала, клиентов меньше, организация хуже.

Николай Михайлов, генеральный директор «ЧИП СЕЛЕКТ» (Москва):

Из опыта последних выставок, много мы не ждали. Уже несколько лет данная выставка даёт малую отдачу по привлечению новых клиентов. Рынок микроэлектроники достаточно узок, все друг друга давно знают. Выставка давно превратилась в имиджевую. Цель – удержать старых клиентов, попытаться привлечь новых клиентов, предлагая новые услуги и товары.

Александр Биленко, генеральный директор «ЧипЭКСПО» (Москва):

Мы ожидали, что сможем поработать на выставке так же продуктивно, как в 2005 г., однако нашей компании вежливо и недвусмысленно отказали в участии.

Юрий Потапов, технический директор «ЭлекТрейд-М» (Москва):

Пока об этом говорить рано. Но, думаю, оправдает.

Выставка ЭкспоЭлектроника – 2006 первый раз проводилась в выставочном комплексе Крокус-Экспо. Как вы оцениваете организацию доставки посетителей на выставку? Не повлияла ли отдалённость выставки, по вашему мнению, на количество посетителей?

Елена Соколова:

Расположение выставки неудачно. Думаю, основная причина того, что посетителей было мало, – удалённость от метро. Доставка автобусами от метро организована была хорошо, но развязка на МКАДе не позволяла быстро добраться до выставки.

Николай Король:

Я не ездил на автобусе, но из-за пробки на МКАД чуть не опоздал к открытию. Несомненно, отдалённость отпугнула посетителей, но с другой стороны, был эффект новизны, и некоторые приехали посмотреть не столько на выставку, сколько на сам КрокусЭкспо. В следующем году наверняка количество посетителей уменьшится по причине отдалённости, но те, кто реально заинтересован в выставке, не будут смотреть на такие мелочи.

Михаил Некрасов:

Организация доставки посетителей на выставку была, мягко говоря, не на высоте. Этому мешали как объективные факторы (пробки в районе МКАДа), так и недостаточное, на мой взгляд, количество автобусов на маршруте. В результате количество посетителей выставки существенно снизилось по сравнению с выставкой 2005 г. Были факты, когда наши клиенты наотрез отказывались тратить кучу времени, чтобы посетить выставку в КрокусЭкспо.

Роман Евлампиев:

Удалённость КрокусЭкспо от станций метро сильно сказалось на количестве посетителей – их стало значительно меньше (по нашим оценкам – раза в два, по сравнению с 2005 г.). Это было одновременно и минусом и плюсом. Минусом – некоторые наши клиенты просто не поехали на вы-

ставку из-за удалённости и пробок. Плюс – на выставке практически не было случайных людей, зевак и «просителей сувениров», которые не приносят никакой отдачи, т.к. выставка рассчитана на специалистов.

Алексей Максимов:

С нашей точки зрения, повлияла, безусловно. По сравнению с прошлым годом, посещаемость стенда серьёзно упала. По отзывам некоторых наших посетителей, после часового стояния в очереди на автобус у них не хватало сил обойти всю выставку за день.

Илья Бриллиантов, Дмитрий Велецлавов:

Сам выставочный комплекс мы оценили как вполне удобный для проведения выставки такого масштаба и обладающий всей необходимой инфраструктурой. Однако на количество посетителей, думаем, повлияло именно его расположение. Однако мы не заметили, чтобы это как-то отразилось и на качестве посетителей. По нашим оценкам, оно не улучшилось (расстояние не стало «фильтром»), но и не ухудшилось. Бесплатные автобусы действительно необходимы. Возможно, стоило сделать места их стоянок и сами автобусы более заметными и опознаваемыми. Многие испытывали сложности с их нахождением, например, рядом с метро «Тушинская».

Лариса Биленко:

Малое количество посетителей – результат не столько удалённости, сколько, в основном, отсутствия специальных усилий организаторов по их привлечению. Это-то и обидно.

Игорь Яковлев:

Организация плохая и это повлияло.





Николай Михайлов:

Место проведения выбрано неудачно. Мне кажется, это сказалось на количестве посетителей из Москвы. Зато наши региональные клиенты пришли почти все!

Александр Биленко:

Я использовал личный автомобиль и могу, в качестве примера, сообщить длительность моей поездки от КрокусЭкспо по МКАД до офиса нашей компании в Перово: три (!) часа.

Юрий Потанов:

Народу было очень много. Отдалённость, – может, это хорошо. На выставку пришли те, кто хотел её посетить.

Как вы оцениваете выставку ЭкспоЭлектроника по сравнению с конкурирующими выставками с точки зрения перспективности и результативности?

Елена Соколова:

Выставка является для нашей фирмы основной, и хотелось бы видеть на ней такое же активное посещение, как и на предыдущих. Мы участвуем в этой выставке с её основания.

Михаил Некрасов:

Теперь уже сложно сказать. Возможно, выставка ЧипЭкспо в этом году будет интереснее и перспективнее, чем прошедшая ЭкспоЭлектроника.

Роман Евлампиев:

Считаем выставку ЭкспоЭлектроника основной из отраслевых выставок, которые проводятся в нашей стране. Думаем, что она и впредь будет развиваться вместе с российской и мировой электронной промышленностью.

Алексей Максимов:

Выставка продолжает оставаться крупнейшей в своей области в России, но серьезный вес приобретает и осенняя выставка ЧипЭкспо.

Илья Бриллиантов, Дмитрий Велаславов:

Безусловно, ЭкспоЭлектроника является одной из виднейших выставок отрасли, и в наших же интересах сохранять эту традицию и статус. Однако в последнее время появляются мысли о целесообразности участия в более специализированных, тематических выставках, для которых «раскрученность» не является дополнительной составляющей цены участия, а эффективность может быть и более высокой.

Лариса Биленко:

Наиболее перспективными кажутся узконаправленные специализированные выставки, такие как «Беспроводные и мобильные технологии-2006», «Дисплей-2006».

Игорь Яковлев:

Авторитет пошатнулся, но в будущем этой выставке ничего не угрожает.

Николай Михайлов:

Всё-таки она пока лучшая.

Юрий Потанов:

По сравнению с прежними ЭкспоЭлектрониками последняя выставка – планомерное движение вперёд. И выставка очень выигрывает по сравнению с ЧипЭкспо.

Предполагает ли ваша фирма участие в выставке следующего года? Какие пожелания у вас есть к организаторам выставки?



Елена Соколова:

Да, мы планируем участие в следующей выставке. Думаем, что перенос выставки в помещение с более удобным расположением для посетителей (ближе к метро) позволит получить большую эффективность от участия.

Николай Король:

Да, наша заявка уже у организаторов.

Михаил Некрасов:

Скорее всего, да. Все-таки, не смотря ни на что, ЭкспоЭлектроника пока остается крупнейшей электронной выставкой в России. Пожелания к организаторам выставки – изменить место её проведения.

Роман Евлампиев:

Разумеется, наша компания будет участвовать в следующей выставке. Основное пожелание к организаторам выставки – ввести ограничение на музыкально-развлекательное привлечение публики на стенды участников. К сожалению, и на этой выставке некоторые участники этим грешили. Очень трудно работать целую неделю в шумном зале любого выставочного центра. Но когда на соседнем стенде устанавливают мощную звуковую аппаратуру и целый день поют песни, проводят развлекательные конкурсы и т.д., работать становится практически невозможно. При открытии и закрытии выставки это допустимо, но не всю же неделю. Всё-таки это выставка для профессионалов. Возможно, что такие методы допустимы для выставок бытовой техники, мебели и т.д., но на промышленных выставках – это дурной тон.

Алексей Максимов:

Участвовать в следующем году мы будем. Основное пожелание: выстав-

ку всё же по возможности лучше проводить на Красной Пресне.

Илья Бриллиантов, Дмитрий Велев:

Если в 2005 г. мы фактически сразу приняли решение об участии в Экспоэлектронике – 2006, то в этом году такое решение пока не принято. Среди других причин не последнее место занимает стоимость аренды выставочных площадей и оборудования.

Игорь Яковлев:
Не знаю.

Николай Михайлов:

Не хотелось бы проведения в КрокусЭкспо. Уверен, что при всех усилиях организаторов, даже при 100-кратном увеличении числа шаттл-бусов, проблему московских пробок в этом районе не решить и добраться от ближайшего метро к выставке быстро и удобно просто невозможно.

Александр Биленко:

Ответ на первый вопрос очевиден. А пожелания... Мы, как выставочная компания, работаем со многими СМИ на основе бартера. Понятно, что у

СМИ есть в связи с этим определенные обязательства, в частности, размещение на своих стендах афиш наших выставочных проектов. Было очень неприятно, когда в ночь с 27 на 28 апреля организаторами ЭкспоЭлектроники были сняты афиши ЧипЭкспо-2006 практически со всех стендов СМИ. Поэтому я желаю организаторам ЭкспоЭлектроники любви и согласия.

Юрий Потапов:
Участвовать будем.

Подведём итоги нашего опроса. Большинство респондентов отмечают значительное снижение числа посетителей выставки, вызванное удалённостью комплекса КрокусЭкспо и транспортной проблемой в этом районе. Потеряв посетителей, выставка превратилась в дорогостоящую имиджевую тусовку «для своих», и далеко не всех участников это устраивает. Часть экспонентов не видит смысла в ней участвовать, тем более что появились такие проекты, как ЧипЭкспо и несколько тематических выставок. Очевидно, эта проблема осознаётся организаторами

ЭкспоЭлектроники и порождает их неадекватное отношение к конкурентам.

Оставаясь на площадке КрокусЭкспо, выставка изменится: вместо вынужденных считать деньги российских фирм придут рвущиеся на перспективный российский рынок иностранные компании. С каждым годом их присутствие на ЭкспоЭлектронике всё заметнее, и на прошедшей выставке кроме уже традиционного «чайна-тауна» появились корейские и немецкие «улицы», обитатели которых ищут дистрибьюторов в России. Выставка с такой концепцией также имеет право на существование, но насколько будет она интересна посетителям? И нужны ли ей будут посетители?

Надеюсь, организаторы ЭкспоЭлектроники понимают, что цель публикации – не бросить тень на заработанное годами доброе имя выставки, а помочь им осознать проблемы, связанные с её ростом и перемещением на новую площадку. Выставка должна оставаться по-прежнему популярной и эффективной, это в интересах всего электронного сообщества России. ©

СЕМИНАР КОМПАНИИ ALT-S

24 апреля 2006 года компания Alternative Solutions Alt-S, официальный дистрибьютор компании Synopsys Inc., провела очередной семинар, посвящённый средствам автоматизированного проектирования компании Synopsys.

На семинаре были представлены новые средства приборно-технологического моделирования Synopsys Sentaurus TCAD.

На сегодняшний день средства Synopsys являются лидером в области средств моделирования технологических процессов микроэлектроники и современных полупроводниковых приборов.

Семинар проводился на русском языке. С докладами на семинаре выступили специалисты компании Synopsys Павел Тихомиров и Андрей Лебедев. Они рассказали о новой рабочей среде моделирования Sentaurus Workbench, возможностях моделиро-

вания технологических процессов с помощью средств Sentaurus Process и моделирования различных типов полупроводниковых приборов с помощью подсистемы Sentaurus Device. Возможности средств Sentaurus TCAD были проиллюстрированы примерами моделирования процессов (например, эффектов, возникающих при механических напряжениях в полупроводниковых структурах) и приборов, таких как лазеры, светочувствительные приборы и др.

Ростов-на-Дону

17 октября - 20 октября 2006 года



6-я
международная
выставка-форум

Под эгидой Министерства информационных технологий и связи РФ
ИнфоКом'06
инфокоммуникации России - XXI век

ОРГКОМИТЕТ: ВЦ «ВертолЭкспо»,
344068, Россия, г. Ростов-на-Дону, пр. М. Нагибина, 30
Тел./факс: +7 (863) 292-41-86, 237-25-67, 292-42-31
E-mail: elektro@vertolexpo.ru
Http://www.vertolexpo.ru

ВЕРТОЛ
выставочный центр
ЭКСПО

omk
ОБЪЕДИНЕННЫЕ
МАШИНОСТРОИТЕЛИ
РОССИИ

РЕСТЭК-ИКТ

Информационные спонсоры:

itnews

it manager

ЭЛЕКТРОНИКА

Русский Кабель

Мобиле

Фотоника: технологии XXI века

Россия всегда славилась уникальными разработками в области лазеров и оптоэлектроники. Однако, по оценке ООН, в настоящий момент она не входит в число высокотехнологичных стран мира. Парадокс? Отнюдь. Для продвижения на рынок новых разработок требуется средств в 200...300 раз больше, чем затрачивается на создание экспериментального образца. Именно поэтому научные разработки российских учёных устаревают, не превращаясь в инновационный продукт, приносящий прибыль.

В настоящее время в России насчитывается порядка 900 организаций, занимающихся созданием лазеров, оптики и исследованиями в области лазерных технологий. Более 80% промышленных предприятий страны нуждаются в оборудовании и различных технологиях лазерной обработки. Одним из наиболее актуальных вопросов сегодня становится обеспечение доступа к лазерным технологиям для максимально широкого круга предприятий.

Одна из ключевых задач, которые сейчас стоят перед лазерно-оптической отраслью, – расширение круга пользователей лазерно-оптических технологий, демонстрация высокой эффективности и доступности отечественного оборудования, инициирование спроса на неё.

О необходимости проведения профессиональной выставки, которая бы способствовала реализации этой задачи, постоянно говорили компании-производители, а также профессиональные ассоциации.

В 2006 г. ЦВК «Экспоцентр», объединив свои усилия с наиболее авторитетными и уважаемыми профессиональными структурами – Лазерной Ассоциацией, Оптическим обществом им. Д.С. Рождественского, Европейским оптическим обществом, Технологическим центром Союза немецких инженеров – и опираясь на 30-летний опыт проведения международной выставки «Оптика на службе человека», создали выставку «Фотоника», где будут представлены все основные виды продукции в области фотоники: оптические системы, оптоволоконное оборудование и инстру-

менты, лазеры и лазерные системы, источники света, системы воспроизведения изображений и визуализации, биофотоника, медтехника, а также сервисные и консультационные услуги. Кроме того, смотрю оказывают содействие и поддержку Министерство образования и науки РФ, Федеральное агентство по науке и инновациям, Федеральное агентство по промышленности, Правительство Москвы, Государственный комитет по науке и технологиям Республики Беларусь. Выставка пройдет с 3 по 6 июля в павильоне 3 выставочного комплекса «Экспоцентр» на Красной Пресне.

Президент Лазерной ассоциации И.Б. Ковш подчёркивает, что отечественные учёные внесли огромный вклад в развитие оптики и лазерной техники. Выставка «Фотоника» призвана объединить лазерно-оптическое сообщество и стать стимулом развития фотонных технологий.

Эти технологии стали одним из прорывов XXI века. Они являются синтезом оптики, лазерной энергии, оптоволоконной техники. Фотоника стремительно развивается, находя самое широкое применение в области телекоммуникаций и связи, обрабатывающей промышленности, медицины, научных исследований, управления техническими процессами, индустрии развлечений, экологического мониторинга и многих других. Сегодня не только учёные, но и политики хорошо понимают, что в XXI веке достойно чувствовать себя в мировом обществе могут лишь страны, овладевшие всем спектром лазерно-оптических технологий и техники, а также соответствующими кадрами.

В этой связи возникает необходимость законодательного регулирования процесса дальнейшего развития этого инновационного направления. Появление специализированной выставки по фотонным технологиям призвано дать импульс законодательному процессу.

Выставка продолжает программу XII международной конференции «Оптика лазеров», которая состоится в Санкт-Петербурге 26–30 июня 2006 г., формируя в партнёрстве с ней уникальный по своей полноте смотр на-

учных достижений и технических разработок отрасли.

Свое участие подтвердили более 100 компаний из Белоруссии, Германии, КНР, Литвы, Нидерландов, России, США, Украины, Франции, Швейцарии, Швеции.

На экспозиционной площади свою продукцию продемонстрируют такие известные компании, как Newport-Spectra-Physics (США), Hamamatsu Photonics Norden (Швеция), Laser Zentrum Hannover (Германия), Standa Ltd. (Литва), Лотис ТИИ (Беларусь), Изовак (Беларусь) и другие.

Среди российских экспонентов – Лазерный центр, НТО «ИРЭ-Полюс», НПП «Инжект», ООО НПФ «Лазеркомпакт», ОАО «Плазма», ГНЦ РФ ТРИНИТИ, Центр лазерных технологий, МЛЦ МГУ им. М.В. Ломоносова и многие другие.

«Фотоника-2006» ориентирована прежде всего на внутренний рынок, на модернизацию отечественного производства. Предоставляя возможность ознакомиться с современными технологиями и закупить новую технику, выставка работает на конечный результат. Она призвана способствовать расширению круга пользователей лазерно-оптических технологий, внедрению их в важнейшие отрасли отечественной экономики.

В рамках деловой программы пройдут расширенное заседание Экспертного совета по лазерным технологиям при комитете по образованию и науке Госдумы РФ, презентация проекта Целевой программы «Лазерно-оптические технологии», научно-практическая Конференция «Фотонные технологии в современном обществе», целый ряд практических семинаров, XV Юбилейный съезд Лазерной ассоциации, Презентация Московского лазерного инновационно-технологического центра, презентации новых изданий и отдельных фирм и объединений.

Несомненно, участники и посетители оценят также и удобство расположения выставочной площадки, наличие неограниченных возможностей для успешной работы специалистов.

Фотоника – это технологии не завтрашнего, а сегодняшнего дня, без них уже не обойтись!



Международная специализированная выставка
оптической, лазерной и оптоэлектронной аппаратуры,
комплектующих изделий и компонентов

ФОТОНИКА

3-6 июля 2006

Россия, Москва,
Центральный выставочный
комплекс "ЭКСПОЦЕНТР"

www.photonics-expo.ru

Организаторы:



ЗАО «Экспоцентр»



ЛАЗЕРНАЯ АССОЦИАЦИЯ



Оптическое общество
им. Д. С. Рождественского

Генеральный
информационный
спонсор:

ЭКСПЕРТ

ОБОРУДОВАНИЕ
РЫНОК, ПРЕДЛОЖЕНИЕ, ЦЕНЫ



ПЯТАЯ МЕЖДУНАРОДНАЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА
ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ И НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ



ЭлектроТехноЭкспо

Москва, ВВЦ, павильон 57, 17-20 октября 2006

Электрические машины и аппараты

Электроэнергетические
и энергосберегающие технологии

Высоковольтное оборудование

Низковольтная аппаратура

Электроустановочные изделия,
электротехнические аксессуары

Кабельно-проводниковые изделия
и изоляционные материалы

Светотехника

Автономные источники питания

Сварка, электротермия и родственные технологии

Электроника и электронные компоненты

Полупроводниковые силовые приборы.
Интегральные микросхемы.
Преобразовательная техника. Конденсаторы

Электромонтажное оборудование
и инструмент

Измерительная техника, метрология и автоматика

Возобновляемая и малая энергетика

Электробезопасность

Научно-практические мероприятия по актуальным
проблемам электротехники, электроэнергетики
и энергосбережению

Бизнес-программа ДЕЛОВОЙ КЛУБ: тематические
семинары, коммерческие мероприятия

Презентации современных технологий,
инновационных проектов

Организаторы: ООО «Майер Джей Экспо», ЗАО «Экспоцентр»
Под патронажем: Торгово-промышленной палаты РФ
При поддержке: Министерства промышленности и энергетики РФ
Российской инженерной академии
Международной организации «Интерэлектро»

MAYER J.



ТПП РФ



ЭКСПОЦЕНТР

Дирекция:

ООО «Майер Джей Экспо», 115093 Москва,
ул. Люсиновская, д. 36, стр. 1
тел./факс: +7 (495) 363-5032, 363-5033
<http://www.mayer.ru/electro>
e-mail: electro@mayer.ru

Генеральный информационный спонсор:

ЭЛЕКТРО
info

Генеральный Интернет-спонсор:

RusCable.Ru
Русский Кабель
www.ruscable.ru