

СОВРЕМЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

1
2006

Твердотельные
источники света

Современные
дисплеи



Компакт-диск
компании ПРОСОФТ



КРАТКИЙ КАТАЛОГ ПРОДУКЦИИ

ЭЛЕКТРОННЫЕ КОМПОНЕНТЫ



PROSOFT®

ПРОСОФТ — АКТИВНЫЙ КОМПОНЕНТ ВАШЕГО БИЗНЕСА

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

СОВРЕМЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

№ 1, 2006

Издаётся с 2004 года

Главный редактор

Александр Майстренко

Научные редакторы

Александр Масыкин, Роберт Алексанян

Ответственный секретарь

Татьяна Крюк

Дизайн и верстка

Татьяна Крюк, Александр Либков,
Дмитрий Юсим

Web-мастер

Дмитрий Романчук

Служба распространения

Ирина Самохина (circul@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)

Цена договорная

Отпечатано:

Полиграфический комплекс

«Пушкинская площадь»

www.pkpp.ru

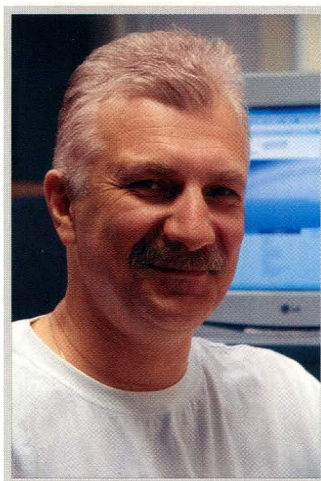
Перепечатка материалов допускается только
с письменного разрешения редакции.

Ответственность за содержание рекламы
несут рекламодатели.

Ответственность за содержание статей
несут авторы.

Материалы, переданные редакции,
не рецензируются и не возвращаются.

© СТА-ПРЕСС, 2005



Уважаемые читатели!

Этот номер нашего журнала посвящён твердотельным источникам света и плоским дисплеям.

Выбор этой темы не случаен, он подсказан опытом общения с читателями журнала. Информация о современных сверхъярких светодиодах, их параметры и методы применения интересовали многих. Действительно, в последнее время мы стали свидетелями настолько бурного развития технологий твердотельных источников света, что вполне уместно говорить о становлении новой области электроники – светоэлектроники. Я уверен, что у светоэлектроники прекрасные перспективы, прочное место в техносфере человечества и светлое будущее – как в переносном, так и в прямом смысле этого слова. Светодиодные светофоры и декоративная подсветка фонтанов и зданий – лишь первые шаги светоэлектроники в России, сейчас интерес к экономичным и надёжным источникам света уже стала проявлять и оборонка. Я думаю, что замена в наших домах ламп накаливания светодиодными источниками света неизбежна, это лишь вопрос времени.

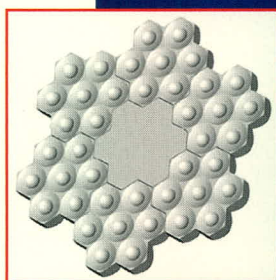
Другая быстроразвивающаяся область электроники – технологии плоских дисплеев. Открытое в 1989 г. свечение органических структур под действием электрического тока обозначило рождение полимерных светодиодов и дисплеев на их основе. Сейчас на развитие OLED- и PLED-технологий брошены большие силы, и ожидается, что через 3 – 4 года дисплеи на их основе начнут вытеснять с рынка ставшие уже традиционными TFT LCD-дисплеи. Отрастить стремительное развитие технологий современных дисплеев должна будет новая выставка, которая состоится в Москве в июне 2006 года. Надеюсь, уважаемые читатели, что мы с вами встретимся на ней.

*С наилучшими пожеланиями,
Александр Майстренко*

Содержание

1

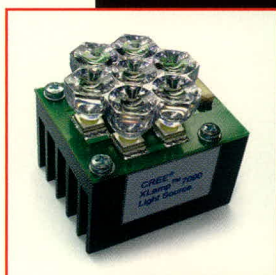
2006



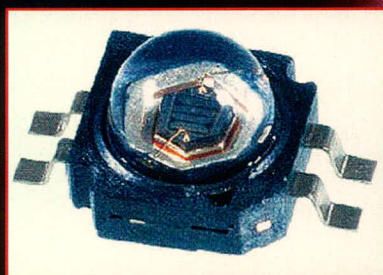
Стр. 10



Стр. 14



Стр. 20



Стр. 24

Рынок

- 4 Российский рынок твердотельных источников света и плоских дисплеев

- 6 Аттестат зрелости на рынке контрактного производства
Вадим Лысов

Современные технологии

- 10 Оптика для твердотельных источников света (часть 2)
Юрий Широков

- 14 Передовые технологии фирмы Sharp в изготовлении ЖК-дисплеев для различных применений
Виктор Жданкин

Компоненты

- 20 Вопросы выбора мощных светодиодных ламп для светотехнических применений
Александр Полищук

- 24 Современные мощные светодиоды и их оптика
Александр Бурняшев

- 28 OLED-микродисплеи фирмы eMagin
Александр Самарин

- 34 Кнопочные переключатели и индикаторы компании Bulgin
Ольга Гуреева

- 40 Новости российских фирм

Узлы и модули

- 42 Тестирование шины Micro Lan
Андрей Шабронов

- 44 Новости российских фирм

Схемные решения

- 46 Применение MMC-карт в микроконтроллерных системах
Олег Пушкарёв

Проекты

- 50 Сеть сбора данных и управления на базе многофункциональных криптозащищённых радиосенсоров
Александр Елисеев

Проектирование и моделирование

- 58 Сердечники из распылённого железа в импульсных источниках питания (часть 1)
Джим Кокс

- 66 Оптимальные фильтрокомпенсирующие устройства для силовых полупроводниковых преобразователей (часть 2)
Леонид Добрусин

Программирование

- 72 Практикум программиста USB-устройств.
Часть 3. Расширение функций ядра USB-устройства
Дмитрий Чекунов

События

- 78 2-я Международная специализированная выставка «Силовая электроника»

- 79 Международная выставка и конференция «Беспроводные и мобильные технологии»

- 79 Семинар компании Mentor Graphics

Российский рынок твердотельных источников света и плоских дисплеев

В таблицу вошла информация о наиболее активных российских продавцах твердотельных источников света и изделий на их основе: индикаторов и осветительных приборов, а также плоских дисплеев.

ФИРМА	ТЕЛЕФОН САЙТ	Advantech	AV-DISPLAY	Bolymin	Cree	Fastwel	FORWARD	Futaba	IEE	IKEY	INTECH	I-sft	Kingbright	Linear Technology	LiteMax Electronics	Lumileds	MPS	NEC LCD Technologies	OKI	Optek Technology	Osram OS	Pepperl+Fuchs EXTEC	Planar Systems	Promate/AUO	SHARP	TDK	Winstar	ДИПАЗ	Протон-Импульс
Компания Спарклайн, ООО	(495) 739-1640 www.sparkline.ru																												
Компания ЭМПЛ ПРО, ЗАО	(343) 3-777-814, 3-777-819 www.amplepro.ru																												
MT-Систем, ООО	(812) 325-3685 www.mt-system.ru																												
НПФ ДИПАЗ, ООО	(495) 333-0513 www.dilas.ru																												
ПРОСОФТ, ООО	(495) 234-0636 www.prosoft.ru																												
Протон-Импульс, ЗАО	(4862) 43-69-42, 40-89-07 www.proton-impuls.ru																												
Радиотех-Трейд, ООО	(495) 795-08-05 www.rct.ru																												
ПРОДУКЦИЯ																													
Кристаллы светодиодов																													
Светодиоды инфракрасные																													
Светодиоды видимого спектра																													
Светодиоды ультрафиолетовые																													
Светодиодные индикаторные лампы																													
Особо яркие светодиоды																													
Осветительные светодиодные кластеры																													
Светодиоды для автомобильных фар																													
Мощные светодиодные лампы																													
Инфракрасные лазерные диоды																													
Лазерные диоды видимого диапазона																													
Мощные лазерные диоды																													
Передающие лазерные модули																													
Символьные и матричные LED-индикаторы																													
Символьные и матричные LCD-индикаторы																													
Символьные и матричные VF-индикаторы																													
Графические TFT LCD-дисплеи																													
Графические LED-дисплеи																													
Графические OLED-дисплеи																													
Графические PLED-дисплеи																													
Графические VF-дисплеи																													
Графические EL-дисплеи																													
Сенсорные панели для графических дисплеев																													
Сенсорные графические дисплеи																													
Драйверы светодиодов																													
Драйверы лазерных диодов																													
Драйверы электролюминесцентных дисплеев																													
Драйверы OLED-дисплеев																													
Драйверы TFT LCD-дисплеев																													
Модули драйверов светодиодных ламп и кластеров																													
Блоки питания лазеров																													

Использованные сокращения

LCD – Liquid Crystal Display – жидкокристаллические дисплеи

TFT LCD – Thin Film Transistor Liquid Crystal Display – жидкокристаллические дисплеи на основе тонкопленочных транзисторов

LED – Light Emission Diode – светоизлучающие диоды

OLED – Organic Light Emission Diode – светодиоды и дисплеи на основе органических структур

PLED – Polymer-Organic Light-Emitting Diode – светодиоды и дисплеи на основе полимер-органических структур

VFD – Vacuum Fluorescent Displays – вакуумно-флюоресцентные дисплеи

ELD – Electro-Luminescent Displays – электролюминесцентные дисплеи

**Всегда на плаву.
Присоединяйтесь!**

ПРОСОФТ – поставщик решений для военно-морского флота

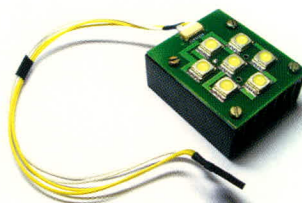
**Универсальный корабельный светильник с функцией
аварийного бесперебойного освещения**

Рассчитан на жёсткие условия эксплуатации

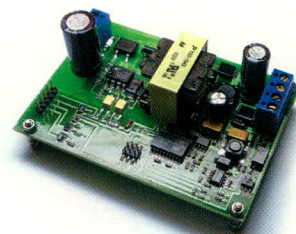
Основные технические характеристики

- Диапазон рабочих температур: $-40...+85^{\circ}$
- Время работы в автономном режиме: до 3 часов
- Напряжение питания: $\sim 100...260$ В/12 В
- Потребляемая мощность: не более 16 Вт
- Световой поток: не менее 800 лм
- Нарботка на отказ: не менее 100 000 часов

В светильнике установлены 2 кластера светодиодных ламп CREE XLamp™, что обеспечивает его высокую экономичность и надёжность



Кластер светодиодных ламп



Блок управления светильниками

PROSOFT®

ПРОСОФТ – АКТИВНЫЙ КОМПОНЕНТ ВАШЕГО БИЗНЕСА

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

Аттестат зрелости на рынке контрактного производства

Вадим Лысов (Москва)

В Москве 1 декабря состоялась очередная конференция по контрактному производству. На конференции выступил с докладом Вадим Лысов, представитель компании Fastwel – крупнейшего в России контрактного производителя. Публикуемая статья послужила основой для этого доклада.

ВВЕДЕНИЕ

Компания Fastwel выросла из группы разработчиков контроллеров специального назначения. Сегодня датой рождения называют и 1991, и 1998, и даже 2002 г. В принципе верны все три даты. Неизменным за всё это время оставались главные принципы компании: ответственность, реальное планирование и деятельная подготовка к «дню завтрашнему».

Структура компании, отношения с партнёрами, поставщиками и клиентами, расширение производственной базы свидетельствуют о качественном росте компании, прошедшей путь от дизайн-студии до крупной, самодостаточной, инжиниринговой и производственной компании с полным циклом разработки и производства электроники на заказ.

Основные направления деятельности компании Fastwel

В процессе роста компании определились основные направления её деятельности:

- разработка и производство собственной линейки продукции электроники ответственного назначения (эксклюзивный дистрибьютор – компания ПРОСОФТ и её дилерская сеть в СНГ),
- разработка и производство комплексов и систем совместно и по заданиям стратегических партнёров,
- контрактное производство изделий электроники для отечественных и зарубежных заказчиков.

Уровень каждого из направлений, оцениваемый как самой компанией, так и нашими заказчиками, позволяет считать, что Fastwel сдал экзамен на аттестат зрелости.

Основные изменения в компании

В 2005 г. следует отметить следующие изменения, произошедшие в компании:

- в отдельное бизнес-направление выделена деятельность по поставке печатных плат; с 2005 г. Fastwel стал эксклюзивным представителем группы заводов SEP (Корея и Китай);

- после двухгодичной подготовительной работы Fastwel открыл первые дилер-центры. Сейчас они доступны клиентам в регионах РФ, ближнем зарубежье и скандинавских странах;
- компания Fastwel выделила полностью сформированное бизнес-направление по контрактной сборке в отдельную торговую марку Fasteko;
- успешно начали работать несколько новых производственных направлений:
 - нанесение влагозащитных покрытий,
 - изготовление кабелей,
 - электромонтажная сборка шкафов и блоков,
 - фрезеровка приборных панелей,
 - нанесение маркировки методом «металлофото»;
- расширены объёмы производства и внедрена бессвинцовая сборка печатных плат.

Основные изменения в составе и характере клиентов

С течением времени клиентов стали отличать новые качества:

- повысилась проработанность проектов, наработки 90-х годов завершились, заказчики стали приносить проекты, базирующиеся на новых технологиях, компонентах и отладочных комплектах;
- увеличилась скорость вывода на рынок новых продуктов (от идеи до опытных образцов – 1...7 мес., от опытных образцов до установочной партии 1...3 мес., далее – серийное производство). К новым продуктам можно отнести и появляющиеся в результате редизайна (перевод на более технологичную элементную базу, замена комплектующих, исправление топологических огрехов и т.п.);
- повысилась ориентация на стабильность. Попробовав ряд различных подходов к поиску наиболее подходящего варианта, потребители явственно разделились. Есть многочисленная группа ищущих



дешёвые рынки. Для них срыв проекта – не катастрофа, похоже, эти клиенты заранее закладываются на повтор, другой проект, собственную доработку или разбрасывают задание одновременно в несколько «корзин». Могут быть и замечательные разовые выигрыши: быстро и дёшево. Но вопрос сравнения цен и сроков покажет отсутствие преимуществ перед стандартными и ответственными предложениями. Это интересная группа, т.к. из неё выходят (если не пропадёт желание работать в электронике дальше!) те, кто осознанно составляют вторую группу. Во вторую группу входят основные и самые ценные клиенты (плавно становящиеся партнёрами), пережившие «опытные производства» или сразу поставившие цель обезопасить себя и свои проекты, сделавшие ставку на профессионализм и ответственность. В соотношении первых и вторых заключается главная особенность сегодняшней ситуации: я бы оценил его как 30 и 70%.

Сравнив показатели 2003 г., можно заключить, что рынок потребителей тоже сдал экзамен по обобщённому показателю и достоин аттестата отличника!

РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОНИКИ НА ЗАКАЗ: РЕКЛАМА И ФАКТ

Два года тому назад, на первой конференции, посвящённой контрактной сборке, компания Fastwel анонсировала разработку оборудования на заказ как одно из определяющих конкурентных преимуществ.

Направления и принципы работы компании Fastwel с заказчиком

Для компании Fastwel в работе с заказчиком привлекательными стали следующие проекты:

- проекты, интересные обеим компаниям, когда достигнутые результаты могут использоваться совместно,
- проекты, не имеющие признаков предыдущего пункта, но перспективные в плане серийного производства,
- проекты без предыдущих признаков, но связанные с Fastwel множеством пересекающихся интересов и связей,
- разовые финансовые проекты, позволяющие просто зарабатывать на

разработках, без упования на признаки предыдущих пунктов.

При работе во всех четырёх направлениях соблюдаются следующие принципы:

- разработчики, программисты и технологи Fastwel не имеют права закладывать в проекты решения, дающие компании субъективное преимущество по отношению к заказчику. Заказчик должен быть уверен, что предложенная цена будет конкурентной по определению, а проект не будет содержать монопольной составляющей (т.е. изделие может быть воспроизведено на других производствах без дополнительной доработки),
- когда дело доходит до комплектации программы, разработки топологии, дизайна и технологии изготовления, в процесс включаются отдел комплектации, рекомендуемый самые современные решения, отдел печатных плат, согласующий с заказчиком требования к платам, и технологи производства, определяющие технологичность монтажа, повышение надёжности и снижение стоимости,
- основной вид бизнеса Fastwel – серийный выпуск изделий в контрактном производстве. Разработка – это в большинстве случаев вспомогательный процесс для получения заказа в конкурентной борьбе. В качестве инструмента могут быть использованы лучшие ценовые предложения с последующим поэтапным возвратом части затрат на разработку при серийном выпуске изделия. База основного бизнеса – это производственный комплекс со своими инжиниринго-

выми подразделениями,готавливающими собственную продуктовую линейку и участвующими в разработках для сторонних заказчиков с перспективой перехода на серийное производство.

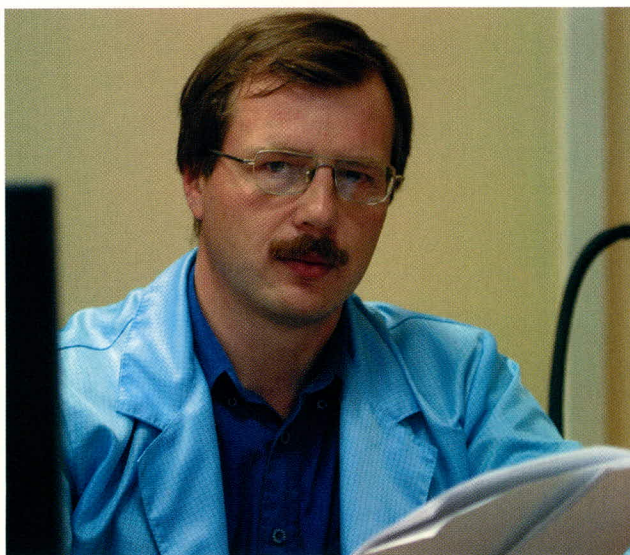
ПОСТАВКА ЭЛЕКТРОННЫХ КОМПОНЕНТОВ И МАТЕРИАЛОВ: РЕКЛАМА И ФАКТ

Основные факторы, которые приходится учитывать при комплектации программ, – это использование проверенных и ответственных поставщиков, реальность сроков исполнения, оптимальные ценовые предложения, возможность и необходимость проведения входного контроля качества, порядок предъявления претензий, сроки действия коммерческого предложения, производственные программы для дистрибьюторов и производителей, прогнозируемость выпуска, допустимость и правомерность замен.

Компания Fastwel входит в состав холдинга ПРОСОФТ, являющегося одним из заметных игроков на рынке электронных компонентов, и имеет уникальные в России производственные программы. Fastwel давно заказывает компоненты для исполнения контрактных заказов. Сегодня в России качественный и надёжный рынок готовых предложений для контрактников ещё не сформировался. Поэтому как для заказчика, так и для исполнителя проекта есть принципиальная разница в понятиях «дистрибьютор» и «отдел материально-технического снабжения». Положение дел таково, что каждый проект вынужден иметь своего профессионального снабженца, макси-

мально вовлечённого и заинтересованного в эффективности, правильности и надёжности предложений. Заказчик вынужден иметь таковых в своём штате, либо он делегирует эту деятельность контрактному производителю.

По данным отдела комплектации и менеджеров, занимающихся комплектованием проектов, поставщики (дистри-





бьюторы и выделенные снабженцы у заказчиков) и потребители пока не выдерживают экзамен на аттестат зрелости, но в 2005 г. стало понятно, что ситуация меняется в направлении грамотных решений.

Персоны, отвечающие за успех проекта, и непосредственные разработчики изделия связаны друг с другом слишком слабо. В результате этого в составе изделия оказываются разнородные компоненты, уже снятые с производства, компоненты, производители которых либо монополисты, либо азиатские фирмы по паве, легко меняющие свои планы, или компоненты экзотических производителей, не представленных на нашем рынке (то, что специалисты называют «виртуальной интернет-находкой»). К неприятностям стоит отнести неуверенность клиента в предлагаемых заменах, желание найти дешёвое решение, отсутствие прогнозов повторяемости и ответственности за поставку вообще. Работа по изготовлению изделия с такой комплектацией иногда приводит к полному «перелопачиванию» проекта клиента, включая редизайн топологии плат под новый компонент.

Справедливости ради стоит отметить, что клиенты стали прислушиваться к нашим рекомендациям, советам и воспринимать рекомендации поставщиков. Более того, призыв «давайте создавать изделие вместе» уже воспринимается с пониманием. В 2003 г. такое предложение встречало в лучшем случае усмешку («заработать хотите лишнего»), а в худшем – «караул, воруют!».

Строго говоря, Fastwel является конструкторским сборщиком, работающим по конструкторской документации заказчика. В процессе изготовления из-

делия возникают вынужденные или более целесообразные для нас замены компонентов и материалов. Если Fastwel что-то предлагает, он готов за предложенное нести полную ответственность, даже если происходит непредвиденное (срыв поставки,

изменение цены, проблемы с качеством компонентов и т.п.). На протяжении трёх лет Fastwel отработал сотни заказов самого разного уровня сложности, состава, значимости, сотрудничая с десятками поставщиков. Именно поэтому мы уже выбрали тех, кто нас либо не подводит, либо умеет чётко и правильно исправлять ситуацию.

Компания Fastwel участвует также в работах, которые можно охарактеризовать как менеджер-проектные или адаптационные. Глубина погружения в эти работы разная. Вопрос стоимости работ (платные или бесплатные) рассматривается в индивидуальном порядке. В любом случае Fastwel предварительно согласует с заказчиком предлагаемые работы. В любом случае заказчик полностью информируется о том, что предполагается сделать, на каких компонентах, на основании чего сделан выбор, рекомендации и проч. Fastwel всегда делится информацией о проектах снятия с производства компонентов, о проблемах с эксклюзивными поставщиками и старается предложить свой вариант (кстати, не всегда получается это сделать «в лоб», иногда требуется редизайн разной глубины проработки). Основные принципы коммерческих предложений следующие:

- *коммерческая целесообразность* проекта, включая оценку возможных убытков от применения компонентов сомнительных поставщиков или сомнительного качества. Кстати, это касается не только коммерческих интересов Fastwel: компания совершенно не заинтересована в убытках своих заказчиков, напротив – именно часть их прибыли становится заработанным хлебом Fastwel;

- *допустимая открытость* во всём, включая имена поставщиков (Fastwel не сторонник случайных заработков, основанных на слабой информированности клиента);
- *симметричный подход* к поставщикам (если Fastwel от своих заказчиков ожидает стабильности, лояльности и роста объёмов заказов, тем же качествам должен соответствовать и сам Fastwel для своих постоянных поставщиков);
- *нацеленность на долгосрочные проекты*. Отсюда и нежелание работать с неизвестными или слабоконтролируемыми фирмами, будучность которых сомнительна.

Этим принципам следовать сложно и не всегда удаётся. Но мы стараемся, и наши старания оправданы, т.к. с нами остаются заказчики, которые платят деньги за работу, включая программы поставок компонентов и печатных плат. Растёт оборот по собственным изделиям, появился их экспорт в Европу. За 2005 г. удалось найти нескольких крупных клиентов, ранее в своих проектах категорически отстаивавших право на поставку давальческих компонентов и печатных плат.

Поставка печатных плат: РЕКЛАМА И ФАКТ

Вот выводы, которые подтверждаются статистикой и прочей «математикой»:

- печатные платы – это фундамент изделия, об этом часто приходится напоминать заказчику до сих пор;
- проблем с качественным исполнением много, они существовали и будут существовать. Речь идёт только о снижении риска или ущерба и способах компенсации потенциальных потерь. Максимальные гарантии и реальное исправление положения могут дать только поставщики, совмещающие в своём лице и производителей готовой продукции;
- стоимость возможной ошибки тем выше, чем дальше изделие прошло цикл производства (от срывов сроков поставок компонентов до отказов у конечных потребителей готовой продукции во время эксплуатации);
- в среднем, по нашей статистике и маркетинговым исследованиям конкурентов, разброс цен печатных плат находится в пределах 0,45...4,5% от стоимости готового

изделия (по нашему мнению, параметр «стоимость готового изделия» наилучшим образом подходит для сравнения и коммерческой оценки).

Искусшённые компании вообще ставят вопрос по-другому: исполнителю даётся таргет-прайс на изделие в целом и сразу оговариваются условия исполнения, исключаящие пути и применение методов недобросовестного снижения себестоимости. Работать в этих условиях исполнителям сложнее, но правильнее и в перспективе полезнее.

Наша оценка степени зрелости Fastwel и её клиентов в этой части: половине клиентов вполне можно выдавать аттестат досрочно, другой половине для получения аттестата требуются репетиторы.

БЮРОКРАТИЯ: БАЛАНСИРОВАНИЕ НА ГРАНИЦАХ «МЁРТВЫХ МОНСТРОВ» И «ФИРМ-БАБОЧЕК»

Вопрос рассмотрим коротко, т.к. эта тема с 2003 г. до настоящего времени значительно потеряла свою остроту.

- Существует до десятка форм и типов ведения бухгалтерского отчёта, принципов учёта хозяйственной деятельности, правил договорного сопровождения. Различия имеют своей причиной организационно-правовую форму, требования собственников заказчиков или потребителей, региональные требования, наконец – умение, опыт и традиции ведения деятельности специалистами соответствующих подразделений. Строго говоря – неправых нет.
- Исполнитель заказов имеет дело с десятками, сотнями клиентов, и он не может вести сумбурную документальную политику. Fastwel выработал несколько типовых пакетов документооборота, максимально соответствующих своим основным направлениям деятельности: поставки, работы и услуги. Требования, которые предъявляет Fastwel, носят симметричный характер для исполнителя и клиента, соответствуют нормам права и учёта, прошли неоднократный аудит и проверки различных ведомств.
- В 2003 г. каждый третий договор с клиентами имел проблемные и острые обсуждения, в 2004 г. из-за



неудачи в согласовании правил ведения документального сопровождения сделки Fastwel потерял двух заказчиков, в 2005 г. – одного. Надемся, в 2006 г. таких потерь не будет.

РЕКЛАМНО-ИНФОРМАЦИОННАЯ АКТИВНОСТЬ КОНТРАКТНЫХ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ

Совсем кратко, не строго – на уровне собственных ощущений.

- Выставки чётко разделяются на «шоу» и рабочие. Участвовать, может быть, полезно и в тех, и в других, преследуя разные маркетинговые цели. Общее правило – количество участия в выставках должно быть весьма жёстко выверено и ограничено. Общая оценка уровня проведённых мероприятий и отдачи от них – стабильно «удовлетворительно». Какие-то выставки явно угасают, какие-то заметно прибавили, в среднем больших изменений ждать не приходится.
- Рекламная нагрузка на сайтах компаний уступила место рабочему пространству. Фактически сайт сегодня становится действующим круглосуточным менеджером. Пожалуй, это самая позитивная информационная составляющая, качественно изменившаяся в лучшую сторону за два последних года. Большинство серьёзных исполнителей и заказчиков практически одновременно это поняли, и их рабочие сайты стали... очень похожи друг на друга! Нормальная и правильная, наверное, схожесть. Оценка важности, нужности и удобства – на «отлично».
- СМИ, как и выставки, необходимо тщательно выбирать. Ценность изданий только рекламного характера за два года сильно девальвировалась. Информация о том, что есть такая-то компания и она предлагает набор определённых

услуг, по большей части разыскивается потребителями в Сети. Наличие рекламы в СМИ центральных регионов – это признак респектабельности и не более того. В других регионах – информация для размышления и попытки найти нового клиента. На мой взгляд, чтобы рекламодатели и читающая аудитория удерживались в издании, необходимо подавать больше результатов аналитических исследований. Средняя оценка эффективности сотрудничества с различными СМИ (я имею в виду печатные издания) – «удовлетворительно». Не «плохо», но далеко от идеала.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В реальной жизни большинство вопросов между заказчиками и исполнителями удаётся смягчить путем переговоров, выработать приемлемые для сторон компромиссы и терпеливо, шаг за шагом, наращивая кредит доверия, приближаться к идеальным решениям.

Настоящую статью прошу считать предложением к открытой дискуссии. Хотелось бы увидеть рейтинг контрактных производителей, составленный нашими клиентами и потенциальными заказчиками. В спектре оценок желательное присутствие и самых скандальных, и наиболее успешных проектов. Представляет интерес разброс требований клиентов и их взаимопонимание с исполнителями – исключительно важные знания, которые сегодня добываются отдельными крупными производителями для внутреннего употребления. Пока на эту тему высказываются с оглядкой, чтобы, не дай Бог, не обидеть (!), только исполнители заказов. Мне кажется – достойная и интересная тема, если её грамотно разработать, профессионально реализовать и подать в открытых изданиях. ©

Оптика для твердотельных источников света

(часть 2)

Юрий Широков (Москва)

Во второй части статьи (начало см. СЭ № 6, 2005) рассматривается дополнительная оптика для твердотельных источников света CREE XLamp, позволяющая создавать как равномерно рассеянные, так и направленные световые потоки с требуемым углом расхождения. Рассмотрена также перспектива применения светодиодных кластеров в области автомобильной оптики.

Как мы уже заметили в предыдущей статье, наибольший интерес для практического применения представляют не одиночные источники света, а кластеры, состоящие из нескольких источников и согласованной оптической системы. Такие кластеры позво-



Рис. 1. Элемент кластера

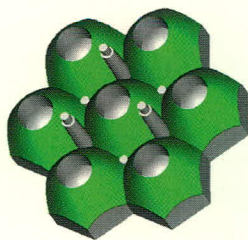


Рис. 2. Общий вид кластера

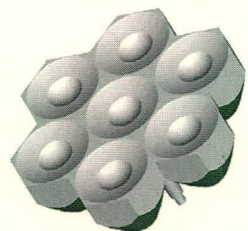


Рис. 3. Вариант компоновки кластеров

ляют формировать световой поток требуемой интенсивности и с требуемой диаграммой направленности, корректно смешивать различные цвета нескольких источников.

Среди наметившихся сфер применения кластерных SSL-источников света можно выделить следующие:

- подсветка информационных панелей и мониторов (в настоящее время в основном ЖКД);
- светильники для медицины, авиации, морского флота, освещения шахт, тоннелей;
- световые сигналы и указатели, в том числе на железнодорожном транспорте и в авиации;
- прожекторы;
- автомобильная светотехника (фары ближнего и дальнего света).

Типичная задача, при решении которой не обойтись без группы светодиодных ламп, – подсветка дисплеев. Поскольку уже сейчас SSL-технологиями достигнуты показатели удельной яркости на единицу объема, значительно превышающие аналогичные показатели CCFL (люминесцентных ламп с холодным катодом), производители дисплеев всерьез заинтересовались возможностями применения светодиодных источников в подсветке панелей. Помимо компактности конструкции, SSL-лампы обеспечивают существенное энергосбережение за счёт более экономичных управляющих драйверов, а также возможность создания цветной подсветки с произвольным изменением цвета. Но светодиодная лампа является, по сути, точечным источником света. Естественно, возникает проблема – как при помощи нескольких таких источников создать равномерную подсветку?

Единственный путь достижения равномерности подсветки – применение дополнительной специальной оптики, а именно – кластеров линз. Оптика кластера рассчитывается таким образом, что перекрывающиеся световые потоки, формируемые каждым элементом (линзой), создают суммарный световой поток, приближенный к равномерному. Аналогично и при решении задач в других перечисленных выше областях применения SSL-ламп для достижения требуемых характеристик изделия при использовании нескольких точечных источников света не обойтись без применения специальной оптики.

Одним из производителей оптики для кластеров SSL-ламп является компания Polymer Optics. Все линзы рассматриваемой далее серии изготавливаются из оптически чистого поликарбоната и обеспечивают эффективность не менее 85%. Продукция названной фирмы заслуживает особого внимания прежде всего потому, что специально оптимизирована для использования с твердотельными лампами производства компании CREE.

Итак, какие же изделия доступны разработчикам уже сейчас и каковы их характеристики?

6- и 25-градусные коллиматорные линзы и кластеры для семи ламп на их основе

Шестигранные элементы (см. рис. 1), из которых состоит кластер (рис. 2), позволяют добиться максимальной плотности размещения ламп в кластере и нескольких кластеров совместно. На рис. 3 представлен вариант компактного размещения кластеров, достижимый благодаря их специфической геометрии. На рис. 4 и 5 представлены соответственно габариты кластера и одиночного элемента.

На рис. 6 и 7 соответственно показаны диаграммы направленности излучения для 6- и 25-градусных элементов. Для достижения оптимальных характеристик допускается

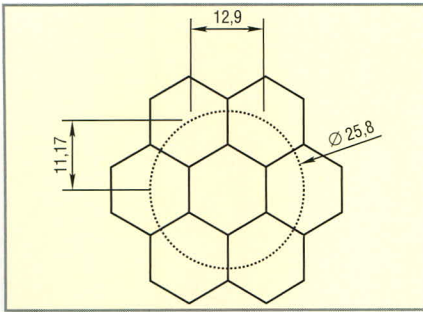


Рис. 4. Размеры кластерной линзы

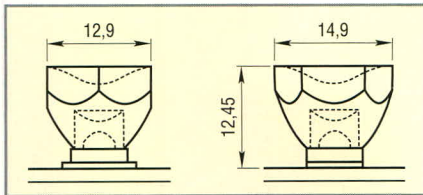


Рис. 5. Размеры одиночного элемента

комбинировать кластеры с углом рассеяния 6 и 25 градусов в любых сочетаниях. Эти кластеры обеспечивают идеально равномерную характеристику светового потока уже на расстоянии 10 см от линзы (см. рис. 8).

РАСSEИВАЮЩИЙ КЛАСТЕР С ПЕРЕМЕННЫМ УГЛОМ РАССЕЯНИЯ ИЗ СЕМИ ЭЛЕМЕНТОВ

Рассеивающий кластер создан на основе коллиimatorного кластера с углом 6 градусов. Путём поворота дополнительной насадки вокруг оси (см. рис. 9) можно установить три режима работы кластера (рис. 10). Равномерное распределение достигается на расстоянии 1 м от оптического элемента. Этот кластер хорошо подходит для смешивания трёх основных (RGB) цветов.

КОНЦЕНТРИРУЮЩИЙ КЛАСТЕР ИЗ СЕМИ ЭЛЕМЕНТОВ

Типовые применения данного кластера (рис. 11, 12):

- сопряжение с оптоволоконном;
- ввод луча в торец световых указателей;
- высокоинтенсивная подсветка небольших объектов (микроскопия).

КЛАСТЕРНЫЕ ЛИНЗЫ L2OPTICS

Компания L2Optics недавно выпустила интересную кластерную линзу (модель OPTX-3), оптимизированную для использования с твердотельными лампами XLamp™. Эта линза имеет диаметр, соответствующий стандартному отражателю для галогенной лампочки MR-16, и может быть смонтирована в

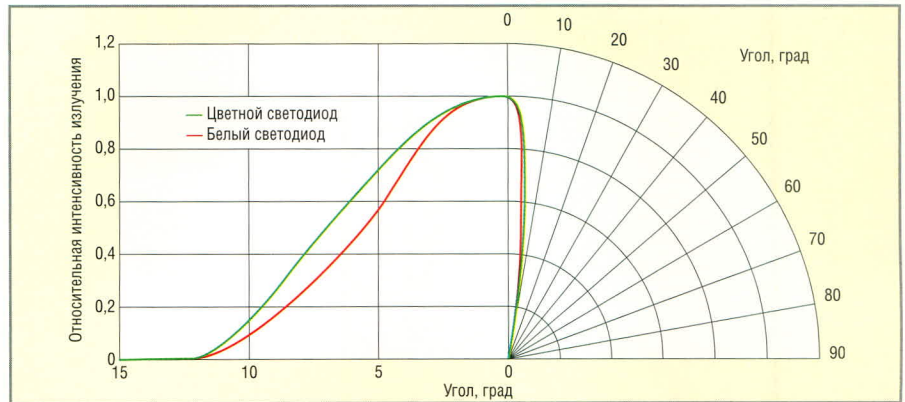


Рис. 6. Диаграмма направленности 6-градусного элемента

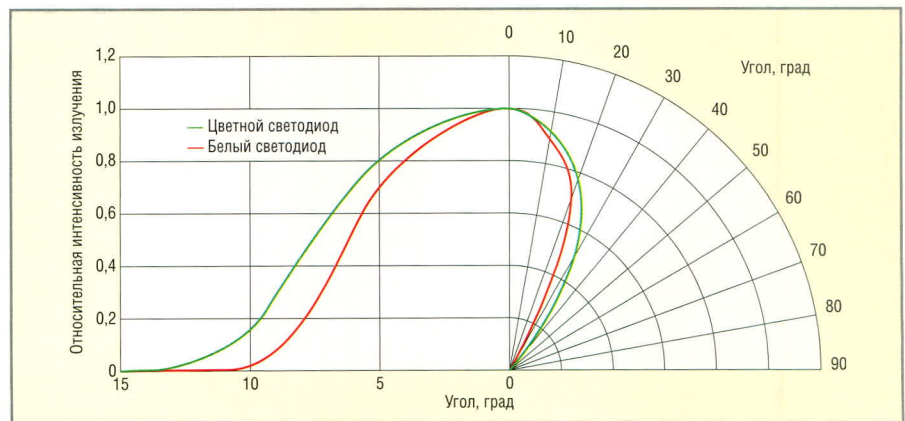


Рис. 7. Диаграмма направленности 25-градусного элемента

полностью совместимом цоколе. На рис. 13 показан внешний вид модуля из трёх ламп CREE и указанной линзы. Габариты кластера OPTX-3 даны на рис. 14. Подобные модули востребованы в системах подсветки витрин, а также в качестве встраиваемых светильников в интерьерной и бытовой подсветке. Светильники на основе этих модулей потребляют всего около 3 Вт, и выделение тепла у них, соответственно, примерно в пять раз ниже, нежели у галогенной лампы в корпусе MR-16. Это позволяет применять их в замкнутых объемах без риска перегрева.

БЛИЖАЙШИЕ ПЕРСПЕКТИВЫ: АВТОМОБИЛЬНАЯ ОПТИКА

Как уже упоминалось, производители автомобилей пристально следят за прогрессом в сфере твердотельных источников света. Хорошей иллюстрацией достижений в области практического применения светодиодных ламп может служить разработка фирмы Hella – фары для автомобиля Golf V, созданные в содружестве со специалистами компании Фольксваген. Блок-фара полностью собрана на основе светодиодных ламп и выполняет функции указателя поворота, ближнего и дальнего света.

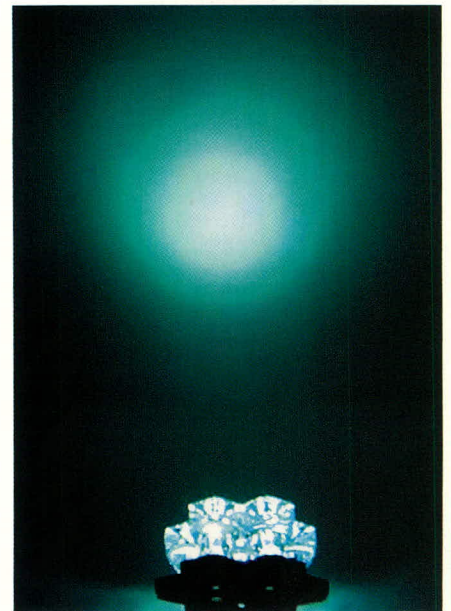


Рис. 8. Равномерность смешения цветов достигается уже в 10 см от линзы

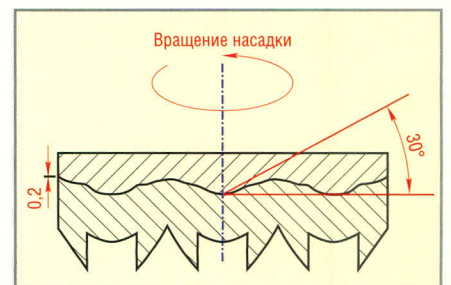


Рис. 9. Рассеивающий кластер



Рис. 10. Режимы работы кластера

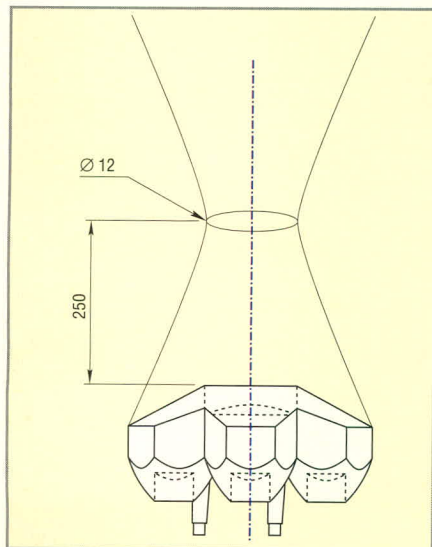


Рис. 11. На расстоянии 25 см диаметр луча составляет 12 мм



Рис. 12. Концентрирующий кластер

Фара представляет собой кластер из семи линз. Линзы имеют форму шестигранников и сгруппированы в компактную сотовую структуру. Четыре

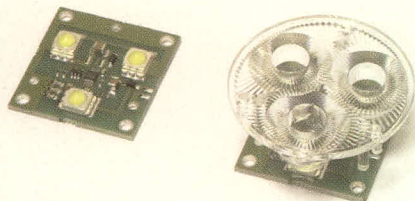


Рис. 13. Модуль с линзой OPTX-3

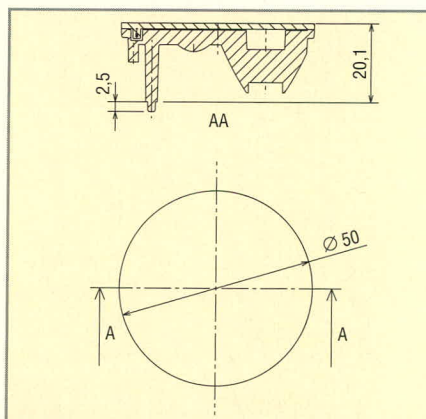


Рис. 14. Габариты OPTX-3

сегмента фары обеспечивают ближний свет. Для дальнего света используются все семь сегментов. В качестве указателя поворота использована линейка из шести стандартных светодиодов. В настоящее время для ближнего света достигнут световой поток порядка 1000 лм, что соответствует потоку от стандартной ксеноновой автомобильной лампы. С дальним светом пока имеются проблемы, связанные с недостаточной мощностью твердотельных ламп. Однако, по убеждению участни-



Рис. 15. Автомобиль Golf V со светодиодными фарами фирмы Hella

ков рынка, проблемы эти носят временный характер и будут разрешены в течение ближайшего года-двух.

В США светодиодные фары уже стандартизованы SAE (Society of Automotive Engineers – Ассоциацией инженеров автомобилестроения). В Европе стандартизация ожидается к 2008 г. Указатели же поворота и сигналы «дневного движения» уже стандартизованы и используются повсеместно.

Компания Hella планирует в 2008 г. выпустить в свободную продажу полнофункциональную продукцию, аналогичную описанному прототипу, однако эти прогнозы весьма осторожны и, скорее всего, мы увидим светодиодную оптику на дорогах гораздо раньше.

Светодиодные технологии уверенно входят в нашу повседневную жизнь. Уровня 200...250 лм/Вт массовая продукция достигнет, видимо, не позднее, чем к началу 2007 г. Стоимость одного излученного люмена при этом непрерывно и стремительно снижается. Вполне реально довести к 2010 г. этот показатель твердотельных излучателей до уровня современных люминесцентных светильников. С преодолением этого рубежа не останется ни одной причины, мешающей повсеместному вытеснению светодиодными лампами всех традиционных источников света. ©

Новости мира News of the World Новости мира

Углеродные нанотрубки заменяют металлические проводники в ИС

Исследователям компании Infineon Technologies удалось вырастить углеродные нанотрубки (CNT) в заранее заданных местоположениях на 6-дюймовых кристаллических пластинах ИС. Компания надеется, что это открытие позволит ей заменить все металлические проводники на кристаллах ИС углеродными нанотрубками.

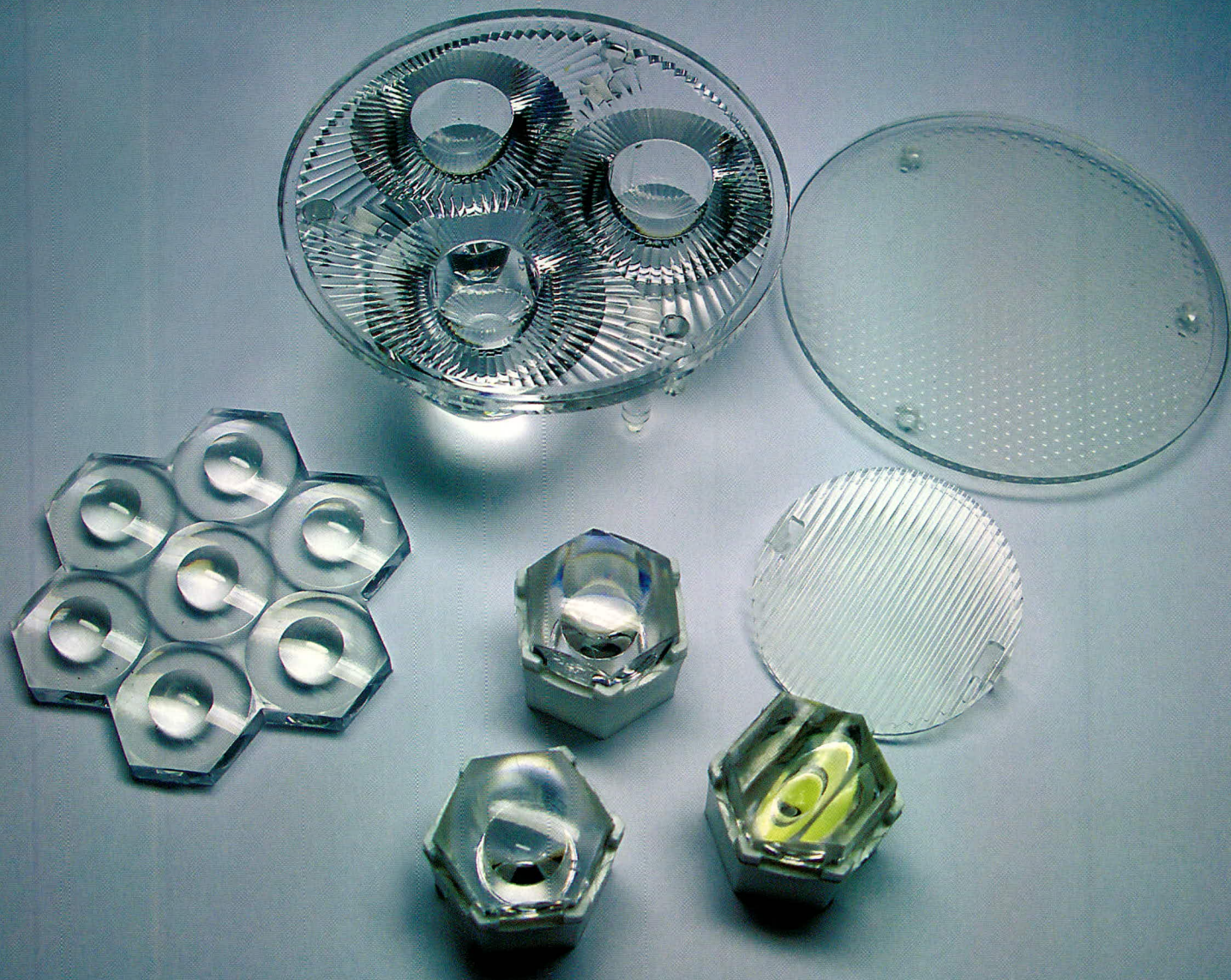
Ранее методы производства CNT, такие как лазерная абляция и дуговой разряд, было трудно совместить с полупроводниковой технологией.

Одним из наиболее важных свойств CNT является их высокая проводимость, которая позволяет обеспечивать высокую плотность тока – до 10^{10} А/см² (медь начинает плавиться при плотности тока 10^7 А/см²). Исследователи предсказывают, что в ближайшие 10 лет монтажные соединения

кристаллов ИС должны будут пропускать ток плотностью до $3,3 \times 10^8$ А/см², что для современных проводников невозможно.

Протекание тока в углеродных нанотрубках не вызывает выделения тепла; оно возникает только в точках контакта с другими материалами. Высокая теплопроводность CNT помогает и в этом случае – она почти в два раза больше, чем у алмаза (3000 Вт/м К).

www.online-ic.com



Комплексные решения от ПРОСОФТ

Весь спектр оптики
для твердотельных ламп CREE XLamp™

Высококачественная оптика только от
рекомендованных компаний CREE производителей.

ProSoft®

ПРОСОФТ — АКТИВНЫЙ КОМПОНЕНТ ВАШЕГО БИЗНЕСА

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

Передовые технологии фирмы Sharp в изготовлении ЖК-дисплеев для различных применений

Виктор Жданкин (Москва)

Sharp – одна из немногих фирм, существенно повлиявших на развитие технологий TFT LCD-дисплеев. Сегодня Sharp использует технологии, позволяющие уменьшить вес и толщину, снизить энергопотребление, увеличить угол обзора дисплеев, повысить яркость и контрастность изображения и даже сделать его объёмным.

В настоящее время компания Sharp Electronics обладает обширной базой знаний и технологий в области создания оптоэлектроники, полупроводников и дисплеев, лидируя на многих рынках во всём мире. На протяжении десятилетий Sharp стимулирует рынок дисплеев новаторскими изобретениями, подобными таким разработкам,

как первый калькулятор, оснащённый ЖК-дисплеем в 1973 г., или первый дисплей на основе активной матрицы управляющих тонкоплёночных транзисторов (TFT-дисплей) в 1988 г.

Компания не прекращает новаторства и сегодня, стремясь предложить изделия с высокими рабочими характеристиками при минимальной цене. Например, благодаря разработке дисплеев HR-TFT (Highly Reflective TFT) было достигнуто значительное уменьшение размеров мобильных устройств. Благодаря HR-технологии вес оборудования уменьшился на 50%, а потребление электроэнергии – на 85%.

Об этой и других передовых технологиях отображения информации, разработанных компанией, наш рассказ.

ТЕХНОЛОГИИ ПОДСВЕТКИ

Прежде чем перейти к представлению технологических новшеств, применяемых при изготовлении ЖК-дисплеев, необходимо остановиться на краткой характеристике реализуемых в них способов подсветки, так как именно они во многом определяют технологию и основные свойства дисплея.

В ЖК-дисплеях используют три основных способа подсветки: просветный, отражательный и просветно-отражательный.

Просветный способ предполагает подсвечивание пикселей ЖК-дисплея сзади, то есть с противоположной от зрителя стороны. Такие дисплеи обладают наилучшими характеристиками в диапазоне освещённости от полной темноты до значений, соответствующих типовым условиям офисных помещений.

В ЖК-дисплеях отражательной системы пиксели освещаются спереди, то есть со стороны зрителя, окружающим светом или при помощи специального фронтального освещения. Такие дисплеи имеют низкую потребляемую мощность (особенно те, которые не используют фронтальное освещение) и применяются в портативных устройствах с питанием от батарей.

Технология корпорации Sharp, реализующая отражательный способ подсветки, называется *Highly Reflective TFT* (HR-TFT) (см. рис. 1). Благодаря использованию микрозеркальной структуры ЖК-ячеек дисплея, выполненные по этой технологии, тоньше, легче и экономичнее обычных отражательных дисплеев и обеспечивают яркое, контрастное изображение даже при ярком солнечном освещении. Внешний вид конструкции ЖК-дисплея, выполненного с применением HR-TFT, представлен на рис. 2.

Просветно-отражательная система подсветки объединяет достоинства отражательной и просветной систем подсветки: пиксели частично пропускают свет задней подсветки и частично отражают свет от внешних источников или фронтального освещения. Усовершенствованная просветно-отражательная технология корпорации Sharp получила название *Advanced TFT* (AD-TFT). Пиксел в дисплеях AD-TFT подобен пикселу дисплеев HR-TFT, однако имеет апертуру, которая в активном состоянии способна пропускать свет (см. рис. 3).

ЖК-дисплеи с просветно-отражательной системой подсветки, выполненные по технологии AD-TFT, применяются в устройствах, эксплуатируемых в широком диапазоне освещённости (от полной темноты до яркого солнечного освещения). Оптические характеристики таких дисплеев при низкой освещённости подобны характеристикам просветных ЖК-дисплеев, а при ярком освещении – характеристикам отражательных

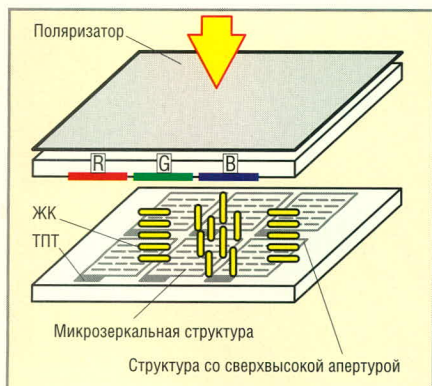


Рис. 1. Структура ТПТ ЖКД с большим отражением



Рис. 2. ЖК-дисплей, выполненный с применением технологии HR-TFT

ЖК-дисплеев (см. рис. 4). При этом во всём диапазоне освещённости AD-TFT-дисплеи сохраняют высокое качество отображения, превосходя стандартные по яркости цветов и отсутствию параллакса.

Продолжая совершенствовать Advanced TFT-дисплеи, корпорация Sharp создала технологию, которая получила название *High Transmission Advanced TFT*. Главным достоинством ЖК-дисплеев, в которых она реализована, стало дальнейшее повышение светоотдачи.

Дисплеи для мобильных применений и автомобильной аппаратуры

Корпорация Sharp производит дисплеи для мобильных применений, которые имеют короткое время отклика, отличаются большими углами обзора, работают в широком диапазоне внешней освещённости, экономичны, имеют небольшие габариты и вес. Всё это достигается применением технологий Advanced TFT и Ultra Low Power Control (ULC), а также технологии сборки Chip-on-Glass (COG).

Технология ULC – обеспечение сверхнизкого энергопотребления

Технология ULC (сверхнизкое потребление мощности) применяется в устройствах с автономным питанием, где экономичность особенно важна. Кроме того, данная технология позволяет формировать чёткие изображения как в условиях сильной внешней освещённости, так и в плохо освещённых помещениях.

Экономичность достигается избирательной работой в одном из трёх режимов, зависящих от вида отображаемой информации. Первый режим – Full mode (полный режим) предполагает функционирование подобно обычному TFT-дисплею, но с потреблением примерно трети от обычно потребляемой мощности. В этом режиме доступен многоцветный диапазон, а временные параметры достаточны для отображения видеоданных. Второй режим – Standby mode (дежурный) – предназначен для отображения неподвижных насыщенных изображений с пониженной цветностью. И, наконец, третий режим – Partial mode (частичный) – позволяет отображать лишь одну активную строку только с 8 основными цветами.

Для понимания технологии ULC сначала рассмотрим работу обычно-

го ЖК-дисплея. Дисплей получает сигналы данных и адреса, которые управляют его работой, а также питание. Необходимо особо отметить, что напряжение питания подаётся вне зависимости от информационного содержания экрана дисплея. В частности, схема шкалы яркостей постоянно находится в запитанном состоянии, потребляя почти треть общей мощности.

В дисплее, выполненном по технологии ULC, режимы работы частей контроллера изменяются в соответствии с содержанием отображаемой информации. Энергия сберегается за счёт ограничения скорости обновления (регенерации) информации при воспроизведении статичных изображений, путём ограничения цветовой насыщенности и отключения схемы управления шкалой яркостей.

Технология COG – сборка кристалла на стекле

Технология сборки кристалла на стекле (Chip-on-Glass) обеспечивает особо надёжное соединение между контроллером и экраном ЖК-дисплея (см. рис. 5). Кроме того, расширяется диапазон температур хранения ($-40...95^{\circ}\text{C}$ против $-30...85^{\circ}\text{C}$), повышается устойчивость дисплея к ударным воздействиям и вибрации (4,5g против 2,9g).

Саморазогревающаяся система задней подсветки

Люминесцентные лампы с холодным катодом (CCFT), применяемые для задней подсветки ЖК-дисплеев, плохо работают при низких температурах. Классическим решением данной проблемы является внешний подогрев лампы. Однако предложенная корпорацией Sharp система подсветки с саморазогревом более эффективна.

В саморазогревающихся системах задней подсветки используют специальные люминесцентные лампы, которые могут быть перегружены избыточным током, рассеивающимся в виде тепла. Это тепло и разогревает лампу. Так как нагрев является внутренним, температура возрастает быстро, и за две минуты достигается полная яркость (требование автомобильной промышленности).

График, приведённый на рис. 6, показывает, что обычной люминесцентной лампе, перегруженной током 9 мА, при температуре -20°C требует-

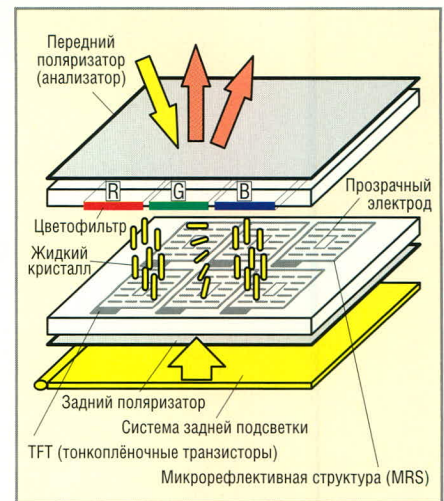


Рис. 3. Структура просветно-отражающего Hi-Reflective ТРТ ЖКД

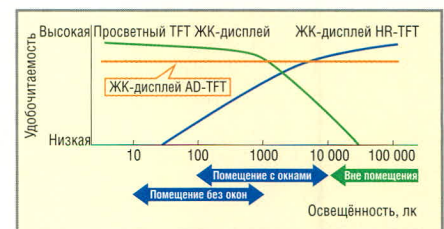


Рис. 4. Сравнение удобочитаемости дисплеев при различной внешней освещённости

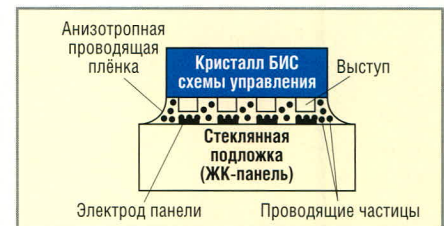


Рис. 5. Соединение ИС управления и ячейки ЖК-дисплея по технологии COG

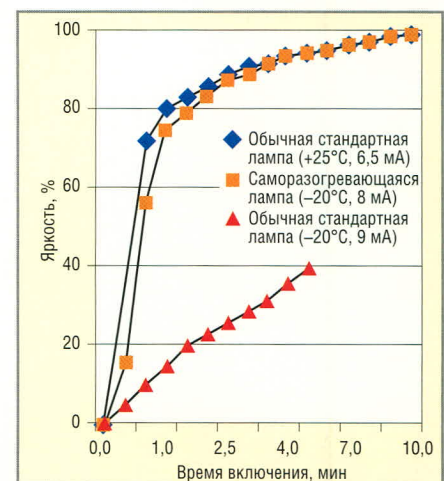


Рис. 6. Графики нарастания яркости при включении ламп задней подсветки в условиях низких температур

ся 4 минуты для достижения только 40% номинального значения яркости. Саморазогревающаяся лампа, зажигаемая при той же температуре и мень-

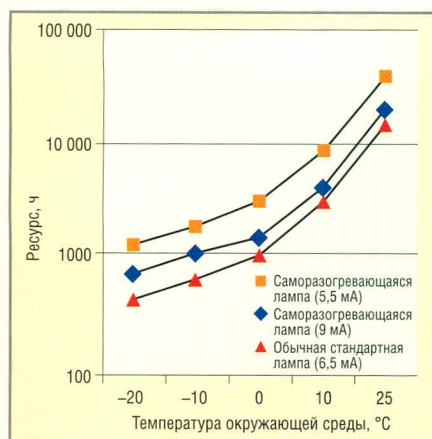


Рис. 7. Минимальный ресурс ламп задней подсветки при различных температурах окружающей среды

шем токе перегрузки, выходит на номинальную яркость практически по тому же закону, что и обычная лампа, зажигаемая при комнатной температуре. Кроме того, используемые корпорацией Sharp саморазогревающиеся лампы обладают большим ресурсом (см. рис. 7) во всём диапазоне температур окружающей среды.

ДИСПЛЕИ ПРОМЫШЛЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Промышленные условия эксплуатации требуют от дисплеев формирования ярких, чётких цветных изображений, хорошо читаемых из любой точки фронтального пространства, а также высокой надёжности, низкой стоимости, длительного срока службы и открытости для постоянной модификации изделия. Эти требования удовлетворяются корпорацией Sharp на основе постоянно совершенствующихся технических решений, направленных главным образом на усиление конструкции дисплеев и продление ресурса системы задней подсветки. Стандартизация электрических и конструктивных характеристик предоставляет заказчикам дис-

плеев Sharp возможность пользоваться самыми новейшими дисплейными технологиями без затрат на перекомпоновку изделия.

Постоянно совершенствуя ЖК-дисплеи, корпорация Sharp разработала широкий ряд (например, серии Strong и Strong2) изделий для рынка промышленной автоматизации, отвечающих высоким требованиям по визуализации изображения и надёжности. На рис. 8 представлены наиболее популярные ЖК-дисплеи для промышленных применений. Их основные характеристики:

- расширенный диапазон рабочих температур (-30...85°);
 - использование в модуле задней подсветки люминесцентных ламп с холодным катодом (CCFT), отличающихся большим ресурсом.
- Среди основных особенностей ЖК-дисплеев, предназначенных для информационных панелей и телевизоров, необходимо выделить следующие:
- применение в производстве дисплеев технологии ASV (Advanced Super View), обеспечивающей углы обзора 170° в горизонтальной и вертикальной плоскости;
 - высокая яркость (450...600 кд/м²), позволяющая считывать информацию даже при ярком прямом свете;

Технологии, обеспечивающие широкий угол обзора

В отличие от ЭЛТ-дисплеев, допускающих углы обзора до 180° как по горизонтали, так и по вертикали, ЖК-дисплеи имеют более узкие секторы обзора. Границы этих секторов устанавливаются по предельно допустимым для нормального восприятия значениям яркости и контрастности. Для цветных дисплеев угол обзора остаётся приемлемым, пока не изменяются воспринимаемые цвета изображения.

Новейшее поколение ЖК-дисплеев Sharp, использующее технологию ASV (Advanced Super View), имеет значительно больший по сравнению с прежними дисплеями сектор обзора – более 170° по всем направлениям. Конкурирующие фирмы предлагают технологию IPS (In Plane Switching), которая даёт широкий симметричный угол обзора, но сопровождается ухудшением таких параметров, как скорость отклика, энергетические показатели, диапазон рабочих температур. Главным же недостатком технологии IPS является уменьшение аперттуры пиксела, связанное с необходимостью специальной конфигурации ЖК и электродов, а соответственно – снижение светопропускания матрицы примерно на 10% по сравнению с обычным TFT ЖК-дисплеем.

Технология ASV лишена перечисленных недостатков.

Технология SHA, UNA и высокая яркость

Базовая структура цветного ЖК-дисплея включает, помимо самого ЖК-слоя, два поляризатора и матрицу светофильтров, которые поглощают много света. Ячейки-пиксели окружены чёрной рамкой, которая ограничивает боковое излучение. Это повышает контрастность изображения, но в то же время снижает количество света, достигающего зрителя. Кроме того, в ЖК-дисплее с активной матрицей каждый пиксел содержит тонкоплёночный транзистор, который также не пропускает свет. Всё это придаёт новым технологиям, направленным на повышение яркости TFT ЖК-дисплеев, особую актуальность.

Новейшие телевизионные ЖК-панели и мониторы больших форматов, выпускаемые корпорацией Sharp, не имели бы такой высокой яркости, если бы в них не использовалась технология SHA (Super High Aperture – сверхвысокая аперттура). Эта оригинальная технология позволяет значительно увеличить аперттуру пикселей благодаря изолирующему слою из специального полимера между линиями соединения истоков и управляющими электродами (затворами) тонкоплёночных транзисторов. Как видно из рис. 9, такая изоляция позволяет увеличить аперттуру пиксела при том же разрешении, в результате под-

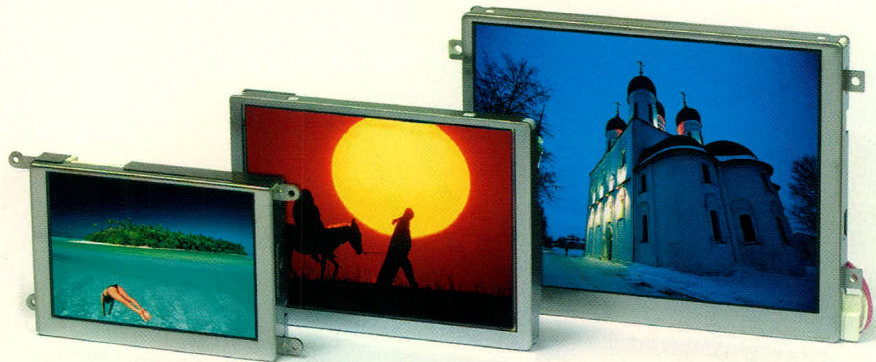


Рис. 8. Внешний вид малогабаритных ЖК-дисплеев LQ038Q5DR01 (размер по диагонали 3,8"), LQ050Q5DR01 (размер по диагонали 5") и LQ064V3DG01 (размер по диагонали 6,4")

светка используется более эффективно, давая изображение повышенной яркости.

Благодаря преимуществу технологии SHА цветные ЖК-телевизоры AQUOS, в которых она применена, имеют наивысшую среди изделий своего класса яркость 450 кд/м².

Другая технология, применяемая корпорацией Sharp для повышения яркости ЖК-панелей, – UHA (Ultra High Aperture – ультравысокая апертура). Она используется в производстве 28-дюймовых экранов с разрешением более 5 млн. пикселей (2560 × 2048).

В основе технологии лежит формирование гибридной структуры, которая объединяет модифицированную матрицу управляющих тонкоплёночных транзисторов и низкотемпературные поликремниевые схемы управления. В традиционных ЖК-дисплеях на поликремниевых тонкоплёночных транзисторных структурах используются кристаллы схем управления, которые прикреплены к стеклу дисплея. Между тем, низкотемпературные поликремниевые схемы управления могут быть непосредственно встроены в стекло с помощью технологии, аналогичной используемой при производстве полупроводниковых приборов. Возможность такой интеграции приводит к упрощению межсоединений, что позволяет увеличить апертуру еще примерно на 20%.

Кроме того, при сопоставимой яркости ЖК-дисплеи, выполненные по технологии UHA, рассеивают примерно на 20% меньшую мощность.

Ещё в 2004 г. корпорация Sharp продемонстрировала ЖК-дисплей с диагональю 45 дюймов, способный воспроизводить видео с разрешением 1920 × 1080 без масштабирования изображения. Это был первый 45-дюймовый дисплей Sharp, рассчитанный на серийный выпуск. Он предназначен для использования в качестве информационного или рекламного табло и имеет контраст 800 : 1, время отклика 15 мс и угол обзора 170°.

Однако рынок требует дисплеев с ещё большими размерами, и в ответ на это корпорация Sharp продемонстрировала на выставке CEATEC в октябре 2004 г. ЖК-дисплей с размерами диагонали 65 дюймов и разрешением 1920 × 1080 пикселей [1]. Сейчас

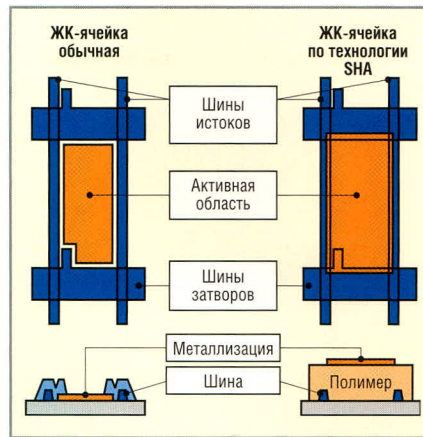


Рис. 9. Сравнение структуры ЖК-пиксела, выполненного по обычной технологии и по технологии SHА

компания работает над тем, чтобы уменьшить цену таких дисплеев до величин, сопоставимых с ценой газоразрядных индикаторных панелей больших форматов.

Трёхмерные ЖК-дисплеи

Трёхмерные ЖКД компании Sharp способны отображать реалистичные объёмные изображения без необходимости использования специальных очков. Благодаря электрическому переключению режимов между плоским (2-D) и трёхмерным воспроизведением (3-D), такие дисплеи могут быть использованы в новых изделиях, предназначенных для показа объёмных изображений, при сохранении совместимости с существующими стандартами ЖКД. Например, трёхмерный ЖК-монитор компьютера может показывать текст и таблицы в режиме 2-D, а в режиме 3-D использоваться для компьютерной графики и игр.

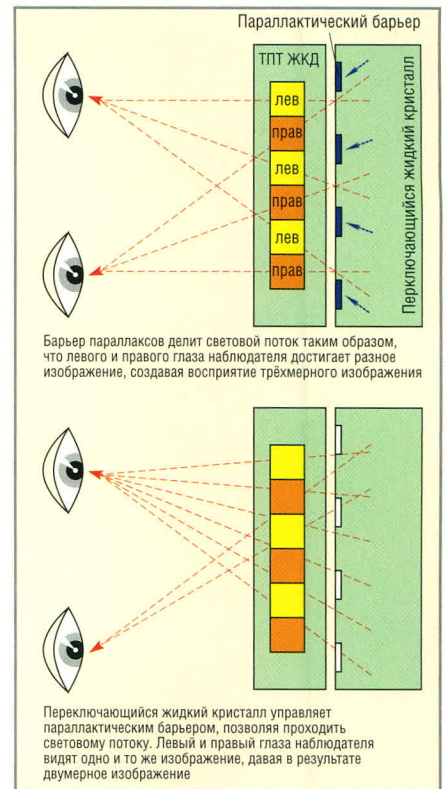


Рис. 10. Сравнение режимов трёхмерного и плоского воспроизведения

Принцип работы 3-D ЖКД

Свет, распространяющийся в разных направлениях от дисплея, управляется таким образом, что каждый глаз видит своё изображение. Такое управление было достигнуто применением конструкции, включающей стандартный дисплей на основе активной матрицы и специально разработанного «переключающегося жидкого кристалла» (см. рис. 10).

Технология CG-silicon

Технология получения монокристаллов кремния (Continuous

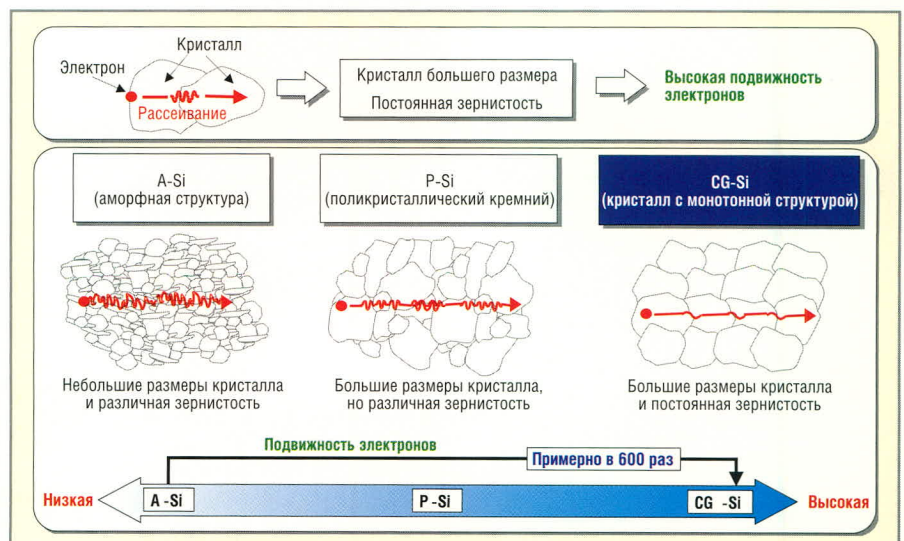


Рис. 11. Сравнение технологий P-Si, A-Si и CG-Si

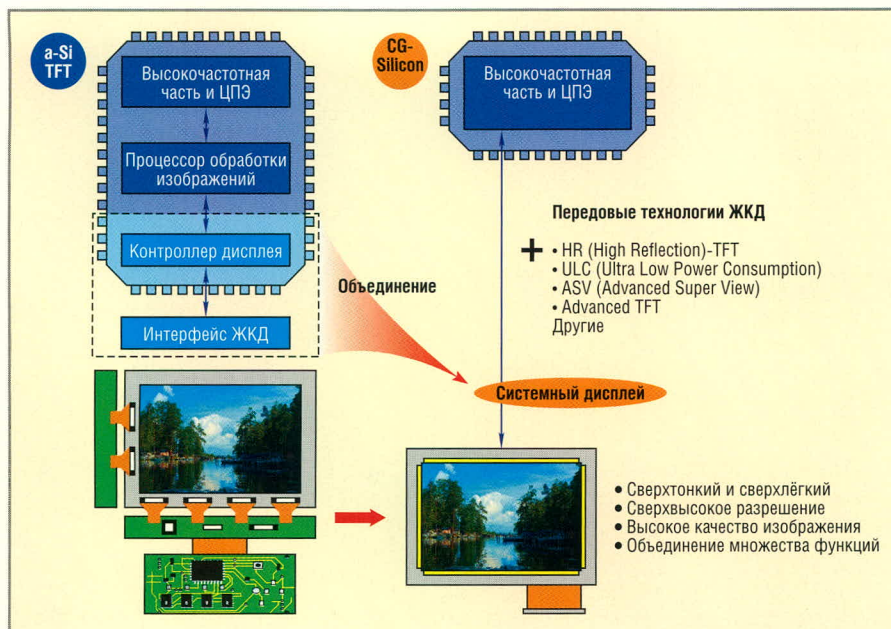


Рис. 12. Панели с использованием System LCD

Grain (CG) silicon), разработанная компанией Sharp совместно с Semiconductor Energy Laboratory, обеспечивает очень высокую подвижность электронов (примерно в 600 раз!) по сравнению с аморфными полупроводниковыми структурами, которые применяются в стандартных ЖКД.

CG-полупроводниковая структура используется компанией Sharp для разработки так называемых «системных» ЖКД (System LCD), которые отличаются более высоким разрешением по сравнению с ЭЛТ, а также конструкцией, в которой периферийные схемы и функциональные устрой-

ва интегрированы в саму панель. Эта ЖК-панель имеет сверхвысокое разрешение, превосходную надёжность, высокие фотометрические параметры и чрезвычайно низкое потребление, размещаясь в тонком, компактном и лёгком корпусе.

Рисунок 11 поясняет отличия технологии CG-Si от современных распространённых технологий A-Si (аморфная полупроводниковая структура) и P-Si (поликристаллический кремний). Высокая подвижность электронов позволяет повысить разрешение дисплеев до уровней, превосходящих ЭЛТ.

Предшествующие ЖКД были окружены множеством ИМС. Встраивание их в панель чрезвычайно сократило число внешних компонентов. Так как вспомогательные схемы и функциональные узлы встроены в ЖК-панель, удаётся достичь повышенного соотношения между площадью экрана и обрамлением. Фактически три стороны панели теперь удаётся сделать свободными от обрамления. Помимо того, что благодаря этому дисплеи становятся легче и компактнее, это позволяет также

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®

снизить их энергопотребление и повысить надёжность.

Обширен ряд применений System LCD (см. рис. 12) в мобильных устройствах:

- компактные мобильные телефоны со встроенным ТВ-приёмником;
- цифровые фотоаппараты размером с кредитку со сверхтонким дисплеем высокого разрешения;
- информационные устройства в виде браслета;
- портативные персональные компьютеры (PDA) с высоким разрешением дисплея;
- средство отображения в виде ярлыка, дающего информацию о товаре;

- двухстраничные электронные книги, имеющие компактный размер и чёткий дисплей для отображения текстовой и графической информации;
- электронные каталоги;
- мобильные телевизоры высокой чёткости.

Подводя итоги

Имея более чем 15-летний опыт разработки дисплеев, корпорация Sharp уделяет особое внимание постоянному увеличению их ресурса, снижению эксплуатационных затрат, расширению диапазона рабочих температур, повышению прочности и надёжности

конструкции. В результате этого заказчиком доступен широкий ряд дисплеев Sharp, позволяющий выбрать изделие, соответствующее требуемым условиям применения, привлекательное по стоимости и обладающее высокой надёжностью.

Этому в немалой степени способствуют новаторские конструкторские решения и активно разрабатываемые и внедряемые корпорацией современные технологии.

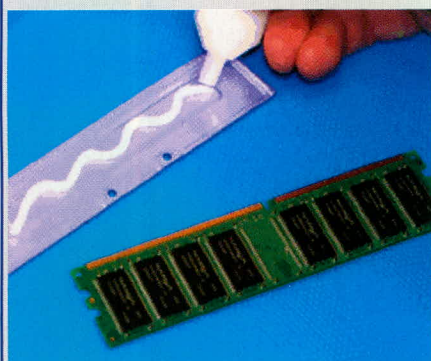
ЛИТЕРАТУРА

1. Yoshiko Hara. Aperture technology brightens Sharp active-matrix LCDs. EE Times. 26/07/2000.



Новости мира News of the World Новости мира

Теплопроводная паста и наполнитель – два в одном



Chomerics Europe дополняет ряд теплотехнических материалов двумя эластичными наполнителями. T635 и T636 – силиконовые гели, имеющие теплопроводность 1,7 и 2,4 Вт/м К соответственно. T635 и T636 являются предварительно связанными вязко-упругими пастами, которым не требуется ни перемешивание, ни отверждение. После нанесения компоненты могут сразу же сопрягаться. Благодаря свойствам гелей ими можно заполнять большие и неровные промежутки. Оба материала имеют минимальный срок хранения 18 мес. без специальных условий, таких, например, как охлаждение. Упаковка – шприцы по 30, 180, 300 и 360 см³, а также бочки ёмкостью 1 и 5 галлонов.

www.chomerics.com

Камера с фокусировкой после съёмки

В Стенфордском университете создан прототип портативной цифровой камеры, в которой фокусировка осуществляется как постпроцессинговая операция.

Устройство построено на основе фотокамеры Contax 645 с модифицированным

цифровым 16-мегапиксельным модулем Megavision FB4040.

Перед ПЗС-модулем размещён массив микролинз, создающих на поверхности сенсора изображение, в котором содержится фазовая информация.

Это позволяет в дальнейшем реконструировать снимок программными средствами с выбранным значением фокусного расстояния.

Недостатком созданного прототипа является небольшое разрешение – оно соответствует количеству микролинз в массиве – 90 тыс.

Среди преимуществ нового способа – возможность снимать с большой диафрагмой и тем не менее получать большую глубину резкости, а также использовать длинные экспозиции и низкие значения светочувствительности.

itc.ua/

Samsung совершенствует дисплеи портативных устройств

Дисплеи новых сотовых телефонов Samsung Electronics будут использовать технологии, которые компания применяет при выпуске больших ЖК- и плазменных панелей.

В планы компании входит увеличение яркости мобильных дисплеев в полтора раза, а также обогащение их цветовой гаммы до 16,7 млн. цветов (по сравнению с 262 тыс. цветов, отображаемыми большинством нынешних экранов).

Кроме того, Samsung намерена отказаться от стандартов QCIF (разрешение 176 × 144) и QVGA (320 × 240) в пользу WVGA (Wide Video Graphic Array, 852 × 480) и планирует использовать высокоскоростной последовательный ин-

терфейс для повышения качества отображения видео.

Средняя толщина мобильных дисплеев должна уменьшиться с 2,1 до 1,6 мм. Значительные средства компания вкладывает также в разработку гибридных сенсорных панелей, которые позволят создавать дисплеи толщиной менее миллиметра. Телефоны Samsung, оснащённые такими панелями-гибридами, появятся в четвёртом квартале следующего года.

Для производства мобильных панелей Samsung уже сейчас использует некоторые технологии, позаимствованные у крупногабаритных дисплеев. Добавив, к примеру, в стандартную схему RGB белый цвет в качестве четвёртой составляющей (система RGBW), компании удалось повысить яркость изображения на 70% и одновременно снизить энергопотребление дисплеев.

itware.com.ua/

Sony и Idemitsu создадут новые OLED-материалы

Компании Sony и Idemitsu начали сотрудничать в области разработки новых видов люминесцентных материалов для дисплеев и панелей следующих поколений. Ожидается, что основные исследования будут касаться быстроразвивающейся сегодня технологии OLED.

Согласно контракту, который будет подписан в январе 2006 г., компании станут разрабатывать новые OLED-материалы, пользуясь уже существующими разработками и патентами друг друга. Компания Sony обозначила одним из своих важнейших приоритетов развитие OLED-технологии до уровня применения её в средних и крупных по размерам панелях.

www.hifinews.ru

Вопросы выбора мощных светодиодных ламп для светотехнических применений

Александр Полищук (Москва)

Автор рассматривает влияние конструкции и технологии сборки светодиодных ламп на величину их светотдачи. Особое внимание уделено вопросу отвода тепла от кристалла светодиода.

ВВЕДЕНИЕ

За последние два года в России начал складываться рынок светотехнических изделий с применением твердотельных источников света. Как обычно, сначала на нашем рынке появилась продукция производителей из юго-восточной Азии известного качества. Следом сразу же возникли отечественные мелкие производители, начавшие выпускать аналогичную продукцию. Поскольку им пришлось конкурировать с дешёвой китайской продукцией, о применении качественной и надёжной элементной базы уже не могло быть и речи. Всё вышесказанное относится в основном к светотехническим изделиям, в которых используются маломощные светодиоды белого свечения. Такие светильники не могут рассматриваться как серьёзная альтернатива традиционным источникам света и поэтому выполняют чисто декоративные функции, отдавая дань моде последних лет. Однако подобные изделия во многом дискредитировали в нашей стране идею твердотельного освещения, выработав у серьезных потребителей негативное отношение к светодиодным источникам света.

В то же время общемировые тенденции развития данного направле-

ния позволяют говорить о неуклонном росте интереса потребителей к твердотельному освещению. Прежде всего это обусловлено появлением на мировом рынке коммерчески доступных оптоэлектронных приборов (светодиодов), способных по интенсивности излучения составить конкуренцию традиционным источникам света, таким как лампы накаливания и даже люминесцентные лампы. Для сравнения в табл. 1 приведены характеристики светотдачи различных источников света. Как следует из таблицы, использование вместо ламп накаливания светодиодных ламп позволит в перспективе экономить до 90% электроэнергии, а с учётом их чрезвычайно высокого ресурса (более 100 000 часов) эти приборы становятся очень привлекательными в экономическом и экологическом плане.

В данной статье мы не будем рассматривать характеристики маломощных светодиодов, а остановимся на сравнении параметров мощных светодиодных ламп крупнейших мировых производителей, имеющих собственное производство кристаллов InGaN, таких как CREE Lighting, Lumileds Lighting, Nichia Corporation. Вторичный рынок производителей (это компании, которые не производят собственных кристаллов, а корпусируют готовые кристаллы вышеуказанных компаний под своей торговой маркой), в данной статье не рассматривается. Продукция этого рынка, как правило, является «клоном» оригинальных изделий, но некоторые из них достигли больших успехов и представляют интерес в качестве фирм – изготовителей светильников (например, компания Lamina Ceramics).

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ И СВЕТОВЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Главный показатель эффективности светодиодной лампы (СЛ) – её светотдача. Измеряется она в лм/Вт, т.е. в единицах светового потока (лм) на единицу потребляемой электрической мощности (Вт). Современные СЛ способны работать с прямым током свыше 1 А, однако при этом возникают вопросы адекватного отвода тепла и срока службы кристалла. Поэтому целесообразно рассматривать приборы с номинальным током 350 мА. Дело в том, что производители, предлагая СЛ мощностью более 3 Вт, идут на определённую хитрость: такой светодиод содержит либо тот же самый кристалл, что и в приборе с током 350 мА, либо представляет собой сборку из таких кристаллов. В обоих случаях производитель стремится по возможности снизить тепловое сопротивление переход–корпус. Поскольку это не всегда возможно, производитель перекладывает проблемы отвода тепла на потребителя, у которого высокие тепловые нагрузки приводят к значительному (вместе с тем трудноконтролируемому) снижению ресурса СЛ.

В табл. 2 приведены показатели эффективности серийных СЛ производства CREE Lighting, Lumileds Lighting, Nichia Corporation. Из приведённых характеристик видно, что показатель эффективности снижается с ростом мощности СЛ. Это связано с нелинейностью зависимости светотдачи от прямого тока светодиода, типовая характеристика которой для СЛ типа XL7090 (CREE) приведена на рис. 1 (здесь относительная интенсивность – это отношение светового потока при измеряемом токе к световому потоку при характеристическом токе, например 350 мА). Что касается абсолютной величины светотдачи, то безусловным лидером на рынке коммерчески доступных СЛ является компания

Таблица 1. Светотдача различных источников света

Тип источника	Светотдача, лм/Вт
Обычные лампы накаливания	12
Вольфрамовые галогенные	20
Компактные флуоресцентные	55
Индукционные	70
Металлогалогидные	90
LED (белого свечения)	До 100

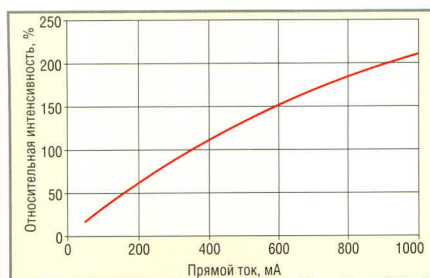


Рис. 1. Типовая характеристика светоотдачи от прямого тока светодиода

CREE. Уже в 2005 г. показатели светоотдачи образцов приборов XLamp7090 превысили 200 лм/Вт. В чём же причина столь высоких показателей эффективности приборов CREE? Ответ на этот вопрос лежит в области технологии получения InGaN-кристаллов.

ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА КРИСТАЛЛОВ InGaN для мощных СЛ

Ещё на заре производства светодиодов белого свечения большой мощности перед разработчиками стояли три глобальные проблемы: повышение светоотдачи, отвод тепла, высокая стоимость 1 лм вырабатываемого света. Все эти проблемы так или иначе замыкались на технологию получения светоизлучающей структуры InGaN. Компания Nichia Corporation разработала технологию выращивания кристаллов InGaN на сапфировой подложке, Lumileds Lighting – на подложке из монокристалла кремния. Несмотря на высокую степень отработки этих технологий, получаемые в результате InGaN-структуры имеют большое количество дефектов, что непосредственно влияет на светоотдачу кристалла. Для понимания проблемы в табл. 3 приведены характеристики кристаллических решёток монокристаллов GaN и различных подложек. Наихудшим сродством кристаллических решёток по отношению к нитриду галлия обладает кремний, сапфир имеет большую, но недостаточную степень сродства. Это приводит к образованию большого количества дефектов и дислокаций в кристаллической решётке структур InGaN и, как следствие, к снижению светового выхода, что иллюстрируют показатели светоотдачи в табл. 2.

Как следует из табл. 3, наилучшим сродством кристаллических решёток по отношению к GaN обладает поли-

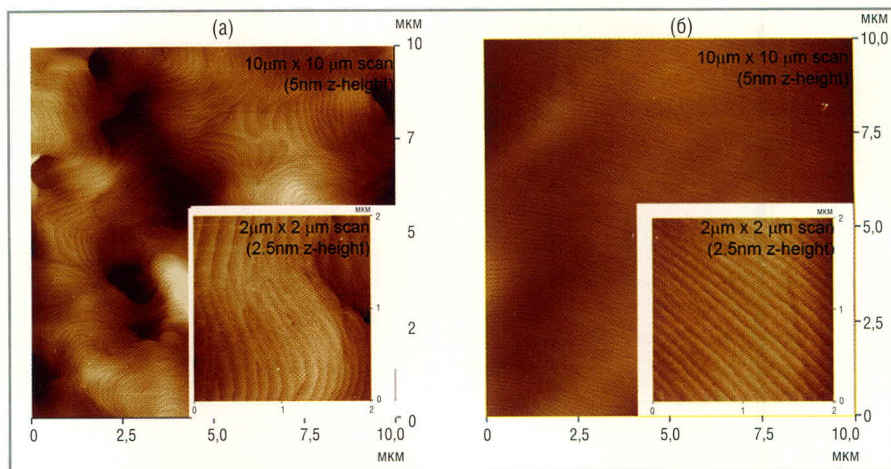


Рис. 2. Структура InGaN на сапфире (а) и карбиде кремния (б)

тип 6H карбида кремния. Кроме того, SiC имеет более чем в 10 раз большую теплопроводность, чем сапфир, что позволяет значительно улучшить отвод тепла от кристалла.

На рис. 2 приведены фотографии структур InGaN на сапфире и карбиде кремния соответственно, сделанные с помощью электронного микроскопа. Последняя структура имеет почти на порядок меньше дефектов, что позволяет значительно увеличить световой выход и эффективность СЛ.

Компания CREE первая в мире разработала технологию получения пластин монокристаллов карбида

кремния (SiC) больших размеров и в настоящее время является лидером в области производства полупроводниковых приборов на базе карбида кремния и нитрида галлия. Обладая уникальными технологиями получения светоизлучающих InGaN-структур на карбиде кремния, CREE обеспечила прорыв в области производства высокоэффективных твердотельных источников света. Параллельно приблизилось решение другой главной проблемы мощных светодиодов – стоимость люмена излучаемого света. Сегодня этот показатель у СЛ серии XLamp7090 на 30% меньше, чем у

Таблица 2. Электрические и световые характеристики СЛ

Наименование	Производитель	Ном. прямой ток, мА	Типовая светоотдача, лм/Вт	Тепловое сопротивление переход-корпус, °С/Вт
LXHL-BW02	Luxeon®	350	30	15
LXHL-PW09	Luxeon®	700	25	13
LXHL-PW09	Luxeon®	1000	20	13
NCCW022S-P12	Nichia	350	32	17
NCCW022S-P13	Nichia	350	37	17
NCCW023S-P12	Nichia	350	32	17
NCCW023S-P13	Nichia	350	37	17
XL7090WHT-L100-0010	CREE®	350	46	17
XL7090WHT-G100-0018	CREE®	350	60	17
XL7090WHT-G100-R-004	CREE®	350	110	17
3XL7090WHT-L100-0010	CREE®	350	50	17
3XL7090WHT-L100-0010	CREE®	700	35	17

Таблица 3. Характеристики кристаллических решёток и материалов подложек

Тип монокристалла	Структура решетки	Постоянная решетки, Å	Теплопроводность подложки, Вт/см·К
GaN	Гексагональная	3,189	2,2
Si	Кубическая	5,43	1,4
Сапфир	Гексагональная	4,758	0,3
6H-SiC	Гексагональная	3,08	3,8

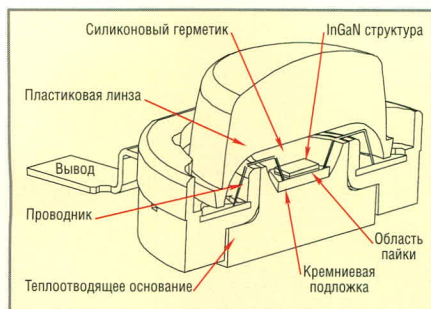


Рис. 3. Конструкция СЛ компаний Lumileds Lighting

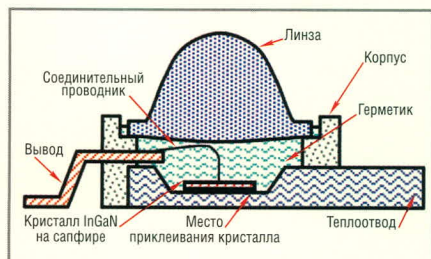


Рис. 4. Конструкция СЛ компаний Nichia



Рис. 5. Конструкция СЛ компаний CREE

аналогичных продуктов Lumileds Lighting и Nichia.

Конструкция светодиодных ламп

Конструкция СЛ оказывает значительное влияние не только на ресурс работы и надёжность, но и на стоимость готовых изделий. Конструкция должна обеспечивать адекватный отвод тепла от кристалла, выдерживать термоциклирование, обеспечивать высокую технологичность монтажа. На долговечность работы СЛ так же сильно влияют метод монтажа кристалла и материал теплоотводящего основания. Все рассматриваемые производители решают данную задачу по-разному. Конструкции СЛ компаний Lumileds Lighting, Nichia и CREE показаны на рис. 3 – 5 соответственно.

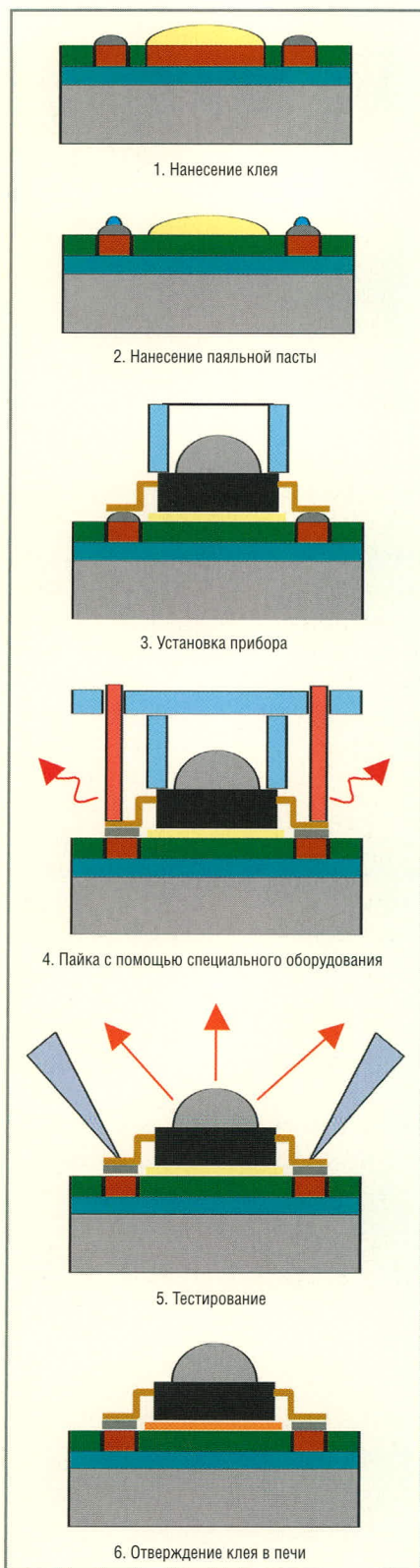


Рис. 6. Технология монтажа СЛ Luxeon

Компании Lumileds Lighting и Nichia используют медное теплоотводящее основание. Отличие между приборами этих компаний заключается в методах монтажа кристаллов: Lumileds Lighting использует эвтектическую установку, Nichia приклеивает кристалл. Каждый из методов обладает как положительными, так и отрицательными сторонами.

Пайка кристалла позволяет снизить тепловое сопротивление между кристаллом и корпусом, но при этом возникает диодный контакт между теплоотводящим основанием и кристаллом, что требует электрической изоляции СЛ при одиночном или групповом монтаже на печатную плату. Это в свою очередь не только снижает технологичность и делает более дорогим производство готовых изделий, но в итоге увеличивает тепловое сопротивление между корпусом и радиатором. Кроме того, кремниевая подложка и медное теплоотводящее основание имеют сильно отличающиеся коэффициенты объёмного расширения, что при термоциклировании зачастую приводит к нарушению эвтектики и даже к повреждению кристалла.

Необходимость в электрической изоляции и приклеивании СЛ Luxeon чрезвычайно усложняет технологию монтажа и требует применения специального оборудования (рис. 6). Компания Lumileds Lighting предлагает уже смонтированные лампы на алюминиевых печатных платах (серия Luxeon STAR), однако такое решение не позволяет делать компактные кластеры и требует ручного монтажа. Всё вышеуказанное значительно увеличивает стоимость серийного производства изделий.

Метод приклеивания кристалла к медному теплоотводящему основанию (Nichia, рис. 4) позволяет уменьшить механические нагрузки на кристалл и одновременно обеспечить электрическую изоляцию. Однако при этом снижается долговечность и надёжность светодиодной лампы в целом. При повышенной температуре клей теряет эластичность, со временем увеличивается и тепловое сопротивление. Кроме того, производитель вынужден принудительно сужать температурный диапазон эксплуатации прибора ($-30...+85^{\circ}\text{C}$) и ограничивать максимальную температуру кристалла величиной 105°C (против $+125^{\circ}\text{C}$ у CREE). Последнее также обусловлено и низкой теплопроводностью сапфировой подложки (см. табл. 3).

В целом конструкция СЛ Nichia более удобна в монтаже и позволяет использовать стандартные линии автоматизированного монтажа и пайки в печах с контролем температурного профиля.

Радикально от описанных выше отличается конструкция СЛ XLamp7090 (CREE). Большой запас по теплопроводности и максимальной рабочей температуре (600°C) карбид-кремниевой подложки позволил использовать технологию эвтектической посадки кристалла на металлизированное основание из нитрида алюминия. По технологии корпусирования СЛ XLamp7090 похожи на силовые IGBT-модули компании Semikron. Применение керамического основания с близкими к SiC температурными коэффициентами объёмного и линейного расширения позволяет снять проблему механических напряжений в кристалле. Автоматически решается проблема электрической изоляции кристалла от теплоотвода. Впервые использован метод «плавающей» линзы: линза крепится за счёт адгезии к кремнийорганическому гелеобразному герметику, что позволяет не только исключить механические напряжения при термоциклировании, но и обеспечить автофокусировку в широком диапазоне температур окружающей среды.

Корпус СЛ (рис. 7) выполнен в виде компонента для поверхностного монтажа, что позволяет использовать стандартные линии по автоматизированному монтажу и пайке в печах с контролем температурного профиля. Благодаря малым габаритам и площади, занимаемой на печатной плате, СЛ XLamp7090 позволяют создавать компактные кластеры (рис. 8), получая значительный выигрыш в стоимости при серийном и массовом производстве. Наличие массивного медного рефлектора дополнительно увеличивает рассеивание тепловой мощности, улучшая отвод тепла.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Мы рассмотрели всего лишь два аспекта, влияющих на выбор типа СЛ для светотехнических устройств. Кроме этого, важную роль играют ресурс и эксплуатационная надёжность, поскольку именно эти показатели выгодно отличают твердотельные источники света от традиционных устройств. В следующих статьях мы рассмотрим показатели надёжности СЛ, оптические харак-

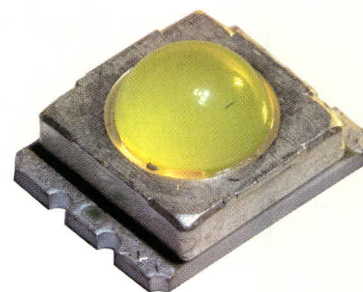


Рис. 7. Внешний вид СЛ XLamp™7090

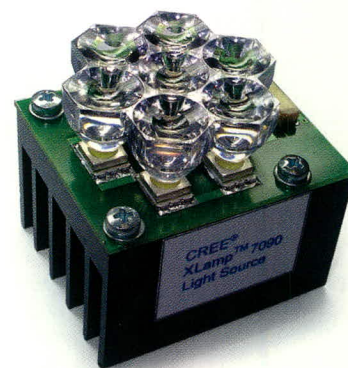


Рис. 8. Внешний вид компактного кластера СЛ (на теплоотводе)

теристики, а также вопросы их электропитания и обеспечения теплового режима. ©

Яркая идея для вашего бизнеса

Готовые источники света на основе твердотельных ламп

Области применения

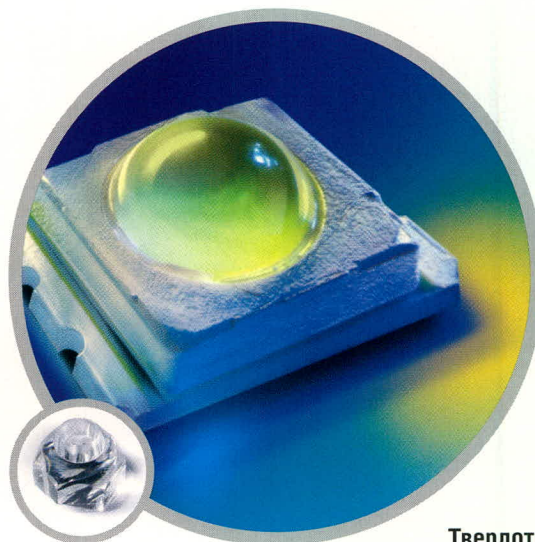
- Автономные источники света
- Взрывобезопасное осветительное оборудование
- Уличные и бытовые светильники
- Ландшафтная подсветка
- Светофоры и сигнальные устройства
- Автомобильное осветительное оборудование



XLD-C-008-1



XLD-L-003-1



Твердотельная лампа XLamp™ 7090

ИКСЛАЙТ
XLight

CREE
LIGHTING

ProSoft®

ПРОСОФТ — АКТИВНЫЙ КОМПОНЕНТ ВАШЕГО БИЗНЕСА

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

Современные мощные светодиоды и их оптика

Александр Бурняшев (Москва)

Автор рассказывает о современных мощных светодиодах ведущих компаний-производителей Lumileds Lighting, Osram Opto Semiconductors и UPEC Electronics Corporation, а также приводит варианты оптического оформления мощных светодиодов.

ВВЕДЕНИЕ

Так сложилось, что автор данной статьи в силу своей профессиональной деятельности достаточно давно наблюдает за тем, что происходит на рынке мощных светодиодов. Данная статья не ставит своей целью представить технические подробности дизайна и технологии изготовления светодиодов, а всего лишь на примере трёх компаний представляет теку-

щий уровень решений в области мощных светодиодов массового производства. Именно – массового. Многие фирмы в настоящее время сообщают об изготовлении опытных образцов мощных светодиодов с фантастическими характеристиками (например, компания NeoPac сообщила об изготовлении 80-ваттного светодиодного модуля NeoBulbCombo со световым потоком свыше 2000 лм), но

дорогу к массовому пользователю они пока не пробили.

Компания Lumileds Lighting выпускает светодиоды под торговой маркой Luxeon. Компания является мировым лидером как по уровню перспективных разработок, так и по массовому производству светодиодов. Цены массовых изделий компании на рынке не самые низкие, но и параметры выше, чем у аналогов. Например, красно-оранжевый светодиод LXHL-LH3C с длиной волны 617 нм при токе 1,4 А имеет световой поток 190 лм [1]. При этом его ресурс превышает 50 000 ч, а цена – менее \$10. Мощные светодиоды компании превосходят конкурентов и по соотношению цена/качество. На рис. 1а показан светодиод Emitter, а на рис. 1б – Star Hex, который представляет собой тот же светодиод Emitter, установленный на теплоотводящую алюминиевую подложку. В табл. 1 представлены наиболее интересные мощные светодиоды компании Lumileds Lighting (Luxeon I – одноваттные, Luxeon III – трёхваттные). Светодиоды Luxeon V – тоже трёхваттные, но с более высокой световой отдачей.

В табл. 1 представлены светодиоды семейства SnapLED (рис. 2), которые, не являясь мощными светодиодами, приведены ввиду своих удивительных параметров. Они имеют два основных цвета – красно-оранжевый и оранжевый, – которые соответствуют цветовому спектру сигналов торможения, габаритных огней и указателей поворотов автомобилей. При токе 150 мА световой поток достигает 8...10 лм в красно-оранжевом цвете, что вполне достаточно для применения в автомобилях. И это при цене порядка \$0,5 за штуку! Кстати сказать, многие из нас регулярно наблюдают свечение этих светодиодов во многих люксовых автомобилях как европейского, так и американского производства.

На рис. 3 показано процентное соотношение светимости различных светодиодов компании Lumileds Lighting. Диаграмма излучения (диаграмма направленности) характеризует

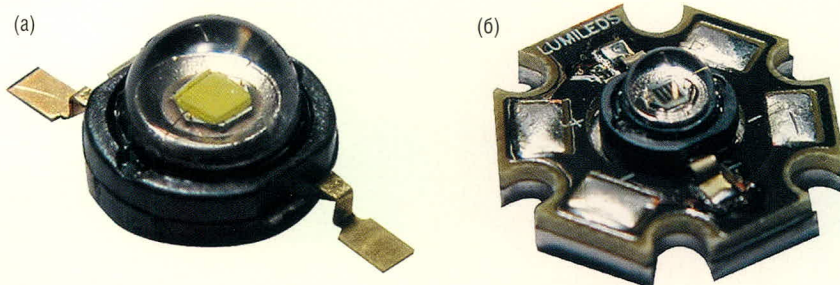


Рис. 1. Внешний вид мощных светодиодов в корпусе Emitter (а) и Star Hex (б)



Рис. 2. Внешний вид светодиодов SnapLED

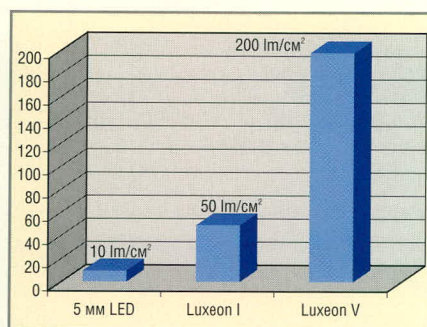


Рис. 3. Светимость различных светодиодов семейства Luxeon

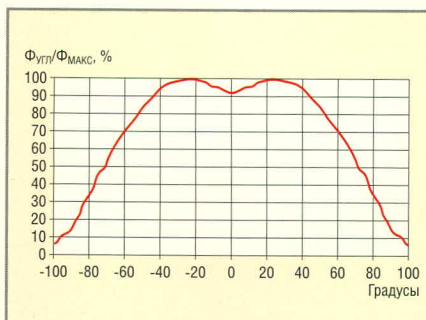


Рис. 4. Диаграмма излучения Lambertian

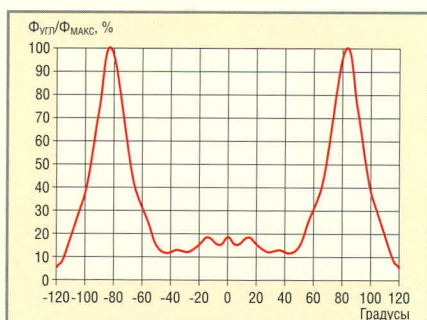


Рис. 5. Диаграмма излучения Side-Emitting

изменение светового потока в пределах угла 120°. На рис. 4 – 6 показаны диаграммы излучения Lambertian, Side-Emitting и Batwing, типичные для многих светодиодов (в переводе названия диаграмм означают абстрактное соответствие рисунка какому-либо предмету). Светодиоды семейства Luxeon в основном имеют диаграммы излучения первых двух типов (см. табл. 1). Номенклатура мощных светодиодов компании Lumileds Lighting значительно шире номенклатуры своих конкурентов как по цветам, так и по диаграммам излучения.

Компания Osram является одним из крупнейших производителей традиционных осветителей. Учитывая роль полупроводниковых светодиодов в осветительной технике настоящего и будущего, компания организовала производство мощных светодиодов (см. рис. 7) и стала называться Osram Opto Semiconductors. Компания добилась больших успехов в применении светодиодов и стала производить комплексные светодиодные системы (например, серию мощных модулей OSTAR). Комплексные системы позволяют быстро и просто смонтировать нужную систему освещения. В комплект системы входят три модуля LINEARlight, специальный электронный блок, блок питания, соединители и насадочные оптические системы. С помощью комплекта можно собрать систему для световой маркировки пути, систему декоративного освещения или систему для подсветки витрин. Компания Osram OS продемонстрировала возможность реализации удивительных светотехнических решений – она оснастила светодиодами шикарный концепт-кар Maserati Birdcage 75, представленный на Международном салоне в Женеве в 2005 г. [2, 3].

В табл. 2 представлены мощные светодиоды семейства Golden Dragon компании Osram OS. Видно, что модельный ряд семейства Golden Dragon достаточно узок. В нём отсутствуют чисто красные светодиоды, т.е. нет светодиодов с длиной волны выше 617 нм.

Компания UPEC Electronics представляет собой образец тайваньского производителя. Компания относится к той группе производителей, чьи решения не являются самыми дешёвы-

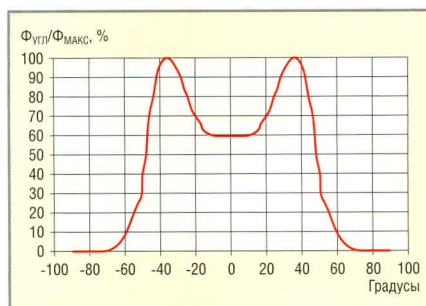


Рис. 6. Диаграмма излучения Batwing

ми на рынке. Вместе с тем UPEC является одной из тех компаний, чья продукция лидирует по соотношению цена/качество. Компания давно занимается разработкой и производством высокотехнологичных светодиодов [4].

Таблица 1. Мощные светодиоды компании Lumileds Lighting

Luxeon Emitter ¹	Luxeon Star Hex ²	Цвет	Длина волны, нм	Световой поток, лм, не менее	Световой поток, лм, не более	Максимальный ток, мА	Диаграмма излучения
Luxeon I (1 Вт)							
LXHL PW01	LXHL-MW1D	Белый	5500 ³	31	45	350	Lambertian
LXHL PM01	LXHL-MM1D	Зелёный	530	31	53	350	Lambertian
LXHL PB01	LXHL-MB1D	Синий	470	8	16	350	Lambertian
LXHL PD01	LXHL-MD1D	Красный	625	30	44	350	Lambertian
LXHL PH01	LXHL-MH1D	Красно-оранжевый	617	40	55	350	Lambertian
LXHL PL01	LXHL-ML1D	Оранжевый	590	23	42	350	Lambertian
LXHL DL01	LXHL-FL1C	Оранжевый	590	23	38	350	Side-emitting
Luxeon III (3 Вт)							
LXHL PW09	LXHL-LW3C	Белый	5500 ³	60	80	1000	Lambertian
LXHL DW09	LXHL-FW3C	Белый	5500 ³	60	80	1000	Side-emitting
LXHL PM09	LXHL-LM3C	Зелёный	530	51	80	1000	Lambertian
LXHL PE09	LXHL-LE3C	Зелёный	505	51	80	1000	Lambertian
LXHL PB09	LXHL-LB3C	Синий	470	14	30	1000	Lambertian
LXHL PR09	LXHL-LR3C	Синий	455	340 ⁴	450 ⁴	1000	Lambertian
LXHL PD09	LXHL-LD3C	Красный	627	90	140	1400	Lambertian
LXHL PH09	LXHL-LH3C	Красно-оранжевый	617	120	190	1400	Lambertian
LXHL PL09	LXHL-LI3C	Оранжевый	590	70	110	1400	Lambertian
Luxeon V (3 Вт)							
LXHL-PW03	LXHL-LW6C	Белый	5500 ³	87	120	700	Lambertian
LXHL-DW03	LXHL-FW6C	Белый	5500 ³	87	105	700	Side-emitting
LXHL-PB02	LXHL-LB5C	Синий	470	25	48	700	Lambertian
LXHL-PM02	LXHL-LM5C	Зелёный	530	67	160	700	Lambertian
LXHL-PE02	LXHL-LE5C	Зелёный	505	67	160	700	Lambertian
SnapLED							
HPWS TH00		Красно-оранжевый	621	6	10	150	120°
HPWS TL00		Оранжевый	594	3	4	150	120°

¹Конструкция светодиода, показанная на рис. 1а.

²Конструкция светодиода, показанная на рис. 1б.

³Цветовая температура, °K.

⁴Радиометрическая мощность, мВт.

⁵Угол половинной яркости, градусы.



Рис. 7. Внешний вид мощных светодиодов компании Osram OS

Одноваттные и трёхваттные светодиоды компании UPEC внешне практически идентичны светодиодам Emitter и Star Hex от Luxeon (Star Hex компания UPEC называет модулем). В табл. 3 представлены мощные светодиоды компании UPEC.

Сколько часов светодиод будет светить?

Вопрос непростой. Рекламная или техническая информация большинства производителей светодиодов сообщают, что ресурс (срок службы) светодиодов 100 тыс. часов, т.е. порядка 12 лет непрерывной работы. Может быть, это попытка желаемое выдать за действительное, может, просто рекламный трюк, а может, так оно и есть. Трудно судить со стороны. Но недоверие к этим цифрам есть.

Ресурс светодиода определяют две составляющие: ресурс самого кристалла и ресурс оптической системы. Подавляющее большинство производителей светодиодов используют

для оптической системы различные комбинации эпоксидных смол. Последние имеют ограниченный ресурс, после которого они мутнеют. Компания Lumileds Lighting многократно заявляла, что для оптического оформления светодиодов не использует эпоксидные материалы. При этом она гарантирует срок службы 50 тыс. часов с 30-% падением яркости. Компания Osram OS указывает для светодиодов марки Golden Dragon ресурс 50 тыс. часов. Производители светодиодов подчеркивают, что залогом большого ресурса является обеспечение тепловых режимов и требуемых условий питания светодиодов. В любом случае по

сравнению с ресурсом традиционных ламп накаливания (менее 1000 часов) и газоразрядных ламп (несколько тысяч часов) светодиоды на порядок более долговечны.

Сколько стоит люмен?

Теперь попробуем на примере белых светодиодов грубо оценить такой показатель, как «люмен на доллар» (при этом использованы ориентировочные цены светодиодов на российском рынке для средних и крупных проектов).

Рассмотрим пять пользующихся спросом моделей светодиодов: LW W5SG (41 лм), UE-HP800NW (30 лм), UE-HP803NW (55 лм), LXHL-PW09 (80 лм) и LXHL-PW03 (120 лм). На один доллар приходится 10, 10, 13, 7 и 6 лм соответственно. Конечно, кроме рассмотренных в данной статье производителей и моделей светодиодов, в мире существует множество других, но ориентировочный порядок цен понятен. При детальном рассмотрении могут выявиться и другие данные. Например, в секторе жёлтых и оранжевых мощных светодиодов в настоящий момент по количеству люмен на доллар практически нет конкурентов светодиодам марки Golden Dragon моделей LA W57B и LY W57B от Osram OS (стоят эти светодиоды в настоящее время чуть больше доллара). Для ряда применений может быть интересна продукция американской компании Lamina Ceramics (например, модули BL-42D0-0304, 5 Вт, 120 лм или BL-32D0-0133, 26 Вт, 560 лм). Также интересны их RGB-модули серий BL33 и BL43 (компания Lamina Ceramics не производит собственных кристаллов, но достигла больших успехов в применении теплоотводящих подложек и оптическом оформлении светодиодов).

По экономической целесообразности светодиоды уже перешагнули лампы накаливания и почти сравнялись с галогенными лампами. Теперь подбираются к своему основному конкуренту – газоразрядным лампам. Галогенные лампы имеют эффективность (световую отдачу) порядка 25 лм/Вт. Некоторые светодиоды уже превосходили эти показатели, и в ближайшее время следует ожидать дальнейшего роста эффективности мощных светодиодов и снижение их цены. В качестве примера можно привести новинку от Lumileds Lighting –

Таблица 2. Мощные светодиоды компании Osram Opto Semiconductors

Наименование	Цвет	Длина волны, нм	Мощность, Вт	Световой поток, лм, не менее	Световой поток, лм, не более	Максимальный ток, мА	Угол половинной яркости, град
LA W57B	Красно-оранжевый	617	1,2	13	24	400	120
LY W57B	Оранжевый	587	1,2	13	24	400	120
LB W5SG	Синий	470	2,3	5	11	500	120
LV W5SG	Зелёный	505	2,3	18	33	500	120
LT W5SG	Зелёный	525	2,3	18	39	500	120
LCW W5SG	Тепло-белый	3250 ¹	2,3	21	41	500	120
LW W5SG	Белый	5600 ¹	2,3	21	41	500	120

¹Цветовая температура, °K.

Таблица 3. Мощные светодиоды компании UPEC Electronics Corporation

Наименование	Цвет	Длина волны, нм	Мощность, Вт	Световой поток, лм, не менее	Световой поток, лм, не более	Максимальный ток, мА	Угол половинной яркости, град
UE-HP800NW	Белый	6000 ¹	1,00	20	30	350	120
UE-HP800WW	Тепло-белый	3000 ¹	1,00	16	22	350	120
UE-HP800RB	Синий	455	1,00	4	8	350	120
UE-HP800NB	Синий	470	1,00	5	10	350	120
UE-HP800CN	Зелёный	505	1,00	18	25	350	120
UE-HP800PG	Зелёный	530	1,00	25	32	350	120
UE-HP800NY	Жёлтый	584	1,00	8	14	350	120
UE-HP800NO	Оранжевый	590	1,00	18	28	350	120
UE-HP800RO	Красно-оранжевый	615	1,00	18	28	350	120
UE-HP800NR	Красный	625	1,00	18	28	350	120
UE-HP803NW	Белый	6000 ¹	3,00	35	55	700	120
UE-HP803WW	Тепло-белый	3000 ¹	3,00	25	45	700	120
UE-HP803RB	Синий	455	3,00	8	14	700	120
UE-HP803NB	Синий	470	3,00	12	16	700	120
UE-HP803CN	Зелёный	505	3,00	28	40	700	120
UE-HP803PG	Зелёный	530	3,00	45	55	700	120
UE-HP803NY	Жёлтый	584	3,00	28	36	700	120
UE-HP803NO	Оранжевый	590	3,00	30	40	700	120
UE-HP803RO	Красно-оранжевый	615	3,00	30	40	700	120
UE-HP803NR	Красный	625	3,00	30	40	700	120

¹Цветовая температура, °K.



Рис. 8. Внешний вид светодиода Luxeon K2

Luxeon K2 (см. рис. 8), которая должна превзойти порог в 200 лм в белом цвете. А пока поставляемые в большом количестве на российский рынок обычные белые выводные 5-мм светодиоды с силой света порядка 15 000 мкд и углом половинной яркости 30 градусов стоят порядка 0,2...0,3 долл. за штуку [5]. Но выводные светодиоды всё-таки – это прошлый век.

Оптика для мощных светодиодов

Напоследок речь пойдёт о грамотном оптическом оформлении. Ряд компаний производит специализированную оптику для мощных светодиодов, иначе у потребителей (разработчиков аппаратуры) могут возникнуть серьёзные трудности с их применением (например, при попытке использовать эффект полного внутреннего отражения).

Большинство компаний, занимающихся светодиодной оптикой, расположены в Италии и Великобритании. В их числе: Fraen Srl, Khatod Optoelectronics, L2Optics, Polymer Optics. Они выпускают широкий спектр оптических систем, которые согласуются с изделиями ведущих производи-



Рис. 9. Вариант оптики компании Fraen

телей светодиодов. Так, например, компания Fraen производит оптические системы FHS, FLP, FT3 для светодиодов марки Luxeon и FDP, FDG – для Golden Dragon [6]. Имеется оптика с разными диаграммами направленности, в том числе эллиптической, а также оптика под три светодиода, что позволяет создавать RGB-модули. На рис. 9 показана оптика компании Fraen серий FHS и FT3 для светодиодов марки Luxeon. Оптика компании Khatod Optoelectronics практически идентична оптике Fraen. Стоимость оптики на один мощный светодиод находится в пределах 1,5...4,5 долл. Эти затраты обеспечивают гарантированный результат, отличное сопряжение со светодиодами и простоту монтажа. Компания UPEC самостоятельно выпускает недорогую оптику с диаграммами 15 и 25 градусов, которая согласуется со светодиодами серий 800 и 803.

Практически все вышеназванные компании разрабатывают и производят заказную оптику по техническому заданию клиента. Иногда это решение оказывается оптимальным для серьезных проектов. На рис. 10 показан заказной оптический модуль для

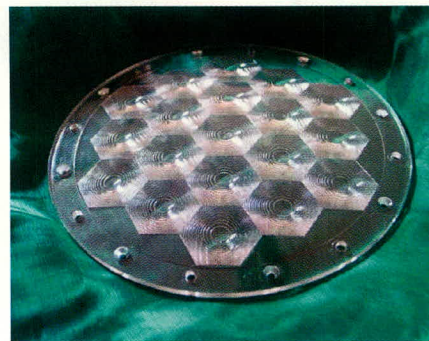


Рис. 10. Оптика для железнодорожного светофора

железнодорожного светофора компании Polymer Optics. Автору данной статьи также приходится иметь дело с импортом готовых осветителей для ландшафтного и архитектурного освещения на мощных светодиодах.

Заключение

Твердотельные источники света двигаются вперёд семимильными шагами. Наша задача – выбирать и предлагать пользователям лучшие светодиоды массового производства, грамотно подбирать связку «светодиод, оптика, теплоотводящая плата, драйвер», которая обеспечит высокий конечный результат. И, конечно же, необходимо внимательно следить за новинками и мировыми тенденциями.

Литература

1. www.lumileds.com/products/.
2. www.osram-os.com/goldendragon/.
3. www.osram.ru/index.php.
4. www.u-pec.com.
5. www.sparkline.ru/optoelectronics.htm.
6. www.fraensrl.com/prodinfo.html.

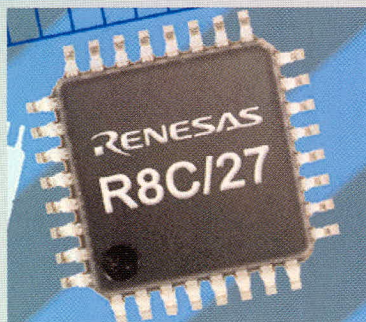


Новости мира News of the World Новости мира

Новая серия 16-разрядных микроконтроллеров R8C/Tiny

Фирма Renesas разработала 36 новых моделей 16-разрядных микроконтроллеров серии R8C/Tiny с флэш-памятью. Модели разделяются на 4 группы: R8C/26 и R8C/27 в корпусах с 32 выводами и R8C/28 и R8C/29 в корпусах с 20 выводами. Модели содержат 16-разрядное ядро R8C и работают на максимальной тактовой частоте 20 МГц.

В ассортимент входят модели с расширенным диапазоном напряжений питания. Кроме того, новые контроллеры имеют интерфейс для автомобильной бортовой сети LIN. Эти версии рассчитаны на рабочий температурный диапазон –40... 125°C.



Все модели имеют встроенную флэш-память, которая может программироваться без подачи повышенного напряжения. Флэш-память программ в группах R8C/26 и R8C/27 имеет объём 8; 16, 24 и 32 Кб, а в группах R8C/28 и R8C/29 – 8 или 16 Кб.

www.renesas.com

Недорогой ЦСП с плавающей точкой

ЦСП с плавающей точкой ADSP-21375 фирмы Analog Devices предлагается по цене от \$5. Процессор из семейства Sharc содержит DSP-ядро, работающее на 266 МГц и обладающее интегрированной памятью. Элемент предлагается в корпусе QFP (Quad Flat Pack) или BGA (Ball-Grid-Array) с 208 выводами. Далее ADSP-21375 имеет масочное ПЗУ 2 Мбит, а также внутреннее ОЗУ 0,5 Мбит, из которого выполняется программа. ЦСП 21375 совместим по выводам с другими последними процессорами семейства Sharc.

www.analog.com

OLED-микродисплеи фирмы eMagin

Александр Самарин (Москва)

Микродисплеи относятся к классу плоскостельных дисплеев, которые предназначены для применения в портативных устройствах, таких как наглемные и окологлазные дисплейные системы, встроенные в одежду компьютерные устройства, видеоискатели цифровых фото- и видеокамер. К этому же классу относятся и OLED-микродисплеи.

ВВЕДЕНИЕ

OLED-микродисплей (Organic Light Emitting Device – органический светоизлучающий элемент) с диагональю экрана 15,5 мм в комбинации с оптикой обеспечивает изображение, адекватное воспроизводимому на экране обычного компьютерного монитора. По сравнению с окологлазными микродисплеями, базирующимися на других технологиях, OLED-микродисплеи на кремниевой подложке имеют лучшие оптические характеристики, меньшую потребляемую мощность, меньшую стоимость, меньшие габариты и вес.

Существуют две технологии для производства органических светодиодов. Они во многом похожи. Основное их

различие заключается в типе используемого органического материала. В одной из них применяется материал с короткими молекулами (OLED), а в другой – полимерные (длинные) молекулы (Polymer LED, PLED). В настоящее время наиболее известным производителем микродисплеев по технологии OLED является американская фирма eMagin, а по технологии PLED – шотландская фирма MED. Технологические проблемы для обеих технологий примерно одни и те же. Характеристики дисплейных систем на PLED и OLED также во многом схожи.

В статье дан обзор технологий, схемотехники и применений OLED-микродисплеев, выпускаемых фирмой eMagin [1]. Фирма eMagin объявила о начале производства микродисплеев с OLED на кремнии уже в июле 2000 г. Области применения – от портативных электронных игровых терминалов и мобильных телефонов до промышленных и военных систем визуализации, например, встроенных в шлемы различных скафандров.

Фирма eMagin приобрела лицензию на технологию OLED у фирмы Eastman Kodak Company. В финансировании этого проекта участвовало и министерство обороны США. Микродисплеи eMagin планировалось использовать в качестве базового элемента для наглемных дисплейных систем Strike Helmet 21 в самолетах F-15E, а также в системах Land Warrior экипировки солдат армии США.

ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МИКРОДИСПЛЕЯ eMAGIN

Формат микродисплея SVGA Plus, диагональ экрана 0,62 дюйма (размер почтовой марки). Общий информационный объем экрана составляет около 1,5 млн. цветных пикселей (852 × 600 × 3). В формате SVGA Plus по сравнению с обычным форматом

SVGA добавлено 52 столбца. Добавочные столбцы позволяют получить пропорцию экрана 16 : 9 для игровых видеоприложений. В качестве подложки микродисплея используется кремниевая пластина, на которой также размещены RGB-интерфейс и схемы управления строками и столбцами. На рис. 1 и 2 показаны соответственно общий вид экрана и образец изображения на экране OLED-микродисплея eMagin, а в таблице приведены основные параметры микродисплея.

ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ OLED-МИКРОДИСПЛЕЕВ eMAGIN

Коммерческие и промышленные применения:

- приборы управления и тестирования,
- производственные системы,
- индивидуальные мониторы хирургов (врачей),
- телекоммуникационное оборудование,
- системы дистанционного управления.

Военные применения:

- системы ночного видения и авионика,
- дисплеи солдата для отображения оперативной боевой обстановки,
- навигационные приборы,
- военные тренажеры,
- дисплеи для ремонтного и сервисного оборудования сложной военной техники,
- системы безопасности.

Применения в бытовой электронике:

- игровые системы,
- карманные органайзеры,
- мобильные компьютеры,
- сотовые телефоны.

ТЕХНОЛОГИЯ OLED-МИКРОДИСПЛЕЯ eMAGIN

Активно-матричный монолитный OLED-дисплей выполнен на кремниевой пластине по технологии КМОП (3,3/4 В, 0,35 мкм) с четырьмя слоями металлизации и размерами одного чипа (кристалла микродисплея) 16,28 × 14,2 мм. На последнем расположено 10 млн. транзисторов. Попе-

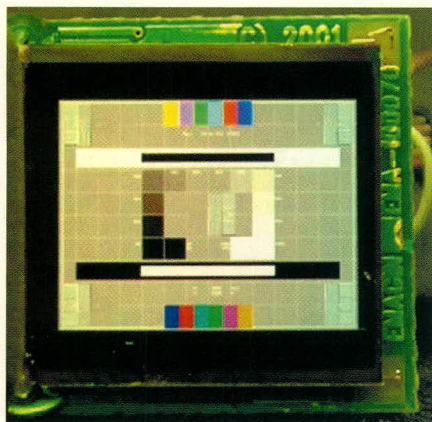


Рис. 1. Общий вид экрана OLED-микродисплея eMagin

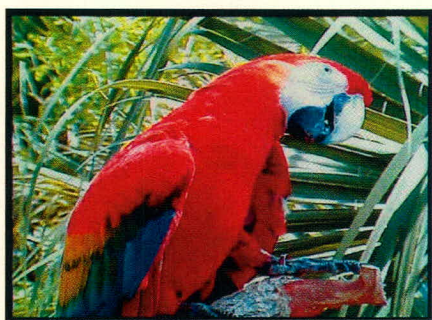


Рис. 2. Образец изображения на экране микродисплея

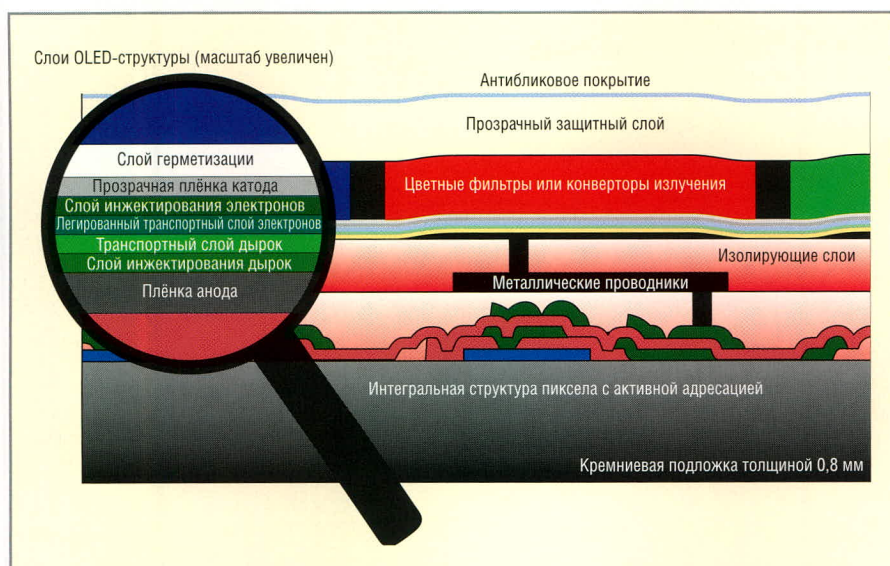


Рис. 3. Структура OLED-микродисплея на кремниевой подложке

речное сечение OLED-структуры показано на рис. 3.

Металл с высокой энергией выхода осаждается на КМОП-подложку в качестве анода. Тонкий слой фталоцианина меди (CuPc) обеспечивает инжекцию дырок через низкий энергетический барьер (менее 5 эВ). Затем осаждается плёнка нафта-фенил-бензида (NPB, *naphtha-phenyl-benzidine*) для того, чтобы образовать слой транспортировки дырок (HTL, *hole transport layer*). Поверх него формируется слой эмиттера на основе tris (8-hydroxyquinolato) aluminum (Alq), легированного флуоресцентным красителем кумарин-540. Дополнительная плёнка Alq обеспечивает электронный транспортный слой (ETL, *electron transport layer*). Прозрачный катод является инжектором электронов. В качестве материала используется металл с низкой работой выхода. Реально светодиод излучает зелёно-голубой свет. Чтобы получить спектр, похожий на спектр белого, нужно добавить красную компоненту. Это достигается добавлением красного флуоресцентного красителя, который конвертирует часть исходного, более коротковолнового, зелёно-голубого излучения в красное излучение.

После осаждения анодного металлического слоя все остальные слои наносятся термическим испарением.

Когда ток проходит через органический слой, происходит испускание белого света с квантовой эффективностью 4...5 кд/А и световой отдачей 24 лм/Вт при яркости 2000 кд/м². Цвет обеспечивается за счёт применения цветных фильтров на основе матери-

алов, аналогичных используемым в цветных фильтрах ЖК-дисплеев. Отличие конструкции OLED-дисплея от ЖК-дисплея состоит в том, что ему не требуется верхняя стеклянная крышка. Это снижает производственные затраты и позволяет увеличить угол обзора дисплея. Микродисплей имеет отличные характеристики, важные для применения в коммерческих и военных приложениях, а именно, высокую яркость и разрешение, широкий диапазон регулировки яркости, гибкие режимы работы и возможность длительной непрерывной работы, широкий угол обзора, устойчивость к механическим воздействиям при больших ускорениях, независимость цветопередачи от вибрации, отсутствие фликкера. Широкий диапазон рабочей темпера-

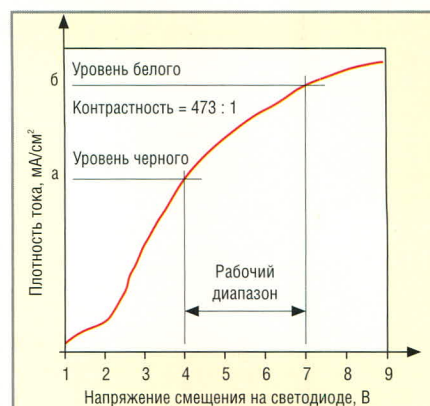


Рис. 4. Передаточная характеристика OLED-светодиода

[0,3...4 В] — прямая ветка (нет свечения);
[4...7 В] — рабочая ветка (свечение, яркость 0...140 кд/м²); $a \approx 0,1$, $b = 2...3$;
[> 7 В] — насыщение (свечение)

туры позволяет микродисплеям работать без использования систем подогрева или охлаждения.

ПЕРЕДАТОЧНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА OLED-СВЕТОДИОДА eMAGIN

Типовая вольтамперная характеристика органического светодиода в микродисплее eMagin показана на рис. 4. Сила света прямо пропорциональна плотности тока, протекающего через р-n-переход диода. Однако световое излучение органического светодиода начинается только с порога 2,5...2,8 В и увеличивается по мере увеличения напряжения смещения. Как видно из рис. 4, рабочий диапазон напряжений смещения на светодиоде 4...7 В. Уровень чёрного соответствует напряже-

Основные параметры OLED-микродисплея

Размеры микродисплея, мм	852 × 600 × 3
Размер пиксела, мкм	5 × 15
Число транзисторов на один пиксел	5
Число пикселей на микродисплее	1 533 600
Частота тактирования пиксельных сигналов, МГц	13,5...56,25
Потребляемая мощность при 3,3 В, мВт, не более	400
Количество программируемых видеорежимов работы	15
Режимы	SVGA, 800 × 600, кадровая прогрессивная развёртка 85/75/72/60 Гц VGA, 640 × 480, кадровая чересстрочная развёртка 30 Гц SVGA, 800 × 600, кадровая чересстрочная развёртка 30 Гц SVGA Plus, 852 × 480, кадровая прогрессивная развёртка 85/75/72/60 Гц, формат 16 : 9 SVGA Plus, 852 × 600, кадровая прогрессивная развёртка 75/60 Гц, Zoom
Аналоговый интерфейс	RGB
Полоса видеointерфейса, совместимого со стандартом SMPTE-170, МГц, до	65,25
Диапазон рабочих токов одного пиксела для передачи непрерывной шкалы полутонов, нА	0,25...25

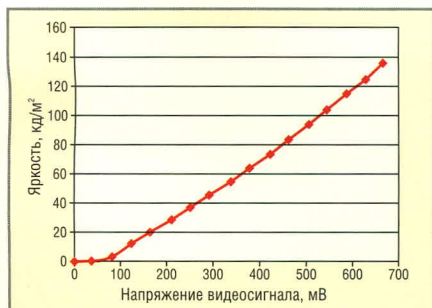


Рис. 5. Вольт-яркостная характеристика микродисплея

ние 4 В и плотность тока 100 мкА/см². Максимальная плотность тока 2...3 мА/см². Использование больших плотностей тока нецелесообразно, поскольку при этом сильно возрастает уровень потребления тока, а расширение диапазона яркости незначительно. Рабочий диапазон яркости 0...140 кд/м². Границы диапазона — это уровни чёрного и белого. При значениях тока ниже этого диапазона свечения просто нет, а высокие плотности тока не используются вследствие неэффективного использования энергии (насыщение, разогрев, деградация активного слоя). Динамический диапазон изменения яркости обеспечивает достижение контраста около 473 : 1. Диапазон рабочих токов одного пикселя микродисплея находится в пределах от 250 пА до 25 нА. Площадь поверхности пикселя 75 мкм². На рис. 5

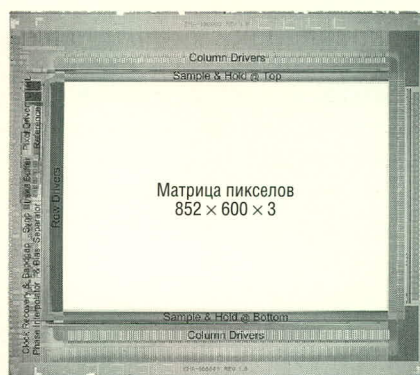


Рис. 7. Топология кремниевой подложки OLED-микродисплея

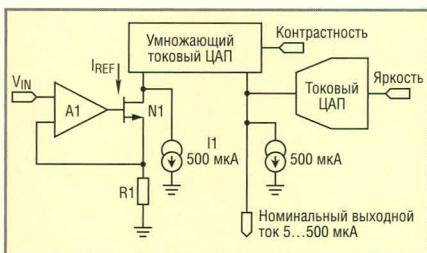


Рис. 8. Схема преобразователя видеосигнала напряжение-ток с регулировкой яркости и контрастности

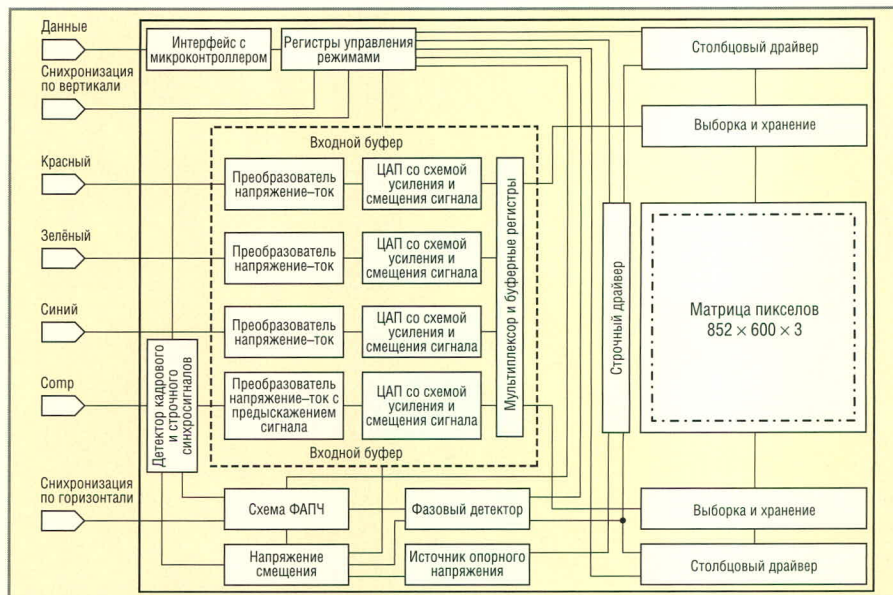


Рис. 6. Структурная схема управления OLED-микродисплея

показана зависимость яркости экрана от уровня входного видеосигнала.

АРХИТЕКТУРА OLED-МИКРОДИСПЛЕЯ

Структурная схема управления OLED-микродисплея, выполненная на кремниевой подложке, показана на рис. 6. Микродисплей состоит из двух основных узлов: матрицы OLED-светодиодов формата 852 × 600 × 3 и схемы управления. Схема управления размещена на периферийной части кремниевой подложки микродисплея. На рис. 7 показана топология базовой подложки микродисплея eMagin. Схема управления содержит следующие основные блоки:

- модуль видеоинтерфейсов;
- модуль управления развёрткой (драйверы строк и столбцов);
- схема синхронизации;
- управляющий интерфейс I²C.

Модуль видеоинтерфейсов имеет три входных канала для приёма RGB-видеосигналов и четвёртый вход для монохромного композитного входа видео. Во входных буферах каждого цветового канала производится преобразование напряжения сигнала в ток. Регулировка яркости (смещение) и контрастности (усиление) в каждом канале программируются посредством двух 8-битовых ЦАП. Два устройства выборки и хранения расположены сверху и снизу дисплея. Они обеспечивают поочерёдное преобразование видеосигнала и его запись в пиксельные драйверы. Система содержит также источник опорного напряжения, который формирует специальные уровни напряже-

ния для пиксельных драйверов. Строчные и столбцовые драйверы управляют диаграммой дисплея и опорными сигналами. Модуль ФАПЧ (PLL) обеспечивает привязку пиксельной частоты к частоте строчной развертки. Фазовый интерполятор производит точную подстройку фазы частоты пиксельной синхронизации. Через интерфейс управления со стороны внешнего микроконтроллера производится выбор режимов различных узлов схемы управления.

ВХОДНЫЕ БУФЕРЫ ВИДЕОСИГНАЛОВ

Система имеет приёмники видеосигналов красного, зелёного и синего цветов непосредственно со стандартной видеокарты персонального компьютера. Амплитуда сигнала имеет стандартный уровень 700 мВ. Каждый видеосигнал преобразуется в ток схемой каскадного усилителя A1 в комбинации с транзистором N1 и калиброванным резистором R1. Схема преобразователя показана на рис. 8.

Каскадный усилитель при последовательном размещении резистора с источником тока даёт смещение в 20 мВ. Фиксированный ток 500 мкА после предварительного преобразования добавляется в видеосигнал (в токовой форме), для того чтобы уменьшить время последующего преобразования умножающего ЦАП. Таким образом входное напряжение с размахом от 0 до 700 мВ преобразуется в токовый сигнал с размахом от 0,5 до 1 мА. Этот ток используется как опорный сигнал для 8-битового умножающего токового ЦАП, который обеспечивает подстройку

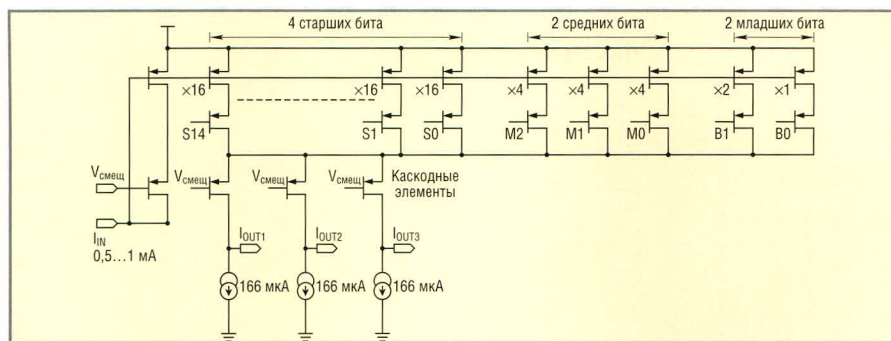


Рис. 9. Схема 8-битового токового ЦАП

контрастности (усиление) входного сигнала на 50% от номинального значения. Смещение тока, которое было внесено ранее, компенсируется на выходе ЦАП, управляющего контрастностью. На рис. 9 показана схема 8-битового токового ЦАП, который используется в схеме управления микродисплеем.

ПРИНЦИП РАБОТЫ СХЕМЫ ВЫБОРКИ И ХРАНЕНИЯ

В микродисплее используются два устройства выборки и хранения. Одно расположено сверху, другое – снизу рабочей площади экрана, как показано на рис. 6. Схемы выборки и хранения представляют собой элементы памяти на строку и обеспечивают дискретизацию уровней аналогового сигнала по пикселям строки и хранение профиля видеосигнала в течение одного периода строчной развертки. Запись в верхние и нижние элементы памяти на строку производится поочередно. Пока производится запись в верхнюю строку, происходит перезапись видеoinформации в текущую строку развертки из нижнего элемента памя-

ти, и наоборот. На рис. 10 показана схема одного элемента устройства выборки и хранения. Он состоит из ключа N1, запоминающего конденсатора C1 и источника тока на транзисторе N3.

На рис. 11 показана схема канала записи тока в память одного OLED-пикселя. Яркость OLED-пикселя пропорциональна плотности тока, поэтому в схемах драйверов дисплея используются генераторы тока. Вследствие малых значений токов (порядка нескольких сот пикоампер) и большого размера кристалла требуется заряжать значительные паразитные ёмкости, которые образуются в межсоединениях на фоне зарядки ёмкости памяти в ячейке пикселя. Традиционные КМОП-источники тока работают в режиме насыщения и не могут справиться с такими малыми токами. В микродисплее eMagin применена эффективная топология для субпорогового масштабирования OLED-пиксельного драйвера.

Столбцовые шины имеют паразитную ёмкость. Поэтому в процессе зарядки элемента памяти пикселя от источника тока требуется перезарядить и

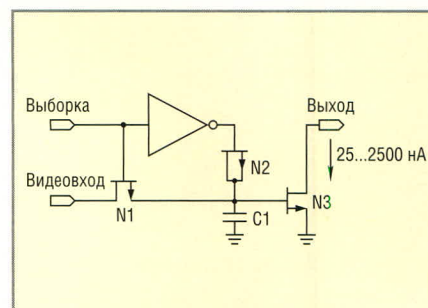


Рис. 10. Схема одного элемента устройства выборки и хранения

ёмкость столбцовой шины. На это может тратиться довольно большое время, и ёмкость пикселя может не успеть зарядиться до заданного значения. Схема предзарядки (preset) обеспечивает начальную установку тока для всех пикселей строки в процессе развёртки, соответствующую некоторому уровню яркости пустого пикселя. Фаза предзарядки производится для каждой строки матрицы пикселей. Проведение такой процедуры обеспечивает более быструю и адекватную запись реального токового профиля в схемы управления пикселями активной матрицы.

СХЕМА ФАПЧ ДЛЯ ПИКСЕЛЬНОЙ СИНХРОНИЗАЦИИ

Для того чтобы предотвратить дрожание и смещение изображения от пикселя в кадре относительно начала строки, пиксельная частота тактирования должна быть привязана к частоте строчной развертки. Эту функцию обеспечивает схема ФАПЧ (рис. 12).

В ФАПЧ используется встроенный генератор, управляемый напряжением (VCO). Фазовый детектор сравнивает сигналы строчной развертки (HSYNC) и сигнал пиксельной частоты с выхода программируемого делителя. Выбор коэффициента деления зависит от пик-

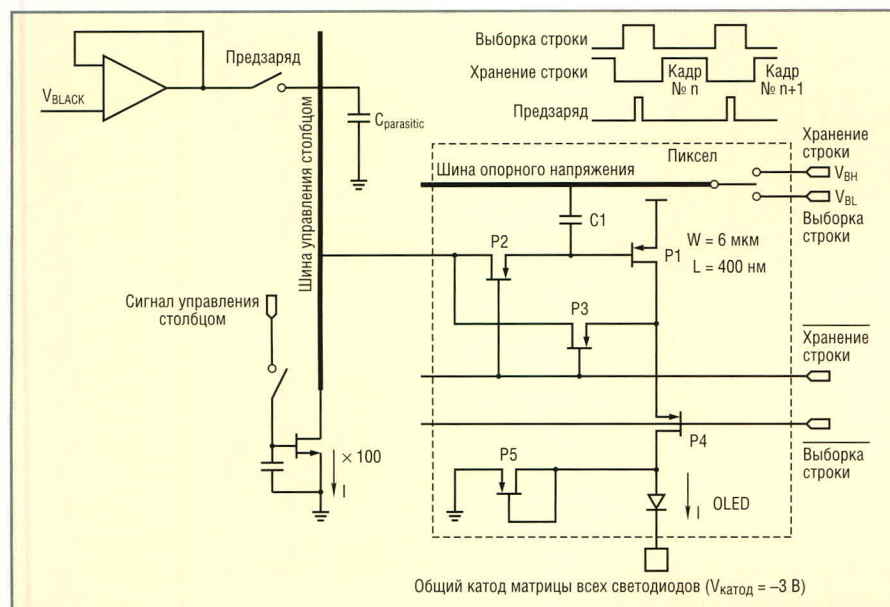


Рис. 11. Схема канала записи тока в память одного OLED-пикселя

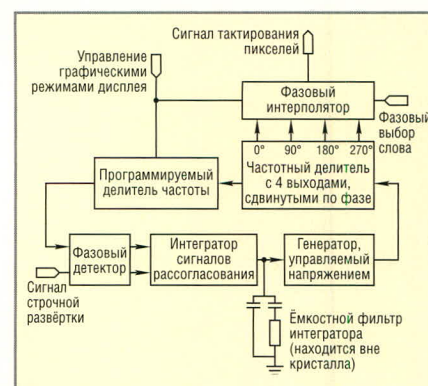


Рис. 12. Структурная схема ФАПЧ для привязки пиксельной частоты к частоте строчной развертки

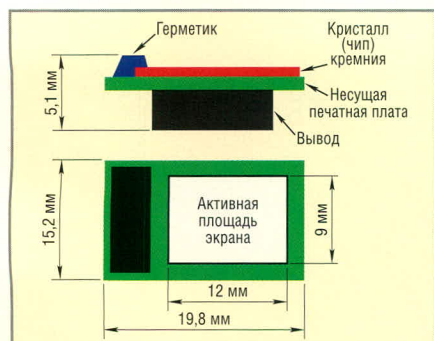


Рис. 13. Конструкция микродисплейного модуля

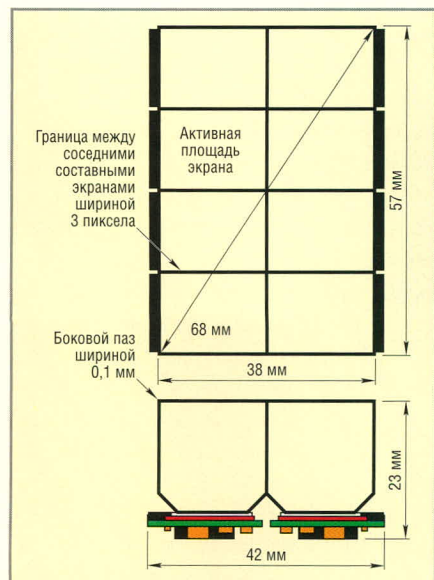


Рис. 14. Конструкция составного микродисплея с оптическими элементами

сельной частоты. Результирующий сигнал управляет устройством подкачки зарядов, на выходе которого формируется сигнал напряжения для управления частотой генератора VCO. Фазовый интерполятор производит сравнение фазы выходного синтезируемого сигнала частоты и подстройку в соответствии с фазой входного видеосигнала.

СОСТАВНЫЕ OLED-МИКРОДИСПЛЕИ ВЫСОКОГО РАЗРЕШЕНИЯ

Для увеличения разрешения в микродисплеях высокого разрешения применяется увеличительная оптика на основе световодных шайб (рис. 13). Изображение стандартного SVGA-дисплея может быть увеличено посредством стыкового соединения нескольких экранов микродисплеев (рис. 14). Прецизионная технология стыковки обеспечивает высокую точность отображения композиции на сборном экране с потерей не более трёх пикселей. Для того чтобы получить различные форматы и разрешение сборного дис-

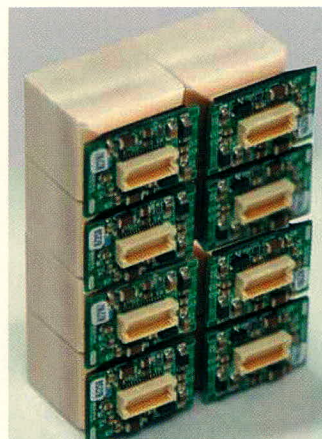


Рис. 15. Дисплейные модули для составного OLED-экрана



Рис. 16. Комплект стереочков Z800 3D Visor eMagin

плея, используются различные топологические схемы стыковки модулей микродисплеев (рис. 15). Выбор увеличительной системы обеспечивает подстройку нужного размера изображения. Составной OLED-дисплей имеет следующие основные характеристики: Формат экрана $\dots 1600 (\times 3) \times 2400$ пикселей; Пропорции сторон экрана $\dots 4 : 3$ Диагональ экрана $\dots 67,7$ мм Яркость $\dots 50$ кд/м² Потребляемая

мощность $\dots 1,6$ Вт (в режиме видео)
Число цветовых градаций $\dots 256$
Размер пиксела $\dots 24 \times 24$ мкм
Габариты дисплейного модуля $\dots 42 \times 56,3 \times 25$ мм
Вес $\dots 160$ г
Контрастность $\dots 100 : 1$
Интегрированная система ФАПЧ тактирования пикселей
Интегрированная система подстройки дисплейных параметров

ПРИМЕНЕНИЕ МИКРОДИСПЛЕЕВ

Фирма eMagin уже продемонстрировала свой коммерческий продукт – очки Z800 3D Visor для игровых 3D-приложений (рис. 16). Это первая в мире персональная дисплейная система, в которой скомбинированы OLED-стереодисплейная технология с трекингом поворота головы и стереозвук. В дисплейную систему вмонтированы ау-



Рис. 17. Микродисплей eMagin в наглемной дисплейной системе

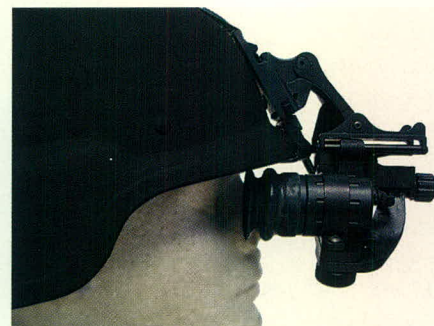


Рис. 18. Микродисплей LE-450 в системе ночного видения

диосистема с высококачественными наушниками и микрофон с шумоподавлением. В очках смонтирована пара микродисплеев eMagin формата $800 \times 600 \times 3$. Эти очки позволяют пользователю ощущать себя внутри трёхмерного игрового пространства. Они обеспечивают синтез изображения, эквивалентного наблюдаемому с расстояния 5 м на экране с диагональю 267 см. Датчик положения головы обеспечивает отслеживание поворотов на 360 градусов. Питание очков Z800 производится от порта USB, поэтому дополнительный адаптер питания не требуется. Цена комплекта Z800 3D Visor \$899.

Микродисплеи eMagin используются в коммерческих продуктах и других фирм (см. например www.liteye.com и www.totalfiregroup.com). Они были использованы в защитных скафандрах различных служб в качестве встроенных наглемных дисплейных систем. На рис. 17 и 18 показаны примеры наглемных дисплейных систем, выполненных на базе микродисплеев eMagin.

ЛИТЕРАТУРА

1. Levy G.B., Evans W., Ebner J., Farrell P., Huford M., Allison B.H., Wheeler D., Lin H., Prache O., Naviasky E. An 852x600 Pixel OLED-on-Silicon Color Microdisplay Using CMOS Subthreshold-Voltage-Scaling Current Drivers. IEEE Journal of Solid-State Circuits. 2002. Vol. 37. № 12.



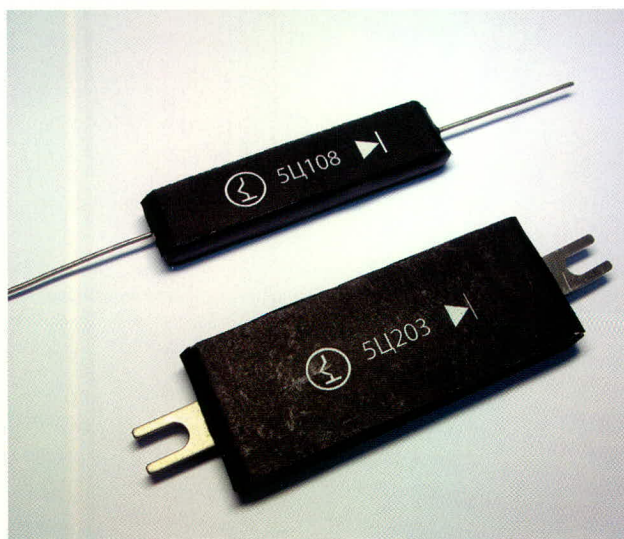
Первые российские карбид-кремниевые диоды и столбы с барьером Шоттки

CREE
POWER

ProSOFT®



Совместный проект компаний CREE, ПРОСОФТ, НПП «ТЭЗ»



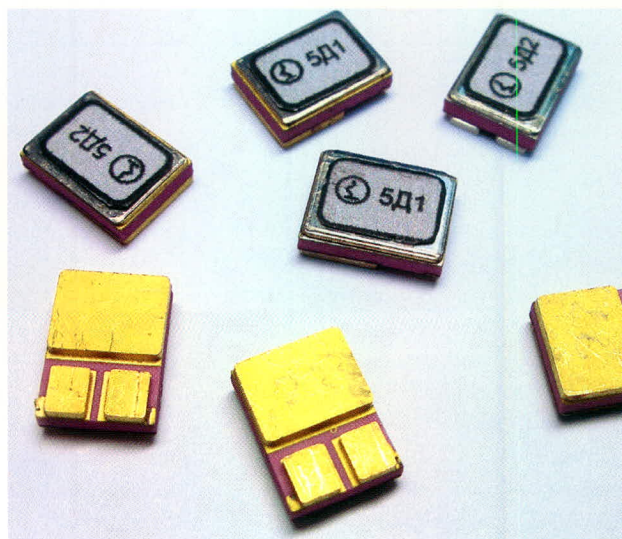
$T_j = 175^\circ\text{C}$

Высоковольтные столбы

- $U_{\text{обр. макс}} = 4 \text{ кВ}; 5 \text{ кВ}; 9 \text{ кВ}$
- $I_{\text{пр.ср.}} = 600 \text{ мА}; 500 \text{ мА}; 250 \text{ мА}$
- $t_{\text{обр}} < 15 \text{ нс}$

Основные достоинства

- Отсутствие эффекта обратного восстановления
- Высокая рабочая температура перехода
- Допустимая безопасная доза облучения свыше 5×10^7 рад



$T_j = 200^\circ\text{C}$

Диоды Шоттки

- $U_{\text{обр. макс}} = 500 \text{ В}; 600 \text{ В}$
- $I_{\text{пр.ср.}} = 1 \text{ А}$
- $t_{\text{обр}} < 15 \text{ нс}$

Области применения

- Источники электропитания с преобразованием частоты
 - Корректоры коэффициента мощности (бустерный диод)
 - Выходные выпрямители (более 48 В)
 - Антипараллельные диоды в инверторах
- Электроприводы
 - Антипараллельные диоды в инверторах
 - Снабберные диоды
- Высоковольтные выпрямители
 - Выходные выпрямители (2...100 кВ)
 - ИВЭП радиопередающих устройств РЛС, рентгеновские установки и т.п.

ProSOFT®

ПРОСОФТ — АКТИВНЫЙ КОМПОНЕНТ ВАШЕГО БИЗНЕСА

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

Кнопочные переключатели и индикаторы компании Bulgin

Ольга Гуреева (Москва)

Компания Bulgin в течение 75 лет выпускает высококачественную продукцию для рынка промышленной электроники. В статье представлены серии кнопочных переключателей и индикаторов, предназначенных для использования в радиоэлектронной аппаратуре с повышенными эксплуатационными характеристиками.

ВВЕДЕНИЕ

Отличительной особенностью продукции компании Bulgin [1] является высокое качество механической обработки корпусов изделий. Кнопочные переключатели изготовлены из нержавеющей стали, стойкой к коррозии и деформациям. Для подсветки используются яркие светодиоды, защищённые линзой из прозрачного поликарбоната.

В настоящее время существует международная классификация степеней защиты электрооборудования IP [2], которая показывает степень защиты людей от прикосновения к движущимся и токопроводящим частям и степень защиты элементов электрооборудования от проникновения посторонних предметов, пыли и влаги, способных вызвать повреждение этих элементов. Принятые обозначения представлены в табл. 1. Символы, указывающие на степень защиты, состоят из букв IP (Internal Protection), за которыми следуют две цифры. Первая цифра индекса (0...6) указывает, что оболочка обеспечивает защиту людей от доступа к опасным частям, предотвращая или ограничивая проникновение какой-либо части человеческого тела или предмета, а также за-

щиту оборудования, находящегося внутри оболочки, от проникновения внешних твёрдых предметов. Вторая цифра индекса (0...8) показывает степень защиты оборудования, обеспечиваемую оболочками, в зависимости от степени проникновения воды. Таким образом, чем выше значение IP, тем больше степень защиты людей и оборудования. В линейке продукции компании Bulgin широко представлены кнопочные переключатели и индикаторы со значением IP66...IP68.

КНОПОЧНЫЕ ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛИ

Внешний вид и ассортимент кнопочных переключателей приведён в табл. 2. Кнопочные переключатели имеют клеммы с винтовым креплением или предназначенные для пайки лепестковые выводы шириной 2,8 и 6,3 мм. Кнопочные переключатели, предназначенные для установки на лицевую панель, выпускаются в трёх вариантах: выступающие, куполообразные и плоские. Это разнообразие позволяет разработчикам аппаратуры выбрать оптимальный дизайн и эргономику лицевой панели.

Для случаев, когда не требуется повышенная прочность стального кор-

0	1	2	3	4
5	6	7	8	9
10	11	12	13	14
15	16	17	18	19
20	ВВЕРХ ↑	ВНИЗ ↓		

Рис. 1. Варианты символов на кнопках переключателя

пуса переключателя, в ассортименте представлены более экономичные переключатели в латунном исполнении с хромированной или никелированной поверхностью.

Одним из важных типов переключателей является их вандалостойкое исполнение. К вандалостойким относятся артикулы MP0025 и MP0025/2, MP0027 и MP0027/2, MP0031 и MP0031/2, MP0034 и MP0034/2, MP0038 и MP0038/2. Все они могут иметь гравировку, нанесённую на поверхность кнопки или толкателя (см. рис. 1), например, цифры от 0 до 20 или контурное изображение стрелки, указывающей требуемое направление (вверх, вниз и т.п.). Кнопки с нанесённой гравировкой являются износостойкими: информация на них всегда будет тактильна и доступна для визуализации.

Возможные типы реализуемых коммутаций представлены на рис. 2. Для тумблерных переключателей SM0259/PD, SM0265/PD, SM0267/2/PD и SM0270/2/PD предусмотрен дополнительный защитный аксессуар в виде наконечника, выполненного из поливинилхлорида (диапазон рабочих температур: 0...60°C) или силиконовой резины (диапазон рабочих температур: -70...+205°C).

Индикаторы

Внешний вид и ассортимент индикаторов приведён в табл. 3. Инди-

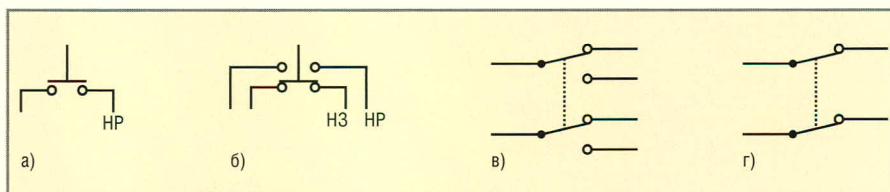
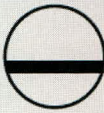
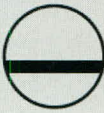
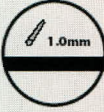


Рис. 2. Типы реализуемой коммутации:

- а) однополюсный, одна группа контактов, нормально разомкнутый (S.P.M.B.);
 - б) однополюсный, две группы контактов, трёхпозиционный, нормально разомкнутый (S.P.C.O.);
 - в) двухполюсный, две группы контактов, трёхпозиционный (D.P.C.O.);
 - г) двухполюсный, без фиксации (D.P.M.B.);
- HP – нормально разомкнутый; HЗ – нормально замкнутый.

Таблица 1. Элементы кода IP, их обозначение и краткое описание

Первая цифра индекса	Краткое описание	Графическое изображение	Вторая цифра индекса	Краткое описание	Графическое изображение
0	Нет защиты		0	Нет защиты	
1	Защищено от внешних твёрдых предметов диаметром ≥ 50 мм и от доступа к опасным частям тыльной стороной руки		1	Защищено от вертикально падающих капель воды	
2	Защищено от внешних твёрдых предметов диаметром $\geq 12,5$ мм и от доступа к опасным частям пальцем		2	Защищено от вертикально падающих капель воды, когда оболочка отклонена на угол до 15 градусов	
3	Защищено от внешних твёрдых предметов диаметром $\geq 2,5$ мм и от доступа к опасным частям инструментом		3	Защищено от воды, падающей в виде дождя	
4	Защищено от внешних твёрдых предметов диаметром $\geq 1,0$ мм и от доступа к опасным частям проволокой		4	Защищено от сплошного обрызгивания	
5	Защищено от доступа пыли и от доступа к опасным частям проволокой		5	Защищено от водяных струй	
6	Пыленепроницаемо. Защищено от доступа к опасным частям проволокой		6	Защищено от сильных водяных струй	
			7	Защищено от воздействия при непродолжительном погружении в воду	
			8	Защищено от воздействия при длительном погружении в воду	

каторы предназначены для установки на лицевую панель. В индикаторах используются высококачественные светодиоды с различными световыми и типовыми характеристиками. Светодиоды имеют $\varnothing 4$ или

$\varnothing 5$ мм и бывают одноцветными, двухцветными, трёхцветными и мигающими.

Корпус индикатора, в зависимости от артикула, изготавливается из нержавеющей стали, латуни или ударо-

прочного пластика. Индикаторы в стальном корпусе являются вандалостойкими и вибростойкими. Для жёстких условий эксплуатации выпускаются герметичные индикаторы с уровнем защиты IP66 и IP67.

Таблица 2. Внешний вид и характеристики кнопочных переключателей

Изображение переключателя	Тип кнопочного переключателя	Артикул	Диаметр кнопки, мм	Конструкция выводов	Тип коммутации	Максимальный ток, напряжение	Сопротивление контактов, мОм, не более	Сопротивление изоляции, ГОм, не менее	Электрическая прочность диэлектрика, кВ, не менее	Рабочая температура, °С
	Вандалостойкий, плоская кнопка, низкопрофильный	MP0025	22	Под пайку	SPCO микропереключатель	5 А, ~250 В	10	1	~2,0	-20...+70
		MP0027	28	Под пайку	SPCO микропереключатель	5 А, ~250 В	10	1	~2,0	-20...+70
		MP0038	28	Под пайку	SPCO микропереключатель	5 А, ~250 В	10	1	~2,0	-20...+70
		MP0031	21,5	Под пайку	SPCO микропереключатель	5 А, ~250 В	10	1	~2,0	-20...+70
		MP0034	19	Под пайку	SPCO микропереключатель	5 А, ~250 В	10	1	~2,0	-20...+70
		MP0037	21,5	Под винт	SPMB	1 А, 50 В	10	100	~1,0	-20...+70
	Вандалостойкий со светодиодным индикатором	MP1001	22	Под пайку/под винт	SPMB	50 мА, 24 В	100	1	~2,0*	-30...+70
		MP1002	22	Под пайку/под винт	SPMB	50 мА, 24 В	100	1	~2,0*	-30...+70
	Вандалостойкий, материал – латунь, поверхность хромирована	MPB027	28	Под пайку	SPCO микропереключатель	5 А, ~250 В	10	1	~2,0	-20...+70
		MPB038	28	Под пайку	SPCO микропереключатель	5 А, ~250 В	10	1	~2,0	-20...+70
		MPB031	21	Под пайку	SPCO микропереключатель	5 А, ~250 В	10	1	~2,0	-20...+70
		MPB037	21,5	Под винт	SPMB	1 А, 50 В	10	100	~1,0	-20...+70
	Вандалостойкий, куполообразная кнопка	MP0027/3	28	Под пайку	SPCO микропереключатель	5 А, ~250 В	10	1	~2,0	-20...+70
		MP0038/3	28	Под пайку	SPCO микропереключатель	5 А, ~250 В	10	1	~2,0	-20...+70
		MP0025/3	22	Под пайку	SPCO микропереключатель	5 А, ~250 В	10	1	~2,0	-20...+70
		MP0037/3	21,5	Под винт	SPMB	1 А, 50 В	10	100	~1,0	-20...+70
		MP0031/3	21,5	Под пайку	SPCO микропереключатель	5 А, ~250 В	10	1	~2,0	-20...+70
		MP0034/3	19	Под пайку	SPCO микропереключатель	5 А, ~250 В	10	1	~2,0	-20...+70
	Вандалостойкий, выступающая кнопка	MP0027/2	28	Под пайку	SPCO микропереключатель	5 А, ~250 В	10	1	~2,0	-20...+70
		MP0038/2	28	Под пайку	SPCO микропереключатель	5 А, ~250 В	10	1	~2,0	-20...+70
		MP0025/2	22	Под пайку	SPCO микропереключатель	5 А, ~250 В	10	1	~2,0	-20...+70
		MP0037/2	21,5	Под винт	SPMB	1 А, 50 В	10	100	~1,0	-20...+70
		MP0031/2	21,5	Под пайку	SPCO микропереключатель	5 А, ~250 В	10	1	~2,0	-20...+70
		MP0034/2	19	Под пайку	SPCO микропереключатель	5 А, ~250 В	10	1	~2,0	-20...+70
	Утапливаемая кнопка	MP0013	22	Под винт	SPMB	1 А, ~50 В	15	10	~2,5	-20...+85
		MP0033	22	Под винт	SPMB	1 А, ~50 В	15	10	~2,5	-20...+85
		MP0013/2	22	Под винт	SPMB	1 А, ~50 В	15	10	~2,5	-20...+85
		MP0033/2	22	Под винт	SPMB	1 А, ~50 В	15	10	~2,5	-20...+85
		MP0012	22	Под винт	SPMB	0,25 А, ~250 В; 2 А, 12 В	15	10	~2,5	-20...+85
		MP0012/1	22	Под винт	SPMB	0,25 А, ~250 В; 2 А, 12 В	15	10	~2,5	-20...+85
		MP0016	6,6	Под пайку	SPMB	1 А, 28 В неиндуктивный	15	10	~2,0	-20...+85
		MP0022	9,5 × 14,5	Под пайку	SPMB	0,25 А, ~250 В; 1 А, 0,1...28 В ~/=	15	10	~2,5	-20...+70
		SX0904	16	Под пайку	SPCO микропереключатель	5 А, ~250 В	10	1	~2,0	-20...+70
		SM0357	7,1	Под пайку	SPCO 2 пары контактов	2 А, ~250 В	10	1	~4,5	-20...+70
	Тумблерный	Серия SX0790		Под винт	**	10 А, ~250 В; 10 А, 0...28 В	10	1	~2,5	-20...+85
		SM0267, SM0270		Под пайку	DPMB, DPCO	2 А, ~250 В	10	1	~3,5	-20...+70
		Серия SX0780		Под винт	**	10 А, ~250 В; 10 А, 0...28 В	10	1	~2,5	-20...+85
	Переключатель напряжения	VS0001		Под пайку		6,3 А, ~120/240 В		1000		-20...+85
		VS0002		Под пайку		6,3 А, ~120/240 В		1000		-20...+85

*Электрическая прочность зазора между контактами не менее 1500 В.

**Тип коммутации переключателей SX0780, 0782, 0790–0792 – SPCO, переключателей SX0784 и 0793 – DPCO, переключателей SX0787 и 0794 – SPMB.

***Степень защиты элементов, находящихся внутри оболочки, соответствует уровню IP66.

	Герметизация	Механическая износостойкость, циклов, не менее	Электрическая стойкость, циклов (мин.)	Усилия срабатывания, Н	Усилия фиксации гайки, Нм	Материал внутреннего молдинга	Материал выводов	Материал корпуса/кнопки	Материал контактов	Дополнительные варианты исполнения
	Нет	1 000 000	35 000	6,1	Нет	Армированный полиамид	Латунь, лужение оловом	Нержавеющая сталь	Серебро	Гравировка, невращающаяся кнопка
	Нет	1 000 000	35 000	7,5	2,5	Армированный полиамид	Латунь, лужение оловом	Нержавеющая сталь	Серебро	Гравировка, невращающаяся кнопка
	IP66	1 000 000	35 000	12,5	1,13	Армированный полиамид	Латунь, лужение оловом	Нержавеющая сталь	Серебро	Гравировка, невращающаяся кнопка
	IP66	1 000 000	35 000	4,7	0,57	Армированный полиамид	Латунь, лужение оловом	Нержавеющая сталь	Серебро	Гравировка, невращающаяся кнопка
	Нет	250 000	35 000	2,7	0,57	Армированный полиамид	Латунь, лужение оловом	Нержавеющая сталь	Серебро	Гравировка, невращающаяся кнопка
	IP68	1 000 000	30 000	7,5	Нет	Армированный полиамид	Латунь посеребрённая	Нержавеющая сталь	Латунь посеребрённая	Нет
	IP66	750 000	35 000	12	0,57	UL94V-0 полиамид	Медный сплав	Нержавеющая сталь	Золочёные	Светодиоды красные, зелёные, янтарные, синие****
	IP66	750 000	35 000	12	0,57	UL94V-0 полиамид	Медный сплав	Нержавеющая сталь	Золочёные	Светодиоды красные, зелёные, янтарные, синие****
	Нет	1 000 000	35 000	7,5	2,5	Армированный полиамид	Латунь, лужение оловом	Латунь, хромированная	Серебро	Гравировка, невращающаяся кнопка
	IP66	1 000 000	35 000	12,5	1,13	Армированный полиамид	Латунь, лужение оловом	Латунь, хромированная	Серебро	Гравировка, невращающаяся кнопка
	IP66	1 000 000	35 000	4,7	0,57	Армированный полиамид	Латунь, лужение оловом	Латунь, хромированная	Серебро	Гравировка, невращающаяся кнопка
	IP68	1 000 000	30 000	7,5	0,57	Армированный полиамид	Латунь посеребрённая	Латунь, хромированная	Латунь посеребрённая	Нет
	Нет	1 000 000	35 000	7,5	2,5	Армированный полиамид	Латунь, лужение оловом	Нержавеющая сталь	Серебро	Гравировка, невращающаяся кнопка
	IP66	1 000 000	35 000	12,5	1,13	Армированный полиамид	Латунь, лужение оловом	Нержавеющая сталь	Серебро	Гравировка, невращающаяся кнопка
	Нет	1 000 000	35 000	6,1	Нет	Армированный полиамид	Латунь, лужение оловом	Нержавеющая сталь	Серебро	Гравировка, невращающаяся кнопка
	IP68	1 000 000	30 000	7,5	0,57	Армированный полиамид	Латунь посеребрённая	Нержавеющая сталь	Латунь посеребрённая	Нет
	IP66	1 000 000	35 000	4,7	0,57	Армированный полиамид	Латунь, лужение оловом	Нержавеющая сталь	Серебро	Гравировка, невращающаяся кнопка
	Нет	250 000	35 000	2,7	Нет	Армированный полиамид	Латунь, лужение оловом	Нержавеющая сталь	Серебро	Нет
	Нет	1 000 000	35 000	7,5	2,5	Армированный полиамид	Латунь, лужение оловом	Нержавеющая сталь	Серебро	Гравировка, невращающаяся кнопка
	IP66	1 000 000	35 000	12,5	1,13	Армированный полиамид	Латунь, лужение оловом	Нержавеющая сталь	Серебро	Гравировка, невращающаяся кнопка
	Нет	1 000 000	35 000	6,1	Нет	Армированный полиамид	Латунь, лужение оловом	Нержавеющая сталь	Серебро	Гравировка, невращающаяся кнопка
	IP68	1 000 000	30 000	7,5	0,57	Армированный полиамид	Латунь посеребрённая	Нержавеющая сталь	Латунь посеребрённая	Нет
	IP66	1 000 000	35 000	4,7	0,57	Армированный полиамид	Латунь, лужение оловом	Нержавеющая сталь	Серебро	Гравировка, невращающаяся кнопка
	Нет	250 000	35 000	2,7	Нет	Армированный полиамид	Латунь, лужение оловом	Нержавеющая сталь	Серебро	Гравировка, невращающаяся кнопка
	Нет					Армированный полиамид	Латунь посеребрённая	Латунь, хромированная/ нержавеющая сталь	Медь посеребрённая	Нет
	Нет****					Армированный полиамид	Латунь посеребрённая	Латунь, хромированная/ нержавеющая сталь	Медь посеребрённая	Нет
	Нет					Армированный полиамид	Латунь посеребрённая	Латунь, хромированная/ нержавеющая сталь	Медь посеребрённая	Нет
	Нет****					Армированный полиамид	Латунь посеребрённая	Латунь, хромированная/ нержавеющая сталь	Медь посеребрённая	Нет
	Нет					Армированный полиамид	Латунь посеребрённая	Латунь, хромированная/ полиамид	Латунь посеребрённая	Кнопка – чёрная, красная
	Нет					Армированный полиамид	Латунь посеребрённая	Латунь, хром./ полиамид	Латунь посеребрённая	Кнопка – чёрная, красная
	Нет					Армированный полиамид	Латунь посеребрённая	Латунь, хромированная/ полиамид	Латунь посеребрённая	Кнопка – чёрная, красная
	Нет					Полиамид	Латунь посеребрённая	Полиамид	Латунь посеребрённая	Кнопка – чёрная, красная, белая, крепление под винт
	IP66					Армированный полиамид	Латунь, лужение оловом	Чёрный анодированный алюминий	Серебро	Кнопка – чёрная, красная, белая, крепление под винт
	Нет					Фенопласт	Латунь посеребрённая	Оцинкованная сталь	Латунь посеребрённая	Крепление под винт
	Нет					Армированный полиамид	Латунь посеребрённая		Медь посеребрённая	Под пайку
	Нет					Фенопласт	Медь посеребрённая		Сплав меди, серебро	
	Нет					Армированный полиамид	Латунь посеребрённая		Медь посеребрённая	Под пайку
	Нет					UL94V-0 полиамид	Латунь посеребрённая			
	Нет					UL94V-0 полиамид	Латунь посеребрённая			

**** Светодиоды кнопочных переключателей MPI001/RD и 002/RD светятся красным цветом с яркостью 900 мкд при прямом напряжении 1,85 В, MPI001/GN и 002/GN – зелёным цветом с яркостью 1500 мкд при 3,0 В, MPI001/AM и 002/AM – янтарным цветом с яркостью 220 мкд при 2,0 В, MPI001/BL и 002/BL – синим цветом с яркостью 1500 мкд при 3,4 В. Для всех светодиодов максимальный прямой ток составляет 20 мА.

Таблица 3. Внешний вид и характеристики индикаторов

Изображение индикатора	Тип индикатора	Артикул	Диаметр, мм	Прямое напряжение, В	Прямой ток, мА	Расстояние мощности, мВт	Обратный ток, мкА	Яркость светодиода, мкд	Рабочая температура, °C	Температура хранения, °C	Герметизация	Материал корпуса	Материал линзы	Материал кольца, внеш./внутр.	Цвет светодиода	Дополнительные варианты исполнения
	Вандалостойкий со светодиодами	DX0505, DX0506	15	Красный – 1,85; зелёный – 2,2; жёлтый – 2,0; синий – 3,5	Красный – 30; зелёный – 25; жёлтый – 30; синий – 30	Красный – 100; зелёный – 105; жёлтый – 125; синий – 120	Красный – 10; зелёный – 10; жёлтый – 10; синий – 100	Красный – 2000; зелёный – 100; жёлтый – 400; синий – 1575	-20...+80	-20...+85	IP 67	Нержавеющая сталь	Поликарбонат	Нитрил/силикон	Красный, зелёный, жёлтый, синий	/12 – 12 В, /24 – 24 В, /00 – без резистора
		DX0507, DX0508	15	Красный – 1,85; зелёный – 2,2; жёлтый – 2,0; синий – 3,5	Красный – 30; зелёный – 25; жёлтый – 30; синий – 30	Красный – 100; зелёный – 105; жёлтый – 125; синий – 120	Красный – 10; зелёный – 10; жёлтый – 10; синий – 100	Красный – 2000; зелёный – 100; жёлтый – 400; синий – 1575	-40...+80	-40...+85	IP 67	Нержавеющая сталь	Поликарбонат	Нитрил/силикон	Красный, зелёный, жёлтый, синий	/12 – 12 В, /24 – 24 В, /00 – без резистора
	Со светодиодами стандартный, выпуклый	DX0999, DX1121	10,3	Красный – 2,0; зелёный – 2,0; жёлтый – 2,1; синий – 3,5	Красный – 30; зелёный – 25; жёлтый – 30; синий – 30	Красный – 105; зелёный – 105; жёлтый – 105; синий – 120	Красный – 10; зелёный – 10; жёлтый – 10; синий – 50	Красный – 25; зелёный – 20; жёлтый – 20; синий – 21	-40...+80	-40...+85	Нет	Латунь, хромированная/армированный полиамид			Красный, зелёный, жёлтый, синий	/TRI – трёхцветный, /D – двухцветный; /02 – мигающий светодиод
	Со светодиодами 5 мм, двухцветный, выпуклый	DX1092, DX1093	10,3	Красный/зелёный – 2,2; красный/янтарный – 2,2; зелёный/янтарный – 2,2	Красный/зелёный – 30/30; красный/янтарный – 30/20; зелёный/янтарный – 30/20	Красный/зелёный – 100/100; красный/янтарный – 100/60; зелёный/янтарный – 100/60	Красный/зелёный – 100; красный/янтарный – 100; зелёный/янтарный – 100	Красный/зелёный – 4,5/5; красный/янтарный – 4,5/4; зелёный/янтарный – 4/5	-40...+85	-40...+85	IP66	Анодированный алюминий/чернение	Поликарбонат		Красный, зелёный, янтарный	/TRI – трёхцветный, /STD – стандартный; /02 – мигающий светодиод
	Со светодиодами 5 мм, трёхцветный, утопленный	DX0998, DX1120	10,3	Красный – 2,4; зелёный – 2,4; янтарный – 2,4	Красный – 30; зелёный – 30; янтарный – 30	Красный – 150; зелёный – 150; янтарный – 150	Красный – 100; зелёный – 100; янтарный – 100	Красный – 2,5; зелёный – 2,5; янтарный – 2,5	-40...+70	-40...+80	Нет	Латунь, хромированная/армированный полиамид	Поликарбонат		Красный, зелёный, янтарный	/D – двухцветный, /STD – стандартный; /02 – мигающий светодиод
	Со светодиодами 5 мм, мигающий, утопленный	DX1090, DX1091	10,3	Красный – 2,0...15,0; зелёный – 2,0...15,0	Красный – 10...30; зелёный – 10...30	Красный – 200; зелёный – 200	Красный – 1,2; зелёный – 1,2	Красный – 0...+70	0...+70	0...+70	IP66	Анодированный алюминий/чернение	Поликарбонат		Красный, зелёный, частота мигания 2,2 Гц	/TRI – трёхцветный, /STD – стандартный; /D – двухцветный
	Со светодиодами 4 мм, стандартный, выпуклый	DX1118, DX1119	7,6	Красный – 2,0; зелёный – 2,1; жёлтый – 2,0; синий – 3,5	Красный – 30; зелёный – 30; жёлтый – 20; синий – 30	Красный – 100; зелёный – 100; жёлтый – 85; синий – 120	Красный – 10; зелёный – 10; жёлтый – 10; синий – 100	Красный – 2,5; зелёный – 2,5; жёлтый – 2,5; синий – 12			Нет	Латунь, хромированная/латунь, никелированная	Поликарбонат		Красный, зелёный, жёлтый, синий	
	Со светодиодами 4 мм, стандартный, утопленный	DX1116, DX1117	7,6	Красный – 2,0; зелёный – 2,1; жёлтый – 2,0; синий – 3,5	Красный – 30; зелёный – 30; жёлтый – 20; синий – 30	Красный – 100; зелёный – 100; жёлтый – 85; синий – 120	Красный – 10; зелёный – 10; жёлтый – 10; синий – 100	Красный – 2,5; зелёный – 2,5; жёлтый – 2,5; синий – 12			Нет	Латунь, хромированная/латунь, никелированная	Поликарбонат		Красный, зелёный, жёлтый, синий	

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

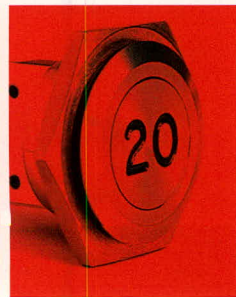
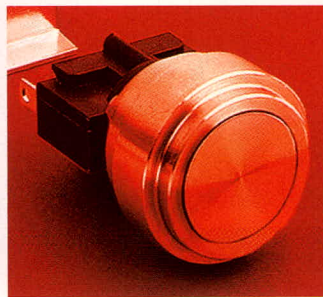
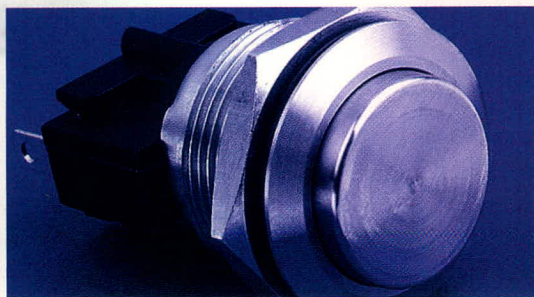
Кнопочные переключатели и индикаторы компании Bulgin широко применяются в устройствах контроля доступа, в промышленном и транспорт-

ном оборудовании, в медицинской технике, а также в других приложениях, где приоритетными требованиями являются высокая надёжность и качество используемых компонентов.

ЛИТЕРАТУРА

- Bulgin Catalogue, issue No. 80, www.bulgin.co.uk.
- ГОСТ 14254-96, «Степени защиты, обеспечиваемые оболочками (код IP)».

Степень защиты IP68



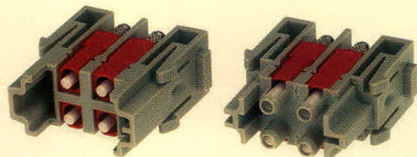
ГЕРМЕТИЧНЫЕ:

- Цилиндрические разъёмы
- Разъёмы Ethernet, USB
- Силовые разъёмы BUCCANEER
- Силовые разъёмы общего назначения
- Кнопочные переключатели
- Индикаторы
- Держатели предохранителей
- Батарейные отсеки

Новости российских фирм

Волоконно-оптический соединитель для модульных применений

Компания Harting разработала новое решение для расширяющегося рынка передачи оптических данных, которое позволяет использовать имеющиеся волоконно-оптические SC-соединители.



SC-соединители для GI-волокон многие годы являются стандартными для применения в телекоммуникации и при построении кабельных сетей. Для защиты от неблагоприятного воздействия окружающей среды иногда требуется степень защиты до IP68. Кроме того, некоторые SC-соединители часто комбинируются на коммутационных панелях. Оба требования можно выполнить при использовании соединителей Nan-Modular®. С их помощью возможно объединение до 24 SC-контактов в одном соединителе или объединение их с электрическими контактами. Соединители пригодны для всего спектра корпусов Nan® со степенью защиты от IP65 до IP68. Простота в эксплуатации и возможность нанесения кодирующей маркировки снижают время простоя и технического обслуживания оборудования и тем самым повышают готовность всей системы к работе.

www.prochip.ru
тел. (495) 234-06-36

Интегральный понижающий импульсный стабилизатор высокого напряжения

Монолитный компенсационный импульсный стабилизатор LT3430 имеет рабочую частоту 200 кГц и высокое входное напряжение до 60 В. На кристалле ИС со всеми необходимыми генераторами, схемами управления и логики создан высокоэффективный коммутатор на ток 3 А. Архитектура токового режима обеспечивает короткую переходную функцию и отличную устойчивость контура.

Высокий КПД сохраняется в большом интервале выходных токов за счёт использования выходного сигнала для смещения в схеме и путём использования конденсатора вольтодобавки. Патентованная схема сохраняет постоянным пиковый ток коммутации во всём интервале рабочего цикла. Контакт отключения позволяет понизить ток питания до 30 мкА, а контакт лог. вывод SYNC можно использовать для внешней синхронизации в диапазоне частот 228...700 кГц.

Стабилизатор LT3430 поставляется в термозащищённом 16-контактном корпусе TSSOP.

www.prochip.ru
тел. (495) 234-06-36

Контроллер обратного преобразователя с высоким входным напряжением, токовым режимом и усилителем

Контроллер LTC1871-7 обратного преобразователя с высоким входным напряжением, токовым режимом и усилителем оптимизирован для возбуждения 6-В канальных полевых униполярных МОП-транзисторов. Контроллер одинаково хорошо работает в устройствах малой и большой мощности и требует лишь нескольких компонентов для создания полной схемы блока питания. Частоту коммутации можно задавать внешним резистором в интервале от 50 Гц до 1 МГц либо синхронизировать с внешней тактовой частотой с помощью контакта MODE/SYNC. Улучшенный (пакетный) режим работы на малых нагрузках, малое минимальное рабочее напряжение питания (6 В) и низкий ток в режиме отключения (10 мкА) делают контроллер LTC1871-7 пригодным для работы в системах с питанием от аккумуляторов. В системах, требующих работы с постоянной частотой, пакетный режим работы можно отключить сигналом на контакте MODE/SYNC. Контроллер LTC1871-7 поставляется в 10-выводном корпусе MSOP.

www.prochip.ru
тел. (495) 234-06-36

Экономичный 16-разрядный АЦП в малогабаритном безвыводном корпусе

Преобразователь LTC1864L на скорости 150 кбод при напряжении питания 3 В потребляет всего 450 мкА. Потребление дополнительно снижается на меньших скоростях, поскольку LTC1864L автоматически выключает питание между процессами преобразования.

АЦП построен по архитектуре с последовательной аппроксимацией, содержит схему выборки и хранения и имеет дифференциальный аналоговый вход с контактом регулируемого опорного напряжения.

Трёхпроводный последовательный интерфейс ввода/вывода, малые размеры корпуса, высокая частота дискретизации и экономичность делают этот АЦП иде-

альным для применения в малогабаритных, маломощных быстродействующих системах. Высокоимпедансные аналоговые входы и возможность работы с сигналом до уровня напряжения питания позволяют подключать АЦП напрямую к различным датчикам, что устраняет необходимость внешних каскадов усиления.

АЦП поставляется в малогабаритном безвыводном корпусе MSOP и в корпусе SO-8.

www.prochip.ru
тел. (495) 234-06-36

Fasteko – новый бренд на российском рынке контрактного производства

Компания Fastwel объявила об образовании бренда Fasteko.

С момента образования в 1992 г. основу Fastwel составляли инженеры-разработчики, имеющие большой опыт в создании военно-космической техники. Изначально деятельность Fastwel была ориентирована на разработку и производство электронного оборудования для ответственных применений. Первым таким проектом стала разработка линейки изделий в популярном формате MicroPC. Одновременно компания открыла новое направление в своей деятельности – производство электронных модулей по заказам клиентов. Компания впервые ввела термин «контрактное производство» и стала пионером этого вида производственной деятельности в России.

Востребованность и актуальность услуг контрактного производства и увеличение их перечня побудили руководство компании к созданию нового бизнес-направления под торговой маркой Fasteko. Компания Fasteko создана в результате преобразования научно-производственного монтажного подразделения группы компаний Fastwel в самостоятельное и независимое бизнес-направление, специализирующееся в организации контрактной сборки электронного оборудования.

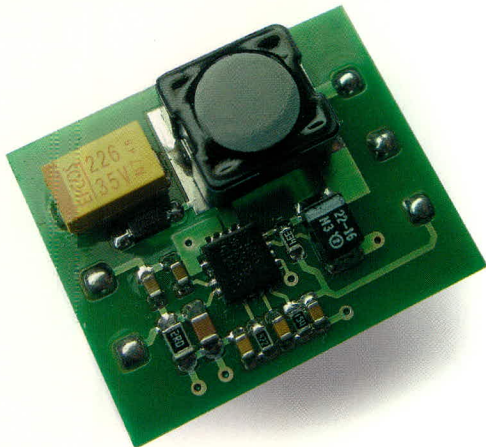
Компания Fasteko является самой технологичной компанией в сфере контрактного производства электронного оборудования на рынке электроники России и стран СНГ. Производственные ресурсы компании по составу оборудования и квалификации специалистов не имеют равных в России и стоят в ряду лучших европейских производств.

У компании Fastwel остается традиционное направление деятельности: разработка и производство высоконадежного оборудования для АСУ ТП и встраиваемых систем.

<http://www.fasteko.ru>
(495) 739-07-73

Интегральные DC/DC-преобразователи компании Monolithic Power Systems: эффективные решения для серийного производства электронной техники

MPS



Модульный источник
электропитания на базе MP1517

Преимущества использования ИС MPS

- Высокая стабильность и повторяемость характеристик микросхем
- Высокая устойчивость схемы управления
- Высокая эффективность
- Готовое изделие не требует регулировки
- Стоимость при серийном производстве – на 50...60% ниже, чем у аналогов!

Основные параметры

- $U_{ВХ} = 2,6...12 В$,
- $U_{ВЫХ} = 12 В$,
- $I_{ВЫХ} = 1,5 А$,
- Типовой КПД 93%

Понижающие DC/DC-преобразователи. Температурный диапазон $-40...+85^{\circ}C$

Наименование	$V_{ВХ}$, В	$V_{ВЫХ}$, В	$I_{ВЫХ макс.}$, А	$U_{ОС}$, В	$I_{shutdown}$, мкА	Частота, МГц	Корпуса	Отладочная плата
с синхронным выпрямлением								
MP1567	2,6...6,0	0,9...6,0	1,2	0,9	1,0	0,8	QFN10 MSOP10	EV0033 EV0060
MP1570	4,75...23,0	1,2...20,0	3,0	1,2	1,0	0,34	SOIC8N	EV1570DN
MP2104	2,5...6,0	0,6...6,0	0,6	0,6	1,0	1,7	TSOT23-5	EV2104DJ
MP2104-1,5	2,5...6,0	1,5	0,6	0,6	1,0	1,7	TSOT23-5	EV2104DJ
MP2104-1,8	2,5...6,0	1,8	0,6	0,6	1,0	1,7	TSOT23-5	EV2104DJ
MP2105	2,5...6,0	0,6...6,0	0,8	0,6	1,0	1,0	TSOT23-5	EV2105DJ
MP2106	2,6...13,5	0,9...5,5	1,5	0,9	1,0	0,8	QFN10 MSOP10	EV2106DQ
MP2109	2,5...6,0	2x0,6...6,0	2x0,8	0,6	1,0	1,0	QFN10 MSOP10	EV2109DQ
MP2305	4,5...23,0	0,9...20,0	2,0	0,92	3,0	0,34	SOIC8	EV2305DS
с внешним диодом Шоттки								
MP1591	6,5...32,0	1,2...21,0	2,0	1,23	35	0,33	SOIC8E	EV0020
MP1593	4,75...28,0	1,2...25,0	3,0	1,22	30	0,385	SOIC8E	EV1593DN
MP2351	4,75...25,0	0,9...16,0	2,0	1,23	36	1,4	QFN10 MSOP10	EV2351DK
MP2354	4,75...23,0	1,2...20,0	2,0	1,3	36	0,380	SOIC8	EV2154DS
MP2355	4,75...23,0	1,2...20,0	3,0	1,22	30	0,380	SOIC8E	EV2155DN
MP2361	4,75...23,0	0,9...16,0	2,0	0,92	36	1,4	QFN10 MSOP10	EV2361DK
MP2364	4,75...23,0	2x0,9...16	2x1,5	0,92	70	1,4	TSSOP20F	EV2364DF

Повышающие DC/DC-преобразователи. Температурный диапазон $-40...+85^{\circ}C$

Наименование	$V_{ВХ}$, В	$V_{ВЫХ макс.}$, В	Ток огр. ключа, А	$U_{ОС}$, В	$I_{shutdown}$, мкА	Частота, МГц	Корпуса	Отладочная плата
MP1517	2,6...25,0	25	4,0	0,7	1,0	1,1	QFN10 MSOP10	EV0043
MP1522	2,7...25,0	25	0,45	1,2	3,0	Перем.	SOIC8N	EV0022
MP1527	2,6...25,0	25	3,0	1,2	1,0	1,3	TSOT23-5	EV0034
MP1530	2,7...5,5	22	3,6	1,2	1,0	1,4	TSOT23-5	EV0055
MP1531	2,7...5,5	22	0,65	1,25	1,0	0,25	QFN10 MSOP10	EV1531DQ
MP1541	2,5...6,0	22	1,5	1,2	1,0	1,3	QFN10 MSOP10	EV0077 EV0062
MP1542	2,5...22,0	22	2,0	1,25	1,0	0,7...1,0	SOIC8	EV1542DK

ProSOFT®

ПРОСОФТ — АКТИВНЫЙ КОМПОНЕНТ ВАШЕГО БИЗНЕСА

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

Тестирование шины Micro Lan

Андрей Шабронов (г. Новосибирск)

Шина Micro Lan достаточно устойчивая, но необходимо бывает знать всё же, есть ли помеха в линии, и если есть, дать помехе какую-нибудь количественную оценку.

МЕТОД ТЕСТИРОВАНИЯ

Оценку состояния шины Micro Lan предлагается проводить по статистике «джиттера» – «дрожания» фронта импульса.

Для этого теста необходимо передать в линию серию коротких импульсов «лог. 0» и измерить промежутки времени, через которые в линии будет устанавливаться сигнал «лог. 1». Для наглядности результаты измерений можно представить в виде гистограммы. В отсутствие помехи фронты импульсов стабильны во времени, и гистограмма будет «узкой». При наличии помехи и в случае повышенной ёмкости линии она «расползётся».

Возможности адаптеров для тестирования

Существующие адаптеры шины Micro Lan, к сожалению, не подходят для данного тестирования. Но выход из положения простой. Поскольку измерение осуществляется через вход COM-порта, необходимо установить перемычку между выводами RXD и DCD. Для разъёма DB-25 это выводы 3 и 8, для DB-9 – выводы 2 и 1. Вывод DCD является входным, и его подключение не влияет на работу

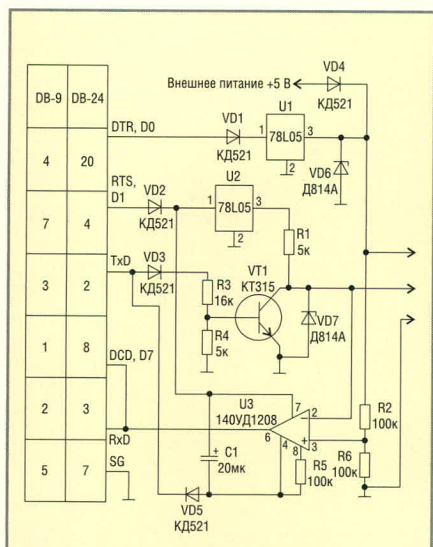


Рис. 1. Схема адаптера COM-порта Micro LAN

адаптера. На рис. 1 приведена схема адаптера, разработанного автором. Этот адаптер аналогичен фирменному адаптеру DS9097E, но выполнен на отечественной элементной базе.

Отличие в том, что выводы сигналов DCD и RXD соединены. Вывод DCD предназначен для приёма информации от модема. Его состояние (0 или 1) определяется программно чтением седьмого бита из регистра порта с адресом, на 6 больше базового. Например, если COM-2 имеет адрес 2f8h, то адрес для чтения вывода 8 будет 2feh.

Большинство программ для Micro Lan не используют этот адрес и бит. Но для всякого правила существуют исключения. Программисты разные, и, может, кто-то ввёл проверку данных выводов в своей программе. В этом случае при тестировании линии подключайте адаптер через переходную плату с «папой» и «мамой» («расщечку») и установленной на ней перемычкой.

РАБОТА С ПРОГРАММОЙ ТЕСТИРОВАНИЯ

Скачайте программу kamsh_v1.exe с сайта журнала и поместите в удоб-

ный для вас каталог. Выполните программу в командной строке с опциями расширения, например, `//kamsh_v1.exe s 2 3 q`, где опции означают:

s – работа в тестовом режиме,
2 – порт COM-2,
3 – тест адаптеров и линии,
q – режим тестирования помех и ем-
костной составляющей линии.

Внешний вид окна программы показан на рис. 2. На экране гистограмма распределения повернута на 90 градусов по часовой стрелке. В случае возникновения помехи в линии или увеличения ёмкости линии гистограмма расширяется, как показано на рис. 3. Назначения клавиш и режимы тестов указаны в меню. Управляющими клавишами можно изменить точность построения гистограммы и длительность импульсов, а также в случае сильной помехи или большой ёмкости линии можно изменить масштаб осей гистограммы.

Если линия сложная, состоит из ветвей, то вначале необходимо определиться с участком. Для этого надо выполнить программу только с одной опцией s – главное меню тестов:

- войти в режим 7 – определить подключённые ветвители;
- войти в режим 9 – назначить выходы ветвителей и определить подключённые к ним датчики;

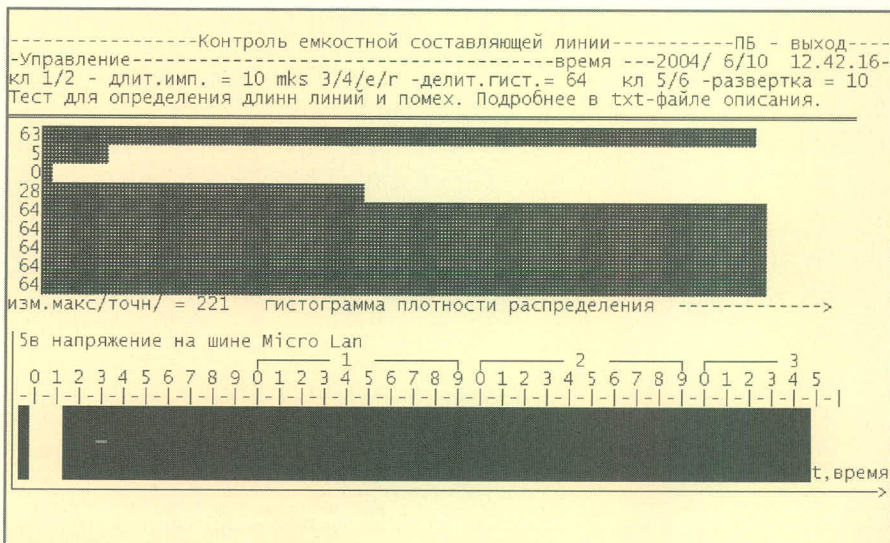


Рис. 2. Окно программы

- провести тест линии на назначенном участке.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложенная методика тестирования позволяет оценить количественно помеху на шине. Для выявления случайных помех данные распределения рекомендуется записывать в отчётный файл, а затем проводить анализ.

Используя метод измерения задержки фронта импульсов, можно

оценить не только качество линии, но и её длину. Это позволяет достаточно просто, быстро и достоверно находить места повреждений. Данная методика напоминает методику поиска обрыва в кабельных линиях связи и не является чем-то новым. Скорее, это хорошо забытое старое.

Предложенная программа работает с прямым обращением к COM-портам. Об этом надо помнить! Некоторые операционные системы не допускают прямого обращения, хотя предусмат-

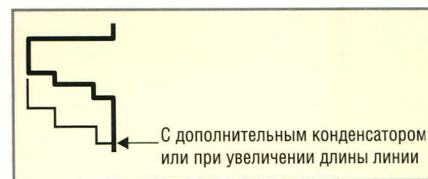


Рис. 3. Расширение гистограммы при помехе в линии или увеличения ёмкости линии

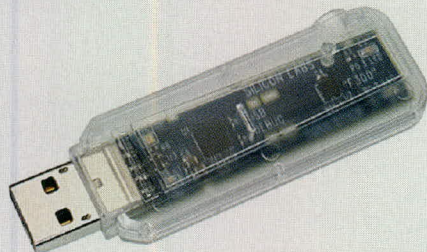
ривают такой режим. Автором использовалась Windows 98/95.

Текст программы доступен на сайте журнала. ©

Новости мира News of the World Новости мира

Оценочный набор 8051-совместимого ЦП в форме USB-брелока

Silicon Laboratories выпустила оценочный набор ToolStick в форме USB-брелока. В распоряжении разработчика – доступ к ЦП, периферии и памяти. В пакет ПО входит интегрированная среда разработки (IDE), редактор, флэш-программатор, а также демо-версия компилятора. ToolStick базируется на MCU F300, который связывается с компьютером через встроенный USB-адаптер. При этом для работы с ToolStick не требуется установка дополнительных драйверов.

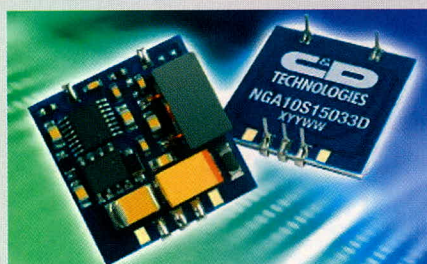


В пакет входят также программы, демонстрирующие использование среды разработки и MCU. Эти программы позволяют наблюдать и изменять содержимое внутренних регистров и памяти, устанавливать точки прерываний и выполнять деаппелированный код пошагово. Устройство предлагается за 10,99 долл.

www.silabs.com/ToolStick

DC/DC-преобразователи в Dual-in-line-корпусах

C&D Technologies предлагает семейство неизоллированных DC/DC-преобразователей под названием NGA в Dual-in-line-корпусах. Преобразователи предназначены для использования во встраиваемых системах. Схема синхронного выпрямления DC/DC-преобразователей NGA обеспечивает КПД до 95%. При этом преобразователи семейства способны выдавать 100% мощности при температуре до 85°C.



Преобразователи работают от входного напряжения 4,75...28 В и обеспечивают на выходах напряжения 1,8; 2,5; 3,3 или 5 В. Номинальное напряжение пульсаций для всех преобразователей – не более 4 мВ.

Семейство NGA имеет защиту от короткого замыкания и вывод отключения, а также возможность подстройки выходного напряжения в пределах $\pm 5\%$ при помощи внешнего сопротивления. Стоимость преобразователей – до 10 фунтов стерлингов.

www.cd4power.com

DC/DC-преобразователи постоянного напряжения на 0,7 В/50 А

Texas Instruments разработала новое семейство неизоллированных модулей питания. Преобразователи работают в диапазоне входных напряжений от 4,5 до 14 В и выдают регулируемое выходное напряжение до 0,7 В при токе до 50 А. Модули работают по так называемой TurboTrans-технологии. Она позволяет разработчикам оптимизировать динамические характеристики модулей с помощью внешнего сопротивления в соответствии с определёнными требова-



ниями изменения нагрузки. Ещё одним отличием является технология Auto-Track Sequencing, которая позволяет включать и отключать модули без помощи внешних элементов в заданной последовательности и с заданной формой кривой. С помощью этой функции модули могут изменять выходное напряжение под действием внешних управляющих сигналов или выходного напряжения других модулей.

Сейчас предлагаются образцы модулей T2. Планируемая стоимость – 7,9 долл. в партиях от 1000 шт.

www.ti.com/sc05226

Отладчик для ARM7/ARM9-систем

Фирма pls Programmierbare Logik & Systeme предлагает Universal Access Device (UAD) 2 compact – инструмент отладки и тестирования систем на базе ARM7/ARM9. В сочетании с рабочей средой Universal Debug Engine (UDE) эта модель, оснащённая интерфейсом USB 2.0, обеспечивает скорость передачи данных через разъём JTAG до 700 Кб/с. Предлагаются и дополнительные опции для наращивания возможностей UAD2 compact, которые позволят приспособить инструмент отладки к требованиям тех или иных приложений. В рабочей среде UDE имеется функция программирования флэш/ОП. Базовая версия набора предлагается за 400 евро (без НДС).

www.pls-mc.com



Новости российских фирм

Малоформатные ЖК-дисплеи со светодиодной системой задней подсветки от фирмы Sharp

Компания Sharp, один из ведущих производителей жидкокристаллических панелей, предлагает малоразмерные (3,52") цветные активно-матричные модули ЖК-дисплеев на основе тонкопленочных транзисторов (amorphous silicon TFT, именуемые AD-TFT – Advanced TFT) с системой задней подсветки на основе светодиодов (LED). Работа ЖК-дисплея LQ035Q7DH02F возможна в двух режимах: просветном (источник света располагается позади поляризаторов и отражатель пропускает свет, идущий сзади) и отражательном (отражатель отражает свет, падающий спереди). Модуль состоит из цветной TFT LCD-панели, схемы усилителей на интегральных микросхемах, системы подсветки, сенсорного экрана и герметизированного с обратной стороны корпуса. Модуль не содержит схемы управления. Графическое и текстовое изображение может быть представлено на панели с разрешением 240×320 точек с 262 144 цветами. Инвертированный режим отображения данных выбирается в вертикальном или горизонтальном направлении.

Основные конструктивные характеристики LQ035Q7DH02F:

- размер диагонали: 8,9 см (3,52");
- полезная площадь дисплея: $53,64 \times 71,52$ мм;
- формат: 240×320 (1 пиксел = R+G+B точки);
- шаг пиксела: $0,2235 \times 0,2235$ мм;
- компоновка пиксела: R, G, B вертикальная полоса;
- габариты (Ш $\times$ В $\times$ Г): $65 \times 86,2 \times 4$ мм (без гибкого соединителя);
- вес 45 г.

Поставляется также модель без сенсорного экрана LQ035Q7DH03F. Дисплеи предназначены для применений в PDA и других применениях, требующих недорогих и простых устройств ввода команд управления и отображения информации.

www.prosoft.ru
тел. (495) 234-06-36

Новое поколение 3D-стереоскопических дисплеев от компании Planar Systems

Изделия серии SD фирмы Planar Systems, основанной на новаторской технологии StereoMirrorTM, обеспечивают стереоскопическое изображение наивысшего

для настольных мониторов качества. Эти дисплеи имеют разрешающую способность и яркость, которые полностью соответствуют качеству марки Planar. Технология StereoMirrorTM предоставляет изображения для таких применений, как космическая аэро- и фотограмметрия, медицинская интраскопия, вычислительная химия, сложное моделирование визуальных отображений и компьютерные игры.

В модели SD1710 используется два 17-дюймовых AMLCD-монитора с разрешением SXGA (1280×1024 пикселей). Технология StereoMirrorTM обеспечивает полное разрешение 1,3 мегапикселя для получения качественного стереоизображения.

StereoMirrorTM достигает беспрецедентного уровня комфорта визуального отображения благодаря немерцающему режиму работы в расширенном стереорежиме. За изображением на мониторе могут одновременно наблюдать множество пользователей – сидящих или стоящих. Здесь нет «зон наилучшего восприятия», ограничивающих область просмотра стереоизображений, и нет необходимости работать в темном помещении. Монитор имеет достаточную яркость для работы в офисной обстановке.

Изделия серии SD могут использоваться при помощи любого стереорежима в приложениях Windows, DirectX или OpenGL, а также с рядом графических плат. Информация для левого и правого глаза передается в соответствующий монитор непосредственно через интерфейс DVI. При этом не требуется дополнительного оборудования или обработки данных.

Серия мониторов SD использует выход от соответствующей графической платы и включает всё необходимое оснащение для демонстрации высококачественного стереоизображения.

Основные достоинства монитора SD1710:

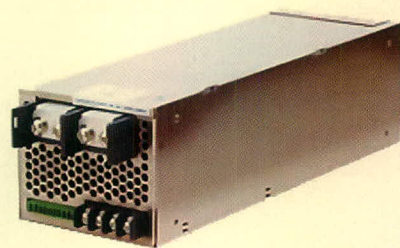
- разрешение SXGA (1280×1024);
- немерцающее высококонтрастное изображение;
- возможность применения в офисной обстановке (без затемнений);
- время электрооптического отклика: 12 мс;
- возможность наблюдения изображения несколькими наблюдателями, широкий угол обзора;
- совместимость со стандартными графическими платами;
- режим plug and play с большинством приложений OpenGL и DirectX, которые поддерживают стереорежим;
- применяются простые поляризационные очки;

- изделие легко преобразует изображение из стерео-3D в стандартное 2D.

www.prosoft.ru
тел. (495) 234-06-36

Источник питания с высокой удельной мощностью

Компания Nemic-Lambda пополнила ряд одноканальных источников питания для промышленных применений блоками большой мощности (1500 Вт). В серию HWS1500 входят ИВЭП семейства HWS с высокими удельной мощностью и КПД. Источники соответствуют требованиям директивы RoHS, ограничивающей содержание опасных веществ в электротехническом и электронном оборудовании. Изделия монтируются в стандартные картеры высотой 2U, что на 60% меньше размера источников предыдущего поколения.



В семейство HWS1500 входят модели с выходными напряжениями 12, 15, 24 и 48 В. Устройства работают от сети переменного тока 85...265 В. Изделия могут применяться в любом оборудовании, требующем высококачественного электроснабжения, и в первую очередь призваны обеспечить электропитанием оборудование для автоматизации техпроцессов, испытательное, измерительное и телерадиовещательное оборудование, системы отображения информации на основе большеформатных дисплеев, аппаратуру средств связи.

Новые устройства соответствуют требованиям к производственному оборудованию полупроводников SEMI F47. Источники имеют диапазон рабочих температур $-10...70^\circ\text{C}$. Габариты – $127 \times 82 \times 280$ мм, масса – 3,8 кг.

www.prosoft.ru
тел. (495) 234-06-36

Компактные источники питания для установки на печатную плату

Компания Nemic-Lambda расширила ряд источников питания серий KPS. Эти 5- и 15-Вт источники для монтажа на печатную плату характеризуются отличными массогабаритными показателями, что

Новости российских фирм



делает их идеальными для применения в системах автоматизации производственных процессов, принтерах и электроприборе, в торговых автоматах.

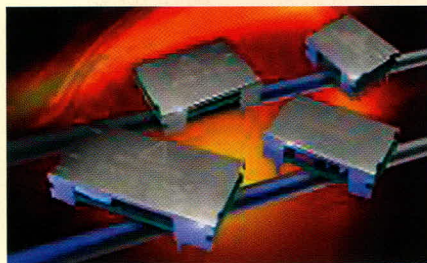
Небольшие размеры изделий (самые крупные модели имеют габариты $69,9 \times 48 \times 26,8$ мм и вес 80 г) минимизируют занимаемую площадь на плате. Широкий диапазон входных напряжений $\sim 85...264$ В или $\sim 110...370$ В позволяет применять устройства без ручного переключения напряжений или перенастройки. Также не требуется применение внешних компонентов – приборы полностью автономны.

Серия KPS состоит из 15 моделей. Выходные напряжения выбираются из ряда 3,3; 5; 12; 15 или 24 В. Каждый прибор способен обеспечить в нагрузке 5, 10 или 15 Вт с КПД до 82%.

www.prosoft.ru
тел. (495) 234-06-36

DC/DC-преобразователи для поверхностного монтажа

Компания Nemic-Lambda анонсировала серию сверхкомпактных DC/DC-преобразователей PSS/PSD для поверхностного монтажа (SMT). Преобразователи нацелены на применение в условиях, где решающим фактором являются малые масса и габариты.



Линейка состоит из 48 различных моделей в одноканальном исполнении (серия PSS) и 20 моделей в двухканальном исполнении (серия PSD). Обе серии включают модели для работы от напряжений 5, 12, 24 и 48 В, каждая с номинальными выходными напряжениями 3,3, 5, 12/15 В и током нагрузки от 0,4 до 2,5 А в зависимости от модели.

Небольшая площадь и низкий профиль изделий дают разработчикам возможность эффективно использовать имеющееся пространство. Приборы легки и отвечают требованиям европейской директивы RoHS. Они являются полностью автономными устройствами, не требующими внешних компонентов, что облегчает построение системы.

Суммарная нестабильность выходного напряжения составляет $\pm 5\%$, типичные значения КПД – от 73 до 84% в зависимости от выбранной модели. Габариты устройств серий PSS и PSD – от $20 \times 6 \times 8$ мм до $41 \times 26 \times 8,5$ мм.

www.prosoft.ru
тел. (495) 234-06-36

Sharp выпустила новый ряд ЖКД для работы в тяжёлых условиях

Компания Sharp Microelectronics Europe выпустила новую серию ТПТ ЖКД

Strong 2 – 10,4- и 12,1-дюймовые LQ104V1DG61 и LQ121S1DG61. Их отличает высокая яркость (450 кд/м^2) и контрастность ($600 : 1$), расширенный диапазон рабочих температур и способность выдерживать серьёзные механические воздействия. Эти дисплейные модули разработаны для применений в оборудовании автоматизации промышленного производства, но хорошо подходят также для торгового оборудования наружной установки и информационных терминалов, поскольку отвечают наивысшим требованиям по надёжности, чёткости изображения и удобочитаемости.

Высокая контрастность достигнута благодаря применению новых технологий формирования пикселей, использованию стеклянных пластин с повышенным пропусканием, новым лампам подсветки, отражателям и рассеивателям.

Выбор материалов и специально разработанный корпус способствуют снижению чувствительности дисплеев к ударам и вибрации. В отличие от других дисплеев, электронные схемы и узлы подсветки прикреплены к раме не жёстко, а через амортизаторы.

Благодаря применению модернизированных поляризаторов и цветковых фильтров дисплеи способны работать в диапазоне температур $-30...80^\circ\text{C}$.

Образцы дисплеев будут доступны с января 2006 г., а серийное производство начнётся в I квартале 2006 г.

www.prosoft.ru
тел. (495) 234-06-36

PLANAR

Электролюминесцентные
и ЖК-дисплеи Planar®

Идеальное решение

для отображения данных в медицине,
промышленной автоматизации,
на транспорте, в военных системах,
информационных киосках

ЧЁТКО БЕЗОПАСНО
ЯСНО



PROSOFT®

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

Применение MMC-карт в микроконтроллерных системах

Олег Пушкарёв (г. Омск)

В статье описывается протокол управления, внутренняя структура и система команд MMC-карт, приводится схема и программа для микроконтроллера, реализующего обмен данными с MMC-картой.

ВВЕДЕНИЕ

MMC-карты (MultiMedia Card) широко применяются в разнообразной цифровой технике в качестве носителя информации большой ёмкости. Внешний вид такой карты показан на рис. 1. Основная сфера применения – цифровые фотоаппараты, сотовые телефоны, видеокамеры, карманные компьютеры. Ёмкость MMC-карт достигает 4 Гб. Наиболее широко на рынке представлены карты ёмкостью 128, 256 и 512 Мб. MMC-карты ёмкостью 64 Мб ещё встречаются в прайс-листах, но их цена лишь на пару долларов ниже карт ёмкостью 128 Мб. Цены на MMC-карты постоянно снижаются, и сейчас розничная цена карты ёмкостью 128 Мб менее 400 руб. Основные параметры MMC-карт приведены в табл. 1.

MMC-карты являются привлекательным устройством энергонезависимой памяти также для проектировщиков микроконтроллерных встраиваемых систем. Большая ёмкость, низкое напряжение питания, энергонезависимость памяти и простой интерфейс делают MMC-карту оптимальным носителем в тех приборах, где требуется хранить большие объёмы информации, например, в устройствах сбора данных, речевых информаторах, справочных системах. Физически па-

мять MMC-карты разбита на сектора по 512 байт. MMC-карты, как правило, имеют файловую систему FAT16, хотя разработчик сам волен выбирать структуру хранения своей информации. Подробное описание протоколов обмена и всех команд MMC-карт можно найти в Интернете [1, 2].

ОПИСАНИЕ ПРОТОКОЛА ОБМЕНА И СИСТЕМЫ КОМАНД

MMC-карта представляет собой функционально и конструктивно законченный модуль, содержащий массив памяти и управляющий микроконтроллер (см. рис. 2). Обмен данными возможен по двум протоколам: MMC и SPI. Протокол MMC обеспечивает большую скорость и возможность параллельного включения нескольких карт и является основным. Однако для встраиваемых применений более подходящим является протокол SPI, аппаратная реализация которого встречается во многих микроконтроллерах. Даже без наличия аппаратного модуля SPI этот протокол элементарно реализуется на программном уровне. SPI-протокол в MMC-картах является вторичным протоколом обмена, который, однако, позволяет выполнять все операции по записи и чтению данных. SPI-протокол является последователь-



Рис. 1. Внешний вид MMC-карты

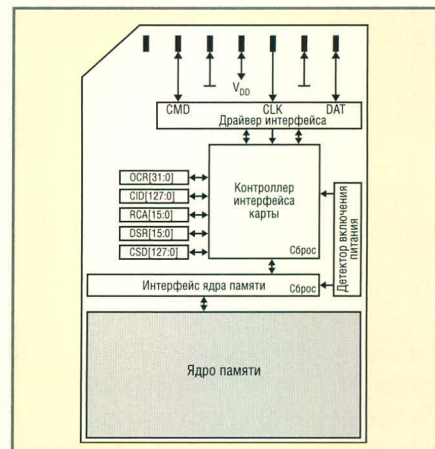


Рис. 2. Структурная схема MMC-карты

ным протоколом обмена данными по схеме ведущий/ведомый. Как и любое SPI-устройство, MMC-карта содержит четыре управляющие линии:

- CS – линия выбора MMC-карты (от микроконтроллера к MMC-карте);
- CLK – линия тактового сигнала (от микроконтроллера к MMC-карте);
- DataIn – линия принимаемых данных (от микроконтроллера к MMC-карте);
- DataOut – линия передачи данных (от MMC-карты к микроконтроллеру).

SPI-протокол является байт-ориентированным протоколом, т.е. передача данных идёт байтами и всегда синхронизирована с сигналом CS. Микроконтроллер выступает ведущим по отношению к MMC-карте, т.е. он является инициатором обмена и формирует тактовый сигнал. Передача байта идёт последовательно, по битам, начиная со старшего бита. Очередной бит при-

Таблица 1. Основные параметры MMC-карт

Параметры	Значение	Примечание
Размеры, мм (вес, г)	32 × 24 × 1,4 (1,5)	Есть уменьшенного размера (RS-MMC)
Ёмкость, Мб*	16, 32, 64, 128, 256, 512	
Скорость записи/чтения, Мб/с*	~3	Использовано оборудование: USB 2.0, карт-ридер, P4 – 2 ГГц
Тактовая частота, МГц	0...20	
Напряжение питания, В	2.7...3.6	В дальнейшем ожидается 1,8 В
Ток потребления, мА*	~40	При 3,6 В, в процессе записи/чтения
Размер сектора, байт	512	Файловая система – FAT16
Надёжность, циклов*	100 000	Цикл – запись и чтение
Рабочая температура, °C*	-25...+85	Температура хранения: -40...+85°C

* Данные для конкретного производителя/модели.



Рис. 3. Цоколёвка MMC-карты

нимается MMC-картой (и передаётся из MMC-карты) по положительному фронту тактового сигнала CLK («0» → «1»). Приём и передача байта происходит одновременно, т.е. когда микроконтроллер передаёт данные по линии DataIn, одновременно с этим принимаются данные по линии DataOut. Однако следует понимать, что не при каждой передаче принимаемые данные несут какую-либо информацию. Это свойство SPI-протокола, и микроконтроллер никак не использует поступающие в этот момент байты. В то же время, чтобы принять действительно актуальные данные (этот момент всегда известен, т.к. микроконтроллер полностью управляет обменом), микроконтроллер должен передать «пустой» байт (как правило, 0xFF). Ответом на передачу этого «пустого» байта и будут ожидаемые данные от MMC-карты.

Цоколёвка MMC-карты показана на рис. 3, а назначение выводов в режиме SPI приведено в табл. 2. Регистры MMC-карты (см. табл. 3) содержат различную информацию о параметрах карты – от рабочего напряжения питания до кодов ошибок текущей операции.

С точки зрения обмена данными MMC-карта принимает от микроконтроллера ряд команд, на которые она выдаёт либо ответы определённого типа, либо блоки данных. Ответ – R1, R2 или R3 – может состоять из одного, двух или пяти байтов. Формат обмена представлен на рис. 4. Блоки данных могут быть различной длины и состоят из стартового байта (0xFE), собственно данных (их длительность 1...N байт, где N определяется размером физического сектора, в большинстве случаев – 512 байт) и двух байт контрольной суммы. Контрольная сумма является опциональной в SPI-интерфейсе и, как правило, не исполь-

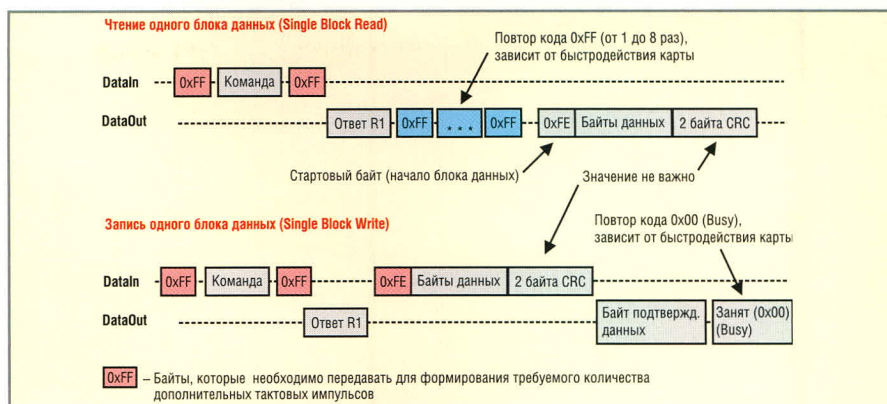


Рис. 4. Форматы обмена данными для разных команд

зуется для упрощения процедуры обмена. Значения двух байт контрольной суммы можно игнорировать, но сами эти байты должны обязательно передаваться/приниматься для соблюдения протокола обмена. Перед

передачей команды или после этого микроконтроллер должен выдавать не менее 8 тактовых импульсов по линии CLK, т.е. просто передавать «лишний» байт 0xFF. Значение сигнала CS в этот момент может быть как лог. 0, так и

Таблица 2. Назначение выводов MMC-карты в режиме SPI

Вывод	Наименование	Тип	Описание
1	CS	Вход	Выбор карты, активный «0» (Chip Select)
2	DataIn	Вход	Данные и команды от микроконтроллера
3	VSS1	Питание	Общий
4	VDD	Питание	Питание 2,7...3,6 В
5	CLK	Вход	Тактовый сигнал (Clock)
6	VSS2	Питание	Питание 2,7...3,6 В
7	DataOut	Выход	Данные и состояние (статус) от MMC-карты

Таблица 3. Регистры MMC-карты, доступные в режиме SPI

Имя регистра	Ширина, байт	Описание
CID	16	Идентификационные данные карты: серийный номер, ID производителя, дата производства, имя карты в виде ASCII-символов и т.п.
CSD	16	Информация об условиях работы: максимальная скорость доступа, максимальная длина блока данных, допустимые классы команд, ёмкость карты, максимальный ток потребления, возможность записи/чтения неполного блока данных и т.п.
OCR	4	Рабочее напряжение карты
STATUS	2	Причины ошибок (ошибки операции или неверно заданы параметры в команде)

Таблица 4. Некоторые команды MMC-карты, доступные в режиме SPI

Индекс	Аргумент	Ответ	Аббревиатура	Описание
CMD0	Нет	R1	GO_IDLE_STATE	Сброс
CMD1	Нет	R1	SEND_OP_COND	Запуск процесса инициализации карты
CMD9	Нет	R1	SEND_CSD	Запрос на чтение регистра CSD
CMD10	Нет	R1	SEND_CID	Запрос на чтение регистра CID
CMD12	Нет	R1	STOP_TRANSMISSION	Прекратить передачу (в процессе чтения нескольких блоков данных)
CMD13	Нет	R2	SEND_STATUS	Запрос на передачу регистра STATUS
CMD16	[31:0] длина блока	R1	SET_BLOCKLEN	Выбор длины блока (в байтах) для последующих команд по записи/чтению блоков данных
CMD17	[31:0] адрес начала данных	R1	READ_SINGLE_BLOCK	Прочитать один блок данных (длина предварительно может быть установлена CMD16)
CMD18	[31:0] адрес начала данных	R1	READ_MULTIPLE_BLOCK	Последовательная передача блоков данных от MMC-карты (чтение) до момента получения команды СТОП
CMD24	[31:0] адрес начала данных	R1	WRITE_BLOCK	Записать блок данных (длина предварительно может быть установлена CMD16)
CMD25	[31:0] адрес начала данных	R1	WRITE_MULTIPLE_BLOCK	Последовательная передача блоков данных к MMC-карте (запись) до момента получения команды СТОП
CMD27	Нет	R1	PROGRAM_CSD	Программирование регистра CSD (только допустимые биты)
CMD58	Нет	R3	READ_OCR	Запрос на чтение регистра OCR

Таблица 5. Структура ответа R1

Бит	Имя	Описание
7	—	Всегда «0»
6	Ошибка параметра команды (Parameter error)	Аргумент команды (например, адрес, длина блока) выходит за пределы, допустимые для данной карты
5	Ошибка адреса (Address error)	Адрес в команде не соответствует длине блока (например, не выровнен относительно начала сектора)
4	Ошибка стирания (Erase Sequence error)	Ошибка в команде стирания данных
3	Ошибка контрольной суммы (Com CRC error)	Ошибка CRC при передаче команды
2	Неверная команда (Illegal command)	Неверный код команды
1	Ошибка стирания (Erase reset)	Ошибка операции стирания (прервана до исполнения)
0	Режим простоя (Idle State)	Карта в режиме простоя, выполняется инициализация

Таблица 6. Структура второго байта ответа R2

Бит	Имя	Описание
7	Вне диапазона/ошибка перезаписи (Out of range/CSD_overwrite)	Аргумент команды выходит за пределы, допустимые для данной карты, или попытка записи бита регистра CSD, не предназначенного для записи
6	Ошибка параметра (Erase param)	Неправильное задание сектора или группы при стирании
5	Защита записи (Write protect violation)	Попытка записи блока, защищённого от записи
4	Ошибка коррекции (Card ECC failed)	Ошибка внутреннего контроллера карты при попытке коррекции ошибки
3	Внутренняя ошибка (CC error)	Ошибка внутреннего контроллера карты
2	Ошибка (Error)	Общая или неизвестная ошибка в процессе операции
1	Защита от записи/ошибка пароля (Write protect erase skip/lock-unlock command failed)	Попытка стирания сектора, защищённого от записи, или ошибка пароля в процессе блокировки/разблокировки карты
0	Блокировка (Card is locked)	Карта заблокирована пользователем

Таблица 7. Формат байта подтверждения данных (data response)

Номер бита	7	6	5	4	3	2	1	0
Значение	x	x	x	0	Статус*			1

*Значение битов [3:1] статуса (Status):
010 – данные приняты;
101 – данные не приняты из-за ошибки CRC;
110 – данные не приняты из-за ошибки записи.

лог. 1. При чтении блока данных после передачи команды ЧТЕНИЕ микроконтроллер принимает байты 0xFF до тех пор, пока не встретится байт 0xFE (стартовый байт блока данных). Любой иной байт (отличный от 0xFF), полученный в этот момент, будет

означать ошибку – это может быть, например, байт ошибки данных.

Все команды, воспринимаемые MMC-картой, имеют длину 6 байт. Индекс команды (порядковый номер) находится в битах [5:0] первого байта команды; биты [7:6] всегда содержат «0» и «1» соответственно. Следующие 4 байта содержат аргумент команды, например, 32-битный адрес первого байта данных. Последний байт команды содержит в битах [7:1] контрольную сумму, бит [0] всегда равен «1». В табл. 4 приведён ряд команд для MMC-карты, работающей в режиме SPI. Подробное описание протоколов и всех команд MMC-карт можно найти в [3, 4].

Таблица 8. Формат стартового байта при обмене данными

Тип	Операция	Номер бита							
		7	6	5	4	3	2	1	0
Start Block	Чтение одиночного блока (Single Block Read)	1	1	1	1	1	1	1	0
	Чтение множества блоков (Multiple Block Read)	1	1	1	1	1	1	1	0
	Запись одиночного блока (Single Block Write)	1	1	1	1	1	1	1	0
	Запись множества блоков (Multiple Block Write)	1	1	1	1	1	1	1	0
Stop Tran	Запись множества блоков (Multiple Block Write)	1	1	1	1	1	1	0	1

Таблица 9. Формат байта ошибки данных (data error token)

Номер бита	7	6	5	4	3	2	1	0
Значение	0	0	0	Card is locked*	Out of range*	Card ECC failed*	CC error*	Error*

*Соответствуют битам второго байта ответа R2.

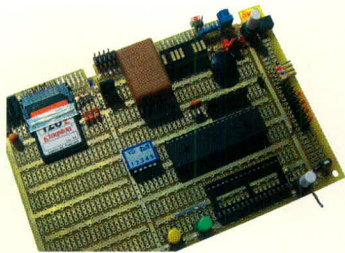


Рис. 5. Внешний вид макета устройства

MMC-карта после приёма команды выдаёт ответ, содержащий один, два или пять байт. Первым передаётся старший байт. Ответ формата R1 содержит один байт. Структура ответа приведена в табл. 5. Лог. 1 в бите означает наличие соответствующей ошибки или указанного состояния. Ответ R2 состоит из двух байт, причём первый байт ответа идентичен структуре ответа R1. Структура второго байта в ответе R2 приведена в табл. 6. Ответ R3 состоит из 5 байт. Первый байт идентичен ответу R1, остальные 4 байта представляют собой содержимое регистра OCR.

При записи данных в MMC-карту после получения блока данных карта отвечает байтом подтверждения данных. Формат этого байта представлен в табл. 7. Команды записи и чтения сопровождаются пересылкой блоков данных. Каждый блок данных начинается со стартового байта. Следующий за ним байт – это фактические данные. Завершаются фактические данные двумя байтами контрольной суммы (16 бит CRC). Так как в режиме SPI контрольную сумму можно не вычислять, значения этих двух байтов не имеют значения, но сами байты контрольной суммы обязательны для передачи или чтения. Формат стартового байта представлен в табл. 8. Если операция чтения данных завершилась неудачно и карта не может предоставить запрашиваемые данные, то она будет посылать байт ошибки данных. Формат этого байта представлен в табл. 9.

После подачи напряжения питания MMC-карта находится в режиме MMC, а не в режиме SPI. Для перевода карты в режим SPI и инициализации карты необходимо выполнить определённую последовательность действий:

- не выбирая MMC-карту (CS = 1) послать 80 импульсов по линии CLK (передать 10 байт 0xFF);
- выбрать MMC-карту (CS = 0);
- послать команду CMD0 (сброс);
- послать шесть байт команды: 0x40,0,0,0,0,0x95 (в этой команде контрольная сумма должна иметь

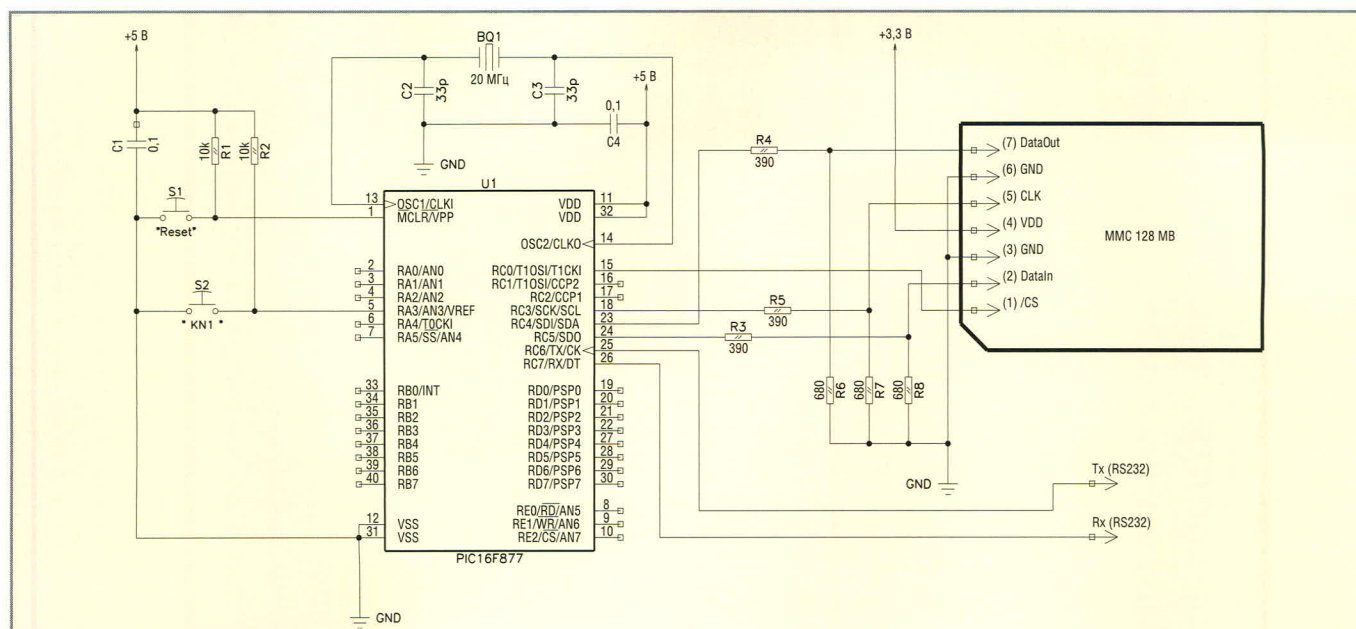


Рис. 6. Электрическая схема устройства

реальное значение (0x95), т.к. данная команда посылается в тот момент, когда MMC-карта находится в режиме MMC, а не SPI;

- дождаться правильного ответа 0x01;
- в цикле посылать команду CMD1 (инициализация) и ждать, когда будет получен ответ 0x00 (этот ответ означает, что карта инициализирована в режиме SPI и готова принимать команды).

ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ

В качестве примера рассмотрим работу устройства (см. рис. 5), в котором организован обмен данными между микроконтроллером PIC16F877 и MMC-картой Kingston 128 Мб. Электрическая схема устройства приведена на рис. 6.

На процессоре PIC16F877 реализована тестовая программа (файл MMC128.ASM в архиве MMC128.rar), демонстрирующая процесс обмена информацией с картой MMC. Тактовая частота работы устройства 20 МГц, частота шины SPI – 5 МГц. На резисторах R3 – R8 собрана схема, обеспечивающая уровни 5 и 3,3 В. Обратите внима-

ние, что MMC-карта питается от отдельного источника напряжением 3,3 В. Информация о процессе обмена выдётся на внешний терминал по протоколу RS-232 на скорости 115 Кбод. Линия приёма данных не используется. Для подключения к COM-порту компьютера необходимо поставить преобразователь уровня на микросхеме MAX232 или её аналоге. Можно также применить интерфейсный COM-кабель от любого сотового телефона. В качестве программы-приёмника используется программа Telemax либо терминал, встроенный в PC-часть используемого в кристалле загрузчика PIC-Tiny-Bootloader [5]. После нажатия на кнопку Reset программа инициализирует MMC-карту, выводит на экран содержимое её внутренних регистров и отображает содержимое сектора 0. Далее во все 512 байт сектора 1 производится запись символа «*» и содержимое этого сектора выводится на экран. Затем в сектор 1 записываются байты с кодами от 0 до 255, и содержимое этого сектора вновь отображается на экране. После этого программа останавливается. По нажатию на кнопку KN1 начинается последовательное отображение на экране содержимого всех секторов MMC-карты. Приостановить вывод на экран можно кнопкой KN1. Пример работы программы приведён на рис. 7.

Программа построена таким образом, что ёмкость применяемой карты (в данном случае 128 Мб) не влияет на её работу. При последовательном отображении содержимого всех секторов при выходе за адрес последне-

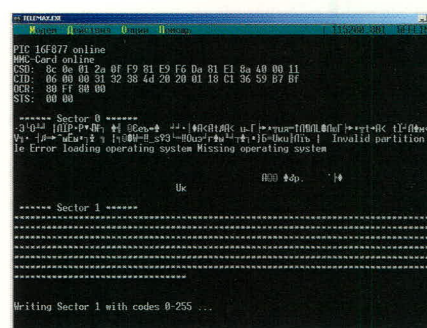


Рис. 7. Отображение результатов работы в программе Telemax

го физического сектора произойдёт ошибка чтения и на экран будет выведено соответствующее сообщение. Размер карты и количество секторов по 512 байт приведены в табл. 10.

Спецификация команд протокола MMC непрерывно развивается. Например, в версии 3.1 появились команды записи/чтения фиксированного количества секторов. Из MMC «выросли» такие стандарты, как SD (Secure Digital) и MMC-secure. Последние изменения в спецификациях MMC можно посмотреть на сайте [6].

ЛИТЕРАТУРА

1. www.sandisk.com/pdf/oem/ProdManualMMCv5.2.pdf.
2. www.vvm.com/~darkwing/PDF/mmcssystem_3-1.pdf.
3. www.sandisk.com/pdf/oem/ProdManualMMCv5.2.pdf.
4. www.vvm.com/~darkwing/PDF/mmcssystem_3-1.pdf.
5. www.etc.ugal.ro/cchiculita/software/pic-bootloader.htm.
6. www.mmca.org.

Таблица 10. Ёмкость MMC-карты и соответствующее число секторов

Ёмкость, Мб	Физическое число секторов	Адрес последнего сектора
16	31360	00 F4 FE 00
32	62720	01 E9 FE 00
64	125440	03 D3 FE 00
128	250880	07 A7 FE 00
256	501760	0F 4F FE 00
512	1003520	1E 9F FE 00

Сеть сбора данных и управления на базе многофункциональных криптозащищённых радиосенсоров

Александр Елисеев (г. Вильнюс, Литва)

Порой перед разработчиком встаёт задача создания системы беспроводной передачи данных от удалённых датчиков, измерителей, выключателей и т.д. При этом исполнение должно быть недорогим, а разработка – быстрой. Открытый проект, описанный в статье, представляет собой одну из попыток решения такой задачи с ориентацией на доступность элементной базы.

ВВЕДЕНИЕ

Как-то у прилавка радиомагазина взгляд автора задержался на малогабаритных модулях для передачи данных на частоте 433,92 МГц, а также недорогих микроконтроллерах ATMEGA8. Микроконтроллеры серии AVR фирмы Atmel, к которым относятся и ATMEGA8, имеют простую и легко осваиваемую новичками архитектуру и при этом снабжены доступным и обширным набором инструментов разработки. Эта элементная база, а также цифровые термодатчики DS18S20, которые не требуют калибровки и могут быть объединены в сеть, и послужили основой для создания описываемой системы беспроводного сбора данных с датчиков.

СОСТАВ, НАЗНАЧЕНИЕ И ХАРАКТЕРИСТИКИ СИСТЕМЫ

Физически радиосеть сбора данных состоит из нескольких (до 8) радиосенсоров, имеющих автономное питание, с подключёнными к ним внешними датчиками, а также одного центрального приёмно-управляющего модуля. Радиосенсоры периодически посылают пакеты данных, которые принимаются центральным модулем (ЦМ). Центральный модуль может выдавать управляющие сигналы на внешние исполнительные уст-

ройства в соответствии с сигналами от радиосенсоров или по запросу передавать накопленную информацию через проводной последовательный интерфейс на другие устройства или компьютер.

Система может применяться для считывания информации с рядом расположенных (в пределах 100...200 м) подвижных объектов – автомобилей, прицепов, машины возле дома, поплавков, контейнеров, конвейеров, датчиков температуры пациентов в больнице и т.д. С другой стороны, система может быть применена для множественного доступа из разных точек к одному исполнительному устройству, например, электрозамку или выключателю освещения.

РАДИОСЕНСОРЫ

Радиосенсор построен на основе микроконтроллера (МК) ATMEGA8 и модуля передатчика TX433N (см. рис. 1). К радиосенсору может быть подключена локальная проводная сеть датчиков с интерфейсом 1-Wire (в данной версии на шину 1-Wire подключаются цифровые температурные датчики DS18S20 фирмы Maxim Integrated Products, имеющие точность $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ и диапазон измерения $-55...125^{\circ}\text{C}$). Шина 1-Wire может объединять множество датчиков, образуя сеть. В момент включения радиосенсора программа МК способна идентифицировать разнообразные устройства, подключаемые на шину 1-Wire: АЦП, цифровые потенциометры, часы реального времени, различные типы памяти и известные под маркой iButton® электронные ключи (в

текущей версии обрабатываются только данные с температурных датчиков).

Радиосенсор способен также измерять напряжения на встроенных аналоговых входах и передавать их значения. Аналоговые входы рассчитаны на диапазон входного напряжения 0...10 В и входное сопротивление не менее 10 кОм. АЦП, подключённый к аналоговым входам, имеет разрешение 10 бит. Входы могут использоваться для подключения датчиков с аналоговыми и цифровыми выходами по напряжению. Для обеспечения точности измерения радиосенсор снабжён функцией калибровки аналоговых входов.

Для универсальности применения радиосенсоры выполнены так, что могут питаться от внешнего или автономного источника питания с напряжением 3,6...5 В. Для уменьшения потребляемой энергии радиосенсоры считывают информацию с температурных датчиков и аналоговых входов в течение короткого времени через определённые промежутки, находясь всё остальное время в выключенном («спящем») состоянии. Периодичность выхода из выключенного состояния определяется работой внутреннего сторожевого таймера МК.

Поскольку в радиосети может одновременно работать несколько передатчиков, во избежание конфликтов, связанных с одновременной передачей данных радиосенсорами, применён способ случайного генерирования длительности пауз между периодами их активности. Для этого в радиосенсорах применяется программный генератор случайных чисел (ГСЧ). Разное время включения радиосенсоров обеспечивает достаточно хорошую рандомизацию ГСЧ, но для её усиления применён способ формирования начальной комбинации ГСЧ на основе уникального кода первого обнаруженного датчика DS18S20 в сети 1-Wire.

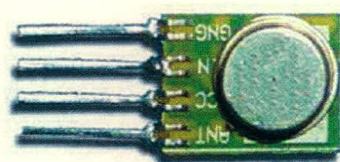


Рис. 1. Модуль передатчика TX433N

Для сосуществования сети радиосенсоров вблизи других аналогичных сетей (например, в многоквартирном доме) реализовано кодирование передаваемых пакетов на основе 4-байтного ключа с помощью криптоалгоритма RC4 (Ron's Code 4). Приёмник одной радиосети, не зная ключа, не может случайно или намеренно принять и расшифровать пакеты, выдаваемые радиосенсорами другой сети.

Целостность передаваемых пакетов контролируется с использованием контрольной суммы, а для уменьшения вероятности ложного приёма применено специальное кодирование преамбулы пакета.

Радиосенсоры в сети идентифицируются по своим номерам, которые передаются в каждом пакете. Номер задаётся перемычками на плате радиосенсора. В сети может работать до восьми радиосенсоров.

Для немедленной активизации в ответ на некоторые события радиосенсоры снабжены двумя цифровыми входными линиями. При спаде сигнала на любой из этих линий ниже 1,5 В радиосенсоры переходят в рабочее состояние и начинают передачу сигнала с информацией о состоянии этих линий. Центральный модуль в ответ на принятое сообщение без задержек способен дать соответствующий сигнал внешнему исполнительному устройству. Используя эту возможность, можно построить,

например, удобную систему управления освещением на беспроводных автономных выключателях.

Ряд параметров радиосенсора может быть изменён с компьютера или другого устройства через встроенный последовательный интерфейс. Параметры можно либо изменить временно (до следующего включения) только в ОЗУ МК радиосенсора, либо сделать изменения постоянными с сохранением их в EEPROM МК.

При редактировании параметров применяется простой протокол командной строки, поддерживаемый многими программами, например HyperTerminal.

При включении радиосенсора программа МК проверяет целостность данных в EEPROM подсчётом контрольной суммы и в случае сбоя возвращает параметры в состояние по умолчанию.

Технические характеристики радиосенсора версии 1.0:

Напряжение питания номинальное	... 5 В
Ток потребления	
в активном режиме	... 27 мА
Ток потребления	
в пассивном режиме	... 64 мкА
Выходная мощность	
радиопередатчика	... 10 мВт
Частота работы	
радиопередатчика	... 433,92 МГц
Пределы регулировки	
скорости передачи	... 100...2000 бод

Тип модуляции

при передаче пакетов	Манчестер
Длина пакетов (фиксированная)	..11 байт
Длина преамбулы	2 байта
Максимальное количество устройств	
на шине 1-Wire	4
Количество аналоговых входов	6
Диапазон напряжения	
на аналоговых входах	0...10 В
Входное сопротивление	
аналоговых входов	10 кОм
Скорость работы последовательного	
интерфейса	115 200 бод
Формат данных последовательного	
интерфейса	8, N, 1
Диапазон номеров радиосенсоров	...0...7
Температура эксплуатации	
(оценочно)	-20...+50°C

Регулируемые параметры радиосенсора и их значения по умолчанию приведены в таблице 1. При редактировании параметров радиосенсора через терминал компьютера можно использовать команды, приведённые в таблице 2. Все команды должны заканчиваться нажатием клавиши Enter.

Калибровка АЦП микроконтроллера радиосенсора заключается в том, что в его специальный параметр REFCOD записывается код преобразования АЦП для известного входного напряжения. Например, можно подать на аналоговый вход 1 радиосенсора напряжение 2,5 В. Определить код АЦП можно по команде «^». Код первого входа будет в первой строчке

Таблица 1. Регулируемые параметры радиосенсора и их значения по умолчанию

Мнемоника в протоколе	Значение по умолчанию	Описание
WDTPER	7	Установка предделителя сторожевого таймера (WDT) микроконтроллера ATMEGA8. Определяет, с какой частотой происходит активизация микроконтроллера. Возможные значения задания периода активизации: 0 – 16 мс, 1 – 32 мс, 2 – 65 мс, 3 – 0,13 с, 4 – 0,26 с, 5 – 0,52 с, 6 – 1 с, 7 – 2,1 с
WDTDVC	2	Определяет, какая по счёту активизация сторожевого таймера вызовет процедуру считывания датчиков и отправки радиопакета. После выполнения процедуры считывания-отправки счёт начинается заново. Допускаются значения от 0 до 255
WDTDVV	0	Максимальная величина вариации. Вариация – это случайное целое число, добавляемое к WDTDVC после каждой активизации процедуры считывания-отправки при расчёте реального числа активизаций WDT до следующей процедуры считывания-отправки. Допускаются значения от 0 до 255
BTRATE	16000	Величина, определяющая скорость передачи радиопакетов. Равна числу тактов осциллятора, формирующих интервал в половину бита. В версии 1.0 частота осциллятора равна 16 МГц. Допускаются значения от 4000 до 65 535. Величина 16 000 означает скорость передачи 500 бод
SFLAGS	0	Системные флаги. При представлении в двоичном виде, начиная счёт справа налево: 0 бит – единица означает отключение отправки информации о состоянии аналоговых входов; 1 бит – единица означает отключение отправки информации с температурных датчиков; 3 бит – единица означает отключение реакции на цифровые входы; 4 бит – указывает, что вместо кода состояния 1-го аналогового канала будет передаваться калибровочная константа АЦМ
PREAMB	0xD9C2	Код преамбулы. Изменением кода преамбулы можно усилить защиту от влияния соседних сетей. Изменять можно только на специальные рассчитанные значения
REFCOD	999	Калибровочная константа АЦМ
KEYCOD	999	Ключ шифрования для алгоритма RC4. Должен быть идентичен ключу приёмника

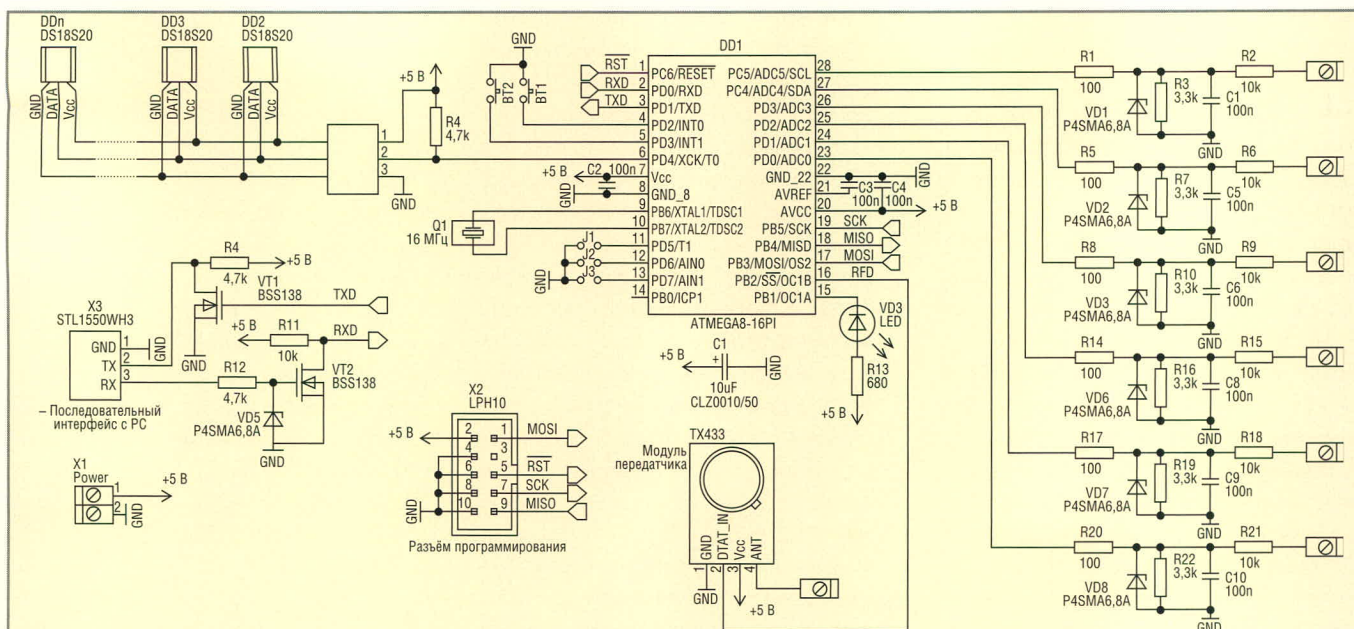


Рис. 2. Схема макета радиосенсора

списка. Необходимо этот код записать в параметр REFCOD. Далее этот код может быть передан в пакете с данными на центральный модуль (см. параметр SFLAGS). Таким образом устройства, принимающие данные от радиосенсоров, могут провести корректировку полученных значений в соответствии с калибровочным кодом каждого радиосенсора.

Принципиальная схема радиосенсора

На рисунке 2 изображена схема макета радиосенсора. Микроконтроллер DD1 программируется на плате через разъём X2. К разъёму X3 через интерфейс RS-232 может подключаться РС. Большинство настольных компьютеров будет работоспособно с такой схемой.

Кнопки ВТ1 и ВТ2 подают сигнал на цифровые входы радиосенсора.

Контакты 23...28 микроконтроллера DD1 служат аналоговыми входами.

Перемычками J1..J3 задаётся номер радиосенсора в сети (они должны различаться).

Светодиод VD4 загорается в моменты передачи пакетов. В режиме настройки параметров он непрерывно мигает.

Радиосенсор работает от кварцевого резонатора частотой 16 МГц. Такая частота выбрана для технологического удобства. Для улучшения энергетических параметров радиосенсора частота кварцевого резонатора должна быть уменьшена. Этого можно добиться небольшими изменениями в программе. Без значительных трудностей с профайлингом программы на Си можно уменьшить частоту до 4 МГц.

Оптимизация энергопотребления радиосенсора

Для энергосбережения МК радиосенсора использует возможность выхода из выключенного состоя-

ния по сигналу от сторожевого таймера (WDT).

После подачи питания МК, выполнив начальные процедуры инициализации и отправив первые пакеты с данными, входит в режим Power down. В этом режиме прекращается работа кварцевого генератора и останавливается тактирование внутреннего процессора и периферии, но продолжает работать внутренний RC-генератор WDT. Энергопотребление радиосенсора в выключенном состоянии (см. рис. 3) в основном обусловлено током, потребляемым этим генератором.

Через некоторое время WDT выдаёт сигнал, включающий кварцевый генератор и активизирующий процессор. Для стабилизации генератора схема МК отработывает задержку около 5 мс. В это время ток потребления радиосенсора значительно увеличивается (см. рис. 4).

Чаще всего радиосенсор должен находиться в выключенном режиме гораздо дольше периода следования сигналов активизации от WDT. Для этого в программе ведётся счётчик включений, по достижении определённого значения которого программа инициирует рабочий цикл радиосенсора; в ином случае программа сразу же переводит МК обратно в режим Power down. Контрольное значение счётчика пересчитывается программой по определённому алгоритму после каждого рабочего цикла.

Длительность рабочего цикла радиосенсора, в течение которого он считывает информацию с темпера-

Таблица 2. Команды редактирования параметров радиосенсора

Символы команды	Описание действия
[Мнемоника]=[новое значение]	Редактирование параметра. Новое значение может быть введено в десятичном или шестнадцатеричном виде (с префиксом 0x)
«?»	Вызов значений всех рабочих параметров из RAM
«+»	Сохранить параметры в EEPROM из RAM
«—»	Восстановить параметры из EEPROM в RAM
«*»	Восстановить параметры по умолчанию в RAM
«#»	Показать номер радиосенсора
«.»	Выйти из режима редактирования
«^»	Показать результаты измерения всех аналоговых каналов

* Все команды должны заканчиваться нажатием клавиши Enter.

турных датчиков и аналоговых входов и посылает радиопакеты, в основном зависит от их количества и скорости передачи. Один радиопакет имеет длину 104 бита. Для каждого температурного датчика посылается свой пакет плюс отдельный пакет с информацией об аналоговых входах.

Установкой рабочих параметров можно увеличить скорость передачи пакетов и уменьшить их количество. Но увеличивать скорость выше 1000 бод не рекомендуется из-за возможного ухудшения качества связи.

По экспериментальным данным, при скорости 500 бод и отправке одного пакета длительность рабочего цикла равна 215 мс.

Вклад температурных датчиков DS18S20 в ток потребления в выключенном состоянии – не более 2 мА, а в активном режиме – не более 2 мА (в течение незначительной доли времени рабочего цикла).

Модуль передатчика в выключенном состоянии практически не вносит влияния, а в режиме передачи потребляет 5...8 мА при напряжении питания 3,6...5 В соответственно (см. рис. 5).

Опираясь на представленные данные, легко вычислить необходимую ёмкость элемента питания для автономной работы радиосенсора в течение заданного времени.

Так, например, при напряжении питания 3,6 В и активизации радиосенсора каждые 30 с на время 215 мс ёмкости литиевой батареи фирмы Tadiran размера AA будет достаточно для непрерывной работы радиосенсора в течение 555 дней.

Ещё лучшие энергетические параметры может дать снижение частоты кварцевого резонатора до 4 МГц (дальнейшее снижение частоты не приводит к существенной экономии, поскольку в этом случае будет доминировать ток радиопередатчика).

ЦЕНТРАЛЬНЫЙ МОДУЛЬ

Центральный модуль (в дальнейшем ЦМ) построен на основе МК

ATMEGA8 и модуля приёмника RX433 (см. рис. 6). Его задача – непрерывный приём пакетов, поступающих по эфиру от удалённых радиосенсоров, размещение их информационного содержания во внутренней памяти и выдача накопленной информации по запросу внешних устройств через последовательный интерфейс.

В случае поступления пакетов с информацией о состоянии цифровых входов радиосенсоров ЦМ немедленно переключает состояние своих соответствующих цифровых выходов.

Центральный модуль снабжён алфавитно-цифровым ЖКИ (в данной версии приёмника индикатор используется для тестирования).

Как и радиосенсор, некоторые рабочие параметры ЦМ можно модифицировать через последовательный интерфейс с компьютера (см. табл. 3). Как и в радиосенсорах, рабочие параметры имеют значения по умолчанию, восстанавливаемые в случае сбоя во внутреннем EEPROM микроконтроллера.

При редактировании параметров центрального приёмника через терминал компьютера можно использовать команды, перечисленные в таблице 4.

Технические характеристики центрального приёмника версии 1.0:

Напряжение питания	номинальное	5 В
Ток потребления	0,25 мА	
Частота работы	радиоприёмника	433,92 МГц
Пределы регулировки скорости	передачи	100...2000 бод
Тип модуляции при передаче	радиопакетов	Манчестер
Длина принимаемых пакетов	(фиксированная)	11 байт
Длина преамбулы	2 байта	
Максимальное количество	обслуживаемых радиосенсоров	4
Скорость работы последовательного	интерфейса	115 200 бод

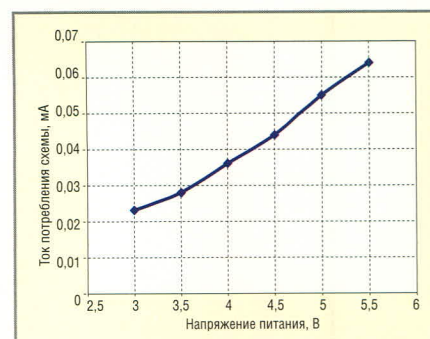


Рис. 3. Результаты измерений тока потребления радиосенсора в выключенном состоянии

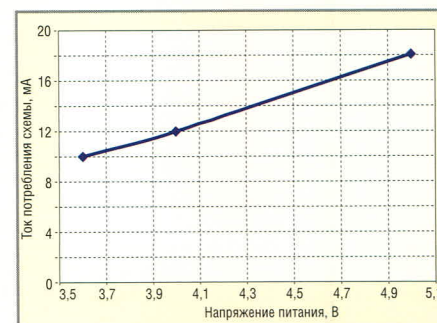


Рис. 4. Результаты измерений тока потребления радиосенсора в момент активизации WDT

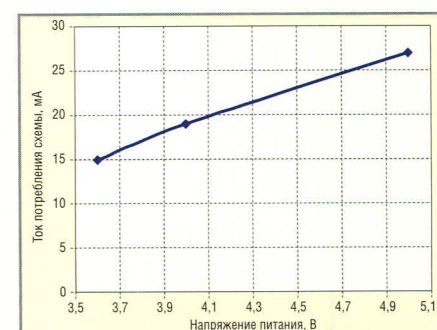


Рис. 5. Результаты измерений тока потребления радиосенсора в рабочем цикле

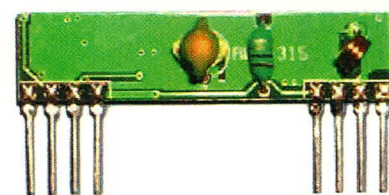


Рис. 6. Модуль приёмника RX433

Формат данных последовательного	интерфейса	.8, N, 1
Температура эксплуатации	(оценочно)	–20...+50°C

Таблица 3. Регулируемые параметры ЦМ и их значения по умолчанию

Мнемоника в протоколе	Значение по умолчанию	Описание
BTRAT	16000	Величина, определяющая скорость передачи радиопакетов. Равна числу тактов осциллятора, формирующих интервал в половину бита. В версии 1.0 частота осциллятора равна 16 МГц. Допускаются значения от 4000 до 65 535. Величина 16 000 соответствует скорости передачи 500 бод
PREAMB	0xD9C2	Код преамбулы. Изменением кода преамбулы можно усилить защиту от влияния соседних сетей. Изменять можно только на специальные рассчитанные значения
KEYCOD	999	Ключ шифрования для алгоритма RC4 должен быть идентичен ключу приёмника
DEVADR	1	Адрес устройства в протоколе MODBUS



Рис. 7. Структура пакета, принимаемого ЦМ по протоколу MODBUS в режиме ASCII



Рис. 8. Интерпретация полей блока данных функции 3

Дистанция уверенного приёма центральным модулем сигналов радиосенсоров в прямой видимости по результатам испытаний в городских условиях составила 100...150 м. Напряжение питания приёмника и передатчика при этом равнялось 5 В, а в качестве антенн применялись свободно свисающие отрезки провода длиной 20 см.

Внутри зданий уверенный приём сохранялся в пределах нескольких десятков метров на уровне одного этажа и в пределах 3–4 этажей – по вертикали.

ЦМ взаимодействует с внешними устройствами по сокращённой версии протокола MODBUS в качестве подчинённого устройства в режиме ASCII. Этот протокол канального уровня широко известен в среде разработчиков систем промышленной автоматизации и поддерживается большим количеством различных устройств. Он очень прост в реализации и хорошо описан, а потому логично было использовать его в качестве протокола передачи данных для возможной интеграции ЦМ в существующие системы.

При нормальной работе ЦМ обрабатывает пакеты MODBUS (см. рис. 7), поступающие по последовательному интерфейсу, и в случае приёма сим-

вола ESC (шестнадцатеричное 0x1B), например, из программы HyperTerminal, ЦМ переходит в режим редактирования параметров. Выход из режима также осуществляется по приходу символа ESC.

Описание протокола MODBUS даётся на сайте журнала. ЦМ обрабатывает только одну функцию протокола – 03 (чтение 2-байтных регистров). С помощью этой функции устройство может прочесть содержимое трёх массивов: идентификаторов температурных датчиков DS18S20, значений температуры с них и массива состояний аналоговых входов с радиосенсоров.

Интерпретация полей блока данных при запросе выполнения функции 3 внешним устройством показана на рисунке 8. Первые два символа кодируют тип данных, указывая, элемент какого массива требуется прочесть. Третий и четвёртый символы задают 1-й и 2-й индексы двумерного массива с данными. Первый индекс задаёт номер радиосенсора, а второй – номер температурного датчика или аналогового входа. Индексация начинается с нуля.

Принята следующая кодировка поля типа данных:

- 1 – идентификаторы температурных датчиков;
- 2 – значения температур;

- 3 – значения с аналоговых входов (АЦП) удалённых датчиков.

Поле «количество читаемых регистров» должно содержать 1 при чтении температуры и значений АЦП, поскольку они выражаются 2-байтными величинами, и 3 – при чтении идентификаторов, поскольку они состоят из 6 байт.

Температура представляется в оригинальном формате, в котором она передаётся температурными датчиками, – с младшим байтом впереди.

Значения АЦП представляются также в формате с младшим байтом впереди.

Идентификаторы представлены шестью байтами вместо восьми, которые обычно выдаются 1-Wire-устройствами (отбрасываются коды семейства устройств и контрольная сумма).

Принципиальная схема центрального модуля

На рисунке 9 изображена схема макета центрального модуля (ЦМ).

Центральный модуль выполнен на основе микроконтроллера ATMEGA8 и приёмного модуля RX433.

Модуль RX433 построен по 2-транзисторной сверхрегенеративной схеме с компаратором на операционном усилителе LM358. Чувствительность модуля –106 дБм, что приблизительно равно 1 мкВ при 50-Ом антенне. Полоса захвата сигнала – 1 МГц. Экспериментальные измерения показали, что модуль способен принимать данные со скоростью до 10 кбит/с.

Широкая полоса захвата и работа на частоте сигнала, широко используемой различными системами охраны и телеуправления, приводит к тому, что на выходе приёмного модуля постоянно присутствует непрерывно изменяющийся цифровой сигнал.

Микроконтроллер DD1 анализирует цифровой сигнал, поступающий с приёмного модуля, обнаруживает в нём радиопакеты сенсоров, декодирует их и сохраняет информацию во внутренней памяти.

В случае прихода радиопакетов от цифровых входов радиосенсоров МК переключает состояние ключей VT2, VT3 в зависимости от того, бит какого из входов выставлен в единицу (соответствует нажатию кнопок VT1 и VT2 на макете радиосенсора).

Светодиод VD1 загорается в момент приёма и обработки принятого радиопакета.

Таблица 4. Команды редактирования параметров центрального приёмника

Символы команды	Описание действия
[Мнемоника]=[новое значение]	Редактирование параметра. Новое значение может быть введено в десятичном или шестнадцатеричном виде (с префиксом 0x)
«?»	Вызов значений всех рабочих параметров из RAM
«+»	Сохранить параметры в EEPROM из RAM
«—»	Восстановить параметры из EEPROM в RAM
«*»	Восстановить параметры по умолчанию в RAM
«.»	Выйти из режима редактирования

* Все команды должны заканчиваться нажатием клавиши Enter.

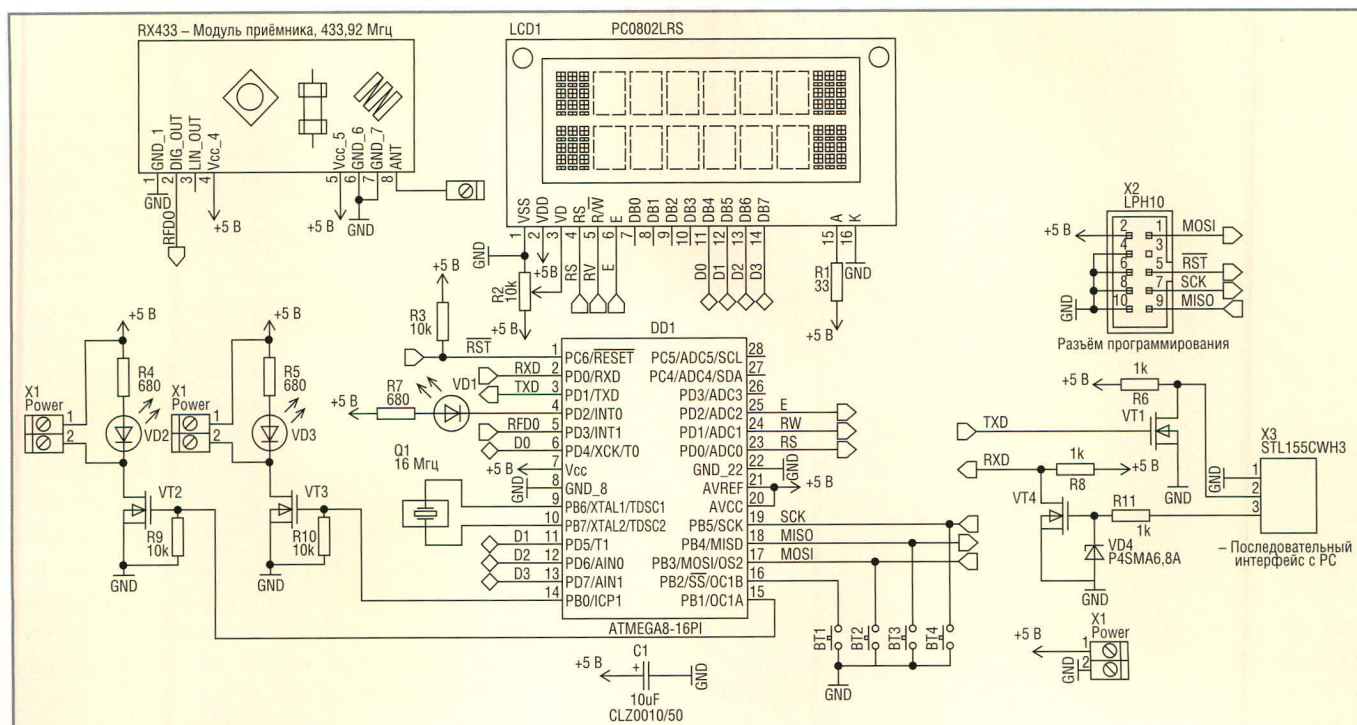


Рис. 9. Схема макета центрального модуля

МК центрального приёмника, так же как и МК радиосенсора, программируется на плате через разъём X2.

Действие декодера радиопотока

Платой за дешевизну модулей передатчика и приёмника (TX433N, RX433) является сильная зашумленность принимаемого сигнала. Специальный радиопrotocol, разработанный для этого проекта, позволяет ослабить влияние помех, сопутствующих приёму такого сигнала.

Структура радиопотока базируется на нескольких принципах:

- пакетная передача с фиксированной длиной;
- обнаружение пакетов и синхронизация на основе кодированной преамбулы;
- манчестерское кодирование информационных битов;
- дополнительная выборка;
- точно известная скорость передачи данных.

Фиксированная длина пакетов и известная скорость передачи упрощают структуру декодера и повышают вероятность декодирования данных.

Манчестерское кодирование удаляет из сигнала постоянную составляющую, что улучшает работу компаратора приёмного модуля. При таком кодировании «1» представляется спадом сигнала, а «0» – подъёмом. Спад или подъём располагаются посереде-

не интервала передачи бита, а в начале интервала производится переключение уровня сигнала так, чтобы через полбита можно было выполнить спад или подъём.

Кодированная преамбула позволяет синхронизировать приём и повышает вероятность обнаружения пакетов данных, искажённых помехами, одновременно снижая вероятность ложного обнаружения пакетов при их отсутствии в условиях непрерывного шумового потока. В преамбуле используется NRZ-кодировка; передаётся она со скоростью вдвое большей, чем информационные биты. Преамбула специально вычислена на основе ряда критериев, один из которых – минимальные побочные максимумы автокорреляционной функции, а другой – минимальная кросс-корреляция на всём множестве возможных двоичных кодов с манчестерским кодированием. Вычисления для 16-битной преамбулы легко выполнить прямым перебором.

При дополнительной выборке декодер принимает отсчёты с гораздо большей частотой, чем частота передачи битов информации. Это позволяет применить корреляционные методы при декодировании битов, повышая, таким образом, помехоустойчивость приёма.

На рисунке 10 изображена диаграмма, поясняющая принцип действия декодера радиопотока. Зе-

лёным цветом обозначен цифровой поток из модуля приёмника RX433. Микроконтроллер ЦП выполняет выборку двоичного сигнала из этого потока со скоростью, в 8 раз превышающей скорость передачи битов. Таким образом, за время передачи одного бита МК принимает 8 отсчётов сигнала, а за время передачи преамбулы – 64 отсчёта.

На начальном этапе в МК ЦП непрерывно выполняется процедура корреляции входного потока отсчётов с 64-битным шаблоном преамбулы. Для двоичного сигнала это сумма значений битов, получившихся после побитной операции сложения по модулю 2 текущего буфера входных отсчётов и битов шаблона.

Если значение корреляции достигает некоторой контрольной границы, МК принимает решение о начале приёма битов данных и запускает процедуру корреляции с шаблоном бита, равного 1. В качестве точки привязки для отсчёта битовых интервалов берётся точка максимума на корреляционной функции преамбулы, после того как она превысила контрольную границу. В конце каждого битового интервала, через каждые 8 отсчётов, МК принимает решение о значении принятого бита. Корреляция больше трёх означает приём «1», в противном случае – «0».

Как видно, при приёме бита возможно искажение значений до трёх из

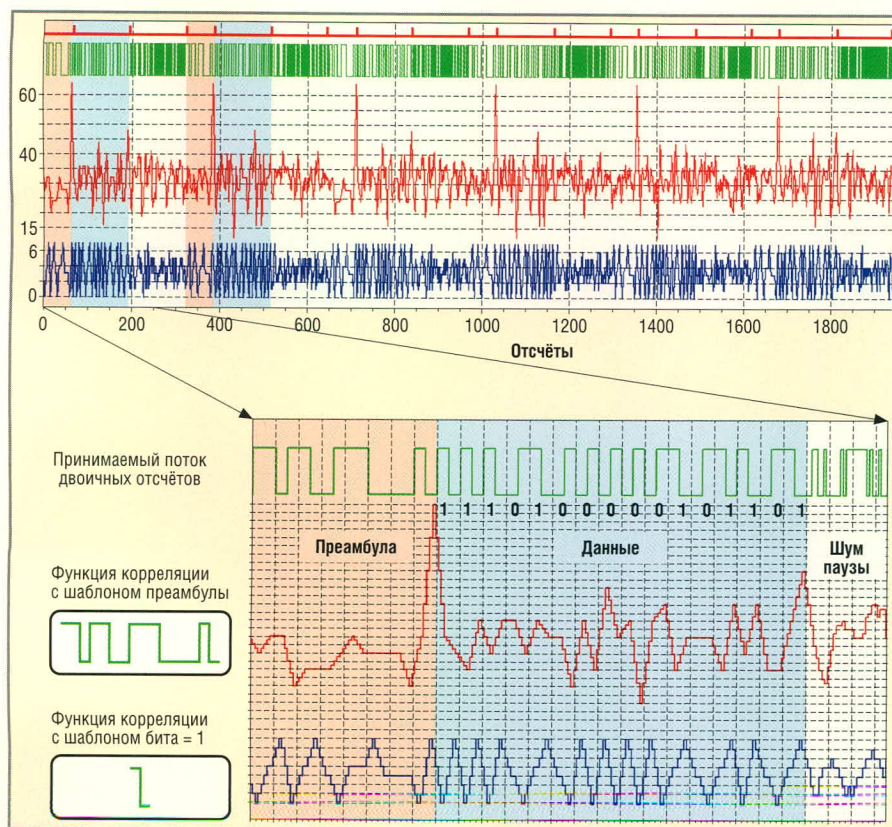


Рис. 10. Диаграмма, поясняющая принцип действия декодера радиопотокола

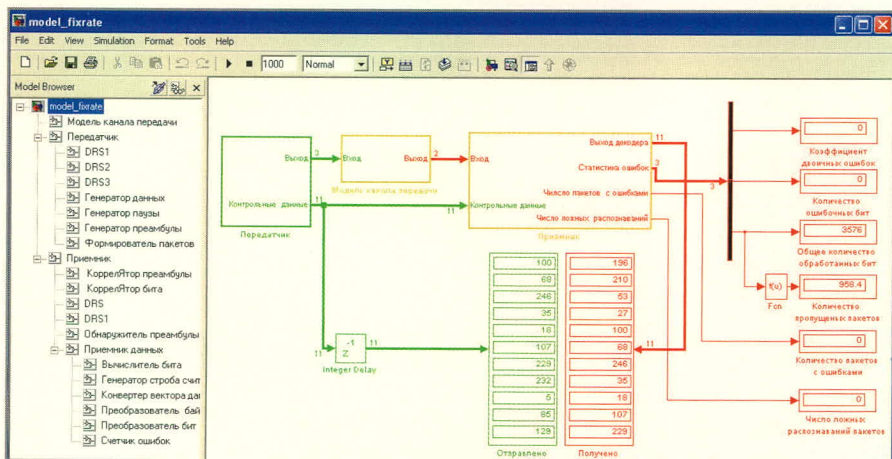


Рис. 11. Модель системы передатчик–радиоканал–приёмник

восьми отсчётов без возникновения ошибки. Относительная доля искажённых значений отсчётов при приёме преамбулы должна быть меньше, поскольку она служит ещё и источником синхронизации. В связи с этим оправданно выбирать граничное значение детектирования преамбулы на 5–6 единиц меньше значения её пика (в данном случае 58–59).

Моделирование декодера радиопотокола

Для количественной оценки преимуществ, которые даёт описанный выше алгоритм работы декодера, в пакете моделирования SIMULINK для среды MATLAB 7 была разработана

модель (см. рис. 11). Файлы модели можно найти на сайте журнала.

Модель состоит из трёх основных составляющих: моделей передатчика, канала передачи и приёмника.

Модель передатчика формирует поток двоичных данных, по формату повторяющийся поток, излучаемый реальным передатчиком. Модель передатчика позволяет легко варьировать такие параметры, как количество байт в пакете, количество формируемых пакетов до завершения работы модели, скорость передачи, код преамбулы. Перечисленные параметры можно редактировать в рабочем пространстве (Workspace) MATLAB. Модель может выдавать пакеты как со случайными

данными, так и с данными, заданными вручную в подсистеме генератора пакетов.

Поток данных модели передатчика вместе со служебными сигналами и контрольными данными организуется в две шины и передаётся к приёмнику, проходя через модель канала передачи.

В модели канала передачи имитируется шум, наблюдающийся на выходе приёмника в паузах, и несколько меньший шум – во время приёма данных. Вероятности обоих шумовых составляющих можно изменять из рабочего пространства MATLAB.

Модель приёмника восстанавливает из входного двоичного потока пакет данных и выводит его на дисплей рядом с панелью, отображающей контрольный пакет. Попутно в модели приёмника производится сравнение декодированных и контрольных данных, и на дисплей выводится статистика процесса декодирования. Наиболее важные параметры статистики – количества пропущенных пакетов и повреждённых пакетов при заданном общем количестве переданных пакетов.

В модели приёмника самым интересным регулируемым параметром является коэффициент дополнительной выборки (Oversampling), обозначаемый переменной k в рабочем пространстве MATLAB. Этот коэффициент означает количество отсчётов в приёмнике, приходящихся на один бит данных. От его величины в наибольшей степени зависит помехоустойчивость приёмника. Поскольку от этого коэффициента зависят векторы (в терминологии MATLAB) шаблонов преамбулы и бита данных, а также границы принятия решений, его нежелательно менять непосредственно в рабочем пространстве MATLAB; для этого нужно поменять соответствующее значение в файле `initmod.m` в директории файлов модели. Указанный файл всегда выполняется при загрузке модели. Он создаёт в рабочем пространстве MATLAB переменные и рассчитывает зависимые параметры. После изменения в нём коэффициента дополнительной выборки в командной строке MATLAB нужно выполнить команду `«initmod»`.

Структура модели приёмника не повторяет структуру программы в МК центрального модуля. Модель приёмника воспроизводит только алгоритм обработки данных в реальном приёмнике и при этом даёт очень важные результаты, влияющие на приня-

тие решений по выбору того или иного варианта радиопrotocola.

Для запуска модели нужно сделать текущей директорию с файлами модели и в командной строке MATLAB ввести команду «start_model_fixrate».

Программное обеспечение и программирование МК

Проекты программ радиосенсора и ЦП, находящиеся на сайте, написаны на Си для среды разработки IAR Embedded Workbench, которая включает версию-компилятор IAR C/C++ Compiler for AVR 4.10A/W32.

Для бесплатного скачивания на сайте фирмы IAR помимо прочих доступна 30-дневная оценочная версия среды разработки IAR Embedded Workbench для AVR. Её возможностей хватает, чтобы скомпилировать приведённые проекты.

В среде разработки IAR используют файлы рабочего пространства проектов с расширением «eww» при загрузке проектов. Для радиосенсора и ЦП используются разные файлы рабочего пространства, но с одинаковыми опциями в свойствах проекта:

- General options

- Processor configuration = ATmega8
- Memory model = small
- System configuration = no use dialog
- Library Configuration = CLIB
- Printf formatter = medium
- Scanf formatter = medium

• C/C++ compiler

- Optimization = Size, High, all optimizations enabled

• Linker

- Output format = Other, Intel Standart
- Linker command file = [текущая директория проекта]\lnkm8s.xcl

После компиляции в поддиректории выбранного проекта debug\exe\ появляется HEX-файл Proj.a90 с образом исполняемой программы для загрузки в МК.

Для программирования МК используется программа и простое аппаратное приспособление, описание которого можно найти на сайте [4].

Вид окна программы показан на рисунке 12. При программировании необходимо внимательно следить за установкой конфигурационных бит МК. Они должны быть установлены, как показано на рисунке 12, иначе МК в схеме может оказаться неработоспособным. Биты секретности

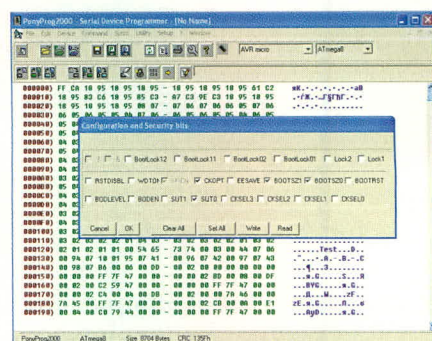


Рис. 12. Внешний вид программы PonyProg и панель установки конфигурационных бит

BootLock12..BootLock01 и Lock2, Lock1 могут выставляться по усмотрению. Установки конфигурационных бит в данной версии радиосенсора и ЦП одинаковы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Heien K.T., Lunder T.A., Torvmark K.H. Oversampling and data decision for the CC400/CC900, www.chipcon.com/files/AN_008_Oversampling_1_0.pdf.
2. Скляр Б. Цифровая связь. ИД «Вильямс», 2003.
3. Прокис Дж. Цифровая связь. М.: Радио и Связь, 2000.
4. www.LancOS.com.



DSPA-2006

Москва
29 – 31 марта 2006 г.

8-я Международная Конференция и Выставка
Цифровая Обработка Сигналов и ее Применение
Digital Signal Processing and its Applications



Тематика выставки

- Новые компоненты различных производителей для цифровой обработки сигналов
- Отечественные и зарубежные изделия на базе DSP
- Новые технические и алгоритмические решения в области цифровой обработки сигналов
- Новые области применения приборов на базе DSP

AUTEX Ltd.

Тел.: (495) 334-7741, 334-9151

Факс: (495) 234-9991, 334-8729

e-mail: info@autex.ru http://www.autex.ru

Подробная информация:
www.autex.ru
www.dspa.ru

Тематика конференции

- Теория сигналов и систем
- Теория и методы цифровой обработки сигналов (ЦОС)
- Цифровая обработка многомерных сигналов
- Цифровая обработка речевых и звуковых сигналов
- Цифровая обработка изображений
- ЦОС в системах телекоммуникаций
- ЦОС в радиотехнических системах
- ЦОС в системах управления
- Цифровая обработка измерительной информации
- Нейрокомпьютерная обработка сигналов и изображений
- Цифровое телерадиовещание
- ЦОС в системах защиты информации
- Проектирование и техническая реализация систем ЦОС
- Проблемы подготовки специалистов в области ЦОС

РНТОРЭС им. А. С. Попова
Тел.: (495) 921-0610, 921-7108
Тел./факс: (495) 921-1639
e-mail: nto.popov@mtu-net.ru
<http://www.rntores.ru>

Сердечники из распылённого железа в импульсных источниках питания

(часть 2)

Печатается с разрешения журнала CHIP NEWS Украина (<http://chipnews.com.ua>)

Джим Кокс (Великобритания)

Перевод Артёма Терейковского

В статьях этого цикла описываются магнитные свойства различных марок распылённого железа фирмы Micrometals и особенности использования сердечников в сглаживающих дросселях, дифференциальных сетевых фильтрах, корректорах коэффициента мощности, дросселях электронных балластов ламп дневного света и высокочастотных преобразователях резонансного типа. Будут приведены примеры расчётов, а также рассмотрен метод аналитического определения потерь в сердечниках.

ВВЕДЕНИЕ

Распылённое железо в течение многих лет используется в качестве материала при изготовлении разнообразных сердечников для работы в широком диапазоне частот. Присущая этому материалу структура с распределённым воз-

душным зазором в сочетании с высокой индукцией насыщения делает его наиболее подходящим для различных применений, требующих накопления энергии в зазоре сердечника. При наименьшей стоимости среди аналогичных материалов сердечники из рас-

пылённого железа могут успешно заменять более дорогие из молипермаллоя, материала HiFlux и альсифера (KoolMu). Они также могут применяться вместо ферритов с зазором и ленточных магнитопроводов из металлических сплавов (типа Гаммамет) с зазором.

Сердечники из распылённого железа изготавливаются из мельчайших частиц порошка железа высокой чистоты. Подготовленный порошок подвергается воздействию очень высокого давления для придания сердечнику необходимой формы и прочности. При этом создаётся магнитная структура с распределённым воздушным зазором.

Существующие технологии позволяют изготавливать сердечники различных форм и размеров. При помощи одной пресс-формы можно получить несколько отличающихся по толщине сердечников в зависимости от развиваемого прессом давления.

Распылённое железо допускает достаточно жёсткие условия эксплуатации. Оно имеет относительно высокую температурную стабильность и выдерживает значительные механические нагрузки без заметных изменений свойств, однако подвержено т.н. термическому старению, поэтому непригодно для длительной работы при высоких температурах.

Магнитные свойства распылённого железа наилучшим образом подходят для различных типов дросселей, однако не являются оптимальными при использовании в трансформаторах.

Общие свойства различных марок (смесей) приведены в табл. 1.

Относительная стоимость показывает сравнительную цену продажи колец диаметром 1 дюйм. Кольца меньших диаметров имеют менее значительную разницу в цене.

Типичные применения различных смесей представлены в табл. 2.

ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛОВ

- Смесей -2...-14 с низкой проницаемостью предназначены для работы

Таблица 1. Общие свойства различных марок распылённого железа

Номер смеси	Начальная проницаемость	Плотность (г/см³)	Относительная стоимость	Цветная маркировка
-2	10	5,0	2,7	Красный/нет цвета
-8	35	6,5	5,0	Жёлтый/красный
-14	14	5,2	3,6	Чёрный/красный
-18	55	6,6	3,4	Салатовый/красный
-19	55	6,8	1,7	Красный/салатовый
-26	75	7,0	1,0	Жёлтый/белый
-30*	22	6,0	1,4	Салатовый/серый
-34*	33	6,2	1,5	Серый/голубой
-35*	33	6,3	1,4	Жёлтый/серый
-38	85	7,1	1,1	Серый/чёрный
-40	60	6,9	1,0	Салатовый/жёлтый
-45	100	7,2	2,6	Чёрный/чёрный
-52	75	7,0	1,4	Салатовый/голубой

*Смесь -30 была разработана как улучшенная замена смеси -28. Аналогично смеси -34 и -35 имеют меньшие потери и стоимость, чем предшествующая -33. Смесей -28 и -33 не представлены в этой таблице, но по-прежнему производятся.

Таблица 2. Типичные области применения различных марок распылённого железа

Типичное применение	-2	-8	-14	-18	-19	-26	-30	-34	-35	-38	-40	-45	-52
Дроссели электронных балластов ламп дневного света						■				■	■	■	
Дроссели фильтров дифференциальных ЭМ помех						■				■	■	■	■
Дроссели с подмагничиванием: <50 кГц, малое значение EI/N						■	■	■	■	■	■	■	
Дроссели с подмагничиванием: ≥50 кГц, большое значение EI/N		■	■	■	■		■	■	■				■
Корректоры коэффициента мощности: <50 кГц						■	■	■	■		■		
Корректоры коэффициента мощности: ≥50 кГц	■	■	■	■	■		■	■	■				■
Дроссели в резонансных преобразователях: ≥50 кГц	■		■										

при меньших (по сравнению с другими материалами) значениях переменной индукции. Смесь -14 имеет немного большую проницаемость, чем -2.

- Смесь -8 – наилучший, но самый дорогой из высокочастотных материалов. Имеет наименьшие потери и нелинейность проницаемости при значительных токах смещения/подмагничивания.
- Смесь -18 имеет сравнимые со смесью -8 низкие потери при несколько более высокой проницаемости и меньшую стоимость. Прекрасные характеристики при значительных токах смещения/подмагничивания.
- Смесь -19 – недорогая альтернатива смеси -18. Имеет такую же проницаемость при незначительно больших потерях.
- Смесь -26 – широко применяемый материал. Экономически наиболее эффективен в разнообразных импульсных источниках питания и фильтрах электромагнитных помех. В последние годы заменяется улучшенной смесью -52.
- Смесь -30: малая нелинейность проницаемости, низкая цена и относительно невысокая проницаемость сделали этот материал наиболее популярным при создании мощных источников бесперебойного питания (UPS).
- Смеси -34 и -35 – недорогая альтернатива смеси -8 для применений, некритичных к уровню потерь на высоких частотах. Имеют малую нелинейность проницаемости при значительных токах смещения/подмагничивания.
- Смесь -40 – самый дешёвый материал. Характеристики подобны характеристикам популярной смеси -26. Чаще всего применяются кольца больших размеров.
- Смесь -45 имеет самую высокую проницаемость. Заменяет смесь -52 при более высоком уровне потерь.
- Смесь -52 имеет меньшие потери на высоких частотах и такую же проницаемость, что и другой популярный материал -26. Широко используется при изготовлении дросселей фильтров, работающих на высоких частотах.

ВОЗДЕЙСТВИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ

Сердечники из расплывённого железа содержат органический компонент, поэтому подвержены т.н. тер-

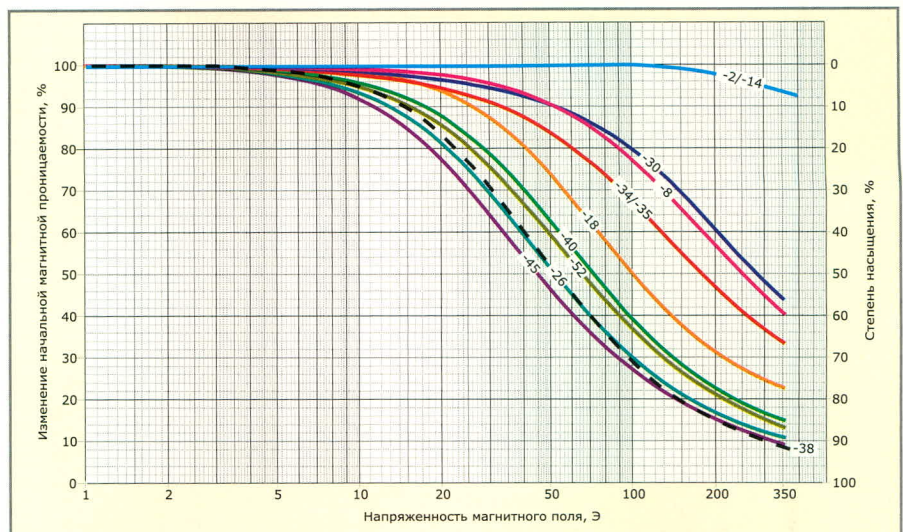


Рис. 1. Зависимость степени насыщения от напряжённости постоянного магнитного поля для различных материалов

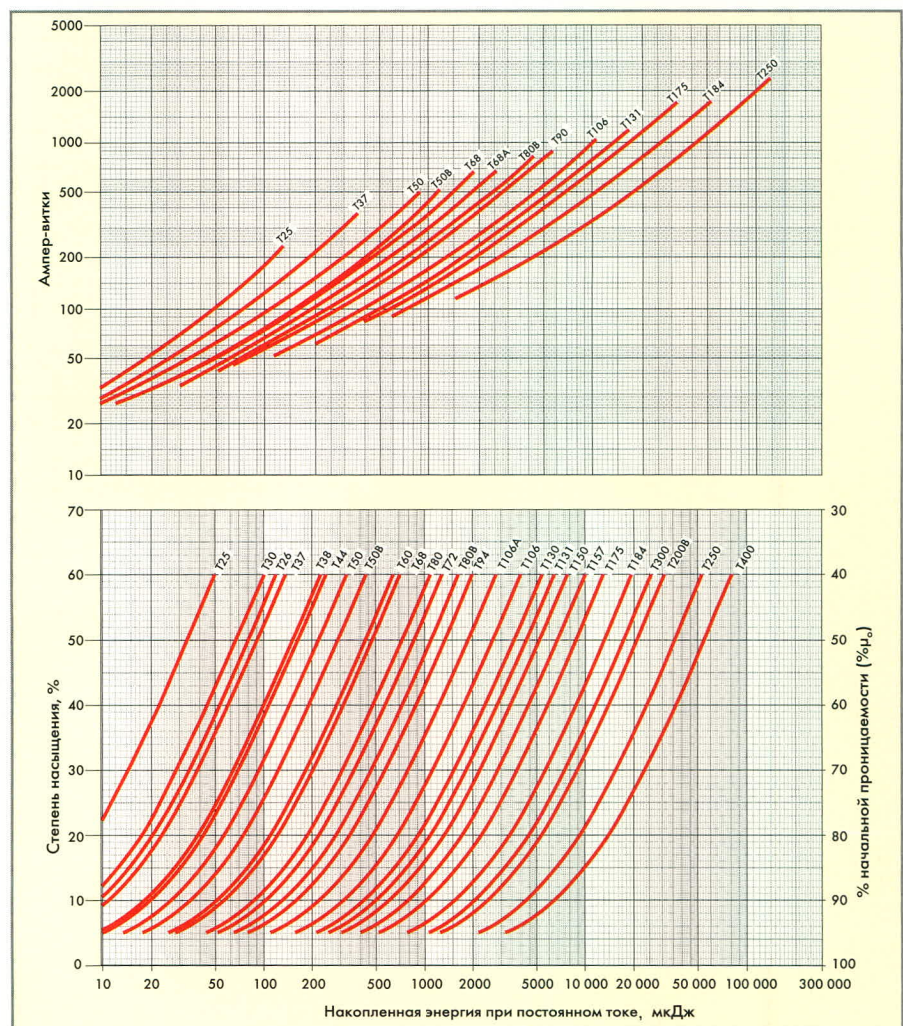


Рис. 2. Соотношение числа ампер-витков, накапливаемой энергии и степени насыщения для материала -52

мическому старению. При работе в условиях повышенной температуры окружающей среды или вследствие высоких потерь в сердечнике постепенно происходит уменьшение проницаемости и снижение добротности. Масштабы этих изменений в зна-

чительной степени зависят от времени, температуры, размеров сердечника, рабочей частоты и плотности магнитного потока. Данные факторы обязательно следует учитывать при рабочих температурах, превышающих 75°C. Снижение температуры до

-65°C не вызывает необратимых изменений параметров.

В мощных устройствах потери в сердечнике вносят заметный вклад в повышение рабочей температуры всего устройства. При этом снижение добротности увеличивает потери на вихревые токи, что является причиной дополнительного разогрева сердечника и может вызвать необратимые изменения, вследствие чего сердечник из магнетодиэлектрика превращается в проводник. Следует избегать разработок, в которых потери в сердечнике превышают потери в меди. Потери на гистерезис не изменяются вследствие термического старения.

Подробно термическое старение будет рассмотрено в одной из последующих статей этого цикла.

Таблица 3. Накапливаемая в сердечнике энергия при различных температурах перегрева для материала -52

Кольцо	Пульсации < 1%, $B_{pk} = 1$ мТл					
	«полная» намотка			однослойная намотка		
	10°C	25°C	40°C	10°C	25°C	40°C
T25	4,0	10	16	2,1	5,6	9,2
T26	7,4	19	30	3,8	10	17
T30	10	25	38	5,3	14	22
T37	19	46	68	10	26	41
T38	25	65	96	13	35	56
T44	36	87	125	19	50	78
T50	67	155	255	37	94	138
T50B	89	200	295	48	120	180
T60	135	310	450	75	185	280
T68	155	350	510	88	210	320
T68A	210	470	700	115	300	430
T72	190	450	680	100	260	400
T80	330	720	1040	190	440	650
T80B	500	1080	1550	280	650	970
T94	660	1400	2000	349	860	1250
T106	1250	2650	3800	710	1650	2400
T106A	880	1850	2700	500	1150	1700
T130	2240	4650	6650	1300	2900	4250
T131	2050	4450	6450	1150	2750	4000
T150	3350	6850	9900	2000	4300	6250
T157	4700	9800	13 900	2800	6150	8900
T1 75	6800	14 100	19 700	4100	8850	12 700
T184	8700	18 200	25 600	5250	11 200	16 400
T200B	14 900	30 500	42 600	9150	19 400	27 800
T250	28 200	57 500	81 800	17 100	36 600	52 800
T300	24 900	49 700	67 700	15 400	31 600	45 600
T400	67 800	134 000	174 000	42 300	86 000	124 000

ПОКРЫТИЕ

Тороидальные сердечники типов T14, T16 и T20 имеют париленовое покрытие (Parylene C). Сердечники больших размеров имеют двухцветное покрытие, сертифицированное Лабораторией по технике безопасности США. Все покрытия выдерживают действующее значение переменного напряжения 500 В, 60 Гц и воздействия большинства растворителей. Длительное воздействие некоторых растворителей может повредить покрытие.

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Количество накапливаемой дросселем энергии вычисляется как половина произведения индуктивности на квадрат тока. Эта энергия пропорциональна квадрату действующего значения плотности магнитного потока, делённого на эффективную проницаемость сердечника в данных условиях. Для материалов, имеющих высокую начальную проницаемость (ферриты), введение воздушного зазора позволяет снизить эффективную проницаемость и увеличить количество накапливаемой в сердечнике энергии за счёт дополнительной энергии, накапливаемой в зазоре.

При разработке накопительных дросселей ограничения наступают вследствие насыщения сердечника или из-за перегрева, вызванного совокупными потерями в сердечнике и обмотке. В случае использования расплывённого железа ограничения, определяемые допустимым перегревом, сказываются задолго до магнитного насыщения сердечника благодаря сравнительно низкой (<100) проницаемости, умеренным потерям и «мягкой» характеристике насыщения.

Зависимости изменения проницаемости от напряжённости постоянного магнитного поля для различных смесей показаны на рис. 1. Для смесей с высокой начальной проницаемостью, таких, как -26 и -52, допустимой считается эксплуатация при снижении проницаемости на 50%.

На рис. 2 показано семейство кривых, иллюстрирующих соотношение между ампер-витками и количеством накапливаемой энергии колец из смеси -52 при условии, что почти весь ток, протекающий через обмотку, является постоянным. Это означает, что переменная составляющая тока достаточно мала и не вызывает за-

метных потерь в сердечнике. Как видно из графиков, чем больше произведение IN (ампер-витки), тем больше энергии накапливает сердечник.

Например, при воздействии 150 ампер-витков кольцо T68-52 накапливает 260 мкДж. Соответственно, при 600 ампер-витках накапливаемая энергия составляет 1400 мкДж. Эти результаты определяются начальной индуктивностью A_L (нГн/вит²) и характеристикой насыщения материала.

Как было замечено выше, в большинстве случаев допустимый температурный перегрев ограничивает количество накапливаемой в сердечнике энергии ещё до достижения магнитного насыщения материала. В таблице 3 приведены максимальные значения накапливаемой энергии при заданном превышении температуры для двух способов намотки. Из этой таблицы видно, что при однослойной намотке (80% внутреннего диаметра кольца остаётся незаполненным) кольцо T68-52 может накопить 245 мкДж при перегреве на 40°C. Следовательно, в приведённом выше примере значение 150 ампер-витков для накопления 260 мкДж приведёт к разогреву немного более чем 40°C. При заполнении внутреннего диаметра на 55% накопленная в сердечнике энергия 260 мкДж вызовет повышение температуры менее чем на 25°C. Такая разница в значениях температуры определяется диаметром используемых проводов.

Информация, приведённая в таблице 3, получена экспериментально при длительной работе дросселя без воздушного обдува. При этих условиях, как видно из примера выше, для накопления 1400 мкДж кольцо T68-52 «потребует» 600 ампер-витков, что вызовет недопустимый перегрев из-за повышенных потерь в обмотке.

ПОТЕРИ В ОБМОТКЕ

Обычный метод выбора диаметра провода, основанный на способности провода определённого сечения пропустить через себя ток определённой силы, даёт некорректный результат. Повышение температуры дросселя, вызванное потерями в обмотке, напрямую связано с размерами кольца, диаметром провода и способом намотки. Например, температура дросселя постоянного тока, имеющего незначительный скин-эффект, намотанного в один слой проводом 0,404 мм для тока 1 А, повысит-

ся всего на 10°C. Тот же метод порекомендует провод 2,05 мм для тока 25 А, что повлечёт повышение температуры на 40°C.

При намотке в один слой повышение температуры зависит от плотности тока в обмотке и не зависит от размеров кольца. С учётом этой особенности была получена табл. 4, в которой опре-

делены значения тока и диаметры проводов для допустимого повышения температуры на 10, 25 и 40°C.

Например, как следует из этой таблицы, для тока 3 А при однослойной обмотке и допустимом нагреве на 10°C следует использовать провод диаметром 0,912 мм. Если допустимый нагрев из-за потерь в меди не бо-

лее 25°C, этот же диаметр может пропустить ток до 5,26 А. При повышении температуры на 40°C ток может достигать 6,81 А.

Подобная таблица разработана для «полной» намотки (незаполненными остаются 45% внутреннего диаметра кольца). При постоянном коэффициенте заполнения медью становится

Таблица 4. Зависимость числа витков от диаметра провода при однослойной намотке

Намотка в один слой																				
Диаметр провода, мм			0,32	0,404	0,511	0,643	0,813	0,912	1,02	1,15	1,29	1,45	1,63	1,83	2,05	2,30	2,60	Общая рассеиваемая мощность, Вт, при температуре		
R/l, МОм/см			2,13	1,34	0,842	0,53	0,33	0,64	0,21	0,166	0,132	0,104	0,0828	0,0651	0,0521	0,0413	0,0328			
Максимальный ток, А, при дополнительном разогреве	10°C	0,64	0,90	1,29	1,83	2,62	3,12	3,72	4,45	5,33	6,35	7,60	9,03	10,60	12,90	15,40				
	25°C	1,07	1,52	2,17	3,09	4,41	5,26	6,27	7,50	8,97	10,70	12,80	15,20	18,20	21,70	26,00				
	40°C	1,38	1,97	2,81	4,00	5,70	6,81	8,11	9,70	11,60	13,80	16,80	19,70	23,50	28,10	33,60				
Тип	Средняя длина, см/вит.	Площадь поверхности, см²	Число витков															10°C	25°C	40°C
T16	0,80	0,80	9	6	4	2	1											0,013	0,038	0,067
T20	0,96	1,16	11	8	5	3	2	1										0,016	0,055	0,097
T25	1,19	1,88	18	14	10	7	5	4	3	2	1							0,03	0,089	0,157
T30	1,44	2,79	25	20	15	11	7	6	5	4	3	2	1	1				0,044	0,133	0,233
T37	1,53	4,77	37	29	22	17	12	11	9	7	6	5	4	3	2	1	1	0,06	0,18	0,316
T44	1,84	5,23	43	34	26	20	15	13	11	9	7	6	5	4	3	2	1	0,083	0,249	0,437
T50	2,01	6,86	59	47	37	28	22	19	16	14	12	10	8	7	6	4	3	0,109	0,326	0,574
T50B	2,32	7,83	59	47	37	28	22	19	16	14	12	10	8	7	6	4	3	0,125	0,373	0,659
T50D	2,95	9,87	59	47	37	28	22	19	16	14	12	10	8	7	6	4	3	0,157	0,47	0,826
T60	2,48	9,84	67	53	41	32	25	21	19	16	14	12	10	8	7	6	4	0,156	0,468	0,824
T60D	3,68	14,3	67	53	41	32	25	21	19	16	14	12	10	8	7	6	4	0,228	0,681	1,2
T68	2,47	11,2	74	59	46	36	28	24	21	18	16	14	12	10	8	7	5	0,178	0,533	0,936
T68D	3,41	15,2	74	59	46	36	28	24	21	18	16	14	12	10	8	7	5	0,241	0,722	1,27
T80	2,8	15,5	103	82	64	51	39	35	30	27	23	20	17	15	13	11	7	0,246	0,736	1,3
T80D	4,07	22	103	82	64	51	39	35	30	27	23	20	17	15	13	11	7	0,35	1,05	1,84
T90	3,64	22,4	115	92	72	57	44	39	34	30	26	23	20	17	15	13	11	0,356	1,07	1,88
T94	3,44	22	117	94	74	58	45	40	35	31	27	24	21	18	15	13	11	0,35	1,05	1,85
T106	4,49	31	118	95	74	59	46	40	36	31	27	24	21	18	15	13	11	0,492	1,47	2,59
T106A	3,86	26,8	118	95	74	59	46	40	36	31	27	24	21	18	15	13	11	0,427	1,28	2,25
T130	4,75	42,2	165	133	105	83	65	58	51	45	40	35	31	27	23	20	17	0,671	2,01	3,53
T131	5,11	42,1	134	107	85	67	52	46	41	36	32	28	24	21	18	16	13	0,669	2	3,52
T141	4,75	46,8	188	151	119	95	75	66	59	52	46	40	35	31	27	24	20	0,744	2,23	3,92
T150	5,28	53,2	180	145	114	91	71	63	56	49	44	34	38	29	26	22	19	0,846	2,53	4,45
T157	5,89	63,2	204	164	129	103	81	72	64	56	50	44	39	34	30	26	23	1,01	3,01	5,29
T175	6,58	79,1	230	186	147	117	92	82	73	64	57	50	44	39	34	30	26	1,26	3,76	6,16
T184	7,54	89,2	202	63	129	102	81	72	63	56	50	44	38	34	29	26	22	1,42	4,25	7,47
T200	6,5	90,9	270	217	172	137	108	96	86	76	67	60	53	46	41	36	31	1,45	4,33	7,61
T225	6,93	109	305	245	195	155	123	109	97	86	76	68	60	53	46	41	36	1,74	5,21	9,16
T250	10,4	166	270	217	172	137	108	96	86	76	67	60	53	46	41	36	31	2,63	7,68	13,9
T300	7,95	173	422	341	271	216	171	153	131	121	108	96	85	75	66	58	52	2,75	8,23	14,5
T300D	10,5	223	422	341	271	216	171	153	131	121	108	96	85	75	66	58	52	3,55	10,6	18,7
T400	11,1	301	494	399	317	254	201	179	160	142	136	113	100	88	78	69	61	4,79	14,3	25,2
T400D	14,4	384	494	399	317	254	201	179	160	142	136	113	100	88	78	69	61	6,1	18,2	32,1
T520	13,7	496	680	550	437	350	278	248	221	197	176	156	139	123	109	97	86	7,88	23,6	41,5
T650	23,1	986	769	621	494	395	315	281	250	223	199	177	158	139	124	110	98	15,7	46,9	82,5

возможным определить значения ампер-витков как функцию допустимого повышения температуры для различных типоразмеров колец. В табл. 5 приведены максимальные допустимые значения ампер-витков при заданном нагреве 10, 25 и 40°C соответственно, возникающем из-за потерь в обмотке, для некоторых типоразмеров колец.

В таблицах 4 и 5 приведены значения удельного сопротивления (мОм/см) проводов различного диаметра, а также средняя длина витка для колец различного диаметра. Благодаря этому сопротивление обмотки может быть определено простым перемножением удельного сопротивления провода на среднюю длину витка и на количество витков. Также приведены значения эффективной площади поверхности (см²) типичных точных изделий на основе колец различного диаметра. Эта информация полезна при определении температуры нагрева как функции рассеиваемой

мощности. При получении данных обеих таблиц использовалась следующая формула:

$$T = \left[\frac{\text{Суммарная рассеиваемая мощность, мВт}}{\text{Площадь поверхности, см}^2} \right]^{0,833}$$

Во многих устройствах переменная составляющая тока, протекающего через дроссель, достаточно мала, чтобы вызвать заметные потери, однако в случаях, когда пульсации имеют высокую частоту повторения, при разработке дросселей корректоров коэффициента мощности и высоковольтных устройств потери должны приниматься во внимание. Конструкции дросселей сетевых (50...60 Гц) фильтров дифференциальных помех и преобразователей напряжения резонансного типа в значительной степени определяются уровнем потерь в сердечнике.

ПОТЕРИ В СЕРДЕЧНИКЕ

Потери в сердечнике возникают вследствие переменного магнитного

поля в сердечнике. Потери для конкретного материала зависят от рабочей частоты и размаха магнитной индукции (ΔB) и пропорциональны площади петли гистерезиса. Они имеют три составляющие: потери на перемагничивание (гистерезис), вихревые токи и остаточные потери.

Распылённое железо имеет более высокие потери по сравнению с другими материалами с высокой индукцией насыщения (Мо-пермаллой, альсифер), что может ограничить его применение при относительно большом токе пульсаций на высоких частотах. Следовательно, важно уметь правильно определять реальные потери в сердечнике.

Зависимость мощности рассеяния от амплитуды размаха магнитной индукции для материала -52 показана на рис. 3. Информация получена экспериментальным путём при помощи ваттметра фирмы Clarke-Hesse.

Таблица 5. Зависимость числа витков от диаметра провода при многослойной намотке

«Полная» намотка (заполнение внутреннего диаметра 55%)																							
Диаметр провода, мм			0,32	0,404	0,511	0,643	0,813	0,912	1,02	1,15	1,29	1,45	1,63	1,83	2,05	2,3	2,6	Ампер-витки при температуре нагрева из-за потерь в обмотке			Общая рассеиваемая мощность, Вт, при температуре нагрева		
Удельное сопротивление, мОм/см			2,13	1,34	0,842	0,53	0,33	0,264	0,21	0,166	0,132	0,104	0,0828	0,0651	0,0521	0,0413	0,0328						
Тип	Средняя длина, см/вит.	Площадь поверхности, см²	Число витков															10°C	25°C	40°C	10°C	25°C	40°C
T16	0,80	0,80	13	8	5	3	2	1	1	1								10	17	23	0,013	0,038	0,067
T20	0,96	1,16	16	6	4	2	2	1	1	1	1							12	21	29	0,016	0,055	0,097
T25	1,19	1,88	30	20	12	8	5	4	3	2	2	1	1	1				19	34	45	0,03	0,089	0,157
T30	1,44	2,79	48	32	20	13	8	6	5	4	3	2	2	1	1	1		27	47	62	0,044	0,133	0,233
T37	1,53	3,77	90	59	37	24	15	12	9	7	6	5	4	3	2	2	1	42	72	96	0,06	0,18	0,316
T44	1,84	5,23	112	73	46	30	19	15	12	9	7	6	5	3	3	2	2	50	87	110	0,083	0,249	0,437
T50	2,01	6,86	196	128	81	52	33	26	21	17	13	10	8	6	5	4	3	73	120	160	0,109	0,326	0,574
T60	2,48	9,84	241	158	100	65	41	33	26	21	16	13	10	8	6	5	4	87	150	200	0,156	0,468	0,824
T68	2,47	11,2	293	192	122	78	50	40	32	25	20	16	13	10	8	6	5	100	170	230	0,178	0,533	0,936
T72	3,15	13,3	168	110	69	45	28	22	18	14	11	9	7	5	4	3	3	75	130	170	0,212	0,634	1,11
T132	4,95	42,2	1050	687	437	282	179	143	114	91	73	58	46	36	29	23	18	260	460	610	0,671	2,01	3,53
T157	5,89	63,2	1933	1266	805	520	329	263	210	168	134	107	85	67	53	42	34	400	700	930	1,01	3,01	5,29
T175	6,58	79,1	2453	1605	1021	659	418	334	267	213	170	136	108	85	68	54	43	480	830	1110	1,26	3,76	6,16
T184	7,54	89,2	1933	1256	805	520	329	263	210	168	134	107	85	67	53	42	34	420	730	970	1,42	4,25	7,47
T200	6,5	90,9	3348	2192	1393	933	571	456	365	290	232	186	148	116	93	74	59	510	1050	1400	1,45	4,33	7,61
T225	6,93	109	4230	2770	1760	1137	721	577	461	367	294	235	186	147	117	93	74	720	1260	1670	1,74	5,21	9,16
T250	10,4	166	3348	2192	1393	900	571	456	365	290	232	186	148	116	93	74	59	650	1120	1490	2,63	7,68	139
T300	7,95	173	7981	5277	3322	2146	1361	1089	870	693	554	443	352	278	221	176	140	1170	2030	2690	2,75	8,23	14,5
T400	11,1	301	10800	7104	4515	2916	1850	1480	1162	942	754	602	479	376	301	240	191	1530	2650	3510	4,79	14,3	25,2
T520	13,7	496	20300	13300	8461	5465	3467	2773	2261	1765	1413	1129	898	708	564	450	358	2420	4180	5550	7,88	23,6	41,5
T650	23,1	986	26200	17200	10900	7057	4477	3581	2861	2280	1824	1458	1159	914	729	581	463	2980	5170	6850	15,7	46,9	82,5

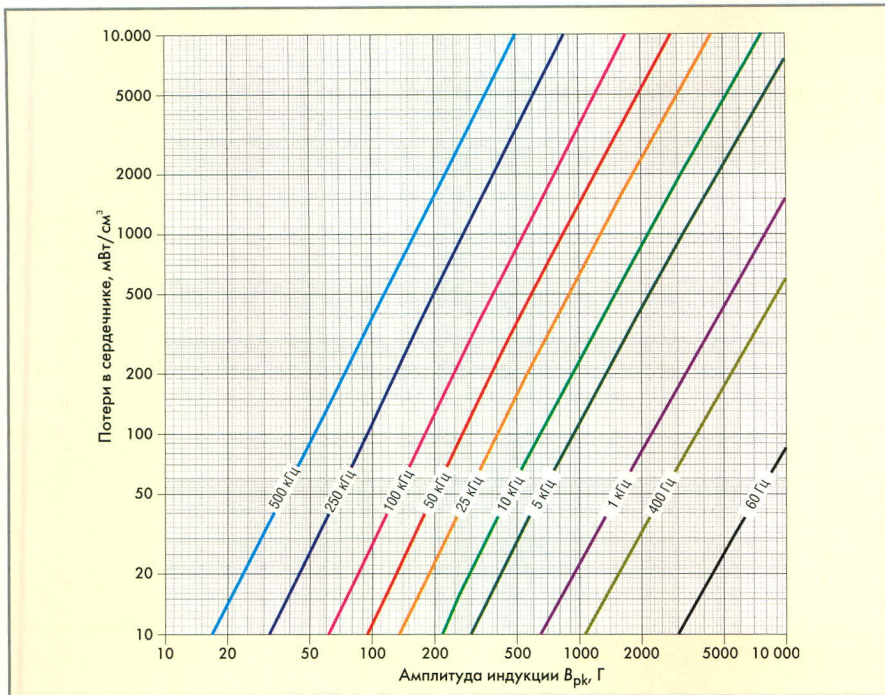


Рис. 3. Зависимость потерь материала -52 от амплитуды индукции переменного поля

Для описания амплитуды магнитной индукции используется следующая формула:

$$B_{pk} = \frac{E_{RMS} \times 10^8}{4,44 ANf},$$

где B_{pk} – амплитудное значение магнитной индукции (Т), E_{RMS} – действующее значение напряжения (В), A – площадь эффективного сечения сердечника (см²), N – число витков, f – частота (Гц).

Эта формула применима для вычисления амплитудного значения индукции, из которого определяется уровень потерь по рис. 3, при синусоидальной форме тока в обмотке. При этом в сердечнике возникает магнитная индукция, размах которой (ΔB) вдвое превышает полученное по формуле амплитудное значение (B_{pk}) (см. рис. 4).

Подмагничивание сердечника постоянным током сдвигает частную петлю гистерезиса, но не вызывает заметных дополнительных потерь в сердечнике. Потери зависят только от размаха переменной магнитной индукции (ΔB).

На рис. 5 изображена типичная форма прямоугольного сигнала, воздействующего на дроссель в импульсном источнике питания.

Так как произведения $E t$ (вольт-секунд) во время включенного и выключенного полупериодов должны быть равны при неизменной скважности, размах индукции ΔB для прямоугольного сигнала (не обязательно

симметричного) описывается следующей формулой в системе СГС:

$$\Delta B = \frac{E_{pk} t \times 10^8}{AN},$$

где ΔB – размах индукции (Т), E_{pk} – амплитуда напряжения на дросселе

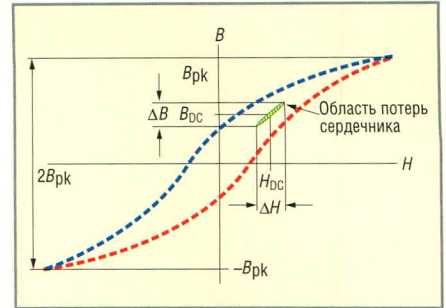


Рис. 4. Потери в сердечнике при подмагничивании постоянным током

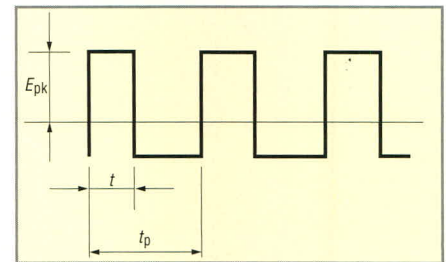


Рис. 5. Типичная форма напряжения на дросселе импульсного преобразователя

(В) за время t , t – продолжительность замкнутого состояния ключа (с), A – эффективная площадь сечения сердечника (см²), N – число витков.

В однополярных применениях, например, обратных источников питания, приведённые выше

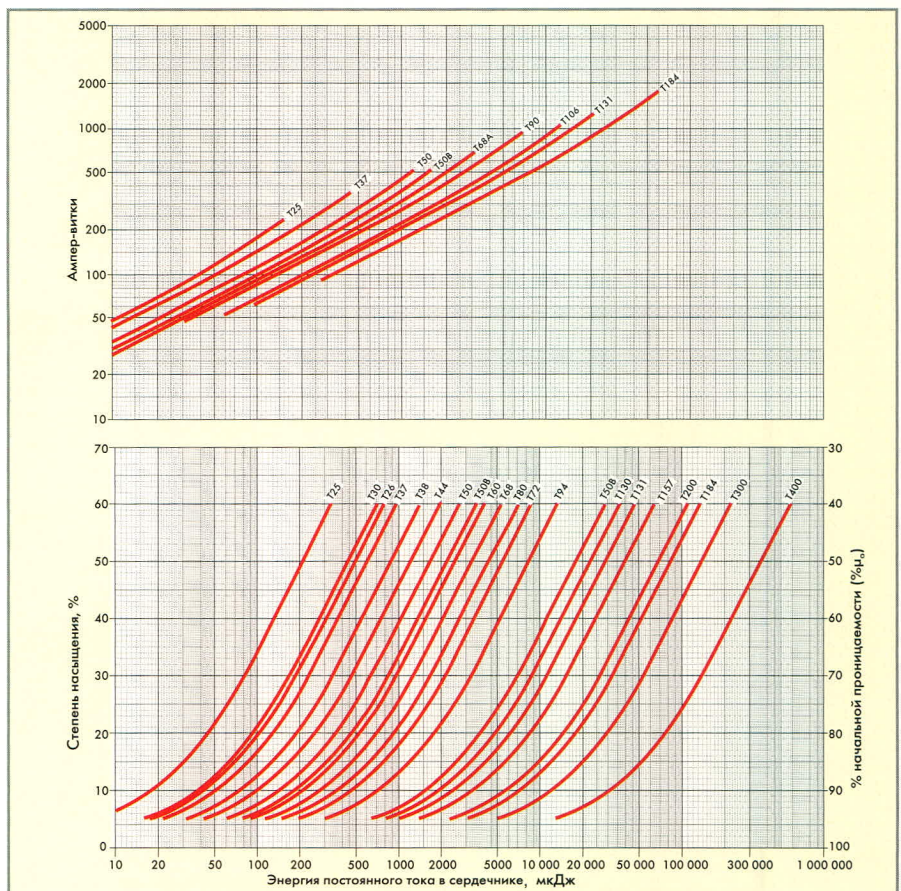


Рис. 6. Соотношение числа ампер-витков, накапливаемой энергии и степени насыщения для материала -8

формулы следует использовать для проверки превышения допустимого для сердечника размаха индукции.

В связи с тем, что на практике принято описание потерь сердечника как функции амплитудного значения магнитной индукции при симметричной форме сигнала, приведённые кривые потерь подразумевают амплитудное значение индукции B_{pk} , равное половине размаха ΔB . Частота пульсаций, соответственно, равна $1/tp$.

Таблица 6. Рассеиваемая мощность при допустимом перегреве

Кольцо	10°C	25°C	40°C
T30	400	1148	2026
T50	307	874	1535
T80	212	602	1056
T94	160	454	802
T130	117	331	582
T200	87	260	436
T400	43	130	228

Таблица 7. Накапливаемая в сердечнике энергия при различных температурах перегрева для материала -8

Кольцо	Пульсации < 1%, $B_{pk} = 1 \text{ мТл}$					
	«полная» намотка			однослойная намотка		
	10°C	25°C	40°C	10°C	25°C	40°C
T25	1,9	5,6	9,6	1,0	2,8	4,8
T26	3,4	10	17	1,7	5,0	8,6
T30	5,1	15	25	2,5	7,5	12
T37	10	29	50	5,1	14	25
T38	11	34	58	5,9	17	29
T44	22	63	105	10	32	54
T50	44	125	210	22	64	110
T50B	59	160	270	29	84	140
T60	68	190	320	34	99	170
T68	98	277	460	49	140	240
T80	190	530	880	98	270	470
T90	440	1200	2000	220	630	1060
T94	400	1080	1800	200	570	960
T106	800	2150	3660	400	1150	1930
T130	1450	3950	6400	750	2050	3400
T131	1400	3850	6350	700	2000	3350
T1S7	3100	8350	13 400	1550	4400	7300
T184	5900	16 100	25 700	3040	8500	14 100
T200	6950	18 100	28 400	3550	9800	16 000
T300	21 300	53 600	82 600	11 200	30 000	47 700
T400	58 500	144 000	223 000	29 400	81 600	130 000

В большинстве случаев для расчёта амплитудного значения индукции в дросселе с постоянным током подмагничивания используются следующая формула:

$$B_{pk} = \frac{E_{pk} t \times 10^8}{2AN},$$

где $B_{pk} = \Delta B/2$ – амплитуда переменной индукции (Т), E_{pk} – амплитуда напряжения на дросселе (В) за время t , t – продолжительность замкнутого состояния ключа (с), A – эффективная площадь сечения сердечника (см²), N – число витков.

Для расчётов дросселей со связанными обмотками используются те же формулы при допущении, что дроссель имеет одну обмотку, так как все обмотки работают согласованно и значения вольт-секунд на виток для них одинаковы.

В некоторых применениях, например, корректорах коэффициента мощности, форма сигнала не является симметричной, так как соотношение времени включенного и выключенного состояния ключа непрерывно меняется в течение периода основной частоты (50 или 60 Гц). В этом случае потери в сердечнике определяются как усреднённые во времени потери от каждого воздействующего импульса. Возбуждаемая магнитная индукция пропорциональна произведению EI , в то время как потери в сердечнике приблизительно пропорциональны квадрату индукции. Для оценки потерь на высоких частотах в подобных устройствах рекомендуется использовать предыдущую формулу, в которую подставляется усреднённое действующее значение напряжения за период рабочей частоты корректора ($1/tp$).

Помимо рабочей частоты, основная частота (50 или 60 Гц) также вызывает потери в сердечнике, которые следует учитывать при определении совокупных потерь.

Так как теплоотдача кольца пропорциональна площади поверхности, т.е. находится в квадратичной зависимости от линейных размеров, а выделение тепла пропорционально объёму (кубическая зависимость), маленькие кольца лучше рассеивают тепло по сравнению с кольцами больших размеров. В таблице 6 приведена зависимость рассеиваемой мощности от допустимого нагрева для разных типоразмеров колец.

Кольцо T30 имеет наружный диаметр 0,30 дюйма, кольцо T400 соответственно 4 дюйма.

Дроссели с постоянным подмагничиванием

Поскольку постоянный ток в обмотке не вызывает потерь в сердечнике, в большинстве случаев основными критериями, определяющими работу дросселей с постоянным током подмагничивания при малых напряжениях и частотах до 50 кГц, становятся насыщение сердечника и потери в обмотке. Приведённые на рис. 2 кривые получены из потерь в обмотке и характеристик насыщения материала постоянным током с уровнем пульсаций до 1%, при котором влиянием переменной составляющей можно пренебречь.

На рис. 2 изображены два семейства кривых. В верхней части показана связь накапливаемой энергии и ампер-витков для материала -52. Графики в нижней части – связь накапливаемой энергии и степени насыщения.

Понятие «степень насыщения» зачастую вызывает вопросы. Например, если проницаемость сердечника составляет 90% от начальной (индуктивность дросселя равна 90% от минимального значения без нагрузки), то сердечник насыщен на 10%. Аналогично, проницаемость насыщенного на 30% сердечника составит 70% от начальной величины.

Использование обоих семейств кривых позволит без труда определить требуемое количество витков для заданного объёма накапливаемой энергии и изменение индуктивности дросселя, возникающее как следствие изменения рабочего тока.

Воспользуемся этими графиками для определения параметров дросселя, имеющего индуктивность 30 мкГн при токе подмагничивания 10 А. При этих условиях накапливаемая дросселем энергия составит 1500 мкДж. Из таблицы 3 следует, что кольцо T106 способно накопить 1500 мкДж при намотке в один слой и допустимом нагреве 25°C. Кривая для кольца T106 показывает, что для этого потребуется около 250 ампер-витков. Так как величина тока в обмотке составляет 10 А, число витков принимаем равным 25. Далее, кривая в нижней части рисунка показывает, что для накопления 1500 мкДж кольцо T106 должно будет работать при степени

насыщения 49%. Это означает, что при небольшом токе индуктивность дросселя будет достигать 59 мкГн. Из таблицы диаметров для однослойной намотки получаем подходящий диаметр провода, равный 1,29 мм.

Если рассматривать в качестве материала сердечника смесь -8, с помощью таблицы 7 приходим к выводу, что в этом случае также подходит кольцо Т106. Для этого потребуется 270 ампер-витков, или 27 витков провода 1,29 мм. Анализируя семейство кривых для смеси -8, получаем, что кольцо Т106-8 будет функционировать при степени насыщения всего 10%. Это означает, что при малых токах индуктивность дросселя увеличится всего на 3 мкГн, т.е. смесь -8 имеет значительно меньшую нелинейность магнитной проницаемости.

Дроссели со связанными обмотками обычно используют на выходе преобразователей с несколькими выходными напряжениями для улучшения характеристики регулирования. В этом случае также могут быть использованы кривые зависимости на-

капливаемой энергии. Типичная схема показана на рис. 7.

Для нормальной работы дросселя со связанными обмотками необходимо, чтобы отношения витков обмоток трансформатора и дросселя были одинаковыми:

$$\frac{N_1}{N_A} = \frac{N_2}{N_B} = \frac{N_3}{N_C}.$$

Если рассматривать ампер-витки обмоток N_2 и N_3 так, как будто они все включены в N_1 , то данный дроссель можно рассматривать как однообмоточный:

$$I_X = I_1 + I_2 \frac{N_2}{N_1} + I_3 \frac{N_3}{N_1}.$$

Поскольку все ампер-витки считаются включенными в обмотку N_1 , общая накапливаемая дросселем энергия определяется исходя из эквивалентной индуктивности обмотки 1 и эффективного тока I_X :

$$\frac{1}{2} L I_X^2.$$

Полученное количество энергии используется для последующего

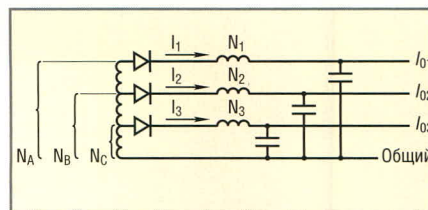


Рис. 7. Примерная схема ИВЭП с тремя выходными напряжениями

определения требуемого размера Е-образного или тороидального сердечника. По кривым накапливаемой энергии определяется значение ампер-витков ($N_1 I_X$), из которого легко вычисляется количество витков N_1 . Витки N_2 и N_3 вычисляются из известных соотношений между обмотками.

В рассмотренных выше примерах переменная составляющая тока в обмотке полагалась достаточно малой и не учитывалась при расчётах. Такой подход значительно упрощает расчёты, однако при возрастании рабочей частоты следует учитывать все составляющие потерь.

Продолжение следует.



Магнитоэлектрики MICROMETALS

Снижение габаритов и потерь энергии



Высокоэффективные магнитоэлектрические 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

Оптимальные фильтрокомпенсирующие устройства для силовых полупроводниковых преобразователей

(часть 2)

Леонид Добрусин (Москва)

В статье изложены основы теории и принципов проектирования оптимальных фильтрокомпенсирующих устройств, предназначенных для компенсации воздействия полупроводниковых преобразователей электроэнергии на питающую сеть. Во второй части статьи рассматривается алгоритм ТОП-метода и принципы построения программного комплекса ТОПМЕТ.

Алгоритм тождественного случайного поиска

Рассмотрим алгоритм тождественного случайного поиска координат (ТОП-алгоритм) на примере вычисления координат первой вершины исходного многогранника – $\mathbf{X}_1$ (см. рис. 2).

Исходными данными ТОП-алгоритма являются: Q – скалярный параметр, равный реактивной мощности ФКУ; n – число координат, равное количеству фильтров ФКУ; ρ – вектор псевдослучайных чисел, равномерно распределённых на интервале $(0, 1)$.

Требуется найти значения n координат, случайно распределённых в подпространстве допустимых значений координат при условии, что сумма координат равна Q .

Задача решается следующим образом:

- 1) определяется первая координата первой вершины исходного многогранника – x_{11} :

$$x_{11} = \rho_1 Q, \quad (16)$$

где ρ_1 – первое псевдослучайное число.

- 2) определяется верхняя граница второй координаты – b_{21} :

$$b_{21} = Q - x_{11}; \quad (17)$$

- 3) определяется вторая координата первой вершины исходного многогранника – x_{21} :

$$x_{21} = \rho_2 b_{21}, \quad (18)$$

где ρ_2 – второе псевдослучайное число;

- 4) из формул (16), (17) следуют соотношения для определения верхней границы i -й координаты и значения i -й координаты:

$$b_{i1} = b_{i-1,1} - x_{i-1,1}, \quad (19)$$

$$x_{i1} = \rho_i b_{i1}, \quad (20)$$

где b_{i1} – верхняя граница i -й координаты первой вершины многогранника; x_{i1} – i -я координата первой вершины многогранника; $b_{i-1,1}$ – верхняя граница предшествующей, $(i-1)$ -й координаты; $x_{i-1,1}$ – $(i-1)$ -я координата предшествующей вершины многогранника; ρ_i – i -е псевдослучайное число.

Формулы (19), (20) справедливы для всех i , кроме $i = 1$ и $i = n$. Для $i = 1$

координаты вычисляются по формуле (16), для $i = n$ – по формуле:

$$x_{n1} = b_{n-1,1}, \quad (21)$$

где $b_{n-1,1}$ – верхняя граница предпоследней $(n-1)$ -й координаты первой вершины многогранника; $x_{n-1,1}$ – предпоследняя, $(n-1)$ -я координата первой вершины многогранника.

Таким образом, в отличие от процедуры случайного поиска координат, базирующейся на изначально заданных векторах нижних и верхних границ координат, предложенный ТОП-алгоритм позволяет осуществить случайный поиск координат при ограничении на сумму координат типа тождества.

В задачах синтеза параметров ФКУ удобно считать, что вектор нижних границ $\mathbf{G}$ является нулевым. Координаты вектора верхних границ $\mathbf{H}$ формируются в процессе счёта. При этом изменяя значение стартового псевдослучайного числа ρ_1 , можно сформировать вектор первой вершины многогранника в любой области подпространства допустимых значений координат, чтобы производить исследование целевой функции на всём подпространстве её определения.

Принципы организации программного комплекса ТОПМЕТ

Программный комплекс ТОПМЕТ предназначен для исследования и параметрической оптимизации ФКУ. Функциональная схема комплекса показана на рис. 3.

Программный комплекс ТОПМЕТ содержит головную программу и семь подпрограмм: KOEF; FPTOC; FVIM; DKEK; OSTAN; OGRAN; FCEL.

Головная программа выполняет следующие операции:

- ввод и вывод исходных данных;

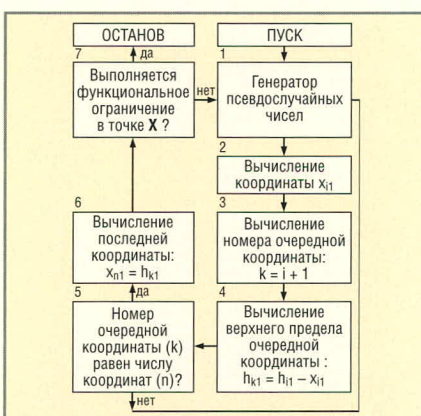


Рис. 2. Блок-схема поиска первой вершины многогранника

- управление функциональными подпрограммами;
- оформление и вывод результата решения задачи;
- остановку решения задачи.

Исходные данные (параметры) подразделяются на четыре группы.

Первая группа параметров устанавливает математические границы решения задачи. Таких параметров шесть:

- ISCT – количество разрешённых циклов поиска координат первой точки;
- ISCK – количество разрешённых циклов сжатий при смещении многогранника к экстремуму;
- YN – стартовое число, инициализирующее генератор псевдослучайных чисел;
- B1 – относительная точность вычисления экстремума;
- B2 – относительная точность вычисления экстремума;
- NEKC – количество локальных экстремумов, заданных программе для поиска.

Вторая группа параметров задаёт физические константы исследуемой системы:

- Q – мощность К.З. питающей сети;
- U – напряжение питающей сети;
- T – ток преобразователя;
- M – пульсность преобразователя;
- KD – количество демпфированных фильтров (Д-фильтров);
- KY – количество узкополосных фильтров (У-фильтров);
- NN – количество гармоник, учитываемых в расчёте;
- S(I) – массив гармоник настройки фильтров;
- D(I) – массив добротностей фильтров.

Третью группу составляют параметры двойного толкования. С одной стороны, они имеют математический смысл, так как определяют структуру многогранника и допустимые границы изменения координат и функций, с другой стороны – физический смысл, поскольку вместе с параметрами второй группы характеризуют исследуемую систему в целом.

К этой группе параметров относятся:

- N1 – количество координат, или количество фильтров ФКУ;
- N2 – количество функциональных ограничений;
- NK – количество вершин многогранника, или количество вариан-

тов ФКУ, анализируемых при каждой итерации;

- G1 – массив нижних границ координат;
- N1 – массив верхних границ координат;
- G2 – массив нижних границ функциональных ограничений;
- N2 – массив верхних границ функциональных ограничений.

Четвёртая группа параметров управляет некоторыми позициями листинга и содержит три параметра:

- NP – ключ вывода параметров частотной характеристики оптимального варианта;
- JP – ключ вывода траекторий поиска экстремумов;
- KT – ключ вывода координат первой точки.

Если значения этих параметров равны единице, то информация выводится на печать, если нулю – информация не выводится.

Ниже приведена распечатка исходных данных задачи, а расшифровка дана в таблице.

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

```
N1=3 N2=1 ISCT=9999 ISCK=9999
NK= 4 YN= 1.0000
B1= .0100 B2= .0200
NEKC=1
G1: .0000E+00 .0000E+00
.0000E+00
H1: .5000E-01 .0000E+00 .0000E+00
G2: .0000E+00
H2: .5000E-01
Q=.10000E+01 U=.10000E+01
T=.15000E+00
```

Расшифровка некоторых исходных данных задачи

№	Параметр	Величина	Комментарий
1	M	24	Преобразователь выполнен по 24-пульсной схеме
2	N1	3	ФКУ содержит три фильтра
3	KD	1	Один Д-фильтр
4	KY	1	Один У-фильтр
5	N1– (KD + KY)	1	Один К-фильтр (конденсатор без реакторов)
6	Q	.10E+01	Мощность К.З. сети, о.е.
7	U	.10E+01	Напряжение сети, о.е.
8	T	.15E+00	Ток преобразователя, о.е.
9	S(I)	.5E+01, первое число	Гармоника настройки Д-фильтра
10	S(I)	.3E+01, второе число	Гармоника настройки У-фильтра
11	D(I)	.1E+01, первое число	Добротность Д-фильтра
12	D(I)	.3E+02, второе число	Добротность У-фильтра
13	H1	.5E-01, первое число	Реактивная мощность ФКУ, о.е.
14	H2	.5E-01	Допустимое значение коэффициента несинусоидальности напряжения
15	NN	50	Количество гармоник, учитываемых в расчёте

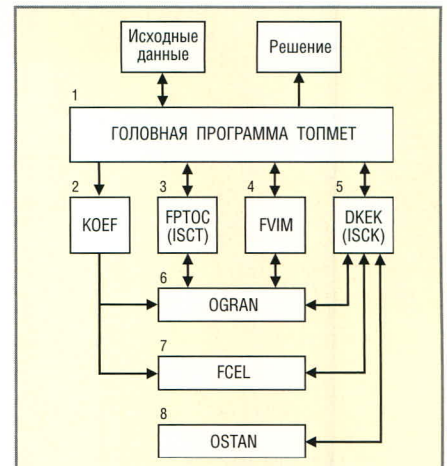


Рис. 3. Функциональная схема программного комплекса ТОПМЕТ

```
M=24
KD=1 KY=1
NN= 50
NP= 0 JP= 1 KT= 0
S(I): .500E+01 .300E+01
.000E+00
D(I): .100E+01 .300E+02 .000E+00
```

После ввода и вывода исходных данных головная программа ТОПМЕТ (см. рис. 3, блок 1) начинает решение задачи с помощью функциональных подпрограмм.

Вначале в подпрограмме КОЕФ для всех фильтров вычисляются постоянные коэффициенты [7], значения которых передаются в подпрограммы OGRAN (блок 6) и FCCEL (блок 7), где используются для последующего вычисления на их основе текущих значений функции ограничения и целевой функции.

Затем в подпрограмме FPTOC (блок 3) рассчитываются координаты первой точки на основе ТОП-алгоритма. Подпрограмма FPTOC взаимодействует с подпрограммой OGRAN до тех пор, пока точка не будет признана допустимой по функциональному ограничению.

После решения этой части задачи головная программа передаёт управление поиском подпрограмме FVIM (блок 4), которая формирует матрицу вершин исходного многогранника D.

Далее, после завершения процедуры формирования вершин исходного многогранника, головная программа вводит в действие подпрограмму DKEK (блок 5), которая выполняет поиск локального экстремума. «Сфера общения» подпрограммы DKEK охватывает подпрограммы OGRAN (блок 6), FCEL (блок 7) и OStan (блок 8). К подпрограмме OGRAN подпрограмма DKEK обращается после каждой итерации, то есть после вычисления координат каждой новой точки в результате процедур растяжения или сжатия вектора поиска. В зависимости от значения функции ограничения, вычисленного в подпрограмме OGRAN, подпрограмма DKEK выбирает логический путь продвижения многогранника к экстремуму.

Если в новой точке функциональное ограничение не выполняется, что свидетельствует о недопустимости новой точки, то подпрограмма DKEK производит очередную операцию сжатия вектора поиска.

Если итерация завершается положительным исходом, то есть условие функционального ограничения в новой точке выполняется, подпрограмма DKEK обращается к подпрограмме FCEL, где рассчитывается значение целевой функции в новой точке.

Дальнейший ход решения задачи в подпрограмме DKEK зависит от результата, полученного от подпрограммы FCEL.

Если результат квалифицируется как отрицательный, то есть в новой точке значение целевой функции больше, чем в точке – вершине многогранника с максимальным значением целевой функции, то новая точка всё же отвергается, несмотря на её допустимость по условию функционального ограничения. Далее осуществляется очередная операция сжатия вектора поиска с целью продвижения к

более благоприятной точке в пространстве допустимых значений переменной X.

Если результат квалифицируется как положительный, то есть в новой точке значение целевой функции меньше, чем в точке – вершине многогранника с максимальным значением целевой функции, то итерация в целом считается успешной, так как выполняются необходимые и достаточные условия для классификации точки в качестве новой вершины многогранника. В этом случае подпрограмма DKEK осуществляет продвижение многогранника на один шаг, то есть производит замену элементов одного столбца матрицы D, соответствующего вершине многогранника с максимальным значением целевой функции, на координаты новой точки.

После завершения процедуры перестроения многогранника подпрограмма DKEK обращается к подпрограмме OStan, чтобы оценить полученный результат по критериям оптимальности.

Если критерий оптимальности не выполняется, то подпрограмма DKEK продолжает работу и производит очередной цикл операций, начиная с растяжения вектора поиска.

Если результат удовлетворяет критерию оптимальности, то подпрограмма DKEK завершает работу и передаёт параметры решения задачи в головную программу ТОПМЕТ. Решение оформляется и выводится на внешнее периферийное устройство:

```
РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ
ЭКСТРЕМУМ НОМЕР1
ЭКСТРЕМУМ ПОЛОГИЙ
ПАРАМЕТРЫ ЭКСТРЕМУМА
ЗНАЧЕНИЕ ЦЕЛЕВОЙ ФУНКЦИИ FCMIN:
.9723259E+00
КООРДИНАТЫ ЭКСТРЕМУМА XNMIN(I):
.8874943E-02 .2328564E-01
.1783941E-01
ЗНАЧЕНИЕ ОГРАНИЧИВАЮЩЕЙ ФУНКЦИИ
LPM(I): .0493
СЛУЧАЙНОЕ ЧИСЛО AXN = .57486E+00
ОСТАТОК ЦИКЛОВ ПОИСКА ПЕРВОЙ
ТОЧКИ ISCT = 9997
ОСТАТОК ЦИКЛОВ ПОИСКА ЭКСТРЕМУМА
ISCK = 9996
```

Приведённое решение соответствует исходным данным и содержит минимальный объём информации, необходимой проектировщику ФКУ.

Согласно исходным данным, программе был задан поиск одного локального экстремума. Это задание подтверждается первой строкой распечатки, следующей после заголовка: «ЭКСТРЕМУМ НОМЕР 1».

Очередная строка «ЭКСТРЕМУМ ПОЛОГИЙ» свидетельствует о том, что область экстремума является «полюсом оврагом».

Следующие две строки составляют собственно оптимальное решение задачи:

«ЗНАЧЕНИЕ ЦЕЛЕВОЙ ФУНКЦИИ FCMIN = 972...» – это потери в процентах от реактивной мощности ФКУ; «КООРДИНАТЫ ЭКСТРЕМУМА XNMIN: .887...E-02 .232...E-01 .178...E-01» – это реактивные мощности фильтров ФКУ в относительных единицах; первая координата соответствует Д-фильтру, вторая – У-фильтру, третья – К-фильтру.

Далее выведено значение функции ограничения для оптимальной точки: «LPM (I): .0493» – то есть величина коэффициента несинусоидальности напряжения.

Заключительные три строки содержат информацию, по которой можно судить, как проходил поиск оптимального решения:

AXN = 57486E+00 – последнее псевдослучайное число, которое было использовано для решения задачи; ISCT = 9997 – остаток допустимого числа циклов поиска координат первой вершины многогранника в подпрограмме FPTOC; ISCK = 9996 – остаток допустимого числа циклов поиска экстремума в подпрограмме DKEK.

Значения ISCT и ISCK показывают, что для решения задачи понадобилось два цикла поиска координат первой точки в подпрограмме FPTOC и три цикла сжатия вектора поиска в подпрограмме DKEK, что свидетельствует о корректности и благоприятном сочетании исходных данных этой конкретной задачи.

Если же исходные данные выбраны некорректно, то есть схема ФКУ не в состоянии обеспечить заданное значение коэффициента несинусоидальности напряжения в точке присоединения преобразователя к сети, то при попытке решения такой задачи с помощью комплекта ТОПМЕТ происходит аварийная остановка работы программы. Для этой цели служат счётчики ISCT и ISCK.

Если программа не может решить задачу в пределах разрешённого ей числа циклов поиска, то подпрограмма FRTOS или подпрограмма DKEK, в зависимости от того, какой из счётчиков зафиксировал превышение допустимого числа циклов, сообщают об этом головной программе, которая прекращает работу программного комплекта и выводит на печатающее устройство информацию: «ИСЧЕРПАН СЧЁТЧИК ISCT (или ISCK)».

СТРАТЕГИЯ ПОИСКА ГЛОБАЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

Метод тождественного поиска, как и все методы нелинейного программирования, предназначен для поиска локальных экстремумов. Эффективного универсального алгоритма глобальной оптимизации нелинейных функций в настоящее время не существует. Поэтому при необходимости глобального решения нелинейных задач создаются различные частные методы, которые могут давать хорошие результаты в одних случаях, но малоэффективны в других.

Стратегия поиска глобального решения в рассматриваемой задаче базируется на том, что при определённой организации процедуры случайного поиска можно вычислить любое заданное количество локальных экстремумов. При этом каждый очередной цикл поиска координат, обеспечивающих экстремум целевой функции, следует начинать в новой, не изученной ранее подобласти координат, осуществляя тем самым исследование множества результатов возможных решений и выбор из них предпочтительного.

Как было показано ранее, алгоритм поиска одного экстремума базируется на использовании ряда псевдослучайных чисел, равномерно распределённых на интервале (0, 1). Чтобы поиск координат последовательных локальных экстремумов выполнялся для каждого экстремума в новой подобласти, необходимо и достаточно организовать каждый цикл поиска одного локального экстремума на основе новой последовательности псевдослучайных чисел, используя для инициализации очередного цикла поиска последнее псевдослучайное число предшествующего цикла.

Работа алгоритма поиска глобального экстремума может завершаться при двух обстоятельствах:

- если найдено количество локальных экстремумов, определённое условиями задачи; в этом случае в качестве глобального экстремума квалифицируется экстремум с наименьшим значением целевой функции;
- если в процессе поиска заданного количества локальных экстремумов наблюдается определённое число экстремумов с равными минимальными значениями.

ПРИМЕРЫ ОПТИМАЛЬНОГО СИНТЕЗА ПАРАМЕТРОВ ФКУ ДЛЯ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Пусть заданы:

- мощность К.З. системы относительно точки присоединения преобразователя и ФКУ к сети, $Q_{К.З.} = 1$;
- номинальное напряжение сети, $U = 1$;
- ток основной частоты, потребляемый преобразователем из сети, $I_1 = 0,15$;
- мощность ФКУ, $Q = 0,05$.

В качестве базовых единиц приняты $Q_{К.З.}$, $I_{К.З.}$, $U_{К.З.}$, $x_{К.З.}$ системы.

Будем считать, что токи высших гармоник заданы уравнением:

$$\mathbf{I} = \mathbf{I}_1 \mathbf{J},$$

где $\mathbf{I}$ – вектор гармоник тока преобразователя; $\mathbf{J}$ – вектор коэффициентов.

Размерность векторов $\mathbf{I}$ и $\mathbf{J}$ равна числу гармоник тока преобразователя, учитываемых в расчёте.

Компоненты вектора $\mathbf{J}$ равны:

$$J_v = \begin{cases} \frac{1}{v}, & \text{если } v = v_n \\ 0,1 \frac{1}{v}, & \text{если } v = v_{a(6i \pm 1)} \\ 0,01 \frac{1}{v}, & \text{если } v = v_{a(3i)} \\ 0,001 \frac{1}{v}, & \text{если } v = v_{a(2i)} \end{cases},$$

где v_n – номер нормальной гармоники тока преобразователя; $v_{a(6i \pm 1)}$ – номер аномальной гармоники тока преобразователя ряда $(6i \pm 1)$, $i = 1, 2, 3, \dots$; $v_{a(3i)}$ – номер аномальной гармоники тока преобразователя ряда $3i$, $i = 1, 3, 5, \dots$; $v_{a(2i)}$ – номер аномальной гармоники тока преобразователя ряда $2i$, $i = 1, 2, 3, \dots$.

Требуется найти вариант ФКУ с минимальными потерями при условии, что схема преобразователя и типы звеньев ФКУ определены.

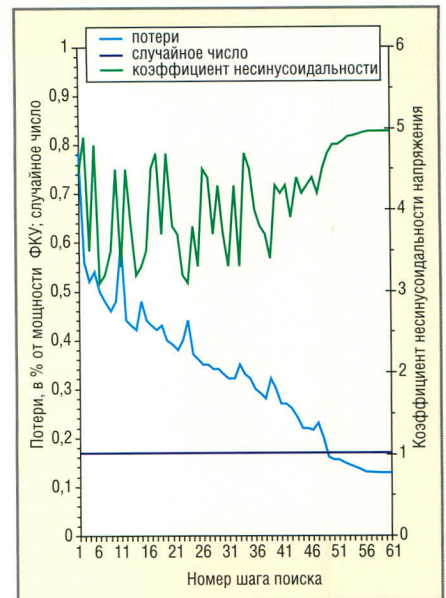


Рис. 4. Траектории поиска локального экстремума

Пример 1

Схема преобразователя – 24-пульсная.

ФКУ содержит три звена:

- У-фильтр третьей гармоники с добротностью 30;
- Д-фильтр пятой гармоники с добротностью 1;
- К-фильтр.

Типы фильтров ФКУ выбраны из следующих соображений. Нормальные гармоники тока 24-пульсной схемы находятся в области высоких частот. Можно предположить, что для их локализации окажется достаточным использование в качестве фильтра батареи конденсаторов, подключённой непосредственно к сети, то есть К-фильтра.

Вместе с тем, чтобы исключить усиление наиболее мощных аномальных гармоник, начиная с пятой, обусловленное резонансным контуром, образованным ёмкостью батареи конденсаторов и индуктивностью системы, применён широкополосный Д-фильтр пятой гармоники. Для предотвращения максимума в частотной характеристике системы на частоте третьей гармоники введён узкополосный фильтр, настроенный на эту частоту.

Результаты решения задачи показаны на рис. 4, 5.

Рисунок 4 иллюстрирует процедуру поиска одного локального экстремума.

На нём обозначено:

- «Потери» – траектория значений целевой функции;

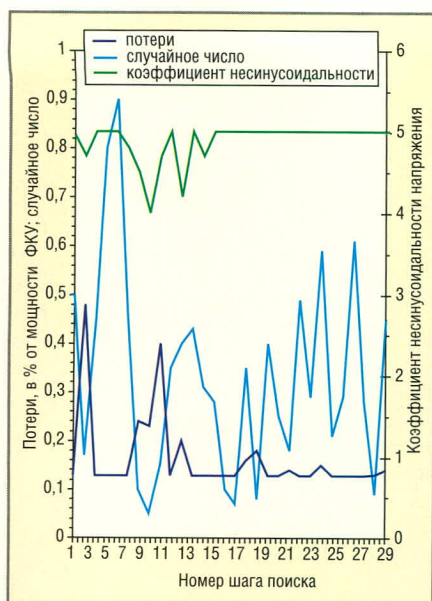


Рис. 5. Траектории поиска глобального экстремума

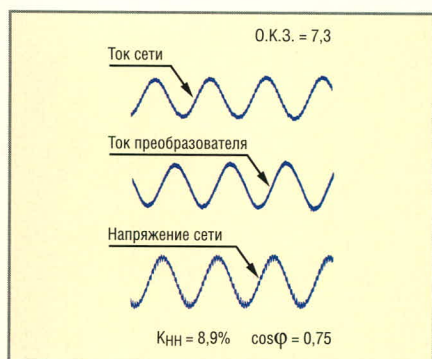


Рис. 6. Влияние на питающую сеть 24-пульсного преобразователя

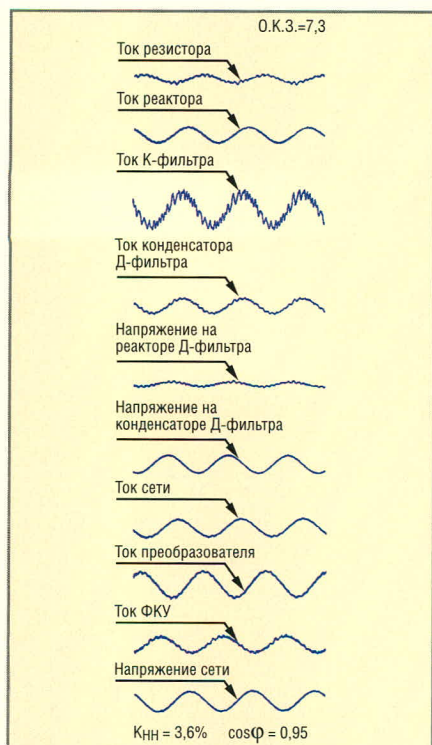


Рис. 7. Влияние на питающую сеть 24-пульсного преобразователя в комплекте с ФКУ

- «Коэффициент несинусоидальности напряжения» — траектория значений функции ограничения;
- «Случайное число» — траектория последнего псевдослучайного числа, которое было использовано в процедуре формирования вершин исходного многогранника.

По оси абсцисс откладывается номер шага поиска.

Значения потерь и координат на рисунках и далее по тексту даны в процентах от мощности ФКУ.

Наибольшее значение целевой функции получено в первой точке, которая является первой вершиной исходного многогранника. На рис. 4 параметры, соответствующие этой точке, расположены на оси ординат: потери — 0,784%; коэффициент несинусоидальности напряжения — 4,45%. Эти параметры получены при следующих значениях координат: Д-фильтр пятой гармоники — 96%; У-фильтр третьей гармоники — 1,6%; К-фильтр — 2,4%.

Дальнейшие точки аналогичным образом отражают процедуру движения многогранника к экстремуму.

На протяжении всей процедуры поиска генератор псевдослучайных чисел не используется, так как, согласно алгоритму движения многогранника, поиск экстремума осуществляется путём чередования операций растяжения и сжатия вектора поиска. В данном примере значение последнего псевдослучайного числа, которое было использовано при формировании вершин исходного многогранника, равно 0,17.

Поиск экстремума завершился на 61-м шаге. Экстремальная точка соответствует двухзвенной структуре ФКУ, состоящей из Д-фильтра пятой гармоники и К-фильтра. Мощность Д-фильтра составляет 17%, К-фильтра — 83%. У-фильтр третьей гармоники в данном случае оказался излишним. Потери в этой схеме составили 0,128%, то есть по сравнению с исходным вариантом уменьшились в 6,125 раз.

Результаты поиска глобального экстремума показаны на рис. 5. По оси абсцисс откладываются порядковые номера локальных экстремумов, по оси ординат обозначения те же, что и на рис. 4.

Первая точка на рис. 5 соответствует последней точке на рис. 4. Стартовое псевдослучайное число для поиска первого экстремума равно 0,5, для второго — 0,17, и т.д., чем обеспечива-

ется поиск каждого последующего локального экстремума в новой подобласти множества точек.

Можно констатировать, что с точностью поиска до тридцати экстремумов глобальным экстремумом является первая точка.

Пример 2

Схема преобразователя — 12-пульсная. ФКУ содержит три звена:

- Д-фильтр пятой гармоники с добротностью 1;
- У-фильтр тринадцатой гармоники с добротностью 30;
- К-фильтр.

Все остальные исходные данные те же, что и в примере 1.

Глобальным экстремумом с точностью поиска до тридцати экстремумов является точка X^* с координатами:

$$X^* = (19,5\%; 22,6\%; 57,9\%).$$

Потери в экстремальной точке составили 0,208%. По сравнению с допустимым вариантом, где потери максимальны, они уменьшились в 1,7 раза.

Отметим, что попытка использовать схему ФКУ из примера 1 оказалась безрезультатной, так как не было найдено ни одного допустимого варианта распределения реактивной мощности между фильтрами, что обусловлено возрастанием токов нормальных гармоник, генерируемых преобразователем. Безуспешной оказалась также замена У-фильтра третьей гармоники на У-фильтр одиннадцатой гармоники, поскольку величина тринадцатой гармоники оставалась высокой. И только замена У-фильтра одиннадцатой гармоники на У-фильтр тринадцатой гармоники позволила за счёт взаимодействия Д-фильтра пятой гармоники и У-фильтра тринадцатой гармоники осуществить эффективную фильтрацию также и одиннадцатой гармоники, достаточную для формирования допустимых вариантов и последующего успешного решения задачи.

Пример 3

Схема преобразователя — 6-пульсная. ФКУ содержит пять звеньев:

- Д-фильтр семнадцатой гармоники с добротностью 1;
- У-фильтры пятой, седьмой, одиннадцатой, тринадцатой гармоник с добротностью 30.

Остальные исходные данные те же, что и в примерах 1, 2.

Глобальным экстремумом с точностью поиска до двадцати экстремумов является точка X^* с координатами:

$X^* = (71,8\%; 13,2\%; 8,9\%; 3,8\%; 2,3\%).$

Первая координата относится к Д-фильтру семнадцатой гармоники, остальные – к У-фильтрам пятой, седьмой, одиннадцатой и тринадцатой гармоник соответственно.

Потери в экстремальной точке составили 0,168%. По сравнению с допустимым вариантом, где потери максимальны, они уменьшились в 1,9 раза.

Примеры синтеза параметров ФКУ являются частью расчётов, которые выполнялись автором при выборе оптимального варианта ФКУ преобразовательного комплекса, предназначенного для питания технологических линий Ангарского электролизного химического комбината. В итоге этих расчётов было принято решение применить схему ФКУ, соответствующую результатам примера 1. Осциллограммы (рис. 6, 7), снятые в условиях действующего производства, свидетельствуют об эффективности принятого решения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Технический регламент «Об электромагнитной совместимости». Технологии электромагнитной совместимости. 2004, № 1(8).
2. Добрусин Л.А. Статические фильтрокомпенсирующие устройства. Автоматизированный электропривод, силовые полупроводниковые приборы, преобразовательная техника. Москва: Энергоатомиздат, 1983.
3. Добрусин Л.А. Проектирование фильтрокомпенсирующих устройств. Улучшение электромагнитной совместимости электрических полупроводниковых преобразователей как средство экономии материальных и энергетических ресурсов. Москва: ВНИПИ ТПЭП, 1986.
4. Добрусин Л.А., Джафаров З.Г. Комплексный метод и его применение при проектировании фильтрокомпенсирующих структур. Электричество. 1986. № 8.
5. Химмельблау Д. Прикладное нелинейное программирование. Пер. с англ. Москва: Мир, 1975.
6. Уайльд Д. Оптимальное проектирование. Пер. с англ. Москва: Мир, 1981.
7. Добрусин Л.А. Программный комплект параметрической оптимизации фильтрокомпенсирующих структур. Электротехника 2010, IV симп. Сборник докладов. Т. 1. Ч. 1. Москва: ВЭИ-ТРАВЭК, 1997. ©

Новости мира News of the World

Светодиоды и крылья бабочек?

Пит Вуксик и Ян Хупер из университета Эксетера (Великобритания) исследовали африканских бабочек-парусников *Princers nireus* и выяснили, что способ, посредством которого их крылья флюоресцируют, аналогичен реализованному в современных светодиодах на фотонных кристаллах.

Идея усовершенствования существующих светодиодов путём увеличения количества испускаемого света с помощью фотонных кристаллов была предложена Алексеем Эрчаком из МТИ в 2001 году.

Сами фотонные кристаллы представляют из себя одно-, двух- или трёхмерные пористые структуры (так называемые решётки) с периодическим изменением коэффициента преломления среды. Кристаллическая решётка вытравливается на поверхности светодиода и позволяет ему испускать больше света. Более того, технология дополнена брэгговскими отражателями, не позволяющими свету задерживаться внутри вещества.

Система же в крыльях бабочек-парусников устроена следующим образом. В крыльях есть области, состоящие из воздушных микроотверстий. В этих областях и сконцентрирован пигмент, отвечающий за окраску крыльев. Пигмент, в свою очередь, поглощает из среды ультрафиолетовый свет и затем отражает его ярко-синим флуоресцирующим цветом.

Собственно, эти области крыльев с микроотверстиями и являются природной версией искусственных двумерных фо-



тонных кристаллов, а роль брэгговских отражателей играет зеркальный слой на обратной стороне крыла.

Доктор Вуксик считает, что способ, которым свет покидает крылья бабочки, абсолютно идентичен технологии LED, и изучение природных конструкций поможет учёным улучшать проектируемые устройства.

www.terralab.ru

Создан опытный образец дисплея на неорганической электролюминесценции

Опытный образец 17-дюймового дисплея с использованием неорганических электролюминесцентных материалов (IED) был представлен компанией iFire Technology – дочерним отделением компании Westaim (Канада).

IED-дисплеи основаны на толстоплённом диэлектрическом процессе, в котором используется меньше производственных операций, что в результате даёт больший объём производства по сравнению с технологией плазменных индикаторов или ЖК-технологией. Кроме того, IED-дисплеи не основаны на высокоточной инкапсуляции жидкостей или хрупких внутренних структурах, как в устройствах на основе плазмы или в устройствах с поддержанием высокого вакуума, как в FED- и VFD-технологиях.

Экран, размер которого на 400% больше, чем у опытного образца, выставленного на прошлой годней конференции SID, может отображать 16,77 млн. цветов, имеет контрастность выше 300 : 1, угол обзора 170°, время реакции менее 2 мс и яркость более 300 нит. В дисплее используются схемы возбуждения столбцов и геометрия пикселей, которые эквивалентны схемам для 30-дюймового дисплея с форматом XGA; разрешение можно масштабировать для соответствия телевизионным форматам SDTV и HDTV.

www.online-ic.com



Практикум программиста USB-устройств

Часть 3. Расширение функций ядра USB-устройства

Дмитрий Чекунов (г. Ижевск)

Наше ядро уже вполне состоялось как USB-устройство, но для придания ядру функциональной законченности нам ещё предстоит расширить его возможности в части самообслуживания.

ТРЕБОВАНИЯ USB

Начнём расширение функций ядра с уже хорошо изученной нами области – обслуживания требований.

Однако на этот раз мы обратимся к дополнительным (vendor) требованиям. Зачем могут понадобиться требования данного типа? Прежде чем ответить на этот вопрос, давайте проанализируем, какова роль требований в работе USB-устройства.

Багаж теоретических знаний [1] характеризует требование как унифицированную команду, используемую для настройки устройства. Практический опыт [2] подтверждает теоретическую основу требований и подчеркивает их исключительность для функционирования устройства. Итак, требования играют роль команды управления, имеющей наивысший приоритет в обслуживании устройством. Следовательно, для выполнения USB-устройством некоторых

безотлагательных действий целесообразно использовать дополнительное требование.

Включение поддержки дополнительных требований в проект

Анализ требования и определение его типа происходит в обработчике прерывания SUDAV [2, рис. 7]. До сих пор требования, не относящиеся к стандартным, мы считали недопустимыми и завершали контрольную транзакцию маркером STALL.

Теперь для того, чтобы наше ядро поддерживало дополнительные требования, изменим разработанный ранее алгоритм, и в разрыв ветви для нестандартных требований включим дополнительные действия по анализу и обслуживанию прочих допустимых требований (см. рис. 1). Хочу обратить внимание, что допустимыми могут быть и требования класса, но это уже определяется назначением USB-устройства.

Как видим, алгоритм изменился незначительно. Рассмотрим подробнее его работу. В случае, если требование не относится к стандартным, мы проверяем его на принадлежность к дополнительным (биты D5, D6 поля bmRequestType). При отрицательном результате завершаем транзакцию маркером STALL, иначе переходим к анализу номера требования (поле bRequest). Номера для дополнительных требований программист должен выбирать по своему усмотрению (ограничений со стороны шины USB нет). Если номер получен-

ного требования является допустимым, то выполняем соответствующую подпрограмму обработки и возвращаемся в основной алгоритм на анализ требования установки STALL.

Входные и выходные параметры обработчиков дополнительных требований абсолютно идентичны параметрам стандартных. Точно так же при обнаружении какой-либо ошибки необходимо установить требование flagStallEp0, для передачи дескриптора задать его адрес и установить признак flagGetDesc, а для передачи данных «ручным» способом заполнить буфер EP0BUF. Все прочие завершающие транзакцию действия будут выполнены обработчиком SUDAV.

Внесём в наш проект необходимые изменения.

Файл config.asm. К списку включенных файлов добавим ещё один:

```
$INCLUDE (ep0vtr.asm)
```

Именно файл ep0vtr.asm и ep0vtrtable.asm, рассмотренный далее, будут обеспечивать поддержку дополнительных требований.

Файл ep0vtrtable.asm: здесь будет храниться таблица векторов обработчиков требований (vtrtable – Vendor Request TABLE) и константа – количество поддерживаемых требований:

```
DEAL_VENDOR_REQUEST EQU 0
```

Формат таблицы векторов следующий:

```
; смещение 0
; lcall подпрограмма_требования_0 ; sjmp
endVendorRequestTable
; смещение 5
; lcall подпрограмма_требования_1
; sjmp endVendorRequestTable
```

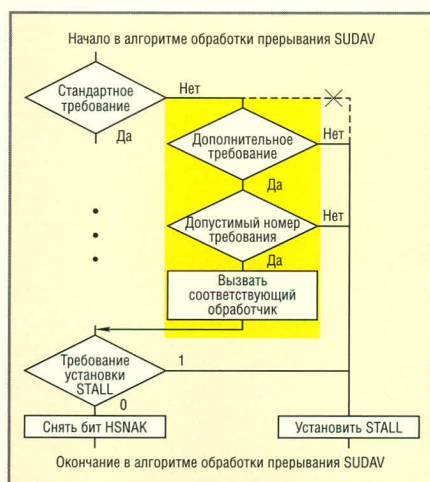


Рис. 1. Изменение алгоритма обработчика SUDAV для поддержки дополнительных требований


```
; ...
; смещение N*5
; lcall подпрограмма_требования_N
endVendorRequestTable:
```

Пока все записи в таблице закоментированы, поскольку количество требований равно нулю. Из данного примера хорошо видно, что вектора сведены в упорядоченные записи размером по 5 байт (3 байта – lcall, 2 байта – jmp). При такой организации поиск подпрограммы обработки сводится к вычислению смещения (номер требования умножить на 5) и переходу на полученный адрес. Следовательно, при присвоении номеров требованиям необходимо придерживаться простого правила: номера начинаются с 0 и увеличиваются без разрывов.

Итак, любое изменение набора поддерживаемых требований начинается с редактирования файла `ep0vrtable.asm`, где в таблице указываются названия реальных подпрограмм обработчиков.

Файл `ep0vr.asm`: название файла, пожалуй, говорит само за себя (vr – Vendor Request). Здесь располагаются подпрограммы обслуживания дополнительных требований, именно на них указывают ссылки из таблицы векторов обработчиков.

Файл `intusb.asm`. Выполним доработку обработчика прерывания SUDAV в соответствии с алгоритмом, представленным на рис. 1. Вызовы подпрограмм обслуживания дополнительных требований зададим в неявном виде, что позволит в будущем легко изменять набор поддерживаемых требований, не возвращаясь при этом к тексту обработчика SUDAV. Итак, нам предстоит отредактировать следующий участок кода программы:

```
jnz isrSudav_2
mov a,usbBufSetup+bR
cjne a,#DEAL_STANDARD_REQUEST,isrSudav_5
isrSudav_2:
```

Переход на ошибку заменяем переходом на анализ и запуск обработчиков стандартных требований.

```
jz isrSudav_1
```

Проверяем тип требования – биты D6 и D5 для vendor-требований должны иметь, соответственно, значения

1 и 0. В случае несовпадения типа требования переходим на ошибку:

```
cjne a,#40h,isrSudav_2
```

Далее следует анализ номера требования и при обнаружении ошибки аналогичный переход на установку требования `flagStallEp0`:

```
; считываем номер
; дополнительного требования
mov a,usbBufSetup+bR
cjne a,#DEAL_VENDOR_REQUEST,isrSudav_Vr
sjmp isrSudav_2
isrSudav_Vr:
jnc isrSudav_2
```

Если тип и номер требования являются допустимыми, то вычисляем смещение в таблице векторов до соответствующей записи и осуществляем переход на нее:

```
mov dptr,#vendorRequestTable
mov b,#5
mul ab
jmp @a+dprr
vendorRequestTable:
```

А вот и неявно заданные обработчики дополнительных требований:

```
$INCLUDE (ep0vrtab.asm)
```

После выполнения обработчиков переходим на анализ результатов завершения:

```
ljmp isrSudav_4
```

На этом изменения в файле `intusb.asm` можно считать завершёнными. Далее начинается анализ и обработка стандартных требований:

```
isrSudav_1:
; считываем номер
; стандартного требования
mov a,usbBufSetup+bR
cjne a,#DEAL_STANDARD_REQUEST,
isrSudav_5
```

Действительно, созданная структура проекта и организация текста

программы позволяют легко изменять список дополнительных требований без коррекций обработчика SUDAV.

Разработка дополнительного требования

Приступим к проектированию собственного дополнительного требования и обработчика для него.

Из обзора организации памяти FX2LP [3] известно, что во встроенном ОЗУ располагается основная часть системных ресурсов: регистры управления модулями, буферы FIFO и прочие служебные элементы. В таком случае весьма полезным будет требование, способное обеспечить обмен данными с любой ячейкой встроенного ОЗУ: это позволит контролировать текущее состояние ячейки и устанавливать новое. При помощи такого требования можно будет более подробно изучить принципы работы «внутренностей» FX2LP, также это пригодится при отладке программы устройства.

Назовём требование `LOAD_DATA`. В таблице 1 показаны форматы требования для обоих направлений передачи данных. Как можно заметить, отличие ограничено битом направления D7 в поле `bmRequestType`, а все остальные поля идентичны. Признаком дополнительного (vendor) требования являются биты D6 и D5, имеющие значения 1 и 0 соответственно. Для требования взят наименьший номер из допустимых, т.е. 0 (поле `bRequest`). Адрес интересующей нас ячейки задаётся в поле `wValue`. Поле `wIndex` не используется, поэтому имеет значение 0. Для увеличения эффективности предусмотрим возможность доступа сразу к нескольким ячейкам памяти МК. С этой целью будем использовать фазу данных. Объём передаваемых данных задаётся в поле `wLength`, и оно однозначно показывает количество обслуживаемых ячеек памяти. Поскольку размер буфера контрольной точки равен 64 байтам, ограничим размер фазы данных этим

Таблица 1. Формат требования `LOAD_DATA`

Требование	bmRequestType	bRequest	wValue	wIndex	wLength
Записать данные в ячейку ОЗУ FX2LP	40h	0	Начальный адрес	0	1...64 байт
Считать данные из ячейки ОЗУ FX2LP	0C0h	0	Начальный адрес	0	1...64 байт

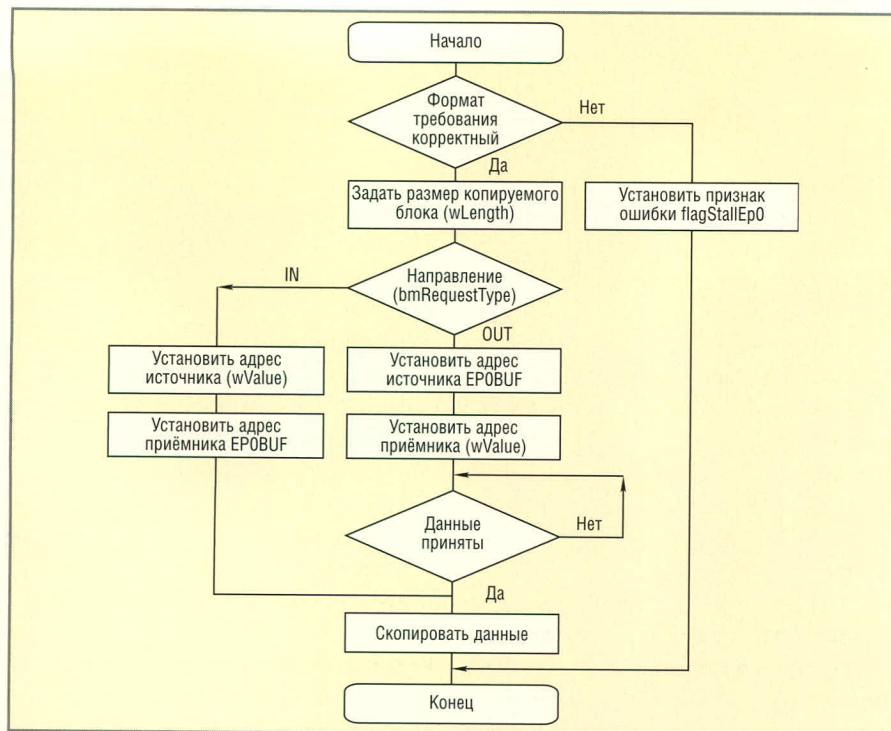


Рис. 2. Алгоритм обработки дополнительного требования LOAD_DATA

значением, чтобы весь требуемый объём можно было передать за один раз.

Теперь посмотрим, как будет функционировать подпрограмма обработки нашего требования LOAD_DATA. Входными параметрами для подпрограммы являются буфер `usbBufSetup`, флаг `flagStallEp0`, сброшенный в 0, и при направлении передачи OUT буфер `EP0BUF`. К выходным параметрам относятся тот же флаг `flagStallEp0`, установленный в случае ошибки, данные в буфере `EP0BUF` для передачи с направлением IN. Ключевое действие в подпрограмме – это копирование данных.

На рис. 2 представлен алгоритм обработки требования LOAD_DATA. Рассмотрим его подробнее.

Как обычно, на первом этапе проверяем корректность формата требования. При отсутствии ошибок определяем размер обслуживаемой области, заданный в поле `wLength`. Далее анализируем направление передачи данных (бит D7 поля `bmRequestType`). На ветви IN (передача данных хосту) задаём адрес источника встроенного ОЗУ МК (поле `wValue`) и адрес приёмника (буфер `EP0BUF`). На ветви OUT (приём данных от хоста) задаём адреса источника (буфер `EP0BUF`), приёмника – ячейки встроенного ОЗУ (поле `wValue`) и ждём поступления данных

в буфер контрольной точки. Поскольку теперь у нас определены источник, приёмник и размер обслуживаемой области, выполняем копирование данных и на этом завершаем работу.

Далее обработчик SUDAV самостоятельно завершит фазу данных для направления IN записью размера пакета в регистры `EP0BCH`, `EP0BCL`. Фаза Setup при отсутствии ошибок будет закончена также самостоятельно.

Теперь приступим к практической реализации поддержки требования LOAD_DATA в составе нашего проекта.

Файл `ep0vrtable.asm`. Изменим количество поддерживаемых требований:

DEAL_VENDOR_REQUEST	EQU	1
---------------------	-----	---

Внесём первую запись в таблицу векторов:

```

lcall vrLoadData
; sjmp endVendorRequestTable
endVendorRequestTable:

```

Оставим команду перехода закомментированной, поскольку потребность в ней возникнет при добавлении следующих требований.

Файл `ep0vr.asm`: по алгоритму, представленному на рис. 2, напомним об обработчике `vrLoadData`.

Файл `util.asm`: здесь потребуется добавить простую подпрограмму копирования данных между ячейками внешнего ОЗУ с синхронизационной задержкой. Назовем её `moveExt2ExtSynch`. Синхронизационная задержка нужна при последовательном обращении к регистрам `FX2LP` [4], расположенным в разных областях. Поскольку требование может обратиться к любой области, мы и вводим использование задержки.

Выполняем трансляцию программы и, если нет ошибок, переходим к проверке новой функции ядра.

Проверка работоспособности дополнительного требования

Для проверки работоспособности требования воспользуемся уже хорошо знакомой нам программой `CyConsole`. Подключим ядро к шине USB и загрузим исполняемый файл (`mydevice.hex`) в ОЗУ микроконтроллера. После переподключения ядра можно приступить к передаче требования устройству.

В списке устройств выделим `MY USB-DEVICE` и перейдём на закладку `Control Endpt Xfers`. Для начала считаем значение какого-нибудь регистра, например, регистра управления и статуса точки `EP1IN` – `EP1INCS`. В соответствии с форматом требования, представленным в таблице 1, корректно установим элементы управления на форме:

- **Direction** – выбираем Host ← Device;
- **Request Type** – выбираем Vendor;
- **Recipient** – выбираем Device (поскольку в поле `bmRequestType` нашего требования биты D4 – D0 сброшены в 0);
- **Request Code** – вводим 0;
- **wValue** – задаём `0xEBA2` (адрес регистра `EP1INCS`);
- **wIndex** – вводим 0;
- **Bytes of Data** – задаём 1 (данное поле называется в пакете Setup – `wLength`, и в нашем требовании значение этого поля показывает количество обслуживаемых ячеек памяти). Сейчас нас интересует значение только в одной ячейке.

Нажимаем <Transfer Data> и в поле сообщений видим результат завершения операции и значение, считанное из регистра `EP1INCS` (см. рис. 3). По считанному значению можно сделать вывод, что буфер точки `EP1IN` находится под управлением МК и со-

стояние STALL для точки не установлено.

Теперь можно попробовать послать требование с недопустимым номером. Введём в поле Request Code любое значение, отличное от нуля, и нажмём кнопку <Transfer Data>. В результате получим сообщение об ошибке.

Итак, в работоспособности требования мы убедились, и немного позднее мы используем его для экспериментов над FX2LP.

«МАЛЫЕ» ТОЧКИ FX2LP

Во всех МК семейства FX2LP имеются так называемые «малые» точки – это EP1OUT (адрес 1) и EP1IN (адрес 0x81). Такое название они получили потому, что принадлежащие им буферы имеют маленький размер (всего 64 байта) и не буферизированы. В связи с этим обстоятельством названные точки не применяются для передачи больших объёмов данных и поддерживают только два типа передачи данных – bulk и interrupt.

Ресурсы для управления «малыми» точками

В таблице 2 представлены ресурсы МК, используемые для взаимодействия с точками EP1OUT и EP1IN:

- EP1xxxCFG – регистр конфигурации. Регистр определяет работоспособность точки (бит VALID) и тип передачи данных (биты TYPE0 и TYPE1). Значение в данном регистре должно соответствовать состоянию точки, описанному в дескрипторе конфигурации для текущей альтернативной установки. То есть если точка в текущем состоянии устройства должна быть выключена, то это значит, что бит VALID будет иметь состояние 0. При изменении состояния устройства, когда, например, точка должна быть работоспособной с типом передачи interrupt, биты VALID, TYPE0 и TYPE1 необходимо установить в 1. В нашем проекте синхронное изменение значений регистров конфигурации осуществляется подпрограммой setConfigEp, которая копирует новые значения регистров из таблицы tableCfg1If0 [2];
- EP1xxxCS – регистр контроля и статуса. Регистр позволяет управлять состоянием точки (бит STALL) и контролировать готовность бу-

фера к обмену данными (бит BUSY):

- бит STALL напрямую связан с маркером подтверждения STALL, поэтому, когда данный бит установлен, точка с позиции хоста переходит в состояние HALT, и дальнейший обмен с ней невозможен. В этом случае на все запросы хост будет получать маркер подтверждения STALL;
- бит BUSY отражает текущее состояние буфера точки. Если BUSY равен единице, то буфер занят, в противном случае буфер свободен;

- EP1xxxBUF – собственно это и есть буфер точки;
- EP1xxxBC – счётчик байтов. Для точки EP1OUT он показывает размер пакета, принятого и размещённого в буфере EP1OUTBUF. При работе с точкой EP1IN в этот счётчик необходимо записать размер пакета, помещённого в буфер EP1INBUF;
- EPIRQ – регистр запросов прерываний;
- EPIE – регистр разрешения прерываний;
- IBNIRQ – регистр запросов прерываний для точек с направлением IN. IBN – это аббревиатура от сочетания слов IN-BULK-NAK, что обозначает: на запрос хоста IN точка с типом передачи BULK отвечает NAK, т.е. данные не готовы и запрос следует повторить позднее;
- IBNIE – регистр разрешения прерываний IBN;
- NAKIE – регистр разрешения прерываний для событий, формируемых точками OUT, однако в нём имеется бит IBN, с помощью которого можно запретить сразу все прерывания IBN.

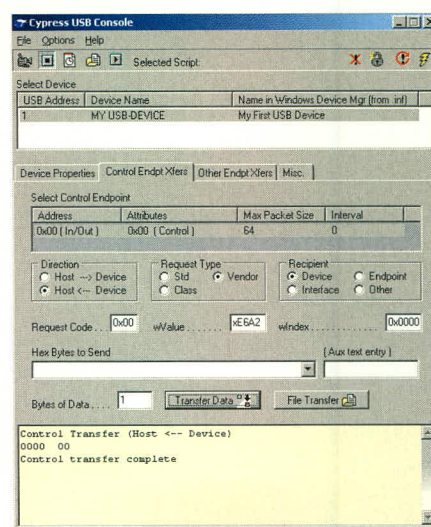


Рис. 3. Проверка работоспособности дополнительного требования

Взаимодействие точек с хостом

С типом передачи bulk мы уже знакомы [5]. «Малые» точки в нашем проекте будут использовать именно этот тип передачи, поскольку нам предстоит организовать достоверный обмен данными. Поэтому сейчас мы посмотрим, как же реально происходит взаимодействие между «малыми» точками и хостом. Начнём с EP1OUT, потому что логика работы точки с направлением OUT проще для понимания.

Всё начинается с того, что хост передаёт пакет данных, а USB-модуль помещает его в буфер EP1OUTBUF. Далее USB-модуль записывает размер полученного пакета в регистр EP1OUTBC и устанавливает флаг BUSY в регистре EP1OUTCS. Одновременно происходит установка запроса прерывания EP1OUT в регистре EPIRQ. Если в регистре EPIE имеется разрешение на прерывание от точки EP1OUT, то последует переход на обработчик прерывания isrEp1Out,

Таблица 2. Ресурсы FX2LP для взаимодействия с «малыми» точками

Ресурсы	Точка EP1OUT	Точка EP1IN
Регистр конфигурации	EP1OUTCFG	EP1INCFG
Регистр управления и статуса	EP1OUTCS	EP1INCS
Буфер размером 64 байта	EP1OUTBUF	EP1INBUF
Регистр размера пакета	EP1OUTBC	EP1INBC
Регистр запроса прерывания при изменении состояния буфера	EPIRQ (буфер заполнен)	EPIRQ (буфер пуст)
Регистр разрешения прерывания при изменении состояния буфера	EPIE	EPIE
Регистр запроса прерывания при запросе хоста и пустом буфере	–	IBNIRQ
Регистр разрешения прерывания при запросе хоста и пустом буфере	–	IBNIE
Общее разрешение прерывания для событий IBN	–	NAKIE

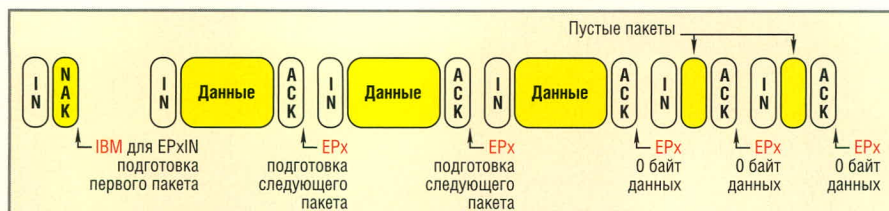


Рис. 4. Взаимодействие хоста и типовой точки IN

иначе FX2LP должен самостоятельно обнаружить изменение состояния бита BUSY.

Теперь принятые данные необходимо обработать... МК по значению в EP1OUTBC узнаёт размер полученного пакета и приступает к выборке и обслуживанию данных из EP1OUTBUF. Флаг BUSY по-прежнему установлен в 1, поскольку МК ещё не сообщил об освобождении буфера.

В это время хост посылает второй пакет данных. Модуль USB, обнаружив, что буфер ещё занят, отвечает хосту маркером подтверждения NAK. В результате этого хост предпримет повторную передачу пакета позднее.

Наконец МК закончил обработку данных. Теперь, для того чтобы освободить буфер EP1OUTBUF, ему достаточно записать любое число в регистр EP1OUTBC, и после этого бит BUSY будет аппаратно сброшен в 0, а буфер EP1OUTBUF перейдёт под управление USB-модуля. Следующий пакет, переданный хостом, уже достигнет адресата.

Теперь рассмотрим логику работы точки EP1IN. На рис. 4 показана последовательность запросов и ответов для любой точки с направлением IN. Напомню ещё раз, что ни одно USB-устройство не может самостоятельно послать хосту данные. Любая передача осуществляется только по запросу хоста.

Итак, изначально буфер EP1INBUF пуст, о чём свидетельствует сброшенный в 0 бит BUSY. Казалось бы, если буфер пуст, то можно заполнить его данными. Однако это будет неправильно, потому что неизвестно, когда хост запросит данные, запросит ли вообще и будут ли они на тот момент ещё достоверными. Поэтому подготовка данных для точки с направлением IN начинается с момента реального обращения хоста.

При запросе хоста (IN) модуль USB проверяет состояние буфера

EP1INBUF и, поскольку он пуст, возвращает маркер подтверждения NAK (данные не готовы) и формирует прерывание IBN (IN-BULK-NAK).

Теперь, после действительного запроса хоста, МК должен немедленно приступить к подготовке данных. После размещения данных в буфере EP1INBUF МК записывает размер помещённого пакета в регистр EP1INBC. Данное действие переводит буфер под управление модуля USB, и сразу же происходит установка флага BUSY – буфер занят.

При следующем запросе IN модуль USB передаёт данные из буфера хосту и, получив подтверждение ACK, сбрасывает флаг BUSY и возвращает EP1INBUF микроконтроллеру. Одновременно происходит установка запроса прерывания EP1IN в регистре EPIRQ, и, если в регистре EPIE имеется разрешение на прерывание от точки EP1IN, то последует переход на обработчик прерывания isrEp1In. Однако если прерывание не разрешено, то FX2LP должен самостоятельно контролировать состояние бита BUSY.

Итак, хост успешно забрал подготовленный пакет, и теперь буфер снова свободен. МК начинает готовить следующий пакет данных. Размещение нового пакета и передача буфера модулю USB будут соответствовать рассмотренным выше.

А теперь подумаем, какой объём данных может передать точка EP1N. В принципе – бесконечно большой. Но в действительности, если, например, точка обслуживает микросхему памяти объёмом 16 Кб, то после передачи этого объёма транзакция должна завершиться. Как же сообщить хосту об отсутствии данных? Оказывается, очень просто. Если данные для передачи закончились, то необходимо записать в регистр EP1NBC значение 0, и хост получит пустой пакет данных (размер 0 байт). Подобный метод и позволяет точке сообщить хосту о завершении транзакции.

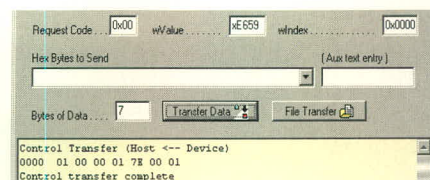


Рис. 5. LOAD_DATA: чтение регистров прерываний

Внешнее управление точкой EP1IN

Теперь, после знакомства с «малыми» точками, воспользуемся нашим требованием `LOAD_DATA` и, манипулируя изученными ресурсами, попытаемся осуществить транзакцию с точкой `EP11N`.

Ранее мы уже считали значение из регистра EP11NCS (см. рис. 3) и теперь знаем, что биты BUSY и STALL исследуемой точки сброшены в 0. Это говорит о том, что буфер EP11NBUF принадлежит МК и данные для хоста не готовы.

Перед тем как приступить к активным действиям, считаем значение регистров IBNIRQ и EPIRQ. Это позволит лучше понять логику работы точки IN. Изменим следующие элементы управления на закладке Control Endpt Xfers формы:

- wValue – задаём 0xE659 (адрес регистра IBNRQ);
- Bytes of Data – задаём 7 (чтобы за один раз считать значение интересующих нас регистров).

Нажимаем <Transfer Data>, и в поле сообщений (см. рис. 5) видим результаты завершения операции. По значению в регистре IBNIRQ (01) можно сделать вывод, что запросов IN к исследуемой точке не было. Прерываний, формируемых битом BUSY, также не было, поскольку значение регистра EPIRO также равно 01.

Перейдём на закладку Other Endpt Xfers и попытаемся принять данные из точки 0x81 (In). Обратите внимание, что от момента нажатия кнопки <Transfer Data> до появления сообщения пройдёт довольно значительное время.

В результате мы получим сообщение об ошибке (см. рис. 6). Это вполне логично, поскольку буфер EP1INBUF ещё пуст и не передан под управление модулю USB.

Вернёмся на закладку Control Endpt Xfers и повторим чтение регистров (см. рис. 7). Как видим, состояние битов регистра IBNIQ изменилось – произошла установка бита EP1IN. Это

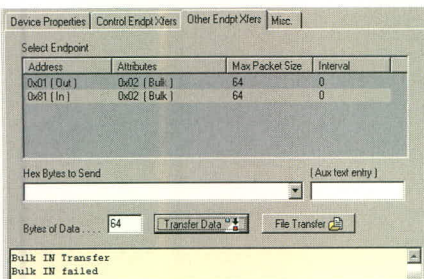


Рис. 6. Тайм-аут при чтении из точки EP1IN

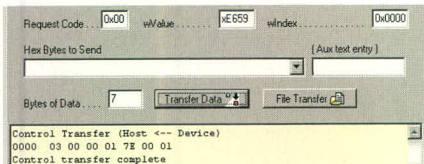


Рис. 7. LOAD_DATA: контроль изменений в регистре прерываний IBNIRQ

означает способность МК «понять», что хост требует данные, в связи с чем необходимо срочно заполнить буфер.

Для заполнения буфера изменим следующие элементы на форме:

- Direction – выбираем «Host → Device»;
- wValue – задаём 0xE7C0 (адрес буфера EP1INBUF);
- Hex Bytes to Send – через пробел вводим данные для записи в буфер точки;
- Bytes of Data – программа автоматически устанавливает значение для этого поля в соответствии с распознанными данными в поле Hex Bytes to Send.

Нажимаем <Transfer Data> и в поле сообщений (см. рис. 8) видим результаты завершения операции – данные переданы успешно. Сейчас мы только записали информацию в буфер, а для того, чтобы эти данные стали доступны хосту, необходимо передать буфер под управление модулю USB. Делается это просто. Записываем количество байт в буфере в регистр EP1INBC:

- wValue – задаём 0xE68F (адрес регистра EP1INBC);
- Hex Bytes to Send – задаём 10, поскольку вводимые здесь числа распознаются как шестнадцатеричные;
- Bytes of Data – программа автоматически устанавливает значение 1. Нажимаем <Transfer Data> и видим, что данные переданы успешно.

Вот теперь буфер перешёл под управление модуля USB, и данные уже можно получить из точки EP1IN. Но перед этим считаем значение регистра EP1INCS:

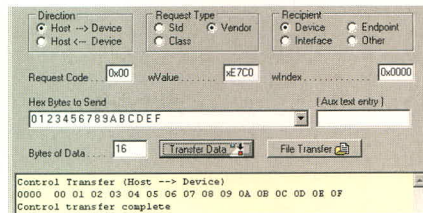


Рис. 8. LOAD_DATA: запись данных в буфер EP1INBUF

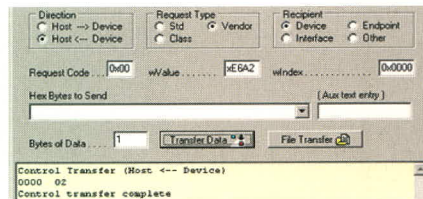


Рис. 9. LOAD_DATA: контроль бита BUSY в EP1INCS

- Direction – выбираем «Host ← Device»;
- wValue – задаём 0xE6A2 (адрес регистра EP1INCS);
- Bytes of Data – задаём 1.

Нажимаем <Transfer Data> и из считанного значения видим, что бит BUSY действительно установлен в 1 (см. рис. 9). Таким образом, наши утверждения верны – буфер находится под управлением модуля USB, и теперь можно выполнить чтение данных из точки EP1IN.

Переходим на закладку Other Endpt Xfers и пытаемся повторно принять данные из точки 0x81 (In). На этот раз операция завершилась успешно (см. рис. 10), а количество и значения принятых данных совпадают с заданными нами ранее.

Снова вернёмся на закладку Control Endpt Xfers и повторим чтение регистра EP1INCS. Видим, что бит BUSY принял значение 0, то есть буфер свободен и готов к новому заполнению данными микроконтроллером. Помним, что при сбросе бита BUSY для точки EP1IN должен сформироваться запрос на прерывание.

Считаем значение регистров прерывания:

- wValue – задаём 0xE659 (адрес регистра IBNIRQ);
- Bytes of Data – задаём 7.

Нажимаем <Transfer Data> и в поле сообщений (см. рис. 11) видим результаты завершения операции. Значение в регистре EPIRQ (07) показывает, что установлен запрос на прерывание для точки EP1IN.

Вот мы и организовали обмен данными с точкой, используя требование LOAD_DATA.

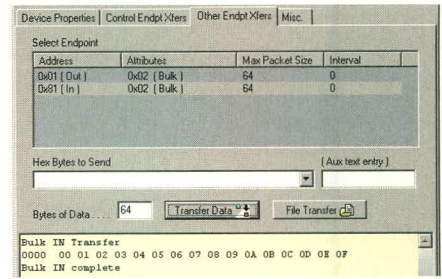


Рис. 10. Успешное чтение из точки EP1IN



Рис. 11. LOAD_DATA: контроль изменений в регистре прерываний EPIRQ

Давайте также посмотрим, как хост отреагирует на переход точки в состояние HALT. Для этого установим бит STALL в регистре EP1INCS:

- Direction – выбираем «Host → Device»;
- wValue – задаём 0xE6A2 (адрес регистра EP1INCS);
- Hex Bytes to Send – задаём 1;
- Bytes of Data – программа автоматически устанавливает значение 1.

После нажатия <Transfer Data> точка должна перейти в состояние HALT, то есть на любой запрос выдавать маркер подтверждения STALL – «точка неработоспособна».

Возвращаемся на закладку Other Endpt Xfers и пытаемся ещё раз принять данные из точки 0x81 (In). На этот раз операция завершается с ошибкой, но, в отличие от случая с пустым буфером, очень быстро. Из этого можно сделать вывод, что хост, обнаружив неработоспособность точки, не предпринимает к ней повторных обращений.

Окончание следует

ЛИТЕРАТУРА

1. Чекунов Д. Стандартные требования USB. Современная электроника. 2004. № 2.
2. Чекунов Д. Разработка аппаратно-программного ядра USB-устройства. Современная электроника. 2005. № 5, 6.
3. Чекунов Д. EZ-USB FX2LP – универсальное USB-решение. Современная электроника. 2005. № 4.
4. EZ-USB FX2 Technical Reference Manual. www.cypress.com.
5. Чекунов Д. Знакомство с USB. Современная электроника. 2004. № 1.



2-я Международная специализированная выставка «Силовая электроника»

9 – 11 ноября в Конгресс-центре ЦМТ в Москве с успехом прошла 2-я Международная специализированная выставка «Силовая электроника».

«Силовая электроника» – специализированная выставка для профессионалов. Это научно-техническое направление является одним из наиболее прогрессивных и быстро развивающихся. Актуальность выставки подтверждают также и данные статистики. По сравнению с прошлым годом площадь экспозиции увеличилась в три раза.

Министр образования и науки Российской Федерации А.А. Фурсенко отменил в приветствии участникам и гостям выставки: «...Сегодня новейшие разработки в области силовой электроники востребованы и имеют огромное значение для современной российской промышленности. В этих условиях выставка «Силовая электроника» становится особенно актуальной, собирая не только российские, но и иностранные компании...».

В этом году на выставочной площади 1300 кв. м свои экспозиции представили 113 компаний из 12 стран (России, Украины, Беларуси, Литвы, Австрии, Италии, Германии, Испании, США, Великобритании, Польши, Тайваня).

За три дня выставку посетили 7800 специалистов.

Тематические разделы выставки:

- Полупроводниковые компоненты
- Силовые полупроводниковые компоненты
- Интегральные микросхемы и оптоэлектроника

- Пассивные компоненты
- Магниты и материалы сердечников
- Управление тепловыделением
- Датчики и сенсоры
- Узлы и сборки
- Сервомоторы и актюаторы
- Интеллектуальный контроль двигателей
- Источники питания
- Контроль качества электропитания
- Тестирование и измерение
- Программное обеспечение для разработки
- Транзисторы
- Преобразователи напряжения
- Промышленные компьютеры
- Системы автоматизации
- Трансформаторы
- Распределительные устройства

Приветствуя участников и посетителей, А.И. Сухопаров, Председатель Федерального фонда развития электронной техники, дал высокую оценку выставке: «В прошлом году выставка прошла впервые и сразу заняла важное место среди профессиональных событий отрасли. Искренне радуется участие в выставке значительного числа российских компаний. Этот факт свидетельствует об активном развитии электроники в нашей стране и оказывает позитивное воздействие на развитие отечественного рынка».

По традиции выставку сопровождала насыщенная деловая программа. В течение трёх дней прошли более десяти семинаров и презентаций ведущих компаний-производителей.



Результаты «Силовой электроники 2005» доказали, что у международных специализированных выставок прекрасные перспективы. Прямо на выставке более 65% компаний подтвердили своё участие в выставке в следующем году.

Организаторы прогнозируют тенденции дальнейшего стабильного роста как числа экспонентов, так и выставочных площадей. По предварительным данным, количество участников увеличится по меньшей мере на 10%.

В следующем году выставка «Силовая электроника» пройдет в Конгресс-центре ЦМТ 8 – 10 ноября.



Международная выставка и конференция «Беспроводные и мобильные технологии»

Развитие российского рынка беспроводных технологий становится всё более динамичным и актуальным. При сохранении современных темпов внедрения беспроводных решений, в ближайшем будущем мы увидим их применение практически во всех сферах нашей жизни.

Уникальной площадкой для деловой кооперации стала Международная специализированная выставка «Беспроводные и мобильные технологии 2005», которая прошла с 22 по 24 ноября в Москве. Организатором выступила компания ООО «Инконэкс», член Торгово-промышленной палаты г. Москвы.

Участники выставки представили новейшие разработки в области беспроводных технологий, познакомили с особенностями внедрения и эксплуатации технологического оборудования, продемонстрировали возможность применения беспроводных решений в различных областях, таких как: охрана и безопасность, системы оповещения и диспетчеризация, сбор информации и контроль данных, дистанционное управление и промышленная автоматизация, системы навигации, мониторинг и телеметрия, транспортная электроника, платёжные и финансовые системы и др.

Около 60 компаний из различных городов России и зарубежья представили свои экспозиции на выставке.

В дни работы выставки огромный интерес специалистов привлекла конференция «Беспроводные технологии – применение в промышленности». В рамках конференции был представлен общий обзор развития рынка беспроводных технологий, прошли презентации ведущих компаний, участники обсудили самые актуальные проблемы и вопросы развития отрасли, прозвучали доклады на различные темы.

За три дня работы выставку посетили около 3200 специалистов: руководители, технические директора, главные инженеры, разработчики, системные интеграторы крупнейших предприятий России и СНГ.

В пресс-конференции по случаю открытия выставки приняли участие представители ведущих отраслевых

и общепрофессиональных изданий. «Основная цель мероприятия – привлечение дополнительного внимания специалистов к новому, развивающемуся научно-техническому направлению. Несомненно, встречи и деловая кооперация специалистов на выставке помогут обсуждению сложных вопросов, нахождению путей для дальнейшего развития, обозначению новых перспективных направлений для реализации высокотехнологичных проектов», – отметила на пресс-конференции Архипова Наталья, директор выставочной компании ООО «Инконэкс».

Результаты первой выставки «Беспроводные и мобильные технологии 2005» доказали, что новая международная выставка и конференция станут для отечественных и зарубежных компаний прекрасной возможностью наладить деловые контакты, обменяться опытом и технологиями, открыть перспективы дальнейшего взаимовыгодного сотрудничества.

Следующая выставка, «Беспроводные и мобильные технологии 2006», состоится 21 – 23 ноября в Москве в СК Олимпийский.

СЕМИНАР КОМПАНИИ MENTOR GRAPHICS

19 октября в отеле Шератон-Палас состоялся семинар компании Mentor Graphics и её дистрибьютора, Megratec-INLINE GROUP, по проектированию и верификации систем на кристалле. На семинаре присутствовало более 80 человек от 32 организаций. Были рассмотрены вопросы системного, функционального и физического проектирования и верификации СБИС в субмикронном диапазоне. Компания Mentor Graphics была представлена ведущими специалистами, которые сделали обзор текущего состояния по данному направлению и проанализировали основные тенденции развития на ближайшее время.

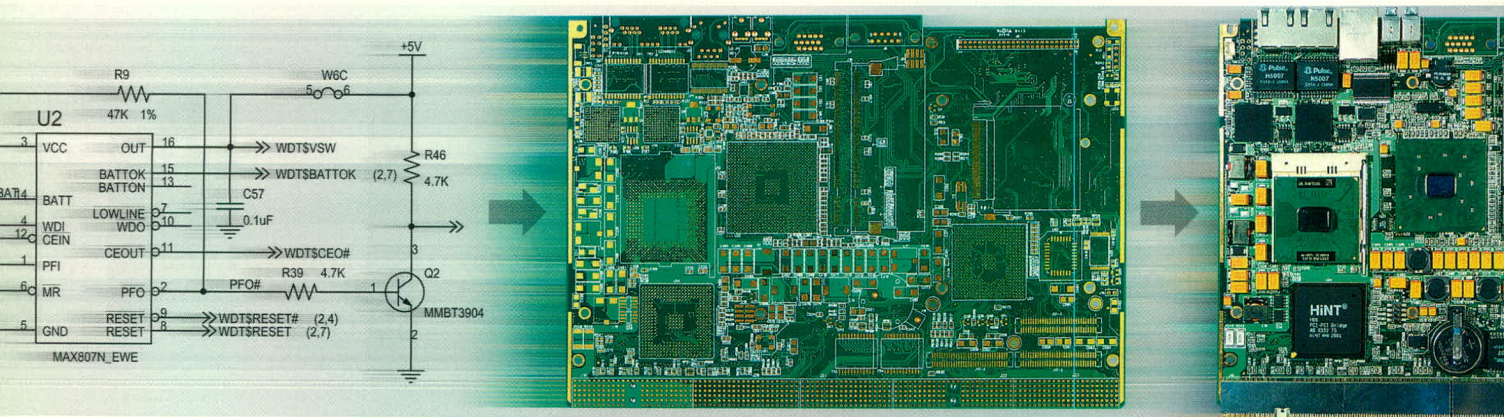
Особое внимание было уделено последним разработкам компании. На системном уровне это продукты Perspecta, BridgePoint, Catapult C Synthesis, Platform Express и другие, обеспечивающие проектирование на уровне исполняемой спецификации системы с использованием языков xtUML, C/C++, SystemC.

На уровне RTL были представлены новые продукты Questa и 0-In. Они ориентированы на общепринятые языковые стандарты SystemVerilog, SystemC, PSL, OVL и расширяют возможности традиционных HDL-симуляторов в области моделирования на основе ассертов (Assertion-Based

Verification), управления полнотой покрытия (Coverage-Driven Verification), автоматизации тестбенчей (Testbench Automation), моделирования на уровне транзакций (Transaction Level Modeling), статической и динамической формальной верификации (Formal Verification).

На физическом уровне был представлен маршрут проектирования аналого-цифровых субмикронных СБИС на основе IC Station и мирового стандарта в области физической верификации – Calibre.

В заключение специалисты Mentor Graphics ответили на вопросы участников семинара, после чего состоялся свободный обмен мнениями по тематике семинара.



ТЕХНОЛОГИИ МЕНЯЮТСЯ – *доверие остается*

Fastwel – ведущий контрактный производитель электроники в России и СНГ.

Производственные ресурсы компании по квалификации персонала и составу оборудования стоят в ряду лучших европейских производств.

В активе компании прочные и эффективные отношения с признанными лидерами в области электронных компонентов, печатных плат и оборудования.

Компания предоставляет своим клиентам полный комплекс работ и услуг, осуществляя законченный цикл электронного производства.

Fastwel – мир передовых технологий, современных разработок, ответственных решений, заслуженно пользующихся доверием клиентов.

мир электроники Fastwel



ПРОИЗВОДСТВО ЭЛЕКТРОНИКИ



Маски, подчёркивающие достоинства!



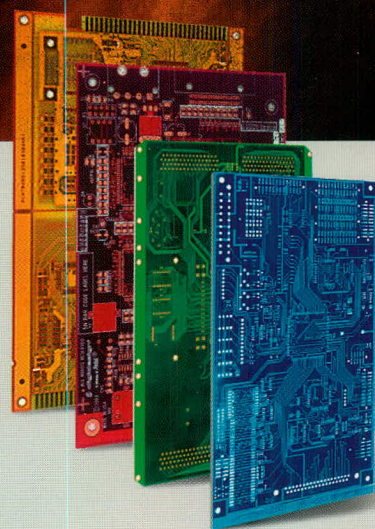
Печатные платы заводов SEP — это мировой уровень, отвечающий всем необходимым требованиям

Сервис

- оперативное решение ваших запросов в течение 24 часов
- своевременная доставка от шести дней
- адаптация топологии под автоматический монтаж
- техническая поддержка

Технологии

- односторонние и двусторонние платы
- многослойные платы
- гибкие и гибко-жёсткие печатные платы
- платы с контролем импеданса
- платы с глухими и скрытыми переходными отверстиями
- платы с серебряными переходными отверстиями
- платы с лазерной сверловкой
- платы с металлическим основанием
- СВЧ-платы (фторопласт, тефлон)
- платы большой толщины



Телефон: (495) 234-0639

Факс: (495) 232-1654

E-mail: pcb@fastwel.ru

Компания Фаствел – Генеральный поставщик продукции заводов SEP (Южная Корея) на территории России и стран СНГ



www.sepco.ru



www.fastwel.ru