

СОВРЕМЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА 4 2006

**ЭЛЕКТРОНИКА ДЛЯ АВИАЦИИ,
КОСМОНАВТИКИ, ВПК**

Компакт-диск
компания
ПРОСОФТ





Компания **ПРОСОФТ** – официальный дистрибьютор фирмы **CREE** в России и странах СНГ – предлагает ознакомиться с материалами семинара:

«Новые технологии полупроводниковых источников света компании «CREE». Преимущества ярких XLamp»

На семинаре были представлены доклады на следующие темы:

- **Технические особенности применения светодиодных ламп высокой мощности** / Александр Полищук, бренд-менеджер ПРОСОФТ /
- **Новые технологии полупроводниковых источников света компании CREE и преимущества ярких XLamp** / Джон Перри, менеджер по продукции CREE Lighting LEDs /
- **Дистанционное управление светотехническими системами** / Андрей Архипов, бренд-менеджер ПРОСОФТ /



Всю **ДОПОЛНИТЕЛЬНУЮ** информацию вы можете найти на предложенном CD

PROSOFT[®]

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

СОВРЕМЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

№ 4, 2006

Издаётся с 2004 года

Главный редактор

Александр Майстренко

Зам. главного редактора

Татьяна Крюк

Научные редакторы

Александр Масыкин, Роберт Алексанян

Дизайн и верстка

Татьяна Крюк, Александр Либков,
Дмитрий Юсим

Web-мастер

Дмитрий Романчук

Служба распространения

Ирина Самохина (circul@soel.ru)

Служба рекламы

Татьяна Кравченко (advert@soel.ru)

Издательство «СТА-ПРЕСС»

Директор Константин Седов

Почтовый адрес: 119313, Москва, а/я 26

Телефон: (495) 232-0087

Факс: (495) 232-1653

Сайт: www.soel.ru

E-mail: info@soel.ru

Тираж 15 000 экземпляров

Журнал зарегистрирован в Федеральной

службе по надзору за соблюдением

законодательства в сфере массовых

коммуникаций и охране культурного наследия

(свидетельство ПИ № ФС77-18792

от 28 октября 2004 года)

Свидетельство № 00271-000 о внесении

в Реестр надёжных партнеров Торгово-

промышленной палаты Российской Федерации

Цена договорная

Отпечатано:

Полиграфический комплекс

«Пушкинская площадь»

www.pkpp.ru

Перепечатка материалов допускается только

с письменного разрешения редакции.

Ответственность за содержание рекламы

несут рекламодатели.

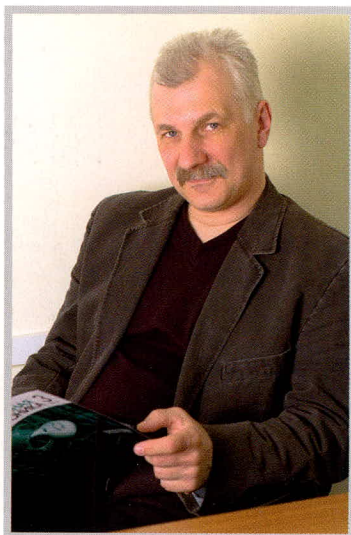
Ответственность за содержание статей

несут авторы.

Материалы, переданные редакции,

не рецензируются и не возвращаются.

© СТА-ПРЕСС, 2006



Уважаемые читатели!

В этом номере журнала мы коснёмся некоторых проблем, связанных с электроникой для авиации, космонавтики и ВПК.

Мы привыкли и хотим считать Россию великой державой. А что мы вкладываем в это понятие? Громадная территория и население, богатые природные ресурсы – это ли признаки величия державы? Это лишь его предпосылки. Способность страны достойно противостоять внешней угрозе и умение самостоятельно защитить себя и свою территорию, – скорее, именно это характеризует её величие. Десятилетиями наша страна вкладывала материальные и интеллектуальные ресурсы в создание своего оборонного щита, причём значимость электроники в нём росла неуклонно. Но за последние 15 лет мы не только не увеличили, но существенно снизили объёмы производства электронных компонентов, и сейчас доля зарубежных компонентов во вновь разрабатываемой военной электронике достигает 90%. Такую зависимость от импорта надо признать угрожающей для ВПК.

Пока идея оживления российской электроники не овладела умами бизнесменов и чиновников, охочих до нефтяных долларов, нам не остаётся ничего другого, как использовать зарубежную элементную базу и тратить время и силы на её испытания и сертификацию. В этом журнале мы попытались осветить проблему использования зарубежных компонентов с разных точек зрения и выслушать мнение как разработчиков, так и сертифицирующих организаций. К сожалению, на приглашение журнала не откликнулся 22 ЦНИИ, ссылаясь на секретность своей деятельности и нерасторопность бюрократических структур МО. Жаль, очень хотелось ознакомиться с мнением законодателя в этой сфере. А в остальном журнал получился достаточно интересным. Впрочем, как всегда.

*С наилучшими пожеланиями,
Александр Майстренко*

Содержание 4

2006



**ЭЛЕКТРОНИКА ДЛЯ АВИАЦИИ,
КОСМОНАВТИКИ, ВПК**

Рынок

- 4 **Новости российских фирм**
- 8 **Повышение качества оборонной продукции – главная цель пятилетней практической деятельности Системы добровольной сертификации «Военный Регистр»**
Валерий Маянский, Юрий Земцов
- 16 **Проблемы применения перспективной электронной компонентной базы в космосе**
Николай Данилин, Сергей Белослудцев
- 18 **Применение импортных ЭРИ в современной специальной аппаратуре**
Виталий Зубавичус

Современные технологии

- 20 **Полупроводниковые материалы и приборы для жёстких условий эксплуатации**
Александр Полищук

Компоненты

- 26 **Прецизионные системы сбора данных семейства MSC12xx фирмы Texas Instruments (часть 3)**
Павел Редькин

Узлы и модули

- 32 **Результаты испытаний радиационно-стойких DC/DC-преобразователей фирмы Interpoint воздействием ионизирующих излучений низкой и высокой интенсивности**
Виктор Жданкин
- 38 **Оптимизированные твердотельные накопители компании SimpleTech для военных задач особой важности**
Андрей Лебедев
- 40 **Однокристалльные трансиверы Nordic Semiconductor – новые стандарты беспроводной связи**
Андрей Архипов

Проекты

- 46 **Многоканальный счётчик-регистратор**
Юрий Мартышевский, Валерий Кормилин

Проектирование и моделирование

- 50 **Схемы, методики и сценарии тестирования SPICE-совместимых макромоделей операционных усилителей (часть 3)**
Сергей Лозицкий
- 56 **Применение локальных сетей передачи информации в вычислительных комплексах малогабаритных устройств**
Олег Шатров
- 60 **Многоканальный UART с эффективным использованием ресурсов кристалла ПЛИС**
Алексей Шабалин
- 64 **Современные методы автоматизации измерительных и технологических процессов**
Усман Фейзханов, Данила Таликов

Программирование

- 68 **Программа-симулятор PIC Simulator IDE**
Александр Данилин

События

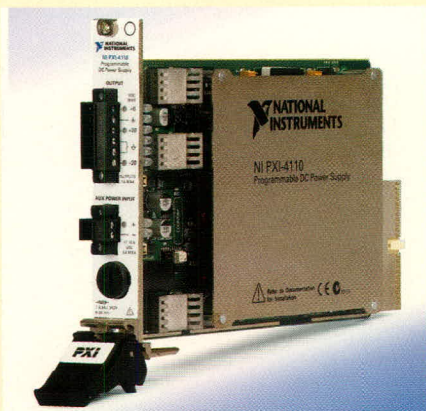
- 78 **8-я Международная научно-техническая конференция и выставка «Цифровая обработка сигналов и её применение – DSPA'2006»**
- 79 **Конференция «Электроника/Аэрокосмос»**
- 79 **Семинар Analog Devices**

Узлы и модули

Программируемый источник питания NI на платформе PXI повышает точность и снижает время проведения испытаний в приложениях автоматизированного тестирования

Компания National Instruments выпустила модуль NI PXI-4110 – программируемый высокостабильный источник питания постоянного тока с тремя выходными каналами, выполненный в формате одинарного модуля 3U PXI. Он имеет два изолированных канала, один из которых обеспечивает вывод напряжения от 0 до +20 В, а другой от 0 до -20 В, а также один неизолированный источник от 0 до 6 В. Все каналы обеспечивают выходной ток до 1 А. Инженерам-разработчикам модуль предоставляет возможность 16-разрядной установки выходных напряжений и токов (установка тока в нагрузке разбита на поддиапазоны с шагом 20 мА) с точностью 0,12 мВ по напряжению и 0,4 мкА по току за счёт цепи обратной связи, что соответствует самым строгим требованиям к точности в испытательных системах. За счёт высокой скорости программной установки параметров модуля PXI-4110 – менее 1 мс – разработчики смогут реализовать почти десятикратное увеличение быстродействия созданных на его базе перестраиваемых вольт-амперных измерителей по сравнению с измерителями, управляемыми через стандартные интерфейсы RS-232/485 и GPIB (КОП). Модуль обеспечивает выходную мощность 9 Вт при питании выходного каскада от шасси PXI, и более 46 Вт (до 20 Вт на каждый канал) при использовании внешнего нестабилизированного источника питания, подключаемого через разъём на лицевой панели модуля.

<http://ni.com/russia>
тел. (495) 783-6851



Обновление среди программируемых источников питания серии Genesys производства компании Nemic-Lambda

Серия программируемых источников питания марки Genesys устанавливает новый стандарт гибкости и надёжности систем преобразования AC/DC для производителей электронного оборудования, промышленных и лабораторных применений. В настоящее время доступны три уровня выходной мощности: 750 Вт, 1500 Вт и 3,3 кВт, выходные напряжения от 7,5 до 600 В, ток нагрузки до 400 А.

Возможность работы от сетей переменного тока в любой точке земного шара и активная коррекция коэффициента мощности возглавляют длинный перечень особенностей новых изделий.

Новые программируемые ИВЭП с высокочастотным преобразованием серии Genesys обеспечивают высокую удельную мощность, низкий уровень пульсаций и полный набор дружественных интерфейсов. Доступны модели с работой от однофазных и трёхфазных сетей переменного тока. Они характеризуются активной коррекцией мощности, обеспечивающей КМ ($\cos\phi$) = 0,99 при полной нагрузке и подключении к однофазной сети и КМ = 0,94 при работе от трёхфазной сети. Это гарантирует работу в «грязных» питающих сетях переменного тока и соответствует европейским требованиям к ЭМС.

Понятная передняя панель обеспечивает надёжное управление изделием. Предусмотрены поворотные кодирующие устройства для высокоточной настройки (6 или 30 оборотов) и 4 цифровых светодиодных индикатора тока и напряжения. Регулируемые защиты от перегрузки по напряжению, низкого входного напряжения и от перегрузки по току обеспечивают ИВЭП дополнительную гибкость.

Источники питания Genesys с выходной мощностью 3,3 кВт имеют несколько новых важных особенностей. До четырёх одинаковых блоков могут быть соединены параллельно и сконфигурированы пользователем для программирования и контроля суммарного тока группы блоков. Таким образом, четыре блока могут объединяться в один источник питания с выходной мощностью 13,2 кВт. В источниках использована новая опция, назы-

ваемая Multi-Drop (многоточечная линия). Она позволяет ведущему устройству Multi-Drop IEEE управлять многоточечной сетью из 31 ведомого устройства через RS-485 без установки интерфейсной платы GPIB в каждом ведомом источнике питания, что снижает общую стоимость системы.

www.prosoft.ru
тел. (495) 234-0636

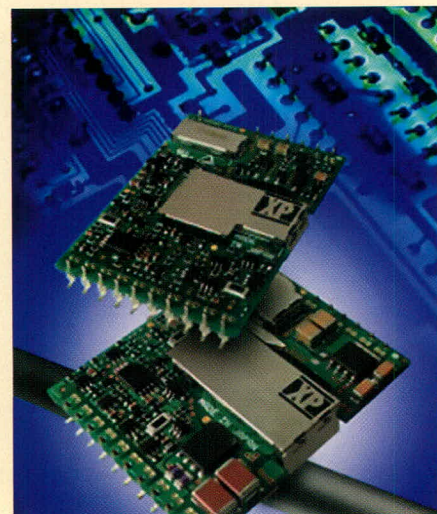
DC/DC-преобразователи серии SWX – самая маленькая площадь печатной платы

Компания XP Power начала поставки DC/DC-преобразователей серии SWX: это 30-ваттные преобразователи с самой маленькой площадью печатной платы среди подобных изделий.

Серия SWX включает DC/DC-преобразователи с выходными мощностями от 10 до 30 Вт, которые применяются там, где требуются небольшие размеры, высокий КПД, высокие рабочие температуры, низкий профиль и возможность монтажа на поверхность, например, для оборудования ВОЛС, цифровых абонентских линий, маршрутизаторов, коммутаторов и базовых станций сотовой связи.

Не требующие дополнительных вентиляторов, преобразователи с конвекционным отводом тепла имеют диапазон рабочих температур -40...+85°C. Высокий КПД (до 91%) гарантирует минимальное выделение тепла, обеспечивая повышенную надёжность за счёт менее напряжённого теплового режима оборудования.

Преобразователи характеризуются низким профилем и удобны для применений



Новости российских фирм

там, где печатные платы плотно уложены. Размеры печатной платы 10-, 15- и 20-ваттных моделей 38,7 × 27,2 × 5 мм, 30-ваттные преобразователи имеют габариты 38,7 × 31,2 × 8 мм.

Для увеличения КПД в DC/DC-преобразователях серии SWX применяется синхронное выпрямление. Диапазон входных напряжений 36...76 В для 48-вольтовых моделей, а 24-вольтовые модификации работают при входном напряжении 18...36 В. Номинальные значения выходного напряжения составляют ряд от 1,2 до 15 В.

Преобразователи поддерживают режим холостого хода. Все модели отличаются комплексной защитой от пониженного входного напряжения, от перегрузки по току, дистанционным включением/выключением, сигналом тревоги и возможностью параллельной работы десяти модулей.

www.prosoft.ru
тел. (495) 234-0636

Упрочнённый сенсорный ЖК-дисплей с высокой яркостью

Фирма Planar Systems начала выпуск упрочнённого ЖК-дисплея LX1200, разработанного для применения на транспортных средствах. Созданный на основе трансфлективной ЖК-панели, он характеризуется широким углом обзора и исключительной контрастностью во всех условиях засветки внешней среды. Крепкий и лёгкий магниевый корпус обеспечивает защиту от влияния внешних электромагнитных помех от радиопередатчиков и внешних линий высокого напряжения. Дисплей LX1200 является прекрасным средством отображения информации для полицейских автомобилей, такси и другого служебного транспорта. Осуществлять управление возможно посредством сенсорного экрана, причём даже рукой в перчатке. Дисплей совместим с операционными системами Microsoft и имеет ручное управление яркостью и режим блан-

кирования изображения для быстрого сокрытия секретной информации. Встроенный USB-концентратор позволяет пользователю загружать и выгружать информацию через USB-накопитель флэш-памяти.

Основные характеристики:

- размер диагонали: 12,1 дюйма (активная площадь экрана: 246 × 184,5 мм);
- разрешение: 800 × 600 пикселей;
- яркость: 1000 кд/м²;
- контрастность: 400 : 1;
- сенсорный экран: резистивный, пятипроводный;
- диапазон рабочих температур: -10...+55°C;
- относительная влажность: <95%, без конденсации влаги;
- диапазон температур хранения: -20...+70°C;
- потребляемая мощность: менее 15 Вт;
- вес: 2,9 кг.

www.prosoft.ru
тел. (495) 234-0636

В серии LC1500 ЖК-дисплеев фирмы Planar Systems пополнение – модель с резистивным экраном

Фирма Planar Systems расширила серию LC1500 15-дюймовых ЖК-дисплеев моделью с резистивным сенсорным экраном LC1500RTR. Модель LC1500RTR оснащена резистивной 5-проводной панелью фирмы 3M, которая подключается к USB-порту и предназначена для применения в жёстких условиях эксплуатации: в автоматах по продаже билетов, на стойках регистрации в гостиницах, в розничной торговле и др. Мониторы обеспечивают чёткое, яркое изображение, привлекающее внимание посетителей или покупателей. Для установки дисплеев не требуется дополнительная лицевая панель и кронштейн. Конструкция в открытом исполнении обеспечивает простую установку в конструкцию информацион-

ных киосков, она совместима с монтажными опциями, которые используют 75-мм стандарт VESA.

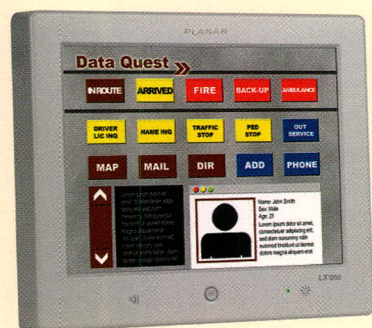
Основные технические характеристики:

- светопередача: до 88%;
- контрастность: 400 : 1;
- время отклика: 4 мс (нарастание)/12 мс (снижение);
- частота строчной развёртки: 31,5...60 кГц;
- угол обзора: 150° (горизонтальная плоскость)/125° (вертикальная плоскость);
- максимальная яркость: 350 кд/м²;
- потребляемая мощность 30 Вт (в дежурном режиме 5 Вт);
- поддержка внешних громкоговорителей;
- опции: антибликовое покрытие, многоязычная поддержка, OSD-управление (On Screen Display);
- разрешение: 1024 × 768 пикселей (поддержка VGA, SVGA), совместимость с ОС Mac OS/X;
- активная площадь экрана: 304 × 228 мм (15" диагональ);
- размеры: 360 × 270 × 47 мм;
- вес: 4,3 кг;
- диапазон рабочих температур: 5...35°C.

www.prosoft.ru
тел. (495) 234-0636

150-ваттный источник питания для настольного исполнения имеет наилучшее соотношение мощность–эксплуатационные характеристики

Компания XP Power объявила о начале поставок 150-ваттного источника питания AC/DC для портативного оборудования, который претендует на лучшие в своем классе эксплуатационные характеристики с показателем удельной мощности 5,1 Вт/дюйм³ и КПД не менее 88%. Источник питания не требует принудительного охлаждения для обеспечения в нагрузке полной мощности при темпера-



Новости российских фирм

туре окружающей среды 40°C и 60% мощности при 70°C. Среднее время наработки на отказ составляет более 100 000 час по MIL-STD-217F. Источник питания имеет универсальный вход (90...264 В) с активным корректором коэффициента мощности и отвечает требованиям ГОСТ Р 51317.3.2-99, ГОСТ Р 51317.3.3-99 и ГОСТ Р 51318.22-99. Номинальные значения выходных напряжений 12, 15, 19, 20 и 24 В, размеры 171 × 72 × 40 мм. Источник питания имеет защиту от перегрева, перенапряжения и перегрузки по току.

www.prosoft.ru
тел. (495) 234-0636

300- и 600-ваттные источники питания серии HWS – высокая надёжность и длительный срок службы

Компания Nemic Lambda расширила свой ряд популярных одноканальных источников питания для промышленного



применения новыми 300- и 600-ваттными моделями. Продолжая лучшие традиции серии HWS, новинки характеризуются высокими удельной мощностью и КПД. HWS300 и HWS600 разработаны для применений, где высокая надёжность и длительный срок службы являются определяющими факторами. Они идеально подходят для использования в оборудовании автоматизации производственных процессов, большеформатных системах отображения информации, испытательном, измерительном, коммуникационном и вещательном оборудовании. Как и все изделия серии HWS, новые источники питания отвечают требованиям SEMI F47 и RoHS.

Входное напряжение моделей HWS300 и HWS600 85...265 В, выходные напряжения от 3,3 до 48 В. По сравнению с предыдущими поколениями источников питания, размеры новинок на 50% меньше и составляют всего 61 × 82 × 165 мм для 300-ваттной модели и 100 × 82 × 165 мм для 600-ваттной. Диапазон рабочих температур –10...+70°C, доступны также модели с расширенным диапазоном температур: –40...+74°C, при этом гарантируется запуск при температурах ниже –40°C.

Источники питания фирмы Nemic Lambda соответствуют требованиям стандартов безопасности UL60950-1, CSA60950-1, EN60950-1, ГОСТ Р 50377-92 и EN50178 и отвечают требованиям стандартов EN55011, EN55022-12, FCC Class B, VCCI-Class B, ГОСТ Р 51318.11-99, ГОСТ Р 51318.22-99 по помехам излучения и кондуктивным помехам. Гарантийный срок составляет 5 лет.

www.prosoft.ru
тел. (495) 234-0636

Приборы

Каталог измерительных приборов Fluke на 2006 г.: теперь на 20% толще, чем раньше

Компания Fluke, мировой лидер в области производства портативных профессиональных измерительных приборов, недавно выпустила каталог продукции на 2006 г. Опубликованная на 12 языках, книга из 92 страниц содержит подробную информацию о продукции.

В связи с растущим ассортиментом измерительных приборов в каталоге Fluke появились четыре новых раздела: «Портативные тестеры электробезопасности», «Приборы контроля качества воздуха в помещениях», «Тепловизоры», «Взрывобезопасные измерительные приборы класса Ex». Кроме того, в каталоге есть главы, в которых приводится описание цифровых мультиметров, токоизмерительных клещей, электрических тестеров, тестеров изоляции, тестеров электроустановок, цифровых термометров, анализаторов качества энергоснабжения, промышленных комбинированных осциллографов ScopeMeter®, калибраторов технологических процессов и принадлежностей.



Кроме точного описания имеющихся измерительных приборов, каталог содержит советы и дополнительные рекомендации по правильному подбору измерительного прибора для определённых потребностей, статьи, содержащие рекомендации по технике безопасности, базовому тестированию электроустановок, поиску и устранению неисправностей в электроприводах с регулируемой скоростью. В новом разделе, посвящённом измерительным приборам, сертифицированным на соответствие стандарту взрывобезопасности ATEX,

рассматриваются взрывобезопасные измерительные приборы.

О компании Fluke

Целью компании Fluke является мировое лидерство на рынке компактных профессиональных электронных средств измерений. Изделия Fluke используются техническими специалистами и инженерами при обслуживании, установке, ремонте, производственных испытаниях и проверке качества во многих отраслях промышленности по всему миру. В настоящее время компания Fluke, основанная в 1948 г., имеет отделения в 13 европейских странах, а её продукция реализуется более чем в 100 странах. Продажи в Европе составляют приблизительно 40 процентов от продаж по всему миру. Штаб-квартира компании расположена в г. Эверетт, шт. Вашингтон, США; европейская штаб-квартира по продажам и обслуживанию – в г. Эйнховен, Нидерланды. В компании работают более 2400 человек во многих странах мира.

Официальный представитель и Генеральный дистрибьютор Fluke в России и СНГ – Компания TCM Коммуникайшн ГесмбХ.

www.fluke.ru
тел. (495) 937-3604; 937-3605

Новости российских фирм

Новинка на российском рынке средств измерений – универсальный цифровой вольтметр А-КИП В7-78/1

Возможности универсального цифрового вольтметра следующие:

- измерение постоянного и переменного напряжения (до 1000 В и 750 В соответственно),
- измерение силы постоянного и переменного тока (до 3 А),
- измерение электрического сопротивления (до 100 МОм).

Прибор измеряет и другие физические величины. По каждому из пределов измерения прибор имеет высокое разрешение. Минимальная погрешность при измерении постоянного напряжения соста-

вляет $\pm 0,0035\%$. Возможны 11 видов автоматических измерений и 8 функций математической обработки результатов измерений: экстремумы, усреднение; допускной контроль, дельта-измерения и другие виды измерений и обработки результатов.

Прибор имеет внутренний и внешний запуск измерения, автоматический и ручной выбор пределов измерения, установку нуля и выдачу сигнала завершения измерения. Предусмотрен интерфейс USB, опционально – канал общего пользования (GPIB). Десятиканальный сканер позволяет со скоростью до 2000 измерений в секунду считывать результаты во внутренний буфер прибора. Достоинством прибора В7-78/1 является возможность



поддержки языка программирования HP-34401A. Прибор имеет габариты 210 × 85 × 350 мм и массу 4,3 кг. Завершены испытания для целей утверждения типа СИ (поручение Ростехрегулирования № 120/30-214 от 19.01.2006).

Поставщик универсального цифрового вольтметра – компания «ПриСТ».

www.prist.ru
тел. (495) 777-5591

Программное обеспечение

Wind River VxWorks 653 – операционная система реального времени для интегрированной модульной авионики (ИМА)

Компания Wind River выпустила новую версию 2.1 операционной системы VxWorks 653, которая предназначена для применения в бортовых авиационных системах, построенных согласно концепции интегрированной модульной авионики (ИМА) и сертифицируемых по стандартам надёжности/безопасности ARINC 653 и DO-178B.

На базе операционной системы VxWorks 653 и среды разработки Wind River Workbench выпускается интегриро-

ванный пакет Platform for Safety Critical ARINC 653, предназначенный для разработки программного обеспечения сертифицируемых бортовых авиационных систем. Пакет Platform for Safety Critical применяется для разработки и сертификации программного обеспечения:



- воздушного танкера Boeing KC-767A,
- пассажирского лайнера Boeing 7E7 Dreamliner,
- беспилотника Northrop Grumman X-47B,
- вертолётов Eurocopter и др.

В России пакет Platform for Safety Critical применяется в ГосНИИ авиационных систем (Москва), в ЗАО «Котлин Новатор» (СПб) и в НИИ авиационного оборудования (Жуковский) в рамках совместного проекта по созданию интегрированной модульной авионики с открытой архитектурой.

Представитель Wind River в России и СНГ – компания AVD Systems.

тел.: (495) 148-9677
e-mail: avdsys@aha.ru

События

Семинар «Микроконтроллеры, силовые и аналоговые приборы» компании STMicroelectronics (ST)

Семинар состоится 27 апреля на территории выставки «Экспозлектроника-2006»

На семинаре представляется возможность познакомиться со следующими группами продуктов STMicroelectronics:

- микроконтроллеры;
- регуляторы напряжения;
- операционные и аудиоусилители, компараторы;
- полевые, биполярные, IGBT-транзисторы;
- другие активные дискретные элементы компании ST.

В семинаре участвуют технические специалисты заводов и лабораторий ST Италии и Франции.

Будут также представлены:

- новейшие продукты STMicroelectronics;
- решения и демонстрационное оборудование для:
 - приёмников цифрового и аналогового ТВ,
 - импульсных источников питания,
 - систем освещения,
 - систем безопасности.

www.st.com
тел. 730-2974

Повышение качества оборонной продукции – главная цель пятилетней практической деятельности Системы добровольной сертификации «Военный Регистр»

Валерий Маянский, Юрий Земцов (Москва)

Система добровольной сертификации «Военный Регистр» создана 28 июня 2000 г. Какие цели и задачи определили создание системы сертификации «Военный Регистр» и какие результаты достигнуты за пять лет – рассказывают руководители АНО.

Предпосылки создания системы сертификации

Рыночные отношения, складывающиеся в экономике России с начала 90-х годов, определили новые задачи в области обеспечения качества вооружения и военной техники (ВВТ). Они потребовали поиска новых методов, способов и форм решения этих задач.

Созданные в советское время комплексные системы управления качеством продукции (КСУКП) в условиях рыночных отношений оказались малоэффективными. Их место начали прочно занимать системы менеджмента качества (СМК), основанные на международных стандартах серии ИСО 9000.

Международный опыт решения подобных задач повышения качества показал, что одним из основных методов является подтверждение соответствия продукции и процессов её производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации, выполнения работ или оказания услуг требованиям технических регламентов, национальных стандартов (включая и военные), условиям договоров (контрактов). Основной формой подтверждения соответствия продукции является сертификация этой продукции.

В 1994 г. Минобороны РФ (Минобороны России), как основной заказчик оборонной продукции, начинает проводить научно-исследовательские работы с целью определения не-

обходимости внедрения сертификации в процесс разработки и производства ВВТ. Руководство и координация этих работ осуществляется Управлением начальника вооружения Вооружённых сил РФ (УНВ ВС РФ). Результаты исследований подтвердили целесообразность организации сертификационной деятельности в Минобороны России.

Начавшийся процесс разработки и дальнейшего совершенствования нормативно-правовой базы сертификации оборонной продукции и услуг, систем качества предприятий (организаций) оборонно-промышленного комплекса (ОПК) проходит под непосредственным контролем Президента Российской Федерации. В апреле 2000 г. Президент Российской Федерации даёт поручение Правительству Российской Федерации (№МК-493 от 26.04.2000, пункт 11): «Принять меры по созданию единой системы обязательной сертификации предприятий – исполнителей государственного оборонного заказа (ГОЗ), а также системы обеспечения гарантированного качества продукции оборонного назначения».

В мае 2000 г. руководство Государственного комитета РФ по стандартизации и метрологии (Госстандарт России) и Минобороны России принимают совместное Решение «О мерах по обеспечению качества оборонной продукции при формировании и реализации ГОЗ». Приоритетными направлениями совмест-

ных работ в области обеспечения качества оборонной продукции были определены:

- обеспечение соответствия качества ВВТ, а также продукции двойного и гражданского назначения, поставляемой для нужд ВС РФ, тактико-техническим требованиям на всех этапах жизненного цикла – от создания до утилизации;
- стандартизация в области ВВТ;
- комплексная оценка соответствия предприятий – участников ГОЗ требованиям, определяющим технологическую состоятельность, экономическую устойчивость (включая организационно-правовые основы функционирования) и мобилизационную готовность.

Этим же решением была определена целесообразность создания в интересах Минобороны России Системы добровольной сертификации «Военный Регистр».

Таким образом, рыночные отношения, складывающиеся в экономике России, обусловили и предопределили создание «Военного Регистра».

Правовая основа создания системы сертификации

По решению Минобороны РФ приказом Начальника вооружения ВС РФ от 31.05.2000 № 140 создаётся Система добровольной сертификации «Военный Регистр», которая затем регистрируется в Госстандарте России (28.06.2000). Утверждается «Положение о Системе добровольной сертификации «Военный Регистр»» (Положение), в котором определено, что Система предназначена для проведения добровольной сертификации военной техники, боеприпасов, их составных частей и комплектующих изделий, систем ка-

чества и систем управления окружающей средой предприятий, участвующих в государственном оборонном заказе.

Приказом Министра обороны РФ от 7.08.2000 № 417 утверждается «Положение о сертификационной деятельности в Министерстве обороны РФ», а «Военный Регистр» определяется уполномоченной организацией для оценки соответствия систем качества предприятий (организаций) разработчиков и производителей вооружения и военной техники установленным требованиям и проведения добровольной сертификации военной продукции.

«Военный Регистр» – самокупаемая организация, которая не входит в структуру Минобороны России. Она является независимой организацией по сертификации объектов, определённых областью её предназначения, не ставящей перед собой цели извлечения прибыли из своей деятельности (п. 7.е Положения).

Заявитель «Военного Регистра» (Минобороны России) через его руководящий орган (Координационный совет) координирует его деятельность и вырабатывает единую техническую политику сертификационной деятельности в Минобороны России, не вмешиваясь в вопросы сертификации, аккредитации и аттестации (п. 6.з Положения).

Правовыми и нормативными основами деятельности «Военного Регистра» являются:

- Федеральные законы РФ:
 - от 27.12.2002 № 184 – ФЗ «О техническом регулировании» (с 1 июля 2003 г.);
 - от 31.05.1996 № 61 – ФЗ «Об обороне»;
 - от 27.12.1995 № 213 – ФЗ «О государственном оборонном заказе»;
 - от 13.12.1994 № 60 – ФЗ «О поставках продукции для федеральных государственных нужд»;
 - от 26.02.1997 № 31 – ФЗ «О мобилизационной подготовке и мобилизации в РФ»;
 - от 19.07.1998 № 114 – ФЗ «О военно-техническом сотрудничестве РФ с иностранными государствами»;
 - от 21.07.2005 № 94 – ФЗ «О размещении заказов на поставки товаров, выполнение работ, оказание услуг для государственных и муниципальных нужд»;

● Указы Президента Российской Федерации и постановления Правительства Российской Федерации:

- Указ Президента Российской Федерации от 01.12.2000 № 1953 – «Вопросы военно-технического сотрудничества РФ с иностранными государствами»;
- Указ Президента Российской Федерации от 10.12.2001 № 1417 – «О внесении изменений и дополнений в положения и порядок, утверждённые Указом Президента Российской Федерации от 01.12.2000 № 1953 – “Вопросы военно-технического сотрудничества РФ с иностранными государствами”»;
- Постановление Правительства Российской Федерации от 11.08.1995 № 804 – «О военных представительствах Минобороны РФ»;
- Постановление Правительства Российской Федерации от 26.08.1996 № 1005 «О реализации Федерального закона “О государственном оборонном заказе”»;
- другие документы:
 - «Основы политики РФ в области развития оборонно-промышленного комплекса на период до 2010 г. и на перспективу», утверждённые Президентом Российской Федерации 10.11.2001;
 - «Основы военно-технической политики РФ на период до 2015 г. и дальнейшую перспективу», утверждённые Президентом Российской Федерации 11.03.2003;
 - директива Министра обороны РФ от 15.03.2002 № 278;
 - приказ Начальника вооружения Вооружённых сил РФ от 31.05.2005 № 13 – «О внесении изменений в приказ начальника вооружения Вооружённых сил РФ 2000 г. № 140».

ОБЛАСТЬ КОМПЕТЕНЦИИ

Согласно Положению, объектами сертификации в Военном Регистре являются:

- образцы ВВТ, их составные части и комплектующие, создаваемые предприятиями (организациями) оборонно-промышленного комплекса (ОПК) в интересах государственных заказчиков, ВС РФ и определяемые «Перечнем ВВТ, рекомендованных к сертификации», а также импортируемые в Российскую Федерацию;

- продукция двойного назначения и конверсионная продукция, разрабатываемая и (или) изготавливаемая предприятиями – участниками ГОЗ;
- системы качества предприятий (организаций), осуществляющих разработку, производство, поставку, обслуживание, надзор, ремонт, утилизацию ВВТ и продукции двойного назначения;
- системы управления окружающей средой (СУОС) и системы управления охраной труда (СУОТ) объектов военной деятельности и предприятий Минобороны России;
- СУОС и СУОТ предприятий, разрабатывающих и (или) изготавливающих оборонную продукцию, в т.ч. и продукцию двойного назначения;
- производственные процессы по разработке, производству, техническому обслуживанию, авторскому надзору, ремонту и утилизации ВВТ. Нормативные документы, на соответствие которым проводится сертификация в «Военном Регистре»:
 - стандарты ГОСТ Р ИСО серии 9000;
 - стандарты ГОСТ Р ИСО серии 14000;
 - стандарты ГОСТ Р 12.0.006 – 2002;
 - Система общих технических требований к видам вооружения и военной техники;
 - стандарты «Системы разработки и постановки на производство. Военная техника» (СРПП ВТ), «Требования к системам качества предприятий, выпускающих оборонную продукцию» и другие стандарты;
 - ГОСТ РВ 15.002-2003 «Военная техника. Системы менеджмента качества. Общие требования»;
 - Комплекс государственных военных стандартов «Мороз-6»;
 - Комплексная система общих технических требований (КСОТТ);
 - Комплексная система контроля качества (КСКК);
 - Комплекс государственных военных стандартов (КГВС) «Климат-7».

Цели «Военного Регистра»

Главной целью «Военного Регистра» является создание единой системы оценки соответствия предприятий ОПК установленным требованиям, отвечающей современному уровню и стратегии государства в области качества.

В практической деятельности «Военного Регистра» основными целями являются:

- реализация единой государственной технической политики в области управления качеством продукции, работ и услуг оборонного назначения;
- оценка и подтверждение соответствия (сертификация) оборонной продукции, процессов и методов её разработки, производства, применения, эксплуатации, хранения, перевозки и утилизации; сертификация выполнения работ и оказания услуг оборонного назначения требованиям стандартов, условиям договоров и контрактов;
- оказание практической помощи государственным (генеральным) заказчикам в компетентном выборе продукции, работ и услуг оборонного назначения;
- повышение конкурентоспособности продукции, работ и услуг оборонного назначения на внутреннем рынке, а также защита отечественного рынка от поставок некачественной зарубежной продукции, работ и услуг;
- создание необходимых условий, обеспечивающих достойное участие отечественных разработчиков и производителей продукции, работ и услуг оборонного назначения в военно-техническом сотрудничестве с зарубежными странами и международной торговле;
- содействие эффективному (качественному и своевременному) выполнению ГОЗ;
- обеспечение необходимых условий для приоритетного применения при разработке и производстве новых образцов вооружения и военной техники отечественных комплектующих изделий, сырья и материалов, отвечающих требованиям законодательства РФ и нормативно-правовых актов Минобороны России;
- ослабление или устранение зависимости производственной и технологической базы предприятий (организаций) ОПК от иностранных производителей комплектующих изделий и поставщиков сырья и материалов.

Политика «Военного Регистра» в области обеспечения качества

В области обеспечения качества деятельность «Военного Регистра»

преследовала следующие основные цели:

- содействие государственным (генеральным) заказчикам в компетентном выборе предприятий и организаций для размещения ГОЗ;
- подтверждение заявленных предприятием (организацией) возможностей стабильно обеспечивать разработку и производство оборонной продукции в полном соответствии с требованиями государственных (генеральных) заказчиков;
- обеспечение необходимого уровня систем качества (СМК) предприятий (организаций) ОПК, позволяющего стабильно выпускать высококачественную оборонную продукцию;
- постоянное повышение престижа органов по сертификации, аккредитованных в «Военном Регистре», через их квалифицированную работу по оценке соответствия (сертификацию);
- улучшение имиджа персонала «Военного Регистра» путём повышения его квалификации, ответственности, самоконтроля и стимулирования;
- личная ответственность руководства «Военного Регистра» и его органов по сертификации за результаты работы по оценке соответствия (сертификации);
- своевременная актуализация нормативной документации «Военного Регистра», направленная на её совершенствование и приведение в соответствие с изменениями требований государственных заказчиков, международных, национальных и военных стандартов;
- завоевание и укрепление доверия клиентов через высокое качество оказываемых услуг;
- поиск путей решения проблем при их возникновении;
- регулярный мониторинг и оценка претензий клиентов;
- стремление к бездефектным результатам работы;
- ответственность всех субъектов «Военного Регистра» за выполнение установленных требований и обязанностей;
- привлечение к сертификационной работе специалистов высшей квалификации.

Организационная структура

Руководство «Военным Регистром» осуществляет руководящий

орган (Координационный совет), состоящий из представителей его заявителя (Минобороны России) и Федеральных органов исполнительной власти (ФОИВ). Развитием «Военного Регистра» и организацией его практической деятельности занимается центральный орган (Исполнительная дирекция руководящего органа). При нём имеется Аккредитующий орган, который решает все вопросы, связанные с аккредитацией и регистрацией участников «Военного Регистра». При Руководящем органе имеется Апелляционный совет, рассматривающий жалобы и заявления, которые поступают в «Военный Регистр», и принимающий по ним решения.

В состав руководящего органа системы вошли представители руководства Минобороны России (УНВ ВС, УВП МО РФ, Метрологической службы ВС РФ (МС ВС РФ), Управления начальника экологической безопасности ВС РФ), Роспрома, Ростехрегулирования, Рособоронзаказа. Должностной и персональный составы руководящего органа системы утверждены 30.04.2005 Начальником вооружения ВС РФ – заместителем Министра обороны РФ и заместителем Начальника вооружения ВС РФ соответственно.

На сегодняшний день в «Военном Регистре»:

- аккредитованы 48 органов по сертификации (систем качества – 19, продукции – 5, систем управления окружающей средой – 4, систем управления охраной труда – 1, испытательных и аналитических лабораторий – 16 и учебных центров (кафедр) – 3);
 - зарегистрировано четыре подсистемы («Военэлектронсерт», «Боеприпассерт», «Атомвоенсерт» и подсистема СУОС и СУОТ);
 - созданы и функционируют четыре региональных представительства (Ростов-на-Дону, Екатеринбург, Санкт-Петербург и Челябинск);
 - аттестованы 485 экспертов по сертификации продукции, СМК, СУОС и СУОТ;
 - работают более 40 представителей «Военного Регистра» в 19 регионах России и странах СНГ.
- «Военный Регистр» отличает высокая профессиональная квалифи-

ТЕХНОЛОГИИ МЕНЯЮТСЯ - *доверие остается*

Fasteko – ведущий контрактный производитель электроники в России и СНГ.

Производственные ресурсы компании по квалификации персонала и составу оборудования стоят в ряду лучших европейских производств.

В активе компании прочные и эффективные отношения с признанными лидерами в области электронных компонентов, печатных плат и оборудования.

Компания предоставляет своим клиентам полный комплекс работ и услуг, осуществляя законченный цикл электронного производства.

Fasteko – мир передовых технологий, современных разработок, ответственных решений, заслуженно пользующихся доверием клиентов.



мир электроники Fasteko



кация специалистов – экспертов в различных областях сертификационной деятельности: в органах «Военного Регистра» работают около 50 докторов наук и более 150 кандидатов наук.

«Военный Регистр» тесно взаимодействует с институтом военных представителей (ВП) МО РФ; это взаимодействие осуществляется согласно:

- «Решению об организации взаимодействия между Управлением военных представительств Минобороны России и Центральным органом Военного Регистра» (утверждено Начальником вооружения ВС РФ – заместителем Министра обороны РФ 30.04.2005),
- директивным документам Минобороны России, которыми определены роль, место и порядок участия ВП МО РФ в работах по оценке соответствия СМК предприятий (организаций) ОПК.

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ «ВОЕННОГО РЕГИСТРА» С ДРУГИМИ ОРГАНИЗАЦИЯМИ

Взаимодействие «Военного Регистра» с заявителем Системы – Минобороны России, ФОИВ и их структурами – участниками и исполнителями ГОЗ, другими системами добровольной сертификации – организовывается и осуществляется на основе и в соответствии с требованиями действующего законодательства РФ, приказов и директивных указаний руководства Минобороны России, принятых (утверждённых) совместных решений (соглашений) о взаимодействии.

Сертификационная деятельность Военного Регистра базируется на основных положениях «Концепции Минобороны РФ по обеспечению управления качеством продукции оборонного назначения при формировании и реализации ГОЗ», утверждённой статс-секретарем – первым заместителем Министра обороны РФ 7 июля 2000 г.

Взаимодействие осуществляется на основе и в соответствии с требованиями и полномочиями:

- приказов и указаний Начальника вооружения ВС РФ – заместителя Министра обороны РФ, уточняющих функции Центрального органа «Военного Регистра» и порядок организации его взаимодействия

с органами военного управления Минобороны России;

- совместных решений об уточнении порядка взаимодействия между Управлением Начальника вооружения ВС РФ (УНВ ВС РФ) и Центральным органом Системы и между Управлением военных представительств Минобороны РФ (УВП МО РФ) и Центральным органом Системы.

Вышеуказанные решения позволили сохранить и развить налаженные связи между основными участниками формирования и исполнения ГОЗ и уполномоченной Системой в период действия утратившего силу «Положения о сертификационной деятельности в МО РФ».

«Военным Регистром» заключены соглашения (решения) о взаимодействии в области обеспечения повышения качества военной продукции, поставляемой предприятиями (организациями) ОПК по ГОЗ, с рядом видов ВС РФ, главных управлений МО РФ (сухопутными войсками, ГАБТУ МО, УНС ВС РФ, тылом ВС РФ и др.).

Взаимодействие с Федеральными органами исполнительной власти основано на совместных решениях (соглашениях):

- с Комитетом РФ по военно-техническому сотрудничеству с иностранными государствами;
- с Минатомом России;
- с Федеральной службой по оборонному заказу;
- с Федеральным агентством по промышленности.

Взаимодействие с регионами осуществляется также на основе соглашений между региональными органами исполнительной власти и «Военным Регистром». Подписаны соглашения о взаимодействии «Военного Регистра» с администрацией Ярославской, Саратовской, Ростовской обл., Ассоциацией предприятий ОПК Челябинской обл., Союзом оборонных предприятий Свердловской обл., управой г. Тулы и др.

Взаимодействие с другими системами и органами сертификации строится на принципах взаимного признания результатов деятельности «Военного Регистра» и других систем добровольной сертификации РФ и отсутствия ограничений на доступ к участию в его работе органов других систем сертификации.

Органы сертификации других систем добровольной сертификации могут быть аккредитованы в «Военном Регистре» установленным порядком.

Система «Военный Регистр» взаимодействует:

- с Федеральной системой сертификации космической техники (ФССКТ);
- с Российской организацией испытательных и измерительных лабораторий и органов в области оценки соответствия «Росиспытания»;
- с Системой добровольной сертификации экспертов Системы сертификации ГОСТ Р в области подготовки и сертификации экспертов;
- с Научно-исследовательским испытательным техническим центром Федеральной пограничной службы РФ.

Взаимодействие «Военного Регистра» с предприятиями (организациями) осуществляется по следующим направлениям:

- проведение органами Военного Регистра работ по сертификации:
 - военной продукции (образцов вооружения и военной техники, комплектующих изделий, материалов);
 - продукции двойного назначения;
 - конверсионной продукции;
 - продукции, поставляемой на экспорт;
 - систем менеджмента качества (СМК);
 - систем управления окружающей средой (СУОС);
 - систем управления охраной труда (СУОТ);
- подготовка (переподготовка) специалистов предприятий (организаций) в области качества в учебных центрах «Военного Регистра»;
- инспекционный контроль предприятий (организаций), получивших Сертификат (Заключение) «Военного Регистра»;
- обеспечение предприятий (организаций) нормативно-технической документацией;
- оказание информационно-консультационных услуг.

В 2001 г. между ОАО «Автосельхозмаш – холдинг» и «Военным Регистром» было подписано «Соглашение о сотрудничестве с целью координации совместной сертификационной деятельности».

В мае 2001 г. подписано совместное «Решение между Академией стандартизации, метрологии и сертификации Госстандарта России и «Военным Регистром» о подготовке на кафедрах Академии специалистов «Военного Регистра» по стандартизации, метрологии, сертификации и управлению качеством, включая сертификацию вооружения и военной техники, мониторинг и метрологическое обеспечение систем экологического контроля предприятий, сертификацию систем качества предприятий ОПК и объектов военной деятельности (ОВД), сертификацию систем управления окружающей средой предприятий ОПК и ОВД.

В ноябре 2001 г. «Военным Регистром» подписано «Соглашение о сотрудничестве с ОАО «Военно-страховая компания»».

В феврале 2003 г. Центральный орган «Военного Регистра» и ФГУП «Центральный научно-исследовательский институт химии и механики» подписали совместное «Соглашение о сотрудничестве в области создания и развития Системы сертификации боеприпасной промышленности и спецхимии в рамках Системы добровольной сертификации «Военный Регистр» (подсистема «Боеприпасерт»)».

В апреле 2003 г. ОАО «Концерн ПВО «Алмаз-Антей» и Центральный орган «Военного Регистра» заключили «Соглашение о взаимодействии».

РЕЗУЛЬТАТЫ ПРАКТИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Практическая деятельность «Военного Регистра» направлена на:

- создание единой нормативной базы, отвечающей требованиям современных стандартов (международных, национальных, военных, межотраслевых) и обеспечивающей качественную поставку оборонной продукции на внутренний и международный рынки;
- выработку единой методологии оценки соответствия СМК, СУОС, СУОТ предприятий, участвующих в выполнении ГОЗ или экспортных поставках;
- объединение органов по сертификации, работающих в интересах различных государственных (генеральных) заказчиков, в межотраслевую систему доброволь-

ной сертификации, функционирующую по единым требованиям и правилам;

- оказание информационной помощи государственным (генеральным) заказчикам в определении способности предприятий качественно выполнять государственный оборонный заказ (особенно тех предприятий, которые не охвачены контролем со стороны ВП МО РФ);
- оценку эффективности сертификационной деятельности органов, аккредитованных в «Военном Регистре», и выработку конкретных мер по её улучшению (инспекционный контроль, надзор за деятельностью органов, введение системы ответственности за конечный результат работы);
- создание учебно-методической базы по обучению, подготовке и переподготовке персонала (органов по сертификации, военных представительств, предприятий ОПК, федеральных органов исполнительной власти);
- оказание консультационной помощи предприятиям оборонно-промышленного комплекса в разработке, внедрении и совершенствовании СМК, СУОС, СУОТ, НТД. С момента образования «Военного Регистра» его органами проведены следующие работы по сертификации и оценке предприятий:

- сертификация систем качества (с выдачей сертификата) более 1000 предприятий – участников выполнения ГОЗ на соответствие требованиям военных стандартов СРПП ВТ, «Мороз-6», «Климат-7», ОТТ МО РФ, ГОСТ РВ 15.002-2003 и стандартов ГОСТ Р серии ИСО 9000 и 14000;
- оценка наличия и эффективности систем качества (с выдачей заключения) более 2400 оборонных предприятий – участников выполнения ГОЗ;
- сертификация 100 изделий военного назначения;
- сертификация 5 СУОС;
- сертификация 1 СУОТ.

В учебных центрах «Военного Регистра» прошли обучение:

- по курсу менеджера по управлению системой качества оборонного предприятия – около 3500 человек (в том числе более 450 военных представителей МО РФ);

- по курсу эксперта по сертификации систем качества оборонного предприятия – 875 человек;
- по курсу эксперта по сертификации продукции – 560 человек;
- по курсу эксперта по сертификации СУОС – 95 человек;
- по курсу эксперта по сертификации СУОТ – 8 человек.

Участниками системы совместно с Минобороны России организованы семинары по вопросам развития и сертификации систем качества оборонных предприятий, на которых присутствовало около 6000 представителей предприятий промышленности.

В 2005 г. Центральный орган «Военного Регистра» осуществлял информационно-техническое обеспечение подготовки и проведения Общероссийской конференции по проблемам качества продукции оборонного назначения, проводимой Рособоронзаказом совместно с Минобороны России, Минпромэнерго и другими ФОИВ. Усилиями персонала «Военного Регистра» материалы указанной конференции были собраны, обобщены, подготовлены и изданы. Сборник материалов конференции получил высокую оценку специалистов по проблемам качества оборонной продукции Минобороны России, ФОИВ, предприятий (организаций) ОПК.

Специалисты «Военного Регистра» принимают активное участие в разработке нормативно-правовых актов, касающихся вопросов сертификационной деятельности, метрологического обеспечения и стандартизации. По заданию Минобороны России специалисты «Военного Регистра» приняли непосредственное участие в разработке военного стандарта ГОСТ РВ 15.002-2003 г. «Система разработки и постановки продукции на производство. Военная техника. Системы менеджмента качества. Общие требования».

Для освещения работ по обеспечению качества военной продукции, проводимых участниками «Военного Регистра», публикации материалов семинаров и конференций, изменений в нормативной документации и других материалов, касающихся сертификационной деятельности, с июня 2004 г. Центральным органом «Военного Регистра» при поддержке Минобороны

России, Рособоронзаказа начал выпускаться информационный бюллетень «Менеджмент. Вооружение. Качество». Авторами статей являются представители руководства Минобороны России, Ростехрегулирования, Роспрома, Рособоронзаказа, руководители «Военного Регистра», НИИ МО РФ, представители оборонных предприятий, специалисты в области качества.

ДАЛЬНЕЙШЕЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ «ВОЕННОГО РЕГИСТРА»

Научный потенциал и практический опыт работы «Военного Регистра» позволяет использовать его в следующих целях:

- формирование квалификационных требований в области менеджмента качества, обучения, повышения квалификации и аттестации руководителей всех уровней и специалистов, ответственных за обеспечение качества продукции оборонного назначения;
- разработка методик анализа и оценки эффективности управления качеством, в т.ч. с использованием методов управления рисками;
- создание методических рекомендаций по разработке и реализации программы перестройки системы организации и управления предприятием, обеспечивающей производство конкурентоспособной оборонной продукции;
- совершенствование критериев и процедур подтверждения соответствия систем качества, СУОС и СУОТ требованиям международных стандартов ИСО серий 9000, 14000, 12000;
- формирование требований к предприятиям, потенциальным исполнителям ГОЗ, для участия в конкурсах на его исполнение;
- независимая комплексная оценка предприятий – потенциальных исполнителей ГОЗ – на предмет их технологической состоятельности, экономической устойчивости и мобилизационной готовности;
- совершенствование правового регулирования ответственности и отношений при обеспечении качества продукции, поставляемой предприятиями (организациями) ОПК;
- участие в разработке и внедрении технических регламентов, комп-

лекса национальных стандартов и нормативных документов в области обеспечения качества ВВТ и продукции двойного назначения в процессе их разработки, производства и эксплуатации;

- формирование системы обучения и аттестации специалистов в области менеджмента качества, систем управления окружающей средой и охраной труда на основе типовых учебных программ и методик аттестации;
- проведение разработки технических регламентов и внедрения серии военных стандартов, определяющих нормативную базу сертификации ВВТ, деятельность единой системы сертификации и обеспечение качества выпускаемой военной продукции.

ВТОРЫЕ ПОСТАВЩИКИ ЭРИ ВН

Институт вторых поставщиков (посредников) ЭРИ ВН был введен КГВС «Климат-7». Необходимость их появления в системе предприятий ОПК России в середине 90-х годов была вызвана рядом объективных факторов, в т.ч.:

- резкое сокращение ГОЗ;
- существенное сокращение производства ЭРИ ВН, вплоть до полного прекращения;
- наличие на складах предприятий ОПК значительных запасов ЭРИ ВН, не используемых в производстве, но востребованных на других предприятиях ОПК;
- низкие объемы заказов по отдельным типам ЭРИ ВН, нерентабельные для восстановления и запуска их производства;
- ряд производств ЭРИ ВП остался на предприятиях СНГ, в результате чего у потребителей появилась необходимость решать вопросы таможенного оформления поставок;
- увеличение доли применяемых в образцах вооружения ЭРИ иностранного производства (ИП), что обусловило необходимость осуществления централизованных закупок ЭРИ ИП и организации их испытаний для подтверждения соответствия требованиям Минобороны России.

Требования ко второму поставщику установлены руководящим документом РДВ 319.010-02, дополняющим общие требования к СМК по

международным стандартам ИСО 9000 специфическими требованиями Минобороны. Это требования к взаимодействию поставщик – второй поставщик – потребитель, к организации рекламационной работы, проведению испытаний, взаимодействию с ВП МО РФ, обеспечению гарантийных обязательств. В соответствии с указанным документом, на вторых поставщиков возложены функции:

- проведение маркетинговых исследований спроса предприятий – изготовителей ЭРИ ВН и формирование комплексных заявок на поставку ЭРИ ВН;
- регистрация закупаемой и поставляемой продукции с организацией системы слежения партий изделий от изготовителя до потребителя;
- формирование комплексных целевых заказов, оформление сопроводительной документации, организация транспортировки, хранения и упаковки (переупаковки) изделий и отправки их потребителю;
- организация испытаний (перепроверок) партий изделий с превышенными сроками хранения, принятием последующих решений и процедур по отгрузке их потребителям;
- организация входного контроля, отбраковочных испытаний, диагностического неразрушающего контроля ЭРИ ВН;
- разработка или участие в разработке ТУ на изделия ИП;
- организация проведения испытаний поставляемых партий ЭРИ ИП;
- организация рекламационной работы;
- обеспечение гарантийных обязательств по объемам и срокам поставок, а также соответствия качества поставляемых изделий требованиям действующих НТД.

Порядок организации поставок ЭРИ в интересах Минобороны России определен директивами Начальника вооружения ВС РФ от 30.01.2001 № 176/Е/121 и от 15.03.2001 № 176/Е/10, в соответствии с которыми второй поставщик ЭРИ ВП должен соответствовать требованиям РДВ 319.010-02 «Требования ко второму поставщику» и быть аттестованным Центром сертификации «Военэлектронсерст».



Новости мира News of the World Новости мира

Sanyo и Quanta подписали соглашение о совместном производстве телевизоров

Sanyo Electric и Quanta Computer сообщили о заключении соглашения по образованию предприятия по производству плоскочастотных телевизоров. Продукция будет производиться под маркой Sanyo.

В настоящее время Sanyo уже производит и продаёт около 6,5 млн. телевизоров в год. Тайваньская Quanta Computer больше известна как контрактный производитель различных IT-продуктов (ей принадлежит 30% мирового производства ноутбуков).

Соглашение находится в общей канве мероприятий по реформированию бизнеса и радикальному сокращению издержек, которые проводит Sanyo последние несколько месяцев. Quanta, в свою очередь, заинтересована в увеличении загрузки своих заводов на континентальном Китае и выходе в новые продуктовые сегменты.

<http://itc.ua>

Samsung начала массовый выпуск DDR2-памяти по технологии 80 нм

Samsung Electronics объявила о начале массового производства 512-мегабитовых чипов памяти DDR2 (удвоенная скорость передачи данных, версия 2). Компания планирует перестроить технологический процесс производства с 90 нм на 80 нм. Производственные линии потребуют минимального обновления, поскольку в новом чипе заимствованы многие принципы и топологии элементов, используемые в технологии 90 нм.

Переход к технологии 80 нм стал возможен за счёт использования технологии RCAT (Recess Channel Array Transistor), одной из особенностей которой является применение трёхмерной архитектуры транзистора. Она позволяет существенно улучшить частоту регенерации и уменьшить размер ячеек. Последний фактор позволяет повысить плотность ячеек на пластине.

Согласно прогнозу Gartner Dataquest, доля продаж DDR2 на рынке памяти в 2006 г. достигнет 50%. По оценке специалистов, применение новой технологии позволит повысить эффективность производства на 50% и таким образом удовлетворить возрастающий спрос.

<http://itc.ua>

TDK закрывает завод в Люксембурге по производству CD и DVD

Европейский офис подразделения TDK, отвечающего за производство и продажу

носителей информации, объявил о планах по реструктуризации своего бизнеса.

Компания объявила о закрытии производства носителей CD и DVD в Люксембурге, которое в 1990 г. начинало с выпуска аудио- и видеокассет для европейского рынка. Сворачивание производства будет завершено в мае этого года. Представители компании объясняют сворачивание производства значительными изменениями, произошедшими в этом сегменте рынка.

По заявлению TDK, закрытие завода никоим образом не отразится на поставках носителей CD и DVD потребителям, а также на разработках и внедрении Blue-ray Disc.

<http://itc.ua>

Sony начинает продажу носителей Blue-ray Disc в Европе

Sony Europe анонсировала старт продаж дисков Blue-ray на европейском рынке. Однослойные носители BD-RW (Blue-ray Disc Rewritable) и BD-R (Blue-ray Disc Recordable) поступают в продажу в апреле. Несколько месяцев позже компания планирует начать продажи двухслойных дисков.

Носители имеют ёмкость 25 Гб, т.е. почти в пять раз больше, чем стандартные DVD. Эта ёмкость достаточна, чтобы записать 2 ч 15 мин видео со скоростью 24 Мбит/с или 10 ч 30 мин – со скоростью 5 Мбит/с. Диски поддерживают запись со скоростью 2X, что эквивалентно скорости 72 Мбит/с (9 Мб/с).

Первое поколение дисков Blue-ray компания Sony представила в Японии несколько лет назад. И вот, следующее поколение носителей, которые внешне выглядят как обычные DVD.

Компания намерена стать доминирующим игроком и основным поставщиком на мировом рынке аппаратуры, носителей и контента на дисках Blue-ray. Об этом заявил Фриц Франке (Fritz Handtke), директор по маркетингу компании Sony RME.

<http://itc.ua>

Компания LG Electronics в 2006 г. увеличит продажу ЖК-дисплеев на 10%

В соответствии с прогнозами LG Electronics, объём мирового рынка телевизоров и мониторов в 2006 г. вырастет на 3% и достигнет 133 млрд. долл. Основанием для таких оценок служит стремительное повышение спроса на дисплеи с большой диагональю. LG ожидает двукратного увеличения объёма продаж жидкокристаллических телевизоров и трёхкратного увеличения продаж плазменных панелей в мире.

Компания, делая ставку на растущий спрос и постепенное снижение цен на плазменные панели и телевизоры, ЖК-телевизоры и мониторы, планирует увеличить объёмы продаж этой продукции на 10%.

Хавис Квон, старший вице-президент Департамента LG по производству плоских дисплеев, отметил, что после резкого обвала цен (приблизительно на 40%) вследствие конкурентной борьбы в прошлом году, розничные цены в сегменте рынка будут более стабильными. «Будущее понижение цен будет относительно медленным», – заявил г-н Квон.

LG агрессивно наращивает свои мощности по производству плазменных телевизоров, надеясь к 2007 г. стать лидером в этом секторе и обойти японскую компанию Matsushita Electric Industrial, которая контролирует около трети всего рынка.

Компания рассчитывает получить 11 трлн. корейских вон в результате продаж плазменных и жидкокристаллических телевизоров, а также мониторов. Это примерно 10-% рост по сравнению с 2005 г. Ожидается, что в 2006 г. продажи телевизоров повысятся до 6,44 млрд. долл. по сравнению с 5,6 млрд. долл. в прошлом году.

<http://itc.ua>

Компании Yokogawa и Fujitsu сформировали альянс в области высокоскоростных оптических технологий

Соглашение о стратегическом партнёрстве, анонсированное компаниями Yokogawa Electric и Fujitsu, предусматривает сотрудничество в области разработки ключевых оптоэлектронных технологий и компонентов для систем высокоскоростных оптических коммуникаций.

Yokogawa Electric, основанная в 1915 г., владеет глобальной сетью из 29 производственных предприятий. Она накопила обширный опыт в создании сложных полупроводниковых устройств, что в сочетании с интеллектуальным багажом в сетевых решениях компании Fujitsu и её прочными позициями на рынке инфраструктурных решений для оптических сетей упростит дальнейшее развитие этого бизнеса.

Fujitsu рассчитывает использовать продукты, разработанные в рамках альянса, для ускорения внедрения быстродействующих систем следующего поколения, базирующихся на инновационных оптических технологиях.

<http://itc.ua>

Проблемы применения перспективной электронной компонентной базы в космосе

Николай Данилин, Сергей Белослудцев (Москва)

В статье представлен опыт специалистов ФГУП «РНИИ КП» в области входного контроля цифровых микросхем и узлов для аппаратуры специального назначения, а также наработки по сопровождению и сертификации всей номенклатуры компонентов и блоков отечественного и иностранного производства.

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

Подавляющее количество отказов «космической» РЭА вызывается выходом из строя той или иной ЭКБ. Известно, что качество ЭКБ определяется совершенством разработки (конструкции), обеспечивается в процессе производства и поддерживается в процессе эксплуатации. На всех этих стадиях в той или иной форме осуществляется оценка технического состояния и процедуры контроля качества ЭКБ.

В работах российских учёных и инженеров вопросы контроля качества и надёжности современной ЭКБ, особенно цифровых интегральных схем и узлов, освещены недостаточно. Зарубежные материалы по методам и средствам контроля микроэлектронных схем и узлов на мировом «космическом» рынке не всегда доступны.

Специалисты ФГУП «РНИИ КП» накопили немалый опыт в области входного контроля цифровых микросхем и узлов. Выявление скрытых дефектов на входном контроле – самой ранней

стадии производства – позволяет повысить надёжность и долговечность космических систем. Большинство описанных методов, приборов и систем успешно используются приборостроительными предприятиями ряда отраслей промышленности Российской Федерации и позволяют существенно снизить долю отказов РЭА из-за некачественных элементов.

Создание конкурентоспособной космической техники, прежде всего спутников связи, навигации и вещания, рассчитанных на длительную работу, – актуальная проблема для российской космической индустрии, особенно в преддверии вступления страны во Всемирную торговую организацию (ВТО).

Известно, что 10 – 15-летние сроки активного существования (САС) спутников в значительной мере определяются надёжностью и качеством ЭКБ, которой они комплектуются.

В РФ был выполнен широкий комплекс работ, направленных на создание системы требований, методов и средств контроля ЭКБ для объектов космической техники. Данная система включает в себя три подсистемы: научно-методическую, техническую и нормативно-организационную.

В рамках этих подсистем впервые были разработаны:

- совокупность моделей эксплуатации ЭКБ, применяемой в объектах космической техники;
- системы требований к техническим и эксплуатационным характеристикам ЭКБ;
- методы локальной и интегральной диагностики ЭКБ по информативным параметрам, позволяющие выявить потенциальные дефекты;

- комплекс аппаратурных средств и программного обеспечения, охватывающий все классы ЭКБ, начиная от резисторов и конденсаторов и заканчивая СБИС сигнальных процессоров, мегабитных запоминающих устройств, программируемых логических матриц;

- система нормативно-технических документов, регламентирующих организационные и методические вопросы взаимодействия организаций, участвующих в работах по закупке, контролю, испытаниям, поставке и применению ЭКБ, т.е. взаимодействие поставщиков, потребителей и заказчиков компонентов.

В РНИИ КП впервые создан уникальный комплекс технических средств для диагностического неразрушающего контроля и отбраковочных испытаний ЭКБ. Комплекс ориентирован на условия и режимы применения ЭКБ в РЭА объектов космической техники и позволяет на 1,5 – 2 порядка повысить надёжность партий ЭКБ путём исключения компонентов со скрытыми дефектами (см. рис. 1).

Эта работа позволила впервые в мировой практике создать единую организационно-техническую систему диагностического контроля и испытаний ЭКБ, успешно зарекомендовавшую себя при выполнении таких известных программ, как «ГЛОНАСС», «МКС», «СЕСАТ» и других.

Головное предприятие – Научный центр сертификации элементов и оборудования (НЦ СЭО) ФГУП «РНИИ КП» (основанный в 1992 г.). НЦ СЭО имеет аккредитацию Роскосмоса и ФГУП «22 ЦНИИ Минобороны России» (см. рис. 2).

В отдельном стендово-испытательном корпусе расположено более 350 единиц оборудования для испытаний ЭКБ и электронных блоков (ЭБ).

НЦ СЭО проводит работы по сопровождению и сертификации всей номенклатуры ЭКБ и ЭБ отечественного и иностранного производства (ИП):



Рис. 1. Положительные результаты увеличения сроков активного существования

- отборочные испытания (отбор ЭКБ по качеству не хуже исполнения «9» и «5» из выпуска соответственно «5» и «1»);
- испытания по требованиям РД 22.12.186-97 (более 400 тыс. элементов в год);
- испытания для установки в высоконадёжную аппаратуру с длительным сроком активного существования (10 – 15 лет);
- входной контроль и надёжностные испытания ЭКБ и ЭБ;
- сертификационные испытания в рамках обязательной и добровольной сертификации (возможности испытания ЭКБ ИП более 200 тыс. элементов в год);
- испытания по стандартам Климат-6, Климат-7, Мороз-6, MIL STD (США), ESA/ESS (Европейский стандарт);
- испытания по РК-98 (лабораторные отбраковочные испытания, конструкторские отбраковочные испытания, разрушающие испытания);
- диагностический неразрушающий контроль;
- разрушающий физический анализ;
- анализ отказов и независимую экспертизу;
- исследование возможности применения ЭКБ ИП индустриального исполнения в зависимости от внешних воздействующих факторов космического пространства;
- разработку и изготовление испытательного оборудования и программно-математического обеспечения для испытаний ЭКБ и ЭБ;
- выдачу рекомендаций по практическому применению ЭКБ и ЭБ;

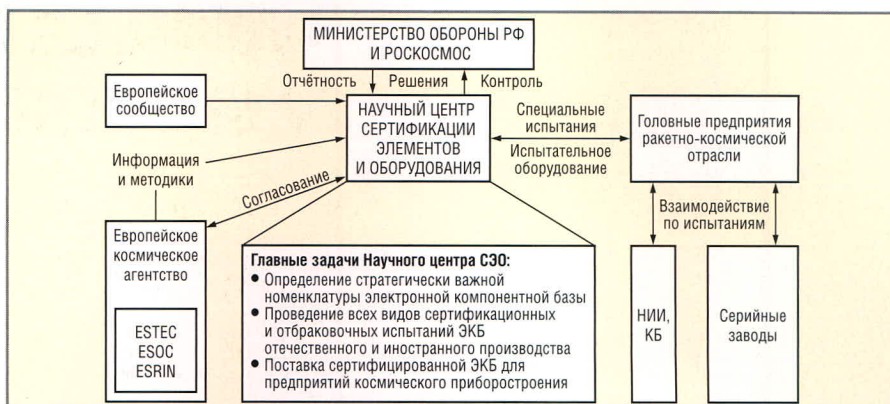


Рис. 2. Головная роль и задачи НЦ СЭО

- сертификационные испытания изделий космического приборостроения – бортового и наземного комплексов.

Алгоритм работы НЦ СЭО по применению ЭК ИП приведён в таблице.

При НЦ СЭО имеется Орган по сертификации, который проводит обязательную и добровольную сертификацию и выдаёт сертификаты Роскосмоса на ЭКБ, ЭБ народно-хозяйственного и научного назначения.

Интеграция и дальнейшее взаимодействие между сетями космических телекоммуникаций России и стран Западной Европы – главное условие для установления деловых контактов и успешной деятельности России на мировом космическом рынке.

ЭКБ, применяемая в объектах космической техники, играет важнейшую роль в достижении максимальной эффективности, надёжности и долговечности телекоммуникационных систем. В последние годы подходы к выбору ЭКБ для новых разработок космического использования резко изменились. Это вызвано эволюцией мировой космической индустрии, связанной с устойчивой тенденцией к применению высоконадёжных компонентов индустриального исполнения. Специалисты РНИИ КП применяют новые концепции, методы квалификации и модернизированные подходы в процедурах приобретения и использования рентабельной ЭКБ для отечественной космической промышленности.

В преддверии вступления РФ в ВТО творческое взаимодействие экспертов Роскосмоса, ФГУП «РНИИ КП» и представителей передовых западных космических технологических компаний IGG (Великобритания), Tecnologica (Испания), Astrium (Германия) позволяет осуществить модернизацию технологий информационного космичес-

кого обеспечения и практическое применение прогрессивных наработок западных стандартов в новых российских космических телекоммуникациях на основе использования стратегически значимой индустриальной ЭКБ ИП.

Эти наработки были доложены авторами на последних конференциях ESCCON 2002, Radex-2003, Омск-2004. Основные результаты конференций, которые были получены по анализу докладов, сделанных отечественными и европейскими специалистами, следующие:

- техническое взаимодействие с производителем должно быть установлено на самых первых стадиях;
- производитель должен гарантировать однородность партии и индексов дат изготовления;
- количество закупаемых образцов должно быть достаточно большим; однако 15% запаса требуемого количества обычно достаточно;
- разрушающий физический анализ является полезным критерием для окончательной приёмки ЭКБ;
- необходимы партнёрские соглашения с производителями для того, чтобы оценить поставщика и повысить объём и надёжность данных;
- необходимо проводить анализ, используя существующие российские документы как руководство по выбору нестандартных компонентов для разработчиков новой РЭА;
- электронной промышленностью РФ должна быть организована общая система базы данных, в которую будут собираться все сведения о надёжности применяемой индустриальной элементной базы и РЭА на её основе;
- использование в условиях естественной радиации возможно с предварительным определением параметров радиационной стойкости для каждой закупочной партии. ☺

Алгоритм работы НЦ СЭО по применению ЭКБ ИП

Этап 1	Оформление решения о порядке применения ЭКБ ИП в аппаратуре
	Получение партий ЭКБ ИП из аккредитованного центра закупок
	Входной контроль партии
	Отбор ЭКБ ИП для сертификационных испытаний партии
Этап 2	Заключение о допуске партии к сертификационным испытаниям, лабораторным отбраковочным испытаниям, конструкторским отбраковочным испытаниям
	Сертификационные испытания, лабораторные отбраковочные испытания, конструкторские отбраковочные испытания, конструкторские диагностические испытания ЭКБ ИП
	Выборочный разрушающий физический анализ
	Анализ результатов входного контроля, лабораторных отбраковочных испытаний, конструкторских отбраковочных испытаний, конструкторских диагностических испытаний и разрушающего физического анализа
Этап 3	Сертификат соответствия партии
	Оценка условий эксплуатации
	Сертификат применения партии

Применение импортных ЭРИ в современной специальной аппаратуре

Виталий Зубавичус (г. Красноярск)

В статье рассказывается о требованиях и правилах применения импортных ЭРИ в военных и специальных заказах, а также некоторых особенностях, которые должен учитывать разработчик, решивший применить в проекте импортную элементную базу.

Бортовая аппаратура (БА) современных космических аппаратов (КА) должна соответствовать повышенным требованиям по массогабаритным характеристикам, иметь низкую потребляемую мощность, высокую надёжность и ресурс 10 – 15 лет. Сроки проектирования и наземные отработочные испытания должны быть минимальными и составлять не более 12 – 24 мес. Для реализации данных требований в процессе проектирования БА разработчик должен располагать современными автоматизированными средствами проектирования (САПР), возможностью выбора современных, высокоинтегрированных комплектов ЭРИ, имеющих широкие функциональные возможности: ПЛИС, микроконтроллеры, ЦАП, АЦП и т.п.

К сожалению, российская электронная промышленность существенно отстала от зарубежных производителей, что ставит разработчиков современной БА КА в крайне затруднительное положение, не позволяя решать задачи проектирования оптимальным образом. Разработчик современной БА стоит перед проблемой: либо создавать тяжёлую энергоёмкую БА на отечественных ЭРИ, либо применять ЭРИ иностранных производителей, преодолевая барьеры, связанные с их применением, которые установлены в различных нормативных и руководящих документах (см. таблицу). Особенно

усложнены требования и правила применения импортных ЭРИ в заказах МО.

Основная технологическая цепочка проектирования с применением импортных ЭРИ следующая:

- импортные ЭРИ применяются только в технически обоснованных случаях;
- основанием для применения является невозможность реализации требуемых тактико-технических характеристик (ТТХ) аппаратуры на отечественной элементной базе;
- разработчик аппаратуры осуществляет выбор импортных ЭРИ по электрическим характеристикам и требованиям к внешним воздействующим факторам;
- все ЭРИ должны применяться в соответствии с требованиями соответствующих спецификаций;
- электрические режимы импортных ЭРИ должны удовлетворять требованиям стандарта ESA PSS-01-301;
- выбор импортных ЭРИ должен производиться из числа включённых в «Перечень изделий и материалов иностранного производства, разрешённых к применению» для аппаратуры конкретного изделия, выпускаемый 22 ЦНИИ МО;
- при выборе импортных ЭРИ предпочтение следует отдавать ЭРИ, квалифицированным для космического применения. По стандарту MIL это уровень качества S, V или уровень K и B по стандарту ESA/SCC для

активных ЭРИ (ИМС, ПП и др.). Пассивные компоненты должны соответствовать уровню В по MIL и С по ESA/SCC. При выборе импортных ЭРИ более низкого качества требуется решить вопрос закупки у производителя, обладающего высококачественной технологией. Кроме того, следует предусмотреть работы по квалификации на внешние воздействия, в т.ч. на стойкость к спецвоздействиям, в центрах, аккредитованных в системе «Военэлектронсерв».

Разработчики и изготовители БА с применением импортных ЭРИ обязательно должны учитывать, что жизненный цикл подобных комплектующих невелик (2 – 3 года), и предусматривать либо периодическую модернизацию конструкторской документации, либо закупку комплектующих на всю программу. Цены на импортные ЭРИ требуемого качества значительно выше, чем на отечественные (в 5 – 10 раз и более), что значительно усложняет вопросы закупки и своевременного изготовления. Кроме того, существуют различия в подходах к гарантийным обязательствам отечественных и зарубежных производителей ЭРИ и к их ресурсным характеристикам.

Все проблемы проектирования современной БА с требуемыми ТТХ каждое предприятие решает обособленно и самостоятельно, а это требует неоправданных значительных временных и финансовых затрат каждого предприятия. Задачи улучшения ТТХ БА, повышения производительности и эффективности производства БА, проектирования и изготовления современной, конкурентоспособной БА могут решаться только двумя путями:

- разработкой и производством отечественных комплектующих ЭРИ, удовлетворяющих высоким современным требованиям проектирования БА;
- изменением правил и норм применения импортных ЭРИ в процессе создания БА, в т.ч. и по заказам МО. ©

Руководящие документы и нормативы применения ЭРИ в спецтехнике

РДВ 319.04.35.00-01	Положение о порядке применения
РД 134-0122-2001	Методические указания. Порядок использования ЭРИ ИП в аппаратуре РКТ. Общие положения
РДВ В 319.01-09-94 Ред.2.-2000 (Рук РП-81)	Руководство по оценке правильности применения электроизделий и средств измерений в аппаратуре военного назначения
ESA PSS-01-301	Требования по снижению нагрузок на электронные, электрические и электромеханические компоненты

Яркая идея для вашего бизнеса

Самые высокоэффективные светодиодные лампы XLamp™

CREE
LIGHTING



10 лет
непрерывной работы!

Твердотельная
лампа XLamp™ 7090

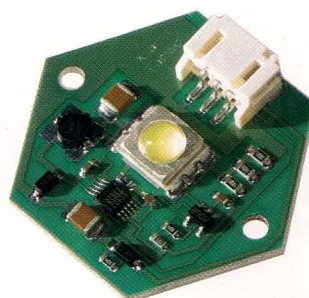
Области применения

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

XL^{ИКСЛАЙТ}Light



XL-D-C-007
Кластер с драйвером



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

Технические характеристики ламп XLamp™

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

Цвета свечения

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

Вся номенклатура светодиодных ламп XLamp™ со склада в Москве

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

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

ПРОСОФТ — официальный дистрибьютор компании CREE в России и странах СНГ

PROSOFT®

ПРОСОФТ — АКТИВНЫЙ КОМПОНЕНТ ВАШЕГО БИЗНЕСА

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

Полупроводниковые материалы и приборы для жёстких условий эксплуатации

Александр Полищук (Москва)

Электронные приборы на основе карбида кремния и эпитаксиальных слоев кремния на изолирующих подложках обладают рядом преимуществ по сравнению с аналогичными кремниевыми приборами. В статье рассмотрены результаты воздействия жёстких условий эксплуатации на параметры вышеуказанных приборов и обсуждены перспективы их применения в военной и аэрокосмической технике.

ВВЕДЕНИЕ

За последние два десятка лет достижения в области новых полупроводниковых материалов и приборов на их основе для жёстких условий эксплуатации претерпевают бурный рост. Под жёсткими условиями эксплуатации обычно подразумевают экстремальные режимы работы, например, температуру ниже -60°C и выше 200°C , а также воздействие жёсткого радиоактивного излучения. Среди областей применения, где требуются подобные приборы, особо можно выделить следующие:

- электроника военного назначения,
- аэрокосмическая электроника,
- авиационная электроника,
- аппаратура для нефтедобычи,
- автомобильная электроника,
- электроэнергетика.

В настоящее время наиболее перспективными полупроводниковыми материалами для рассматриваемого класса приборов являются кремний

на изоляторе (Silicon on Insulator, SOI) и карбид кремния (SiC). Технологии SOI активно развивает компания Honeywell. По производству пластин SiC фактическим монополистом на мировом рынке является компания Cree. Достоинством обоих материалов является устойчивость к высокой температуре и радиационная стойкость. В случае использования кремния на изоляторе высокая устойчивость SOI-приборов достигается технологическим путём. Карбид кремния представляет собой высокотемпературный радиационно-стойкий полупроводник, поэтому SiC-приборы потенциально способны обеспечить характеристики, недоступные для других материалов.

КРЕМНИЙ НА ИЗОЛЯТОРЕ (SOI)

Технология SOI разрабатывалась специально для получения приборов высокотемпературной электроники

и приложений, требующих устойчивости к воздействию жёсткого радиоактивного излучения. Для понимания принципиальных отличий этой технологии рассмотрим основные проблемы, возникающие в традиционных кремниевых интегральных схемах при воздействии высокой температуры.

Как известно, большинство современных интегральных микросхем построено по монолитной технологии кремниевых FET-транзисторов. Однако, традиционные кремниевые полупроводниковые технологии очень критичны к высоким рабочим температурам. При повышении температуры CMOS-структуры возникают три существенные проблемы:

- рост тока утечки CMOS-структуры за счёт наличия в ней биполярных транзисторов (рис. 1);
- возникновение утечки через оксидную изоляцию затвора с возможностью её разрушения;
- возникновение диффузии металлов из мест распайки выводов кристалла и металлизированных участков поверхности в полупроводник.

Ток утечки CMOS-структуры растёт с ростом температуры. При этом в цифровой схеме будут наблюдаться снижение напряжения логической единицы, увеличение уровня логического нуля, снижение гистерезиса, увеличение задержки между логическими элементами и спад скорости нарастания сигналов, что в конечном счёте приведёт к потере работоспособности логической схемы.

В аналоговых схемах рост тока утечки приводит к смещению всех основных её параметров, таких как входной ток смещения, напряжение нуля, полосы пропускания и уровня шумов.

Жизненный цикл CMOS-компонентов также уменьшается с ростом тока утечки биполярных транзисторов. Рост тока утечки при увеличении

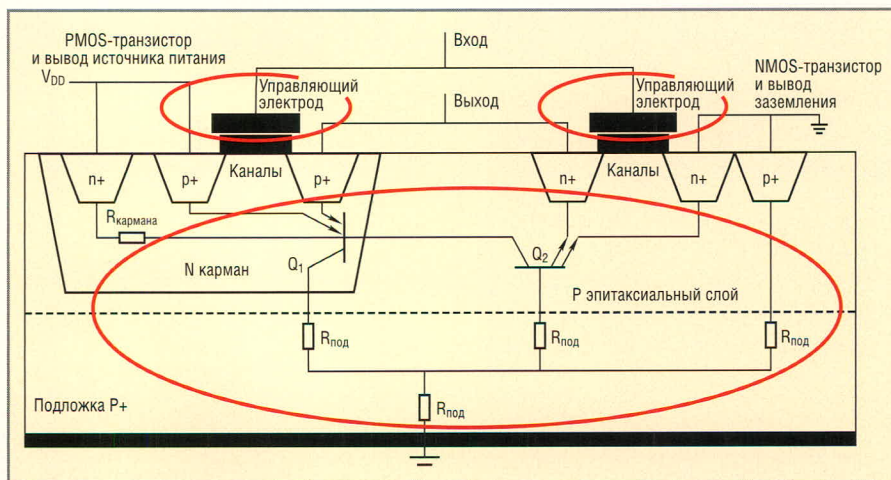


Рис. 1. Фрагмент схемы CMOS-инвертора

температуры приведёт к одновременному открыванию обоих транзисторов – PMOS и NMOS (рис. 1) и выходу из строя оконечного каскада.

Выход из строя кремниевых CMOS-компонентов при высоких температурах может быть обусловлен пробоем оксидной изоляции затворов из-за увеличения тока утечки через неё. Это особенно актуально для микросхем памяти, в которых с ростом температуры наблюдается потеря информации за счёт утечки через изоляцию затворов, а при длительном воздействии высокой температуры наступает необратимый пробой. Эту проблему можно частично решить путём увеличения толщины оксидной изоляции, однако полностью устранить этот эффект не удастся.

Существует также немаловажная проблема, связанная с диффузией из областей металлизации кремниевых полупроводниковых приборов. Обычно используется стандартный технологический процесс металлизации алюминием. С ростом температуры происходит миграция алюминия в полупроводник, что со временем приводит к короткому замыканию каналов MOS-транзисторов.

Технология SOI во многом решает указанные проблемы при высоких температурах. Суть технологии заключается в дополнительной имплантации кислорода в кремниевую подложку с образованием внутри полупроводника диэлектрического слоя оксида кремния (рис. 2).

Эффект влияния внутреннего оксидного слоя на составляющие тока утечки иллюстрирует рис. 3. В рассматриваемом случае эта технология позволяет устранить большинство источников возникновения утечек в полупроводниковой структуре по сравнению с традиционной CMOS-технологией на кремнии.

В настоящее время лидером в индустрии полупроводниковых приборов по технологии SOI является компания Honeywell. Она производит широкую номенклатуру высокотемпературных полупроводниковых приборов, в том числе микросхемы памяти, микроконтроллеры, датчики, операционные усилители и др.

При использовании металлизации алюминием с барьерным подслоем из сплава титана и вольфрама Honeywell добилась жизненного цикла SOI-приборов 45 000 часов при

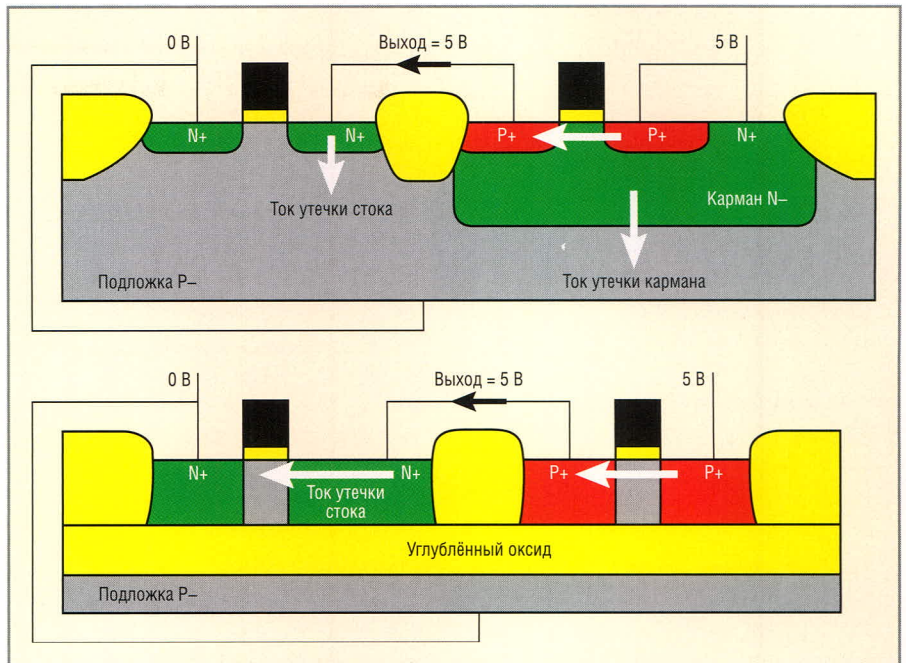


Рис. 2. Сравнение технологий: CMOS (вверху), SOI (внизу)

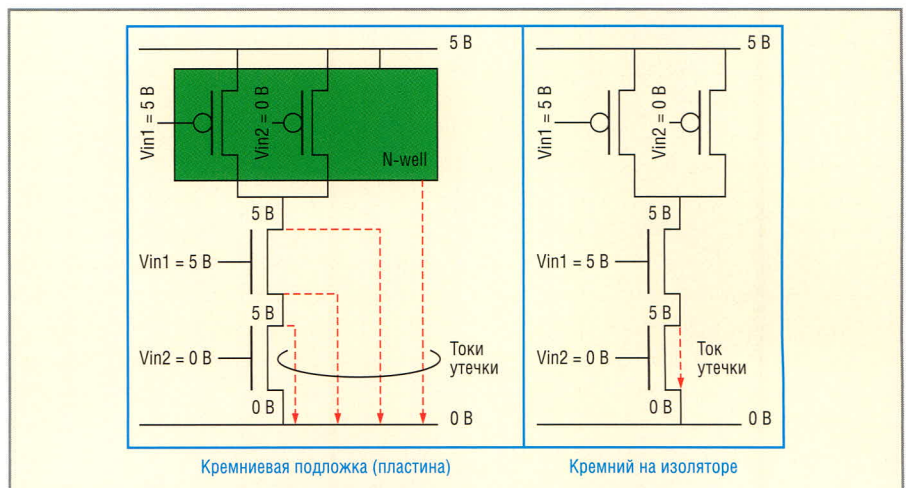


Рис. 3. Влияние внутреннего оксидного слоя на составляющие тока утечки

температуре 225°C и 130 000 часов при температуре 180°C. К недостаткам этой технологии можно отнести рост сопротивления контакта на 10% по сравнению с традиционной металлизацией.

Что касается радиационной стойкости изделий на базе SOI, то в настоящее время достигнут показатель в 1000 крад поглощённой дозы.

КАРБИД КРЕМНИЯ (SiC)

Всего лишь около 10 лет назад карбид кремния стал рассматриваться в качестве доступного материала для полупроводниковых приборов, что стало возможным благодаря развитию технологии выращивания кристаллов требуемого размера в необходимых количествах. На сегодняшний день только одна компания в мире

производит SiC-пластины больших размеров (100 мм) в массовых количествах – это компания Cree. Причём более 95% всех пластин идет на GaN-эпитаксию для производства кристаллов синих и зелёных светодиодов, и лишь небольшая часть используется для производства высокотемпературной и радиационно-стойкой элементной базы. Что касается коммерчески доступных SiC-приборов, то их номенклатура в настоящее время ограничивается высоковольтными диодами Шоттки (до 1200 В) и мощными СВЧ MESFET-транзисторами (до 3,8 ГГц).

Карбид кремния – уникальный полупроводник, позволяющий создавать приборы с характеристиками, недостижимыми для других типов полупроводников, поэтому остановимся подробнее на его основных свойствах.

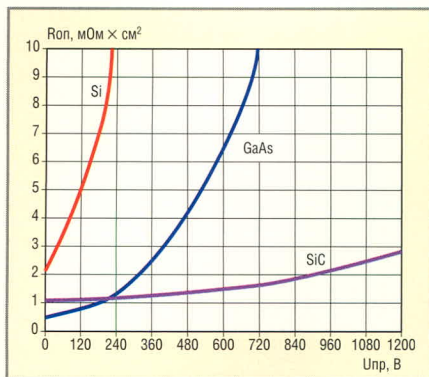


Рис. 4. Зависимость R_{on} от пробивного напряжения

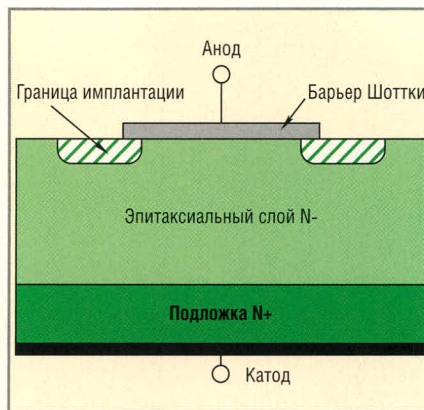


Рис. 5. SiC-диод Шоттки

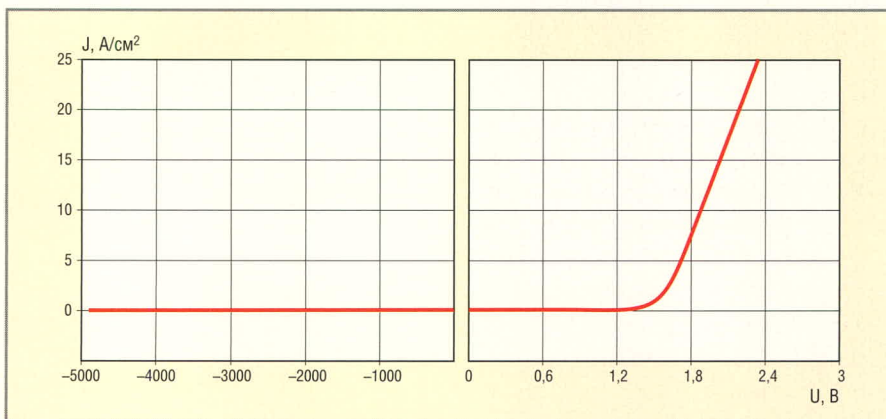


Рис. 6. Прямая и обратная ветви ВАХ SiC-диода Шоттки с $U_{обр. макс} = 4,9$ кВ

СВОЙСТВА И ХАРАКТЕРИСТИКИ SiC

Хотя существует около 170 известных политипов карбида кремния, только два из них широко используются для изготовления полупроводниковых приборов – это 4H-SiC и 6H-SiC. Для силовых полупроводников предпочтительнее политип 4H-SiC благодаря большей подвижности электронов. В таблице приводится сравнение основных электронных свойств 4H-SiC с кремниевыми (Si) и арсенидгалиевыми (GaAs) полупроводниковыми материалами [1].

Рассмотрим ключевые преимущества SiC-полупроводника в сравнении с Si и GaAs.

Пробивная напряжённость электрического поля 4H-SiC более чем на поряд-

ок превышает соответствующие показатели у Si и GaAs. Это приводит к значительному снижению сопротивления в открытом состоянии (R_{on}). На рис. 4 показана зависимость R_{on} от напряжения пробоя кристалла p-i-n-диода. Можно видеть, что при напряжении 600 В SiC-диод имеет $R_{on} \approx 1,4$ мОм см², GaAs-диод – $R_{on} \approx 6,5$ мОм см², Si-диод – $R_{on} > 70$ мОм см².

Малое удельное сопротивление в открытом состоянии в сочетании с высокой плотностью тока и теплопроводностью позволяет использовать очень маленькие по размерам кристаллы для силовых приборов.

Большая ширина запрещённой энергетической зоны SiC является результатом более высокого по сравнению с Si и GaAs барьера Шоттки. В ре-

зультате чрезвычайно малый ток утечки при повышенной температуре кристалла (менее 70 мкА при 200°C) снижает термоэлектронную эмиссию за пределами барьера.

Высокая теплопроводность SiC снижает тепловое сопротивление кристалла по сравнению с Si-диодами почти в два раза. Электронные свойства приборов на основе SiC очень стабильны во времени и слабо зависят от температуры, что обеспечивает высокую надёжность изделий.

Карбид кремния чрезвычайно устойчив к жёсткой радиации, поэтому её воздействие не приводит к деградации электронных свойств кристалла. Высокая рабочая температура кристалла (более 600°C) позволяет создавать высоконадёжные приборы для жёстких условий эксплуатации и специальных применений.

Диоды Шоттки – ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ПРИБОРЫ ИЗ КАРБИДА КРЕМНИЯ

Как отмечалось выше, в настоящее время единственным коммерчески доступным продуктом из карбида кремния являются диоды Шоттки. Структура SiC-диода показана на рис. 5.

Для производства диодов используется 4H-SiC-политип с металлизацией барьера Шоттки никелем или титаном. Для снижения краевой концентрации поля на границе металлического контакта используется дополнительная имплантация атомами бора с последующим отжигом при температуре 1050°C в течение 90 мин. Высота барьера Шоттки при металлизации Ti и Ni составляет 0,8 и 1,3 В соответственно. Более низкий барьер позволяет получить меньшее прямое падение напряжения, но при этом возрастает обратный ток утечки. Таким образом, для получения высоковольтных (более 1500 В) диодов перспективна металлизация никелем, для низковольтных – титаном. На рис. 6 показаны прямая и обратная вольт-амперные характеристики для диода, имеющего металлизированный Ni-барьер Шоттки и эпитаксиальный слой толщиной 50 мкм [2].

Этот диод имеет диаметр кристалла 425 мкм, максимальное обратное напряжение 4,9 кВ и удельное сопротивление в открытом состоянии 43 мОм см². Компания Cree Research

Сравнение основных электронных свойств полупроводниковых материалов

Наименование	Si	GaAs	4H-SiC
Ширина запрещённой энергетической зоны, эВ	1,12	1,5	3,26
Подвижность электронов, см ² /с В	1400	9200	800
Подвижность дырок, см ² /с В	450	400	140
Концентрация собственных носителей при 300°K, см ⁻³	$1,5 \times 10^{10}$	$2,1 \times 10^6$	5×10^{-9}
Скорость объёмного заряда электронов, см/с $\times 10^7$	1	1	2
Критическая напряжённость электрического поля, МВ/см	0,25	0,3	2,2
Теплопроводность, Вт/см °K	1,5	0,5	3,0...3,8

представила диод Шоттки с максимальным обратным напряжением 10 кВ и прямым падением напряжения 3,7 В при плотности тока 100 А/см². Таким образом, использование карбида кремния в ближайшей перспективе позволит решить проблему создания высокоскоростных высоковольтных выпрямителей на большие токи взамен громоздких низкоэффективных кремниевых столбов.

Ключевые MOSFET-транзисторы из карбида кремния

В настоящее время силовые ключевые приборы имеют фундаментальное ограничение на рабочее напряжение, обусловленное низкой пробивной напряжённостью электрического поля полупроводникового кремния. По сравнению с Si, у карбида кремния пробивная напряжённость поля выше более чем в 10 раз, а удельное сопротивление в открытом состоянии ниже в 400 раз. Эти два качества делают карбид кремния идеальным материалом для силовых полупроводников. Хотя на сегодняшний день нет коммерчески доступных ключевых SiC-транзисторов, ряд компаний и научных центров разрабатывают и демонстрируют экспериментальные и лабораторные образцы таких приборов. По разным оценкам, появление первых серийных SiC-транзисторов можно ожидать уже в начале 2007 г.

Структурно можно выделить несколько типов MOSFET – это DMOS-, UMOS- и JFET-приборы. DMOS-прибор (Double-implanted MOS) показан на рис. 7. Он аналогичен структуре на Si Double-Diffused MOS, у которой области р-базы и п⁺-истока получают путем ионной имплантации.

В этих приборах положительное смещение на затворе из поликристаллического кремния создаёт инверсный слой на границе раздела между SiO₂ и SiC р-типа. Электроны протекают из п⁺-истока через инверсный слой в n-область дрейфа и затем в п⁺-подложку (сток). Толстая примесная n⁻-область необходима для обеспечения высокой электропрочности прибора в закрытом состоянии. Максимальное рабочее напряжение транзистора будет определяться толщиной области дрейфа и концентрацией примеси в ней. Поскольку максимальная толщина эпитаксиального слоя коммерчес-

ки доступных SiC-подложек не превышает 10 мкм, напряжение ограничивается величиной 1600 В. Один из путей его повышения – использование горизонтальной структуры LDMOS (Lateral Double MOSFET), показанной на рис. 8.

В структуре создается обеднённая область, которая в закрытом состоянии транзистора при увеличении потенциала также увеличивается и, достигнув изолированной подложки, продолжает распространяться в сторону стока, блокируя приложенное между стоком и истоком напряжение. В этом транзисторе максимальное напряжение не зависит от толщины эпитаксиального слоя и ограничивается только уровнем начала поверхностного электрического пробоя между электродами. В образцах LDMOSFET (Cree) достигнут уровень максимального напряжения 10 кВ.

Для снижения удельного сопротивления в открытом состоянии у UMOS-транзисторов затвор выполняется в форме U-образной «канавки» (trench-gate). На рис. 9 показаны диаграммы распределения электрического поля в р-n-переходе и на MOS-структуре. Можно видеть, что в области оксидной изоляции затвора наблюдается скачок потенциала, превышающий пиковую напряжённость поля в полупроводнике в 2,5 раза. Это приводит к необратимым пробоям в транзисторе и накладывает основное ограничение на величину рабочего напряжения. Решение этой проблемы предложено исследовательским центром Purdue University WBG Research Group [3]. Была создана структура с так называемой «интегральной защитой», которая ограничила напряжённость поля в оксидном слое затвора и одновременно снизила удельное сопротивление в открытом состоянии (рис. 10).

В прибор введена дополнительная область р-типа, расположенная под «канавкой» затвора, позволяющая снизить напряжённость поля на границе оксид/полупроводник до нуля, защищая тем самым оксид от пробоя в закрытом состоянии. Дополнительный эпитаксиальный слой под р-базой предотвращает отсечку канала проводимости в открытом состоянии и способствует протеканию тока в область дрейфа. Прибор также включает в себя обогащённый n-эпитаксиальный слой, выращенный на боковой стенке «канавки». Этот слой пре-

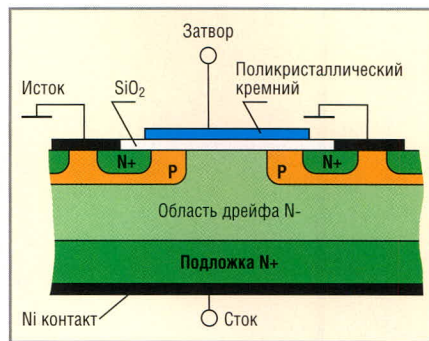


Рис. 7. SiC DMOS-транзистор

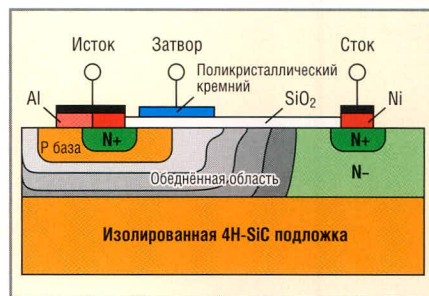


Рис. 8. SiC LDMOS-транзистор

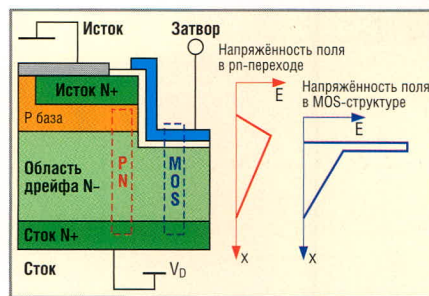


Рис. 9. SiC UMOS-транзистор

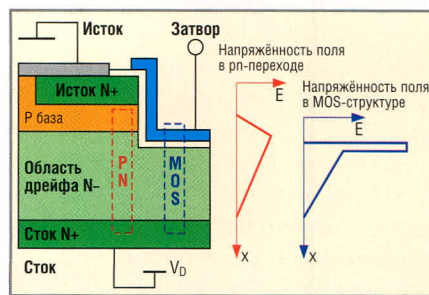


Рис. 10. SiC ACCUFET-транзистор

вращает прибор в так называемый «MOSFET с обогащённым слоем» (accumulation-layer MOSFET или ACCUFET), у которого увеличена подвижность электронов и одновременно снижено удельное сопротивление в открытом состоянии. Полученные образцы ACCUFET обеспечивают максимальное напряжение 1400 В, удельное сопротивление 15,7 мОм см² и добротность 125 МВт/см², что в 25 раз превышает теоретический предел для кремниевых MOSFET-транзисторов.

Рассмотренные приборы имеют высокую (но пока недостаточную) степень готовности к началу серий-

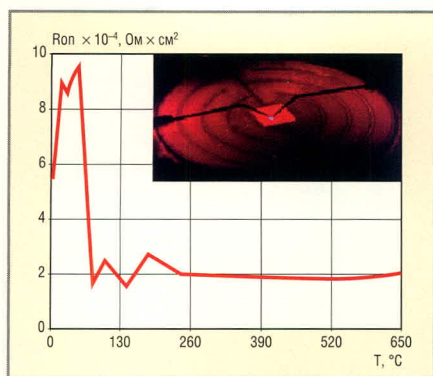


Рис. 11. Изменение удельного сопротивления контакта SiC эпитаксиального слоя во времени при температуре 500°C

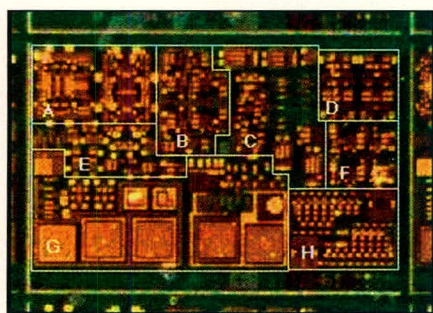


Рис. 12. Цифровая SiC интегральная схема

ного производства. Компания Cree анонсировала коммерческую доступность первых MOSFET-транзисторов из карбида кремния в 2007 г.

ПРИБОРЫ ИЗ КАРБИДА КРЕМНИЯ ДЛЯ ЖЁСТКИХ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Как отмечалось выше, высокая рабочая температура и радиационная стойкость делают карбид кремния практически незаменимым материалом для разработки полупроводниковых приборов, работающих в жёстких условиях эксплуатации, в частности для военного и космического применения.

Для максимального использования температурных характеристик SiC прежде всего требуется решить проблему получения надёжного электрического контакта. Связано это с тем, что при температуре выше 500°C металлизация контакта сильно деградирует из-за взаимной диффузии между слоями, окисления контакта и композиционных и микроструктурных изменений на границе металл/полупроводник. Это приводит к выходу прибора из строя. Вакуумирование полупроводникового чипа в специальном корпусе многократно увеличивает его стоимость, габариты и массу, делая не пригодным к широкому применению.

Одним из решений указанной проблемы служит использование многослойной металлизации, предложенной исследовательским центром NASA Glenn Research Center [4]. Применение трёхслойной металлизации Ti (100 нм) – TaSi₂ (200 нм) – Pt (300 нм) политипа 6H-SiC позволило добиться температурной стабильности вольт-амперной характеристики и омического сопротивления контакта на воздухе в течение более 600 ч при 500°C (рис. 11).

Особенностью такого контакта является то, что первоначальное окисление кремния создаёт механизм образования критического диффузионного барьера, предотвращающего дальнейшее проникновение кислорода в слой металлизации. Это открывает перспективы создания высокотемпературных полупроводниковых приборов в более экономичных корпусах либо в бескорпусном исполнении.

Другим важным направлением является создание интегральных схем на SiC-пластинах. Наибольший интерес представляет CMOS-технология на карбиде кремния, обеспечивающая низкую потребляемую мощность, высокие радиационную и тепловую стойкость.

Первая SiC CMOS интегральная схема была представлена компанией Cree Research в 1996 г., однако проблемы, связанные с высоким пороговым напряжением P-MOSFET-транзисторов не позволили использовать данную технологию для серийного производства. В настоящее время разработан новый технологический процесс, позволивший решить указанную проблему и получить образцы со стандартными уровнями напряжения питания и сигналов [5]. На рис. 12 показан фрагмент SiC-цифровой интегральной схемы, работающей в температурном диапазоне –55...300°C.

Она содержит различные логические схемы, такие как дифференциальные усилители (A), сумматор по модулю 2 (B), инверторы (C), триггеры (D), И-НЕ, ИЛИ-НЕ (E), исключительное ИЛИ (F), MOS-конденсаторы, диоды, MOSFET (G), автогенераторы (H). Микросхема имеет напряжение питания в диапазоне 5...15 В.

Исследовательский центр NASA Glenn Research Center продемонстрировал логический элемент ИЛИ-НЕ, состоящий из двух JFET-транзисторов и резистора, работающий при

температуре 600°C [6]. Основная область применения подобных приборов – авиационная техника, в частности, электроника для турбогенераторов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Несмотря на традиционную ориентацию отечественной электронной промышленности на рынок компонентов для промышленного и военного применения, появление серийных отечественных технологий в области SiC-полупроводников, скорее всего, в ближайшие годы не предвидится из-за недостаточного финансирования. Однако ряд российских компаний проявляют большой интерес к разработке SiC-приборов. Особо в этой связи хочется отметить совместный проект Томилинского электронного завода (НПП ТЭЗ) и компании ПРОСОФТ, начавших производство высокотемпературных и радиационно-стойких карбид-кремниевых диодов Шоттки и высоковольтных столбов. В частности, проведённые испытания по программе «Климат-7» подтвердили чрезвычайную радиационную стойкость приборов: поглощённая доза 50 000 крад не привела к изменению характеристик приборов.

ЛИТЕРАТУРА

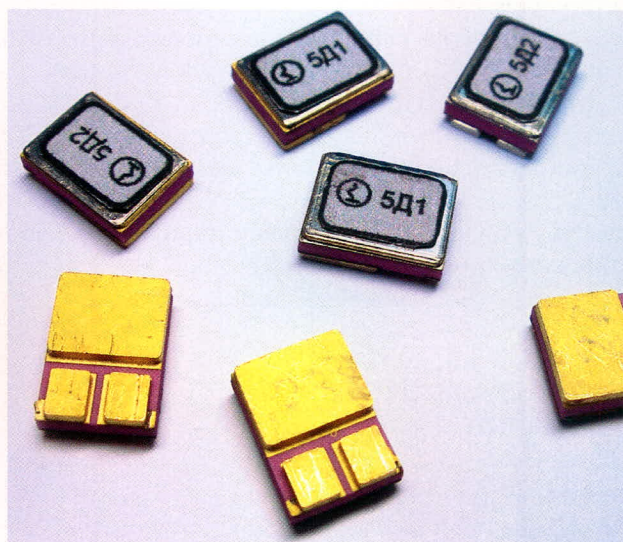
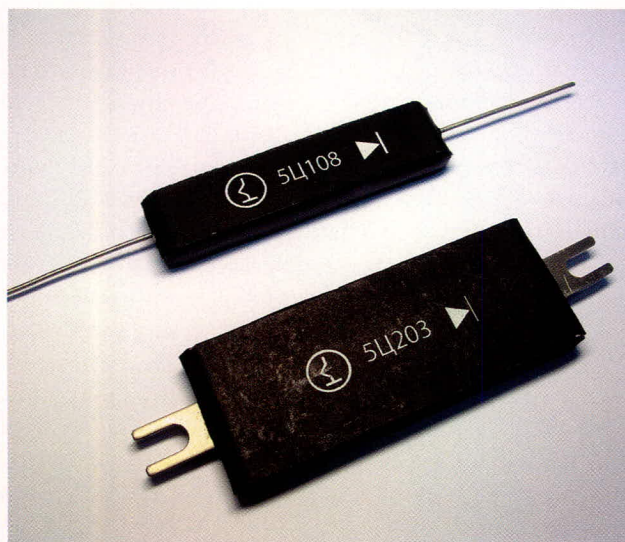
1. Neudeck P.G. Progress Towards High Temperature, High Power SiC Devices. Inst. of Physics Conf. Ser. No. 141. Compound Semiconductors 1994, H. Goronkin, U. Mishra, Eds. Bristol, United Kingdom: IOP Publishing, 1995.
2. McGlathlin H.M., Morisette D.T., Cooper J.A. 4kV Silicon Carbide Schottky Diodes for High-Frequency Switching Applications. IEEE Device Research Conf. Santa Barbara, CA, June 28–30, 1999.
3. Tan J., Cooper J.A., Jr. and Melloch M.R. High-Voltage Accumulation-Layer UMOSFETs in 4H-SiC. IEEE Electron Device Lett., 19, 487, 1998.
4. Robert S. Okojie. Thermally Stable Ohmic Contacts on Silicon Carbide developed for High-Temperature Sensors and Electronics. NASA Glenn Research Center.
5. Ryu S., Kornegay K.T., Cooper J.A., Jr. and Melloch M.R. Digital CMOS ICs in 6H-SiC Operation on 5V Power Supply. IEEE Trans. on Electron Device. 1998.
6. Neudeck P.G. Silicon Carbide Junction Field Effect Transistor Digital Logic Gates Demonstrated at 600°C. NASA Glenn Research Center.



Первые российские карбид-кремниевые диоды и столбы с барьером Шоттки



Совместный проект компаний CREE, ПРОСОФТ, НПП «ТЭЗ»



T_j=175°C

Высоковольтные столбы

- Uобр. макс = 4 кВ; 5к В; 9 кВ
- Iпр.ср. = 600 мА; 500 мА; 250 мА
- tобр < 15нс

T_j=200°C

Диоды Шоттки

- Uобр. макс = 500 В; 600 В
- Iпр.ср. = 1 А
- tобр < 15 нс

Основные достоинства

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

Области применения

- Источники электропитания с преобразованием частоты
 - Корректоры коэффициента мощности (бустерный диод)
 - Выходные выпрямители (более 48В)
 - Антипараллельные диоды в инверторах
- Электроприводы
 - Антипараллельные диоды в инверторах
 - Снабберные диоды
- Высоковольтные выпрямители
 - Выходные выпрямители (2 кВ – 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

Прецизионные системы сбора данных семейства MSC12xx фирмы Texas Instruments

(часть 3)

Павел Редькин (г. Ульяновск)

Автор продолжает представлять устройства MSC12xx (см. СЭ № 2, 3, 2006). Рассмотрен порядок создания пользовательского проекта в среде IDE RIDE, а также аппаратная платформа и программные модули-драйверы для приложений на базе MSC12xx. Процесс создания пользовательских приложений на основе MSC12xx проиллюстрирован на примере одного из наиболее функционально насыщенных устройств этого семейства микросхем с максимальным объёмом встроенной памяти – MSC1211Y5. Приведён интерфейс кнопок управления и жидкокристаллического индикатора.

СОЗДАНИЕ ПРОЕКТОВ НА ОСНОВЕ MSC12XX В IDE RIDE

Интегрированная среда разработки-отладки для микроконтроллеров IDE RIDE представляет собой программный пакет, работающий под Windows Microsoft. Пакет включает в себя несколько отдельных программных продуктов: менеджер библиотек (LIB-51), редактор исходных текстов, программный отладчик-симулятор, компилятор ANSI C (RC-51), ассемблер (MA-51) и компоновщик (LX-51). Все они интегрированы в единую оболочку с удобным графическим интерфейсом. В результате инсталля-

ции RIDE с CD на жёстком диске компьютера по умолчанию создаётся одноимённая директория, содержащая все вышеперечисленные компоненты RIDE. При щелчке мышью на иконке RIDE запускается исполняемый файл из этой директории и открывается главное окно RIDE, содержащее инструментальную панель.

Разработка встроенного программного обеспечения с помощью RIDE производится путём создания и редактирования пользовательских проектов. Графическая диаграмма, иллюстрирующая этапы разработки проекта с указанием используемых инструментальных средств RIDE, приведена на рис. 12.

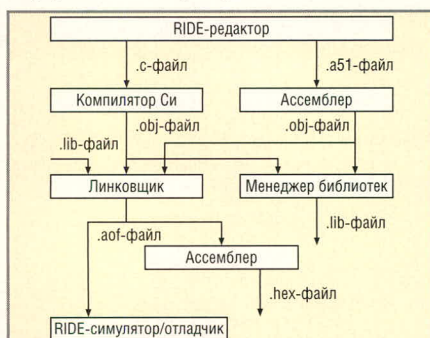


Рис. 12. Этапы разработки проекта в RIDE

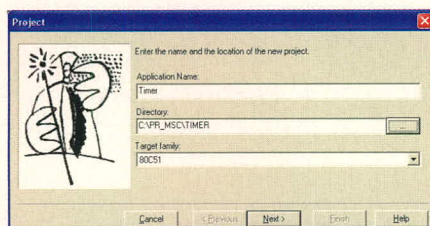


Рис. 13. Создание нового проекта в RIDE

RIDE для создания файла кода (*.hex), который можно непосредственно загрузить в микроконтроллер, а также для отладки или симуляции написанной программы встроенными средствами RIDE. Помимо вышеперечисленных файлов, при создании проекта RIDE создаёт собственно файл проекта (*.prj), который содержит настройки конфигурации. Кроме того, в процессе компиляции/трансляции компилятор Си/Ассемблер генерирует файл листинга (*.lst), содержащий полезную информацию о размещении программы в памяти, которая может быть использована разработчиком при её отладке.

Порядок создания пользовательского проекта в RIDE может быть следующим. До начала создания проекта следует создать на жёстком диске директорию, в которой будут размещаться файлы проекта. Рекомендуется задать имя директории, совпадающее с именем создаваемого проекта. В директорию рекомендуется поместить все файлы, которые будут использованы файлом исходного текста будущего проекта в качестве подключаемых и заголовочных файлов. Затем в главном окне RIDE следует выбрать в меню Project опцию New, после чего откроется окно Project, показанное на рис. 13. В поле Application Name этого окна следует задать имя создаваемого проекта, а в поле Directory – указать путь к ранее созданной директории размещения файлов проекта, используя для этого дерево файлов и каталогов, открывающееся с помощью кнопки «...». После задания указанных параметров следует щёлкнуть левой клавишей мыши на кнопке Next. Откроется окно Target, в котором необходимо выбрать аппаратную платформу проекта (микроконтроллер), например MSC1211Y5, поместив его курсором, как показано на рис. 14. После выбора платформы следует щёлкнуть левой клавишей «мышью» на кнопке Finish, после чего откроется изменённое главное окно RIDE.

В редакторе RIDE производится создание и редактирование файла исходного текста на Ассемблере (*.a51) или Си (*.c), который используется в дальнейшем в качестве файла источника проекта (source). Затем подготовленный файл исходного текста транслируется, если это ассемблерный файл, или компилируется, если это файл на Си. Результатом трансляции/компиляции является объектный файл (*.obj). Помимо объектного файла в проекте могут находиться подключаемые файлы для ассемблерного текста (*.a51, *.inc и т.д.) или заголовочные файлы и файлы библиотек (*.h, *.lib) для текста на Си. Компоновка всех файлов проекта и создание в результате абсолютного объектного файла (*.aof) производится компоновщиком. Полученный абсолютный объектный файл используется

Теперь следует создать файл источника проекта. Для этого необходимо выбрать в меню File опцию New, а затем в открывшемся меню выбрать тип создаваемого файла источника: файл на Ассемблере (опция Assembler Files) или файл на Си (опция C Files). В открывшемся окне untitled с расширением соответственно *.a51 или *.c средствами редактора RIDE можно набрать файл исходного текста или выгрузить в это окно содержимое программного буфера с ранее помещённым туда файлом исходного текста. Затем созданный файл следует сохранить в директории проекта и под именем проекта, но с соответствующим расширением *.a51 или *.c, используя меню File и опцию Save as.

После этого необходимо задать созданный и сохранённый файл исходного текста в качестве файла источника проекта. Для этого следует в меню Project выбрать опцию Add node Source/Application. В появившемся дереве файлов и каталогов следует выбрать ранее созданный файл и щёлкнуть левой клавишей мыши на кнопке Open. При этом в окне дерева проекта RIDE появится заданный файл источника с указанием в квадратных скобках инструментальной программы его обработки, например tim.a51 [MA51].

На этом создание проекта закончено, и теперь можно перейти к работе с ним. Прежде всего, созданный проект следует оттранслировать/откомпилировать. Для этого в меню Project следует выбрать опцию Build all. После завершения трансляции в окне Make в нижней части экрана появятся сообщения об успешном создании hex-файла или об ошибках и замечаниях, обнаруженных в ходе трансляции. В случае появления сообщений об ошибках можно дважды щёлкнуть левой клавишей мыши на сообщении об ошибке, и курсор в окне файла исходного текста или подключаемого файла (соответствующий подключаемый файл откроется автоматически) укажет на местонахождение ошибки (будет выделено цветом). В результате безошибочной трансляции в директории проекта будет создан hex-файл, пригодный к непосредственной загрузке во Flash-память микроконтроллера.

Аппаратная платформа для приложений на основе MSC12xx

Процесс создания пользовательских приложений на основе MSC12xx

проиллюстрируем на примере одного из наиболее функционально насыщенных устройств этого семейства микросхем с максимальным объёмом встроенной памяти – MSC1211Y5. Топологическая схема корпуса MSC1211 с указанием номеров и названий выводов показана на рис. 15. Функциональное назначение всех выводов устройства приведено в табл. 9.

Для упрощения внедрения и освоения устройств MSC12xx фирма TI предлагает готовые отладочные комплекты. В комплект входит печатная плата и компакт-диск. На плате установлено устройство MSC12xx, внешние компоненты схемы его включения и стабилизаторы источников питания. На диске находится программное обеспечение разработки-отладки. На сайте [5] приведено описание отладочного комплекта MSC1211EVM. На отладочной плате из этого комплекта установлены следующие основные компоненты:

- устройство MSC1211Y5;
- два стабилизированных источника питания +5 В для питания цифровой и аналоговой частей схемы;
- два разъёма портов RS-232 (подключенные к портам USART0 и USART1 MSC1211) с микросхемой-адаптером уровней RS-232 MAX3243;
- внешний кварцевый резонатор;
- внешнее ОЗУ ёмкостью 128 Кб с буферными и рабочими регистрами,
- звуковой излучатель;

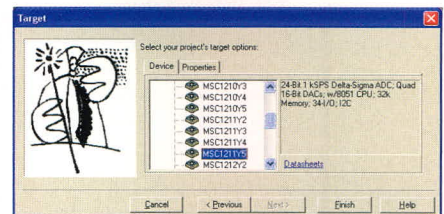


Рис. 14. Выбор платформы для проекта

- микросхемы-супервизоры сброса (TPS3837L30DBVT) и перехода в режим программирования (TPS3838L30DBVT);
- клеммные колодки для подключения внешних цепей к входам встроенного АЦП MSC1211;
- переключики и DIP-переключатели для задания конфигурации платы;
- разъёмы портов ввода/вывода общего назначения MSC1211;
- микросхема дополнительного АЦП ADS8325 с интерфейсом SPI;
- микросхема памяти EEPROM 24LC256 с интерфейсом I²C;
- кнопки RESET и LOAD соответственно для сброса и перехода в режим внутрисхемного программирования Flash-памяти.

Внутрисхемное программирование Flash-памяти MSC1211 производится с помощью программы-загрузчика TI Downloader через кабель RS-232 и микросхему-адаптер RS-232, подключенный к порту USART0.

Аналоговая и цифровая «земли» реализованы в MSC1211EVM в виде единой «земляной» шины, представляющей со-

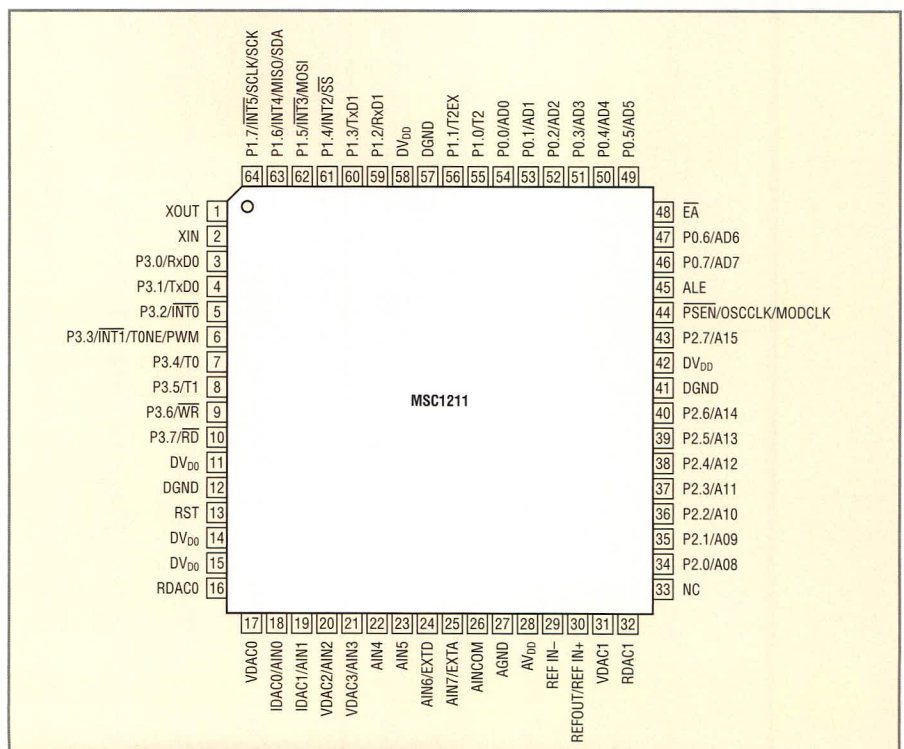


Рис. 15. Цоколёвка корпуса микросхемы MSC12xx

Таблица 9. Описание выводов MSC1211

Номер ножки	Название	Описание		
1	XOUT	Выход усилителя встроенного генератора, предназначенный для подключения параллельного кварцевого или керамического резонатора типа «абсолютное время» (АТ)		
2	XIN	Вход усилителя встроенного генератора, предназначенный для подключения параллельного кварцевого или керамического резонатора типа АТ. Также на этот вход можно подавать тактовый сигнал от внешнего источника		
3 – 10	P3.0 – P3.7	Линии двунаправленного порта ввода/вывода 3. Эти линии имеют альтернативные функции, которые описаны ниже		
		Линия порта	Альтернативная функция	Режим
		P3.0	RxD0	Вход последовательного порта 0
		P3.1	TxD0	Выход последовательного порта 0
		P3.2	INT0	Вход внешнего прерывания 0
		P3.3	INT1/TONE/PWM	Вход внешнего прерывания 1, выход генератора тонального сигнала/ШИМ
		P3.4	T0	Внешний вход таймера 0
		P3.5	T1	Внешний вход таймера 1
		P3.6	WR	Выход стробирования записи во внешнюю память данных
P3.7	RD	Выход стробирования чтения из внешней памяти данных		
11, 14, 15, 42, 58	DVdd	Входы подключения цифрового источника питания		
12, 41, 57	DGND	Входы подключения цифрового заземления		
13	RST	Вход сброса. Высокий уровень на этом входе, удерживаемый в течение двух тактовых циклов, вызовет сброс устройства		
16	RDAC0	Выход ЦАП RDAC0		
17	VDAC0	Выход ЦАП VDAC0		
27	AGND	Входы подключения аналогового заземления		
18	IDAC0/AIN0	Выход ЦАП IDAC0/Аналоговый вход канала 0		
19	IDAC1/AIN1	Выход ЦАП IDAC1/Аналоговый вход канала 1		
20	VDAC2/AIN2	Выход ЦАП VDAC2/Аналоговый вход канала 2		
21	VDAC3/AIN3	Выход ЦАП VDAC3/Аналоговый вход канала 3		
22	AIN4	Аналоговый вход канала 4		
23	AIN5	Аналоговый вход канала 5		
24	AIN6, EXTD	Аналоговый вход канала 6, вход детектора пониженного напряжения цифрового источника		
25	AIN7, EXTA	Аналоговый вход канала 7, вход детектора пониженного напряжения аналогового источника		
26	AINCOM	Аналоговый вход (может использоваться как общий провод для несимметричных аналоговых входов или как один из выходов в дифференциальной паре)		
28	AVdd	Входы подключения аналогового источника питания		
29	REFIN-	Вход подключения отрицательного полюса внешнего ИОН		
30	REFOUT/REFIN+	Вход подключения положительного полюса внешнего ИОН/Выход встроенного ИОН		
31	VDAC1	Выход ЦАП VDAC1		
32	RDAC1	Выход ЦАП RDAC1		
33	NC	Не используется		
34 – 40, 43	P2.0 – P2.7	Линии двунаправленного порта ввода/вывода 2. Эти линии имеют альтернативные функции, которые описаны ниже		
		Линия порта	Альтернативная функция	Режим
		P2.0	A8	Бит 8 адреса
		P2.1	A9	Бит 9 адреса
		P2.2	A10	Бит 10 адреса
		P2.3	A11	Бит 11 адреса
		P2.4	A12	Бит 12 адреса
		P2.5	A13	Бит 13 адреса
		P2.6	A14	Бит 14 адреса
P2.7	A15	Бит 15 адреса		
44	PSEN, OSCCLK, MODCLK	Выход разрешения памяти программ. Связывает устройство с дополнительной внешней памятью. Сигнал PSEN имеет активный низкий уровень. В режиме программирования линия PSEN является входом (как и линия ALE) и используется для определения, какой режим программирования (параллельный или последовательный) установлен. На вход PSEN следует подать высокий уровень для установки режима параллельного программирования и низкий – для режима последовательного программирования. В случае, если внешняя память программ не используется, линия PSEN может быть соединена внутри устройства с выходом генератора тактовых импульсов, генератора модулятора или установлена в высокое или низкое состояние		
		ALE	PSEN	Режим программирования, выбираемый в ходе сброса
		NC	NC	Нормальный режим
		0	NC	Параллельное программирование
		NC	0	Последовательное программирование
		0	0	Зарезервировано
45	ALE	Выход разрешения фиксации адреса. Используется для «зашелкивания» младшего байта адреса в цикле доступа к внешней памяти. Частота генерации периодического сигнала ALE постоянна, равна 1/4 частоты тактового генератора и может использоваться для тактирования или синхронизации внешних устройств. Один импульс сигнал ALE генерируется в каждом цикле доступа к внешней памяти данных. В режиме программирования линия ALE является входом (как и линия PSEN) и используется для определения, какой режим программирования (параллельный или последовательный) установлен. На вход ALE следует подать высокий уровень для установки режима последовательного программирования и низкий – для режима параллельного программирования		
48	EA	Вход разрешения внешнего доступа. На входе EA необходимо установить низкий уровень, чтобы разрешить устройству выполнение кода из внешней памяти программ с адреса 0000h		
46, 47, 49 – 54	P0.0 – P0.7	Линии двунаправленного порта ввода/вывода 0. Эти линии имеют альтернативные функции, которые описаны ниже		
		Линия порта	Альтернативная функция	Режим
		P0.0	AD0	Бит 0 адреса/данных
		P0.1	AD1	Бит 1 адреса/данных
		P0.2	AD2	Бит 2 адреса/данных
		P0.3	AD3	Бит 3 адреса/данных
		P0.4	AD4	Бит 4 адреса/данных
		P0.5	AD5	Бит 5 адреса/данных
		P0.6	AD6	Бит 6 адреса/данных
P0.7	AD7	Бит 7 адреса/данных		
55, 56, 59 – 64	P1.0 – P1.7	Линии двунаправленного порта ввода/вывода 1 (конфигурирование выводов порта производится с помощью PCH P1DDRL и P1DDRH). Эти линии имеют альтернативные функции, которые описаны ниже		
		Линия порта	Альтернативная функция	Режим
		P1.0	T2	Вход T2
		P1.1	T2EX	Внешний вход T2
		P1.2	RxD1	Вход последовательного порта
		P1.3	TxD1	Выход последовательного порта
		P1.4	INT2/SS	Вход внешнего прерывания 2, линия «выбор ведомого»
		P1.5	INT3/MOSI	Вход внешнего прерывания 3, линия MOSI SPI
		P1.6	INT4/MISO/SDA	Вход внешнего прерывания 4, линия MISO SPI, SDA I ² C
P1.7	INT5/SCK/SCLK	Вход внешнего прерывания 5, линия «последовательный синхросигнал»		

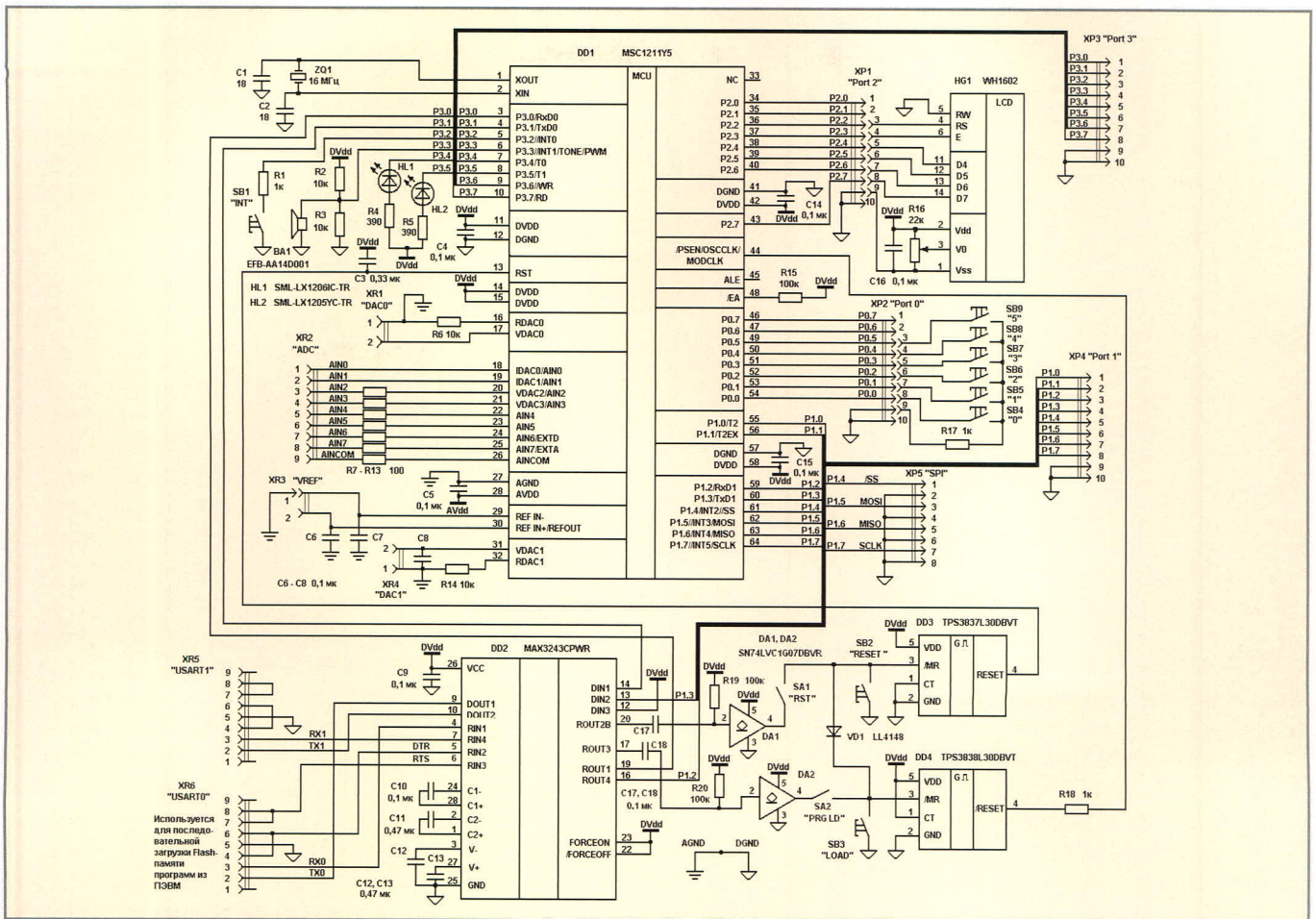


Рис. 16. Принципиальная схема отладочной платы с MSC12xx

бой слой фольги на стороне платы, свободной от компонентов. Упрощённая принципиальная схема отладочной платы MSC1211EVM (без источников питания) приведена на рис. 16. Принципиальная схема стабилизированных источников питания MSC1211EVM приведена на рис. 17. Элементы, реально установленные на плате, но не используемые встроенным программным обеспечением, которое будет описано ниже (например, внешнее ОЗУ с его регистрами, АЦП ADS8325, память 24LC256, а также большинство DIP-переключателей), на схеме рис. 16 не показаны. В то же время к компонентам, установленным на плате, могут быть подключены дополнительные внешние компоненты, не входящие в состав отладочного комплекта. Например, автор статьи подключил к разъёмам XP2 Port 0 и XP1 Port 2 схемы (рис. 16) линейку кнопок управления SB4 – SB9 и символьный жидкокристаллический индикатор со встроенным контроллером HG1 соответственно. Программные интерфейсы MSC12xx для этих устройств будут описаны ниже. Вывод REFIN – встроенного ИОН подключен к аналоговой «земле», таким образом,

опорное напряжение на АЦП MSC1211 подаётся относительно «земли». Тактирование MSC1211 осуществляется от внутреннего генератора устройства с внешним кварцевым резонатором ZQ1 на частоту 16 МГц.

Показанные на схеме на рис. 16 цепи DTR, RTS разъёма XR6 USART0 через микросхему-адаптер RS-232 DD2, конденсаторы C17, C18, буферные элементы DA1, DA2 и DIP-переключатели SA1, SA2 подключены ко входам микросхем-супервизоров сброса (TPS3837L30DBVT) и перехода в режим программирования

(TPS3838L30DBVT) соответственно. Выходы DA1 и DA2 подключены параллельно кнопкам SB2 RESET («Сброс») и SB3 LOAD («Загрузка»). Это даёт возможность производить сброс микроконтроллера и загрузку его встроенной Flash-памяти с помощью сигналов DTR и RTS COM-порта. При этом COM-порт должен быть подключён к отладочной плате компьютера (терминала). Для внутрисхемного программирования Flash-памяти с помощью программы-загрузчика TI Downloader, а также для работы порта USART0 в составе пользовательского приложения в этих цепях

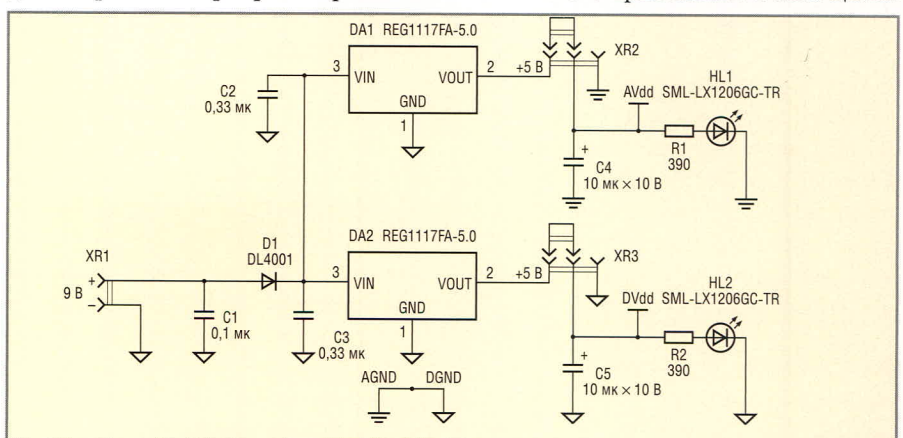


Рис. 17. Принципиальная схема источников питания отладочной платы

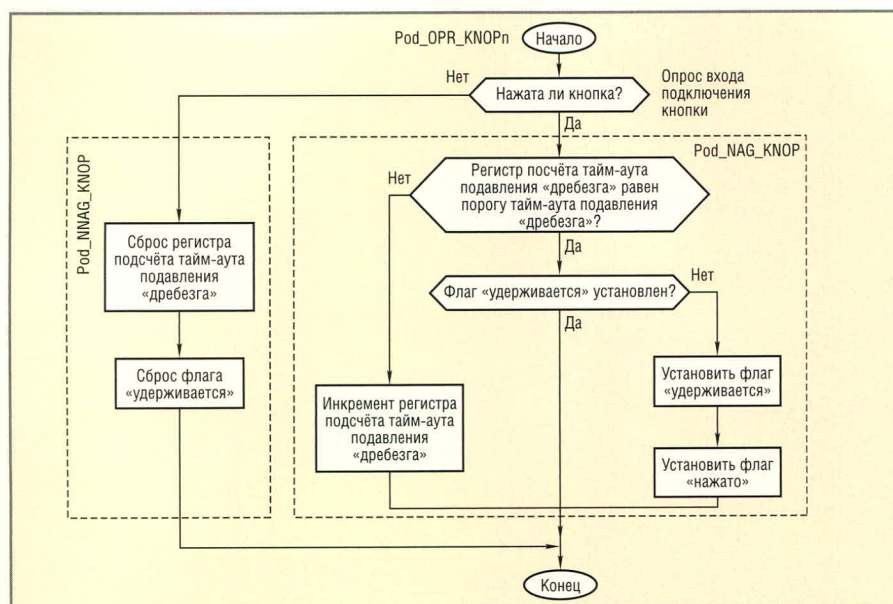


Рис. 18. Блок-схема алгоритма интерфейса опроса кнопки управления Pod_OPR_KNOPn

нет необходимости, и поэтому выключатели SA1, SA2 в указанных режимах могут быть разомкнуты.

Следует отметить, что многие примеры встроенных управляющих программ для MSC12xx, разработанные производителем, предусматривают в качестве интерфейса ввода/вывода использование компьютерной терминальной программы с условием постоянного подключения системы к компьютеру (терминалу) через встроенный порт USART. Ввод информации в систему производится с клавиатуры компьютера с контролем вводимых данных в передающем окне терминальной программы, а вывод – через приёмное окно терминальной программы. Указанный подход весьма удобен и значительно упрощает встроенное программное обеспечение MSC12xx, однако системы с таким пользовательским интерфейсом не являются автономными. Чтобы преодолеть этот недостаток, для MSC12xx был разработан и отлажен программный интерфейс ввода/вывода кнопок и ЖКИ [2]. Это позволило сделать систему на базе MSC12xx полностью автономной. Помимо программных модулей поддержки кнопок и ЖКИ в качестве подключаемых файлов также использован файл стандартных мнемоник Reg1211.inc, поставляемый в составе IDE RIDE, и файл дополнительных мнемоник P0_P2_A.inc, которые доступны на сайте журнала.

ИНТЕРФЕЙС КНОПОК УПРАВЛЕНИЯ

Предлагаемый интерфейс кнопок управления для MSC12xx обеспечива-

ет программное подавление «дребезга» механических контактов. Никаких дополнительных внешних элементов для этого не требуется. Блок-схема алгоритма интерфейса обслуживания одной кнопки приведена на рис. 18. Алгоритм реализован в подпрограмме, которая отслеживает моменты нажатия и отпускания опрашиваемой кнопки. При этом производится фильтрация импульсов «дребезга» механических контактов кнопки.

Для построения программного интерфейса одной кнопки разработчику необходимо выделить следующие ресурсы микроконтроллера целевой системы: один регистр общего назначения, служащий для подсчёта тайм-аута подавления «дребезга» кнопки, и два пользовательских флага (бита) общего назначения), служащие для индикации момента нажатия на кнопку (флаг «нажато») и длительности удержания кнопки (флаг «удерживается»). Кроме того, подпрограмма использует некоторую константу, задающую значение порога тайм-аута подавления «дребезга».

Для корректной работы кнопочного интерфейса при первоначальной инициализации флаги «нажато» и «удерживается» всех опрашиваемых кнопок должны быть сброшены. Как можно видеть из блок-схемы, при каждом вызове подпрограммы при условии, что опрашиваемая кнопка не нажата, регистр подсчёта тайм-аута и флаг «удерживается» будут сбрасываться, т.е., будет происходить постоянная установка цифрового программного фильтра «дребезга» в начальное состояние. Следует заме-

тить, что вызовы подпрограммы должны производиться циклически с частотой от нескольких десятков до нескольких сотен герц, например, по прерыванию от какого-нибудь таймера. Когда кнопка нажимается, содержимое регистра подсчёта тайм-аута начинает инкрементироваться при каждом вызове подпрограммы, причём устойчиво увеличиваться оно станет только после окончания «дребезга», когда регистр перестанет сбрасываться из-за пауз между импульсами «дребезга». Спустя некоторое время после окончания импульсов «дребезга» при циклических вызовах подпрограммы опроса наступит момент, когда содержимое регистра подсчёта тайм-аута станет равным константе значения порога тайм-аута и, следовательно, произойдет установка флагов «нажато» и «удерживается» опрашиваемой кнопки.

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

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

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

Исходные тексты подпрограмм, написанных на Ассемблере и реализующих описанный выше алгоритм обслуживания кнопок, содержатся в

файле knop.a51, который доступен на сайте журнала.

Далее этот файл будет указываться как подключаемый в исходных текстах пользовательских программ для MSC12xx. Предложенный программный код может использоваться с любым 8051-совместимым микроконтроллером.

В файле содержатся подпрограммы обслуживания шести кнопок, каждая из которых подключена к отдельной линии ввода/вывода общего назначения стандарта 8051. Эти линии в подпрограммах имеют имена `_IN_KNOP0` – `_IN_KNOP5`. Для оптимизации кода каждая ветвь управления в подпрограммах `Pod_OPR_KNOP0` – `Pod_OPR_KNOP5` реализована подпрограммами следующего уровня вложенности вызова, одинаковыми для всех кнопок:

- `Pod_NNAG_KNOP` – последовательность действий, производимых алгоритмом в случае не нажатой кнопки;
- `Pod_NAG_KNOP` – последовательность действий, производимых алгоритмом в случае нажатой кнопки.

При этом предполагается, что кнопки являются нормально разомкнутыми и включены между входами MSC12xx и общим проводом устройства, а линии подключения кнопок сконфигурированы в микроконтроллере как линии ввода/вывода стандарта 8051 (подтянуты к «плюсу» источника питания внутренними резисторами). Перед тем как вызвать подпрограмму обслуживания какой-либо кнопки, следует в основной программе косвенно адресовать регистр подсчёта тайм-аута этой кнопки с помощью указателя R1, а регистр, содержащий флаги «нажато» и «удерживается» этой кнопки, – с помощью указателя R0. Флаг «удерживается» – младший значащий бит (МЗБ) в регистре с флагами, флаг «нажато» – МЗБ+1 (этот регистр может и не иметь побитную адресацию). Константа значения порога тайм-аута «дребезга» в подпрограмме имеет имя `POROG_K`.

ИНТЕРФЕЙС ЖКИ

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

со встроенным контроллером управления, совместимым с контроллером HD44780 фирмы Hitachi. Они выпускаются несколькими производителями в различных исполнениях и модификациях. Эти индикаторы имеют малое энергопотребление, простой интерфейс (для взаимодействия с микроконтроллером им требуется от шести до одиннадцати линий, не считая питания и общей шины) и предоставляют очень широкие возможности в плане отображения информации.

В данном проекте использован индикатор WH1602 фирмы Winstar (2 строки, 16 символов в строке, русифицированный). Таблицу фонтов для этого и для других русифицированных ЖКИ можно найти в книге [4], а электрические параметры, временные диаграммы сигналов управления и набор команд – в [6]. Передача информации из микроконтроллера в HD44780-совместимый индикатор возможна по параллельной 8- или 4-проводной шине данных. В первом случае передача производится быстрее, но дополнительно занимают четыре линии ввода/вывода микроконтроллера. Логический уровень на входе ЖКИ, определяющий его режим (запись/чтение) RW (выв. 5 HG1), аппаратно установлен для режима записи (подключен к общей шине), как показано на рис. 16. По этой причине готовность ЖКИ к приёму данных микроконтроллер не проверяет, а вместо этого программно генерирует временные задержки, заведомо большие интервалов времени, необходимых ЖКИ на подготовку к приёму.

Исходные тексты набора подпрограмм, реализующих интерфейс обмена с ЖКИ по 4-проводной шине данных без опроса его состояния, содержатся в файле `lcd_del.a51`. Подпрограммы обслуживания HD44780-совместимого ЖКИ для MSC12xx доступны на сайте журнала.

Далее этот файл будет указываться как подключаемый в исходных текстах программ для MSC12xx. В файле содержатся следующие подпрограммы:

- подпрограмма начальной инициализации ЖКИ после сброса `Pod_INIT_LCD`;
- подпрограмма очистки экрана ЖКИ `Pod_CLEAR_LCD`;
- подпрограмма передачи в ЖКИ одной команды `Pod_PER_COM_LCD`;
- подпрограмма записи в ОЗУ ЖКИ одного байта данных (индикации

на экране ЖКИ одного символа) по произвольному адресу ОЗУ ЖКИ `Pod_PER_DAT_LCD`;

- подпрограмма записи в ОЗУ ЖКИ одного байта данных (индикации на экране ЖКИ одного символа) по текущему адресу ОЗУ ЖКИ `Pod_TEK_DAT_LCD`;
- вспомогательные подпрограммы следующего уровня вложенности.

Продолжение следует

ЛИТЕРАТУРА

1. www.ti.com.
2. Редькин П.П. Прецизионные системы сбора данных семейства MSC12xx Texas Instruments: архитектура, программирование, разработка приложений (+CD). М.: Додэка-XXI, 2006.
3. www.analog.com.
4. Фрунзе А.В. Микроконтроллеры? Это же просто! В 3-х т. М.: СКИМЕН, 2003.
5. MSC1211 Precision ADC with 8051 Microcontroller and Flash Memory Evaluation Module. SBAU086, 2003, Texas Instruments Incorporated (www.ti.com).
6. Жидкокристаллические индикаторы фирмы DATA International. Библиотека электронных компонентов. Вып. 8. М.: Додэка, 1999. ©



**МИЛАНДР – ЭТО НАДЕЖНОСТЬ,
ПРОВЕРЕННАЯ ВРЕМЕНЕМ**

Тел: (095) 730-54-40
Тел: (095) 490-64-96
E-mail: info@milandr.ru

- Поставка электронных компонентов
- Разработка и изготовление ИС
- Второй поставщик

Результаты испытаний радиационно-стойких DC/DC-преобразователей фирмы Interpoint воздействием ионизирующих излучений низкой и высокой интенсивности

Виктор Жданкин (Москва)

В статье рассматриваются методика и результаты испытаний DC/DC-преобразователей фирмы Interpoint воздействием ионизирующих излучений низкой и высокой интенсивности. Испытания проводились до значения накопленной дозы 20 крад (Si) при низких интенсивностях облучения и до 200 крад (Si) при высокой интенсивности ионизирующего облучения. Испытывались 15-ваттные DC/DC-преобразователи серии SMHF. Обсуждаются некоторые детали конструкции преобразователей, восприимчивость к ионизирующему облучению и характер изменения параметров в процессе облучения.

ВВЕДЕНИЕ

Одной из важнейших характеристик качества модулей DC/DC-преобразователей, предназначенных для применения в составе аппаратуры космических аппаратов (КА), является радиационная стойкость, которая во многом определяет вероятность безотказной работы соответствующих бортовых систем и, как следствие, длительность срока активного существования КА. Создание высокоэффективных надёжных структур радиационно-стойких изделий энергетической электроники является сложной задачей, требующей разработки методов и средств расчёта, моделирования и оптимизации схемотехнических решений, создания контрольно-измерительного и испытательного оборудования для эффективной отбраковки потенциально дефектных изделий электронной техники, а также разработки специальной аппаратуры для изучения последствий воздействия различных ионизирующих излучений.

В настоящее время эти задачи успешно решены фирмой Interpoint (www.interpoint.com). Она является подразделением корпорации CRANE Aerospace&Electronics (США). Фирма предлагает радиационно-стой-

кие DC/DC-преобразователи и помехоподавляющие фильтры для применения в бортовой аппаратуре КА, испытывающих комплексное воздействие ионизирующего излучения космического пространства, а также в информационно-измерительных системах контроля радиационной обстановки, в рентгеновских и ядерно-магнитно-резонансных томографах, в промышленных роботах и т.п. Подробно номенклатура радиационно-стойких изделий фирмы Interpoint представлена в статьях [1, 2].

Популярные интегрально-гибридные DC/DC-преобразователи серии MHF+ фирмы Interpoint [3] были первыми изделиями, отвечающими всем требованиям стандарта MIL-STD-883 к изделиям класса Н (стандартный уровень качества изделий для военных применений). Эти изделия в 1992 г. входили также в перечень изделий, создаваемых и поставляемых в соответствии с техническими требованиями к военным изделиям (Standard Military Drawing – SMD) под контролем Центра по снабжению Министерства обороны США в Колумбусе (DSCC, www.dsccl.dla.mil). Фирма Interpoint в 1997 г. стала сертифицированным предприятием – изготовителем электронных изделий

гибридной технологии класса К (изделия для бортовой аппаратуры КА).

Модули серии SMHF DC/DC-преобразователей являются устойчивыми к воздействию специальных факторов с особыми гарантиями на показатели качества после воздействия ионизирующих излучений. Технические параметры гарантируются при промежуточных значениях поглощённой дозы излучения в кремнии полупроводниковых компонентов и максимальном уровне поглощённой дозы 100 крад (здесь и далее 1 рад = 1 рад Si, т.е. поглощённая доза излучения, равная 100 эрг на 1 г облучённого кремния). Испытание компонентов DC/DC-преобразователей, восприимчивых к воздействию ионизирующих излучений, обеспечивает устойчивость преобразователей к комплексному воздействию ионизирующего излучения космического пространства. Пределы изменения параметров этих компонентов устанавливаются по результатам исследований преобразователей в целом. Периодический контроль изменения параметров всего изделия гарантирует точность результатов исследований. Модули серии SMHF были первыми DC/DC-преобразователями, полностью соответствующими требованиям стандарта MIL-PRF-38534C к интегрально-гибридным изделиям класса К. Это был результат сотрудничества фирмы Interpoint с Центром DSCC по разработке радиационно-стойких изделий.

DC/DC-преобразователи имеют в своём обозначении знаки O или R, обозначающие уровень суммарной поглощённой дозы излучения, при которой гарантируется нормальная работа устройства. Знак O обозначает уровень, при котором радиационная стой-

кость изделия не гарантируется, в составе такого изделия могут быть компоненты из непроверенных партий. Знак R сообщает, что изделия изготовлены из компонентов, подвергнутых радиационно-термической обработке и контролю на радиационную стойкость, и обозначает уровень, при котором гарантируются пострадиационные допуски на параметры изделия при значении общей накопленной дозы 100 крад.

Принципиальные электрические схемы DC/DC-преобразователи серий MHF+ и SMHF во многом схожи, однако имеются существенные различия. В конструкции преобразователей серии SMHF используется набор компонентов от поставщиков изделий класса K для космических применений, контролируемых специальными нормативными документами (Source Control Drawings – SCD). Число фирм – поставщиков изделий по нормам SMD, предназначенных для космических применений, весьма ограничено. Фирмы-поставщики используют тщательный отбор компонентов и устанавливают нормы на параметры для применения компонентов и включения их в Квалификационный перечень изготовителей (Qualified Manufacturers List – QML).

Типичными дополнительными процедурами отбраковочных исследований является растровая лазерная акустическая микроскопия (Scanning Laser Acoustic Microscopy – SLAM™) и контроль керамических конденсаторов большой ёмкости по MIL-C-123, испытание на лавинный пробой и проверка характеристик силовых диодов Шоттки, термоциклирование и отбор танталовых конденсаторов по пусковому току, растровая электронная микроскопия (Scanning Electron Microscopy) всех компонентов и т.п. Кроме того, перед использованием проводятся дополнительные испытания компонентов, критичных к радиационным нагрузкам.

ОПИСАНИЕ ПРЕДМЕТА ИСПЫТАНИЙ

DC/DC-преобразователи серии SMHF имеют выходные мощности от 12 до 15 Вт. Конструктивно изделия представляют собой герметизированный металлический сварной корпус с габаритами 28,7 × 37,08 × 8,38 мм и весом 30 г. Внешний вид модуля с крепёжным фланцем показан на рис. 1. Диапазон рабочих температур –55...125°C, диапазон входных напряжений

16...40 В постоянного тока с допустимыми импульсными напряжениями 50 В × 120 мс. Изделия выпускаются с одним и двумя каналами выходных напряжений в диапазоне 3,3...15 В.

В основе преобразователя – однотактная прямоходовая структура с рабочей частотой преобразования 550 кГц. Стабилизация выходного напряжения осуществляется методом широтно-импульсной модуляции (ШИМ) с постоянной рабочей частотой. Схемы управления и ШИМ-контроллера выполнены на дискретных компонентах. Все компоненты являются изделиями среднего уровня интеграции, они изготовлены по проверенным технологиям с многократными испытаниями. На рис. 2 приведена принципиальная схема одноканального DC/DC-преобразователя серии SMHF.

Переключение мощности осуществляется радиационно-стойким транзистором MOSFET. Передача энергии в нагрузку осуществляется через небольшой трансформатор, имеющий ферритовый магнитопровод. Трансформатор обеспечивает гальваническую развязку тракта передачи энергии в прямом направлении. Квазирезонансное схемное решение позволяет увеличить коэффициент заполнения импульсов ШИМ-контроллера более чем на 50%, одновременно ограничивая напряжение на стоке транзистора MOSFET менее чем на 50% от допустимого значения при входном напряжении 28 В. Это низкое значение напряжения сток-исток значительно уменьшает опасность одиночного сбоя транзистора MOSFET

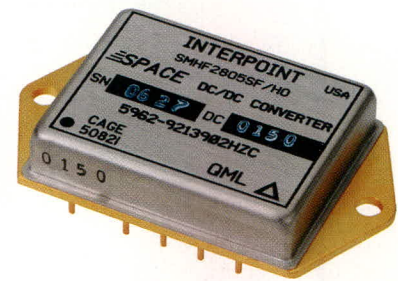


Рис. 1. Внешний вид микросхемы DC/DC-преобразователя серии SMHF (представлен вариант исполнения с крепёжным фланцем)

при воздействии частиц высоких энергий. Следующие изделия являются основными компонентами схемы управления ШИМ и цепи обратной связи:

- LM119 – компаратор (National Semiconductor),
- LM136 – источник опорного напряжения (National Semiconductor),
- MC34072 – операционный усилитель (Motorola),
- IRFH110 – радиационно-стойкий транзистор MOSFET (International Rectifier),
- OLQ156 – радиационно-стойкий оптоизолятор (Isolink),
- TCS4429 – предоконечный каскад для управления силовыми транзисторами (Microchip).

Два последних компонента (OLQ156 и TCS4429) отличаются от стандартного изделия класса H (MHF+) и от первоначального исполнения для космических применений (SMHF). Они модифицированы по результатам испытаний на чувствительность к воздействию протонов высоких энергий (63 МэВ) [4].

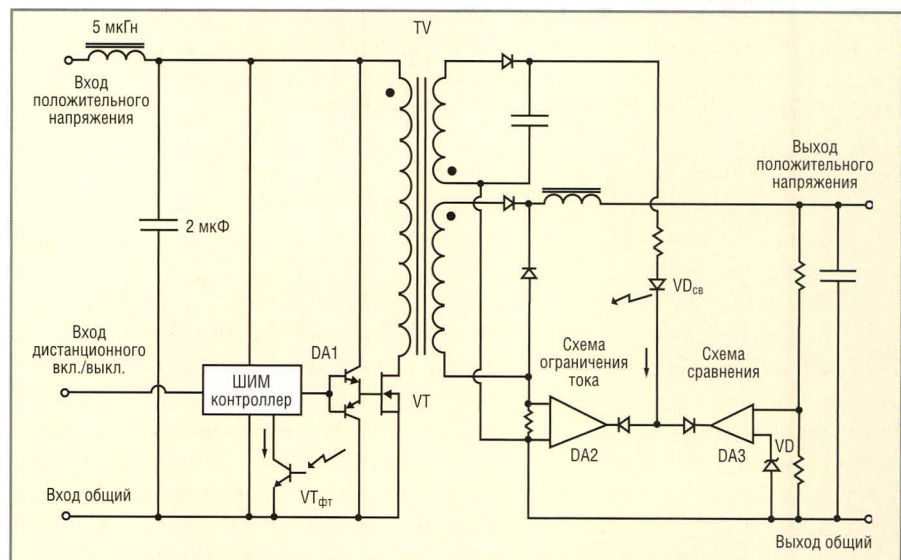


Рис. 2. Принципиальная схема одноканального DC/DC-преобразователя серии SMHF

DA1 – предоконечный каскад для управления силовым транзистором MOSFET; VT – транзистор MOSFET IRFH110; VT_{фт} – фототранзистор оптоизолятора OLQ156; VD_{св} – светодиод оптоизолятора OLQ156; DA2 – ОУ MC34072; DA3 – ОУ MC34072

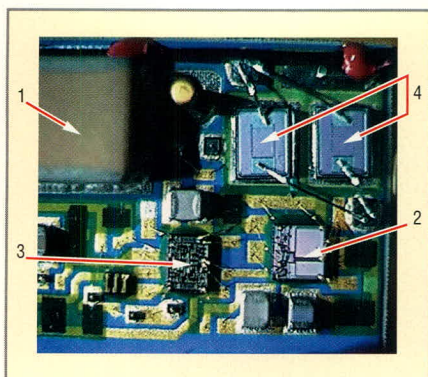


Рис. 3. Внутренние элементы DC/DC-преобразователя серии SMHF: показаны транзисторы MOSFET IRFH110 (1), каскад управления силовым транзистором MOSFET TCS4429 (2), компаратор LM119 (3) и входные керамические конденсаторы (4)

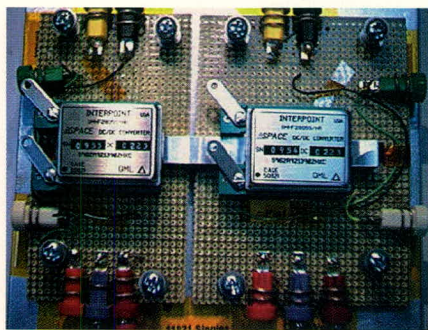


Рис. 4. Арматура, применяемая для контроля электрических параметров при облучении

Выходные цепи гальванически изолированы от входных цепей. Электрическая прочность изоляции составляет более 500 В постоянного напряжения. Выходное напряжение передаётся ШИМ-контроллеру через изолирующий барьер, выполненный на ИМС OLQ156. Это устройство представляет собой гибридную микросхему, разработанную специально для работы в условиях воздействия ионизирующих излучений космического пространства. Излучатель изготовлен без эпитаксии из жидкой фазы, а детектор выполнен по эпитаксиальной технологии. Обе структуры хорошо работают при воздействии квантового (γ -излучение) и корпускулярного (состоящего из протонов или нейтронов) ионизирующего излучения. Этот модуль соответствует требованиям нормативного документа SCD и испытан до значения поглощённой дозы 100 крад. Гарантируется функционирование устройства при облучении потоком частиц до 10^{12} протонов/см² с понижением коэффициента передачи тока не более чем на 50%. Это устройство в настоящее время является стандартным.

ПОДРОБНОСТИ РАДИАЦИОННЫХ ИСПЫТАНИЙ

Испытывались пять образцов одноканальных DC/DC-преобразователей модели SMHF2805S/HR из партии модулей, предназначенной для отгрузки. Все пять изделий имели маркировку SMD 5962R9213902HXC, означающую, что по электрическим параметрам и устойчивости к воздействию внешних факторов они соответствуют требованиям нормативов SMD.

Методология испытаний

Испытания по определению суммарной поглощённой дозы облучения выполнялись при воздействии на изделия облучения с двумя разными интенсивностями до двух уровней суммарной дозы. Изделия были разделены на три группы. Два модуля испытывались воздействием облучения низкой интенсивности (6 рад/мин) до общей поглощённой дозы 20 крад, два устройства испытывались при воздействии облучения мощностью 9 рад/с до уровня поглощённой дозы 200 крад и один модуль служил в качестве контрольного образца. Модули были подвергнуты воздействиям температур, после чего с модулей, подготовленных для облучения, были удалены крышки. На рис. 3 показаны внутренние части конструкции модуля SMHF.

Образцы с необходимой тестовой арматурой были отправлены в испытательный центр (ICS Radiation Technologies, штат Калифорния) летом 2002 г. в качестве излучателя использовалось γ -излучение радиоактивного изотопа ⁶⁰Co (энергия квантов 1,25 МэВ). Облучение проводилось в соответствии с требованиями стандарта MIL-STD-883E Method 1019.4.

Устройства во время облучения были подключены к питающей сети 28 В при номинальном значении выходного напряжения 5 В постоянного тока и нагрузке 12,5 Ом (20% от полной нагрузки). Большее значение тока нагрузки не использовалось, чтобы температура модулей при испытаниях сохранялась как можно ниже. Некоторые радиационные воздействия могут быть умеренными или вообще отсутствовать благодаря отжигу. Например, во время исследований TCS4426 влияние радиационного воздействия очень быстро отжигалось при температурах выше 65°C. Этот эффект был отмечен компаниями Interpoint и Лабораторией реактив-

ного движения (Jet Propulsion Laboratory – JPL) [4]. Арматура, применяемая во время облучения, а также для первичного, промежуточного и пострадиационного контроля параметров до и после отжига показана на рис. 4. Два модуля, находясь в вышеуказанном режиме питания и нагрузки, подвергались облучению одновременно.

Облучение высокоинтенсивным ионизирующим излучением

Исследование радиационной стойкости при воздействии большой мощности дозы облучения проводилось при интенсивности 9 рад/с на двух образцах во включённом состоянии. Эта величина интенсивности излучения значительно меньше значений, установленных стандартом MIL-STD-883, Method 1019.4 (50...300 рад/с). Но компания Interpoint выбрала это значение интенсивности излучения более 12 лет назад, и она считает величину 9 рад/с наиболее подходящей для выявления проблемы.

У двух испытываемых образцов были подвергнуты проверке первичные электрические параметры и параметры после накопления дозы 10 крад. Проверка электрических параметров производилась каждый раз после накопления дозы 25 крад. Окончательная проверка была проведена после достижения поглощённой дозы 200 крад с последующим контролем параметров после 24-часовой выдержки модулей при 25°C. Модули были подвергнуты вторичному высокотемпературному отжигу в течение 168 ч при температуре 100°C и заключительному исследованию электрических параметров. В отечественной практике метод облучения с последующей термообработкой получил название «радиационно-термическая обработка» и применяется в процессе производства КМОП ИС для повышения процента выхода годных изделий на пластине кремния за счёт отбраковки чипов с макродефектами в оксидных плёнках [5].

Первоначальные, промежуточные и завершающие испытания проводились в трёх режимах: холостой ход, 20% от полной нагрузки и при полной нагрузке. При каждом значении нагрузки регистрировались значения входного тока и выходного напряжения. В табл. 1 приведены условия испытаний и зарегистрированные данные для одного из образцов.

Облучение низкоинтенсивным ионизирующим излучением

Исследование радиационной стойкости при воздействии низкой мощности дозы проводилось при интенсивности излучения 6 рад/с на двух образцах во включённом состоянии. Это значение интенсивности было наименьшим практическим режимом для испытательной установки.

Испытания облучением низкой интенсивности проводятся для определения эффекта восприимчивости к длительному воздействию низкой мощности дозы (Enhanced Low Dose Radiation Susceptibility – ELDRS). Методика испытаний по обнаружению восприимчивости к длительному воздействию низкоинтенсивного излучения введена в военный стандарт США MIL-STD-883F в 2004 г. (раздел Method 1019.6) для испытаний биполярных и BiCMOS линейных схем или схем смешанных сигналов с установленными мощностями дозы облучения при интенсивности менее 50 рад/с. Многие биполярные линейные элементы проявляют восприимчивость к длительному воздействию облучения с низкой интенсивностью, которую невозможно выявить при интенсивностях излучения 50...300 рад/с с дополнительным отжигом при повышенной температуре (например, как для МОП-компонентов). Компоненты, в которых проявляется эффект ELDRS, должны быть испытаны или при заданной интенсивности излучения до предельной накопленной дозы, или при низкоинтенсивном облучении при повышенной температуре, которое включает параметр допустимой ошибки коэффициента запаса.

Эффект восприимчивости к длительному воздействию низкоинтенсивного γ -излучения (^{60}Co) может быть обнаружен во многих ИМС. К примеру, этот эффект был определён для ИМС LM119, которая применяется в конструкции преобразователей серии SMHF. Низкоинтенсивное радиационное облучение может также увеличить накопленную дозу, что вызывает некоторые радиационные явления. Это может иметь место при очень низких мощностях дозы радиационного облучения, когда интенсивность облучения приближается к величине интенсивности релаксации дозы в процессе отжига. Такой эффект был обнаружен во время исследований отказа ИМС TCS4426 при поглощённой

дозе на установке Лаборатории реактивного движения (Jet Propulsion Laboratory, Pasadena, California).

После первичного измерения электрических параметров два модуля SMHF были подвергнуты облучению низкоинтенсивным ионизирующим излучением до достижения суммарной дозы 2,5 крад с последующим измерением электрических параметров. Облучение продолжалось до достижения поглощённой дозы 20 крад с измерением электрических параметров после каждого приращения суммарной поглощённой дозы на 2,5 крад. После контроля электрических параметров и выдержки модулей в течение 24 ч при температуре 25°C снова измерялись электрические параметры и проводился отжиг при температуре 100°C в течение 168 ч с завершающим измерением электрических параметров. Результаты испытаний одного из образцов представлены в табл. 2.

АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ИСПЫТАНИЙ

Сравнение с допусками нормативных документов

Пострадиационные допуски для модуля SMHF2805S/HR после достижения суммарной поглощённой дозы 100 крад перечислены в технических условиях SMD для этого модуля. В табл. 3 приведены допуски на параметры SMD и зарегистрированные в процессе испытаний параметры для суммарной поглощённой дозы 100 крад.

Два допуска в табл. 3 отмечены как вычисленные значения. Выходное напряжение для режима холостого хода конкретно не указано в SMD. Однако указаны значения выходного напряжения при полной нагрузке и коэффициент нестабильности по напряжению при изменении тока нагрузки от значения в режиме холостого хода до значения при полной нагрузке. Процедура вычисления вклю-

Таблица 1. Результаты испытаний при воздействии высокоинтенсивного ионизирующего излучения (образец SN 0945)

Поглощённая доза, крад	Входной ток, мА, режим холостого хода	Выходное напряжение, В, режим холостого хода	Входной ток, мА, полная нагрузка	Выходное напряжение, В, полная нагрузка
0	28	5	559	4,95
10	25,1	4,99	561	4,94
25	25,1	4,99	565	4,94
50	25,2	4,99	566	4,94
75	25,1	4,99	565	4,94
100	25	4,99	565	4,94
125	25,1	4,99	565	4,94
150	25,1	4,99	566	4,94
200	25,1	4,99	564	4,94
Отжиг в течение 24 ч при температуре 25°C	26,6	4,99	565	4,94
Отжиг в течение 168 ч при температуре 100°C	23,9	4,99	560	4,94

Таблица 2. Результаты испытаний при воздействии низкоинтенсивного ионизирующего излучения (образец SN 0945)

Поглощённая доза, крад	Входной ток, мА, режим холостого хода	Выходное напряжение, В, режим холостого хода	Входной ток, мА, полная нагрузка	Выходное напряжение, В, полная нагрузка
0	24,3	5	552	4,89
2,5	23,2	5	545	4,94
5	22,9	5	545	4,94
7,5	23,2	5	541	4,94
10	23,2	5	543	4,94
12,5	22,4	4,99	544	4,94
15	22,9	5	544	4,94
17,5	22,3	4,99	545	4,95
20	22,8	5	546	4,94
Отжиг в течение 24 ч при температуре 25°C	22,6	5	543	4,94
Отжиг в течение 168 ч при температуре 100°C	32,7	4,99	593	4,94

чает в себя вычитание значения неустойчивости по напряжению 100 мВ из предельного значения выходного напряжения в режиме полной нагрузки. Значение входного тока при полной нагрузке не указано в SMD, однако указано значение КПД преобразователя при полной нагрузке и входном напряжении 28 В. Максимальное значение входного тока вычисляется делением выходной мощности при полной нагрузке на минимальное значение КПД и делением на значение входного напряжения.

Сравнение данных в табл. 3 показывает, что испытанные образцы соответствуют требованиям SMD после воздействия ионизирующего излучения. Однако некоторые тенденции в результатах испытаний требуют дополнительного анализа и обсуждения.

Изменение входного тока при полной нагрузке

В процессе испытаний образцов наблюдалось внезапное уменьшение значения входного тока при полной нагрузке и суммарной дозе, превышающей 75 крад. Минимальное значение входного тока наблюдалось при суммарной дозе 150 крад.

Для объяснения явления снижения тока необходимо рассмотреть процесс преобразования энергии в DC/DC-преобразователе на основе высокочастотного регулируемого преобразования. Преобразователь является устройством с малой потребляемой мощностью. Выходная мощность связана с общей входной мощностью относительно постоянным значением КПД. Снижение стабилизированного выходного напряжения при резистивной нагрузке изменяет выходную мощность пропорционально квадрату изменения напряжения. С изменением выходной мощности одновременно изменится входная мощность. Если же входное напряжение является неизменным, то входной ток должен уменьшиться пропорционально изме-

нению выходного напряжения. Таким образом, снижение входного тока является результатом снижения выходного напряжения. Выходные напряжения двух образцов снизились примерно до 90 и 95% от первоначального значения. Эти данные достаточны для расчёта изменения входного тока.

Изменение выходного напряжения при полной нагрузке

У двух образцов наблюдалось снижение выходного напряжения, начиная примерно от значения суммарной дозы облучения 75 крад и продолжающееся до значения 150 крад. Было отмечено, что выходное напряжение не изменяется более чем на 10 мВ от первоначального значения. При достижении суммарной дозы облучения 200 крад и после отжига выходное напряжение может измениться и на другую величину. Эти последние точки данных в режиме холостого хода и в режиме 20% от полной нагрузки являются важными, т.к. они указывают на элементы преобразователя, не являющиеся причиной падения выходного напряжения. Например, вспомогательный источник опорного напряжения (LM136) и усилитель (МС34072) при небольших токах нагрузки являются стабильными даже при очень высокой суммарной дозе облучения.

Данные также показывают, что ограничение коэффициента заполнения импульсов или проблемы ШИМ-контроллера не вызывают падение выходного напряжения. Коэффициент заполнения импульсов при 20%-нагрузке и 100%-нагрузке одинаков. При 20%-нагрузке преобразователь работает с постоянным током в выходном дросселе. В режиме неразрывного тока коэффициент заполнения импульсов преобразователя является функцией входного напряжения и изменяется противоположно изменению этого напряжения. Но коэффициент заполнения импульсов не изменяется широко

при дополнительном увеличении нагрузки. Незначительное изменение коэффициента заполнения импульсов на несколько процентов произойдёт из-за увеличения потерь при более высоких нагрузках, но это небольшое изменение недостаточно для объяснения падения напряжения.

Изменение тока в пределах допуска учитывается при регистрации изменения выходного напряжения. В схеме модуля SMHF применяется контур обратной связи с двумя ОУ. Выходы усилителя контура регулирования по напряжению и усилителя контура регулирования по току объединены по схеме ИЛИ. Выходное напряжение преобразователя SMHF остаётся постоянным вплоть до достижения предельно-допустимого значения тока нагрузки, а затем выход переходит в режим генератора постоянного тока. Номинальное значение предельного тока нагрузки установлено на 15% выше значения полного тока нагрузки.

По истечении нескольких недель после окончания радиационных испытаний у всех пяти образцов были измерены электрические параметры. Результаты измерений были таковы, как будто за истекшее время произошёл отжиг изделий. Во время испытаний модули функционировали при полной нагрузке и номинальном выходном напряжении. Однако предельный ток у образцов, получивших более высокие дозы облучения, мало отличался от тока других образцов и номинального значения полного тока нагрузки (2,5 А). У контрольного образца, который не подвергался воздействию радиации, предельный ток составил 2,88 А. У преобразователей, испытанных до поглощённой дозы 20 крад при низкоинтенсивном ионизирующем излучении, ток составил 2,8 А у одного образца и 2,73 А – у другого. У преобразователей, испытанных до поглощённой дозы 200 крад при высокоинтенсивном ионизирующем излучении, предельный ток был близок к номинальному значению (2,5 и 2,58 А). Эти данные подтверждают, что после радиоактивного облучения предельный ток нагрузки понижается вследствие понижения выходного напряжения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Испытанные образцы DC/DC-преобразователей по всем параметрам соответствуют требованиям нормативов SMD для поглощённой дозы

Таблица 3. Сравнение допусков нормативного документа SMD на изделия SMHF с результатами испытаний для поглощённой дозы 100 крад

Контролируемые параметры	Допуск SMD	Значение параметра/поглощённая доза	Комментарии
Входной ток, режим холостого хода, мА	<100	28,3/0	Образец SN0947
Выходное напряжение, режим холостого хода, В	4,8...5,2*	5,02/100	Образец SN0947
Входной ток, полная нагрузка, мА	<654*	571/10	Образец SN0947
Выходное напряжение, полная нагрузка, В	4,7...5,2 В	4,72/100	Образец SN0952

*Вычисленный предел.

100 крад при интенсивности ионизирующего излучения 9 рад/с. Испытания до поглощённой дозы 20 крад при низкой интенсивности ионизирующего излучения 6 рад/мин не выявили каких-либо эффектов ELDERS. Электрические параметры при высокой и низкой интенсивности ионизирующего излучения при одинаковой поглощённой дозе изменяются идентично.

Результаты испытаний этих преобразователей при более высокой поглощённой дозе (200 крад) позволяют увеличить допустимую норму суммарной поглощённой дозы для преобразователей серии SMHF или могут быть использованы для увеличения запаса по электрическим параметрам при установленной максимальной дозе 100 крад. Кроме того, было рекомендовано в производственном процессе увеличить норму предельного тока нагрузки, превышающую номинальное значение тока нагрузки на 25%. Это изменение позволит устранить падение выходного напряжения при поглощённой дозе вплоть до 200 крад.

Характеристики радиационной стойкости DC/DC-преобразователей фирмы Interpoint позволяют приме-

нять эти изделия в бортовой аппаратуре КА:

- с длительным сроком активного существования в условиях воздействия протонов с высокими энергиями,
- системы дистанционного зондирования Земли,
- на низких круговых орбитах (Low Earth Orbit),
- на средних круговых орбитах (Medium Earth Orbit),
- на орбитах с точками LaGrange L1, L2 и др.

Успешный опыт применения DC/DC-преобразователей фирмы Interpoint в таких проектах, как Hubble Space Telescope, X-ray Timing Explorer, недавнем успешном проекте Mars Reconnaissance Orbiter, а также в некоторых российских космических программах, подтверждают высокую надёжность этих изделий.

Подробная информация по оценке устойчивости интегрально-гибридных DC/DC-преобразователей к воздействию ионизирующих излучений космического пространства, характеристика эффектов, вызванных поглощённой дозой, и эффектов одно-

чных сбоев, некоторые рекомендации для разработчиков аппаратуры КА представлены в статье [6].

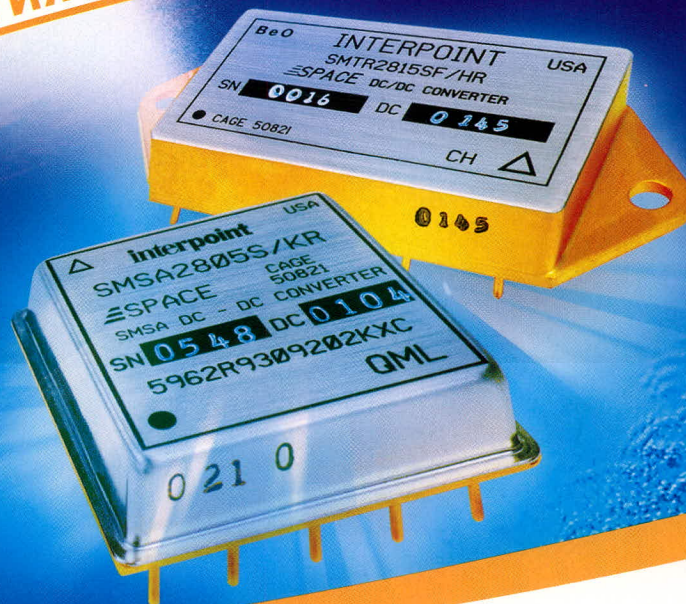
ЛИТЕРАТУРА

1. *Жданкин В.К.* Радиационно-стойкие изделия силовой электроники фирмы Interpoint. Современная электроника. 2004. № 2.
2. *Жданкин В.К.* Новые изделия фирмы Interpoint: DC/DC-преобразователи военного и специального назначения. Современная электроника. 2005. № 6.
3. *Жданкин В.К.* Вторичные источники электропитания фирмы Interpoint. Современные технологии автоматизации. 1997. № 4.
4. *Johnston Allan H., Swift Gary M.* Radiation Test Results for Interpoint Power Converters. Jet Propulsion Laboratory. 2001. August 23.
5. *Понов В.Д.* Пострадиационный эффект в ИС. Неразрушающий контроль качества ИС. Электроника: НТБ. 2002. № 4.
6. *Жданкин В.К.* Устойчивость гибридных DC/DC-преобразователей к воздействию ионизирующих излучений космического пространства. Современные технологии автоматизации. 2005. № 3.



Энергия космоса!

**Радиационно-стойкие
DC/DC-преобразователи
Interpoint**



PROSOFT®

МОСКВА (495) 234-0636, 234-0640 • info@prosoft.ru • www.prosoft.ru
С.-ПЕТЕРБУРГ (812) 448-0444, 448-0339 • info@spb.prosoft.ru • www.prosoft.ru
ЕКАТЕРИНБУРГ (343) 376-2820/376-2830 • info@prosoftsystems.ru • www.prosoftsystems.ru
САМАРА (846) 277-9165; 277-9166 • info@prosoft.samara.ru

- Многообразие вариантов конструктивного исполнения
- Рабочий диапазон температур от -55 до +125°C
- Высокая радиационная стойкость до 500 крад
- Удельная мощность свыше 5000 Вт/дм³
- Выходная мощность от 1,5 до 100 Вт
- Входные напряжения: 16...40 В и 160...400 В постоянного тока
- Выходные напряжения: 2,2; 3,3; 5; 12; 15; ±5; ±12; ±15; +5/±12; +5/±15; 28 В
- Выходной контроль по MIL-STD-883 и MIL-PRF-38534

Оптимизированные твердотельные накопители компании SimpleTech для военных задач особой важности

Андрей Лебедев (Ленинградская обл.)

Требования к устройствам хранения информации со стороны военной промышленности являются одними из самых жёстких. Среди них – работоспособность в экстремальных условиях в течение длительного времени. Обыкновенные жёсткие накопители зачастую не гарантируют необходимый уровень надёжности, – говорит автор.

Характеристики жёстких дисков

Жёсткие диски HDD (Hard Disk Drive) подвержены механическим повреждениям и относительно ненадёжны, так как состоят из вращающихся пластин и движущейся головки. Жёсткие накопители не гарантируют такой уровень безопасности данных, как полупроводниковые накопители. Вдобавок, форматирование HDD – длительный процесс.

Оптимизированные твердотельные накопители SSD (Solid State Drive)

Твердотельные накопители компании SimpleTech, построенные на основе NAND-Flash, – альтернатива традиционным накопителям HDD. Накопители SSD более надёжны в экстремальных условиях, требуют меньше энергии, чем HDD, поддерживают передовые технологии обеспечения безопасности, отвечающие самым строгим военным стандартам. Толщина SSD-дисков составляет 9,5 мм.

Безопасность накопителей SSD

Безопасность содержимого подразумевает, прежде всего, защиту от рассекречивания данных накопителем в течение нескольких часов или защиту от полного разрушения устройства в течение критических секунд. Уровень безопасности содержимого SSD SimpleTech удовлетворяет потребностям Министерства обороны, Агентства национальной бе-

зопасности, ВВС, армии и флота США.

Экстремальные условия среды

Твердотельные накопители для военных задач особой важности продолжают работать в следующих экстремальных условиях:

- большая высота,
- тряска,
- повышенная влажность,
- экстремальные температуры,
- песок и пыль,
- вибрации.

Накопители SSD SimpleTech удовлетворяют требованиям военной промышленности и соответствуют военным стандартам MIL-STD-810F.

Примеры использования SSD

«Чёрный ящик» в авиации

«Чёрный ящик» содержит полупроводниковые накопители, на которые записывается вся информация о полёте и все переговоры.

Система обработки изображений

Системы обработки изображений устанавливаются на спутниках с системами слежения и используются для распознавания целей. Огромное количество информации поступает от множества датчиков и записывается на SSD.

Системы навигации

Системы навигации тоже имеют SSD-накопители и объединяют в себе функции GPS и INS, благодаря которым дают чёткую информацию о местоположении, скорости движения, высоте и др.

Использование в полевых условиях

Твердотельные накопители SimpleTech также подходят для использования в компьютерах переносных устройств, ноутбуках, терминалах транспортных средств, планшетных компьютерах и устройствах, вмонтированных в одежду. Такие ультратонкие компьютеры имеют устройство хранения данных, процессор, память, наружный дисплей, сетевой или беспроводной интерфейс, источник питания и прочный корпус.

В этих случаях диск SSD является отличной заменой жёсткому диску HDD. Изоляция и гашение колебаний не требуются, так как SSD не содержит подвижной механики. Используются стандартные интерфейсы IDE или ATA. Пропускная способность достаточна в большинстве случаев.

Примеры «полевых» PC со встроенной GPS

Этот вариант компьютера представляет собой комбинацию ноутбук-tablet PC и имеет встроенный модуль GPS. Операционная система – Windows XP, процессор фирмы Intel, устройство хранения информации – 40 Гб SSD. Полупроводниковый накопитель потребляет на 30% меньше энергии, чем обычный винчестер, что позволяет дольше работать в полевых условиях. Компьютер хранит секретную информацию (карты, направления) в специально отведённом разделе SSD. Этот секретный раздел может очищаться между заданиями, подготавливая систему к следующему заданию.

PC, крепящийся к ноге

Это очень лёгкий и маленький персональный компьютер, который используется солдатами и пилотами в кабинах. Он оснащён 8-гигабайтным диском SSD, хранящим базу маршрутов и важных точек (GPS), и выдержи-

вает перегрузки при приземлении с парашютом.

PC на транспортном средстве

Этот вариант компьютера отличается повышенной прочностью. Он устанавливается на транспортных средствах. В составе компьютера – процессор Intel, память SDRAM 1 Гб и диск SSD 20 Гб. Эта система должна выдерживать следующие условия эксплуатации:

- температуру от -40 до $+70^{\circ}\text{C}$,
- тепловой перепад от -20 до $+50^{\circ}\text{C}$ в два 10-минутных интервала,
- воздействие соляного тумана в течение 48 ч,
- вибрацию общих частей гусеничных и колёсных машин,
- действие ветра с песком и пылью со скоростью 32,18 км/ч в течение 30 мин.

Амортизированные жёсткие диски HDD с повышенной прочностью не отвечают данным требованиям в полной мере, тогда как твердотельные накопители SSD идеально подходят в рассмотренных примерах.

Доля рынка SSD

Растущий спрос на устройства хранения данных в реальном времени на системы управления и анализа в военных задачах способствует продвижению и развитию технологии твердотельных дисков. Полупроводниковые накопители сегодня являются наиболее совершенными устройствами хранения данных с широким диапазоном рабочих условий окружающей среды, лучшими пока-

зателями надёжности, компактными размерами, низким энергопотреблением, наибольшей пропускной способностью и возможностью защиты содержимого.

Стоимость SSD-накопителей снижается. Например, цены на компоненты NAND-Flash каждый год уменьшаются на 30%. Это происходит частично из-за повышенного спроса на рынке вооружения. В свою очередь, потребности рынка вооружения в уникальных решениях способствуют скорейшему развитию и использованию новых технологий.

Накопители SimpleTech Zeus

Накопитель SimpleTech Zeus имеет следующие характеристики:

- тонкий и прочный корпус;
- ёмкость до 128 Гб;
- интерфейсы ATA/IDE, SATA, USB;
- пропускная способность до 66 Мб/с;
- форм-фактор на заказ;
- стандартный форм-фактор (2,5 и 3,5 дюйма).

Накопитель Zeus SSD был разработан и протестирован в соответствии со множеством военных стандартов. К примеру, он был протестирован по стандарту MIL-STD-810F с положительными результатами. Накопитель работает при высоких и низких температурах, под воздействием песка и пыли, выдерживает тепловой удар, ускорение, вибрацию, взрывоопасную атмосферу и повышенную влажность.

Диск имеет множество дополнительных возможностей по защите

ГАММА

НАДЕЖНЫЙ ПОСТАВЩИК КАЧЕСТВЕННЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ КОМПОНЕНТОВ

15 лет

Москва т./ф.: (495) 913-81-20
info@icgamma.ru, www.icgamma.ru

данных (BasicPurge™, Rapid-Purge™, MilPurge™, Intelligent Destructive Purge™).

В данный момент накопитель Zeus SSD используется ещё и в авиакосмической промышленности, и спектр его применения непрерывно расширяется.

РЕЗЮМЕ

Доля рынка SSD-накопителей в военной промышленности постоянно растёт, и через некоторое время, по видимому, твердотельные накопители станут стандартом де-факто на рынке вооружения. ©

Новости мира News of the World Новости мира

RFID-данные по Ethernet и TCP/IP – в корпоративную сеть

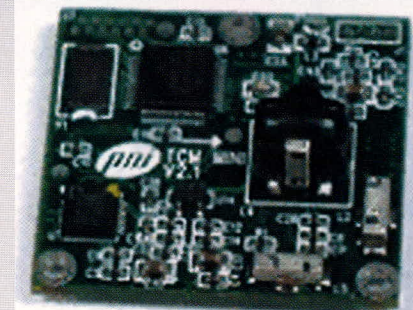
Устройство IGW/800-RFID фирмы SSV является комбинацией программируемого сервера и RFID-приёмника и способно передавать RFID-данные в корпоративные сети. RFID-считыватель получает

данные с транспондера 125 кГц на расстоянии до 30 см. Через Ethernet-интерфейс на базе TCP/IP прибор может быть включен в существующую ИТ-инфраструктуру. Встроенная ОС Linux в IGW/800 поддерживает различные форматы данных и ERP-интерфейсы.

www.ssv-comm.de

Трёхосевой компасный модуль

Трёхосевой компасный модуль TCM5L фирмы PNI имеет разрешение $0,1^{\circ}$ и точность измерения $0,3^{\circ}$. Модуль содержит также датчик крена, измеряющий наклон компасного модуля к горизонтальной плоскости. Результаты измерений выдаются через последовательный интерфейс RS-



232. При напряжении питания от 3,6 до 5 В ток, потребляемый модулем, не превышает 20 мА. В режиме ожидания ток потребления сокращается до 0,6 мА. Компасный модуль весом 12 г имеет размер $3,5 \times 4,3 \times 1,3$ см и диапазон рабочих температур $-40...85^{\circ}\text{C}$.

www.pnicorp.com



Однокристалльные трансиверы Nordic Semiconductor – новые стандарты беспроводной связи

Андрей Архипов (Москва)

Однокристалльные трансиверы (приёмопередатчики), работающие в радиодиапазоне общего пользования (ISM), уже получили достаточно большое распространение. Такие трансиверы можно встретить как в бытовых устройствах (беспроводные мыши, управление гаражными воротами, спортивные приложения и т.п.), так и в промышленной сфере (беспроводные датчиковые сети, дистанционный мониторинг и управление). В данной статье пойдёт речь о беспроводных решениях на базе новых однокристалльных трансиверов Nordic Semiconductor. Это отличная альтернатива традиционным беспроводным решениям, — считает автор.

ЗАДАЧА ОРГАНИЗАЦИИ БЕСПРОВОДНЫХ СЕТЕЙ

Сейчас можно встретить достаточно много производителей компонентов для построения систем беспроводной связи. Наиболее распространёнными и перспективными являются т.н. однокристалльные трансиверы: объединение всех необходимых узлов приёмопередатчика в одном кор-

пусе микросхемы. Немаловажным фактором в выборе подобного трансивера является наличие аппаратного протокола передачи данных. Он в свою очередь выбирается с учётом исходной задачи передачи данных для конкретного устройства. Прежде всего, используемый протокол определяет поддержку тех или иных типов беспроводных сетей (рис. 1).

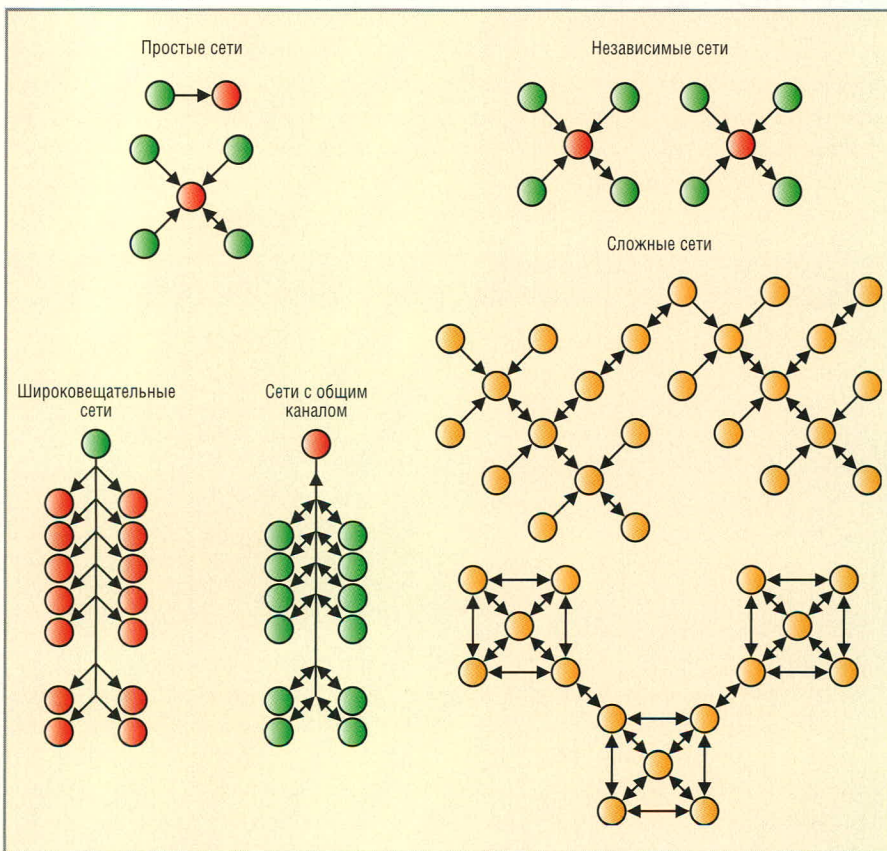


Рис. 1. Типы беспроводных сетей

Как правило, современные однокристалльные трансиверы делятся на две группы: трансиверы, поддерживающие простые сети («точка-точка», «звезда», сети с общим каналом и широковещательные сети) и более совершенные решения, поддерживающие сети сложного типа. В сетях сложного типа каждый узел может маршрутизировать пакеты данных от другого узла (динамическая маршрутизация данных), также обеспечивается динамическая переконфигурация сети (что очень важно при выходе из строя одного или нескольких узлов сети или при частом добавлении/удалении входящих в сеть устройств). Ещё одним отличительным признаком сложной сети является наличие в ней более одного хоста – активного узла сети, инициирующего обмен данными с другими узлами сети. Для реализации сетей простого типа производители трансиверов нередко изобретают собственные протоколы, поскольку это достаточно просто. Разработка протокола для реализации сложных сетей – дело непростое, поэтому протоколы передачи данных для подобных типов сетей зачастую разрабатываются отдельными компаниями. Для примера можно привести такие протоколы, как WLAN (802.11b), ZigBee, ANT.

МИКРОСХЕМА nRF24AP1 – ОДНОКРИСТАЛЛЬНЫЙ ТРАНСИВЕР С ИНТЕГРИРОВАННЫМ ПРОТОКОЛОМ ANT

Это сравнительно новая разработка компании Nordic Semiconductor. Принципиальной особенностью этого трансивера является наличие полностью интегрированного протокола передачи данных, не требующего никаких внешних ресурсов. Этот протокол передачи данных, называемый ANT, был разработан компанией Dynastream Innovations. Он вполне способен конкурировать с такими

популярными интерфейсами, как ZigBee и Bluetooth (табл. 1), работающими по протоколу 802.15.

В первую очередь данный протокол разработан для компактных устройств с автономным питанием (трансиверы, использующие этот протокол, отличаются исключительно малым током потребления) для передачи относительно малых пакетов данных. Протокол позволяет организовывать открытые и частные типы беспроводных сетей, в том числе сложного типа с динамической конфигурацией; он создан на основе технологии PAN (Personal Area Network) и поддерживает слои 1 – 4 стека OSI (Open Systems Interconnection network model). Типичное применение такого протокола – беспроводные датчики.

Несущая частота протокола ANT – 2,4 ГГц, количество частотных каналов при этом равно 125 (шаг 1 МГц в диапазоне 2400...2524 МГц). Скорость передачи данных по радиоканалу (включая протокол) может составлять до 1 Мбит/с.

В однокристалльный трансивер nRF24AP1 интегрирован полностью аппаратно реализованный протокол ANT, синтезатор частоты, усилитель мощности, модулятор и кварцевый генератор для цифрового интерфейса (рис. 2). Трансивер имеет цифровой последовательный интерфейс, имеющий возможность работать в синхронном и асинхронном режиме для подключения к управляющему микроконтроллеру.

Микросхема nRF24AP1 разработана для питания от часового дискового аккумулятора (например, CR2032). Средний ток потребления – около 30 мкА в режиме работы в качестве типичного беспроводного датчика. Это достигается очень коротким временем работы трансивера в режиме передачи или приёма и ничтожно малым (порядка 2 мкА) током потребления микросхемы в режиме ожидания. Короткое пиковое потребление тока в режиме передачи/приёма сообщения также положительно сказывается на динамике разряда батареи. Характеристики трансивера nRF24AP1 приведены в табл. 2.

Для трансивера требуется минимальное количество внешних компонентов. Он может обеспечить передачу непрерывного потока

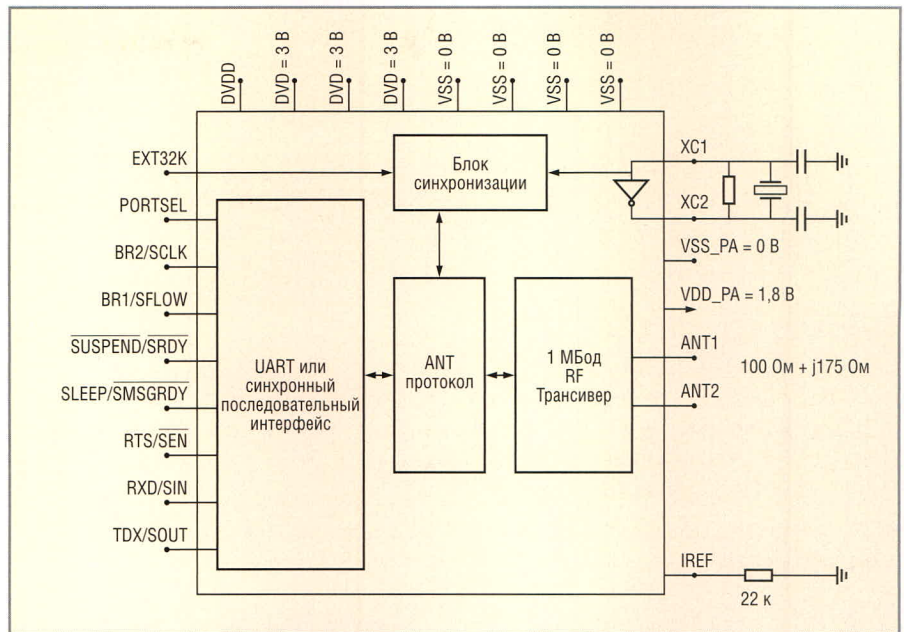


Рис. 2. Структурная схема трансивера nRF24AP1

данных со скоростью до 20 Кбод (например, с подключенного по последовательному интерфейсу микроконтроллера). Весь процесс организации передачи данных

(создание подключения и идентификация в сети, формирование пакетов, контроль CRC и потери пакетов и т.п.) трансивер берет на себя. Нужно лишь сконфигурировать

Таблица 1. Сравнение беспроводных стандартов

Параметры	ANT	Bluetooth	ZigBee Alliance
Несущая частота, ГГц	2,4	2,4	2,4
Модуляция	GFSK	GFSK	QPSK
Скорость передачи данных, Кбит/с	1000	1000	250
Частотных каналов	125	79	16
Внешние системные ресурсы, Кб	Нет	250	28
Поддерживаемые типы сетей	«Звезда», «точка-точка»	«Точка-точка»	«Звезда», «точка-точка»
Минимальная конфигурация RF-узла	Передатчик или приёмник	Передатчик	Передатчик

Таблица 2. Основные параметры трансивера nRF24AP1

Параметр	Значение
Минимальное питающее напряжение, В	1,9
Максимальная выходная мощность, дБм	0
Максимальная скорость передачи (радиоканал), Кбит/с	1000
Диапазон рабочих температур, °C	-40...85
Чувствительность, дБм	-80
Средний ток потребления, мкА, не более	30
Пиковое потребление при передаче на -5 дБм, мА/мкс	13,5/350
Пиковое потребление при приёме, мА/мкс	22/600
Максимальное число одновременных подключений*	>65 000
Максимальное число независимых двунаправленных подключений	4
Максимальная скорость передачи полезных данных (без учета протокола)**, Кбит/с	20
Время непрерывной работы в качестве типичного беспроводного датчика от батареи CR2032***, лет	5

* В сети с общим каналом (shared channel).

** Максимальная скорость непрерывного потока данных для конечного устройства.

*** Интервал сообщений 2 с, непрерывная работа 1 час в день.

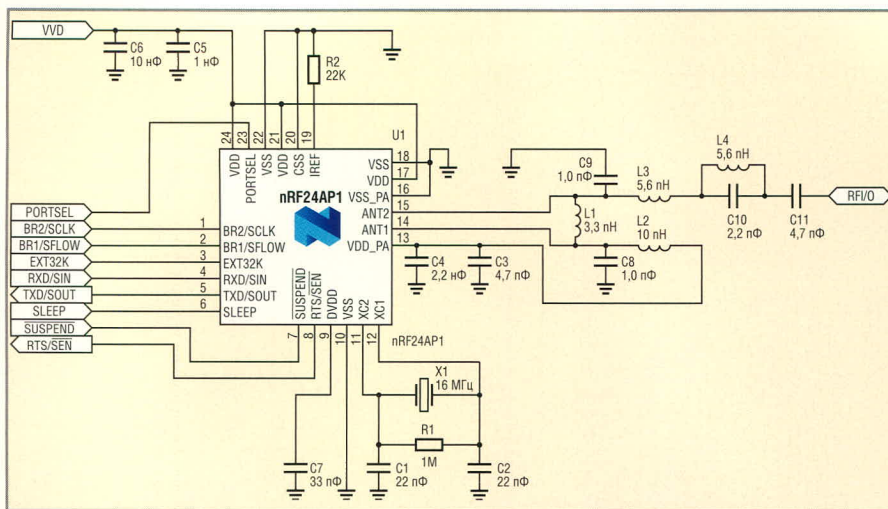


Рис. 3. Принципиальная схема трансивера на базе микросхемы nRF24AP1 с внешней 50-омной штыревой антенной

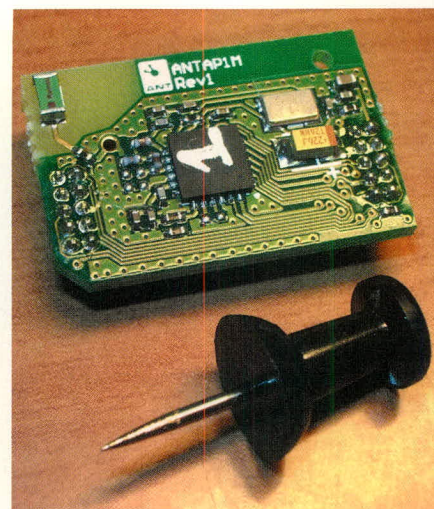


Рис. 4. Внешний вид модуля трансивера на базе nRF24AP1

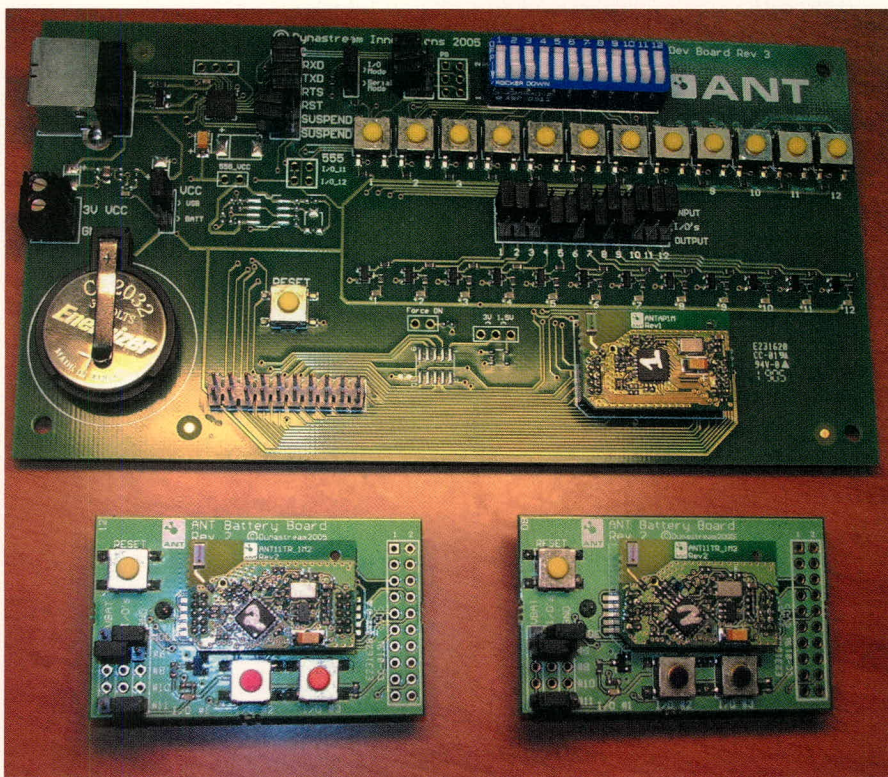


Рис. 5. Набор разработчика для использования nRF24AP1

направленности, невозможность выноса за пределы печатной платы). Но её достоинства очевидны: ничтожно малая стоимость и компактность. На сайте производителя трансивера выложены рекомендации и Gerber-файлы для проектирования печатной антенны для трансивера nRF24AP1. Используя такой тип антенны, можно добиться дальности работы трансивера до 20 м при работе на максимальной мощности передатчика.

Стоит также отметить весьма практичный корпус микросхемы трансивера (QFN24): он имеет размеры 5 × 5 мм, его выводы запрессованы, и их невозможно повредить при монтаже. Кроме того, выводы не закрыты с торцов корпуса, что упрощает монтаж/демонтаж микросхемы вручную. Устройство, построенное по приведённой принципиальной схеме, при применении в цепях обвязки компонентов типоразмера 0603 весьма компактно (рис. 4). Также стоит отметить, что в проектировании устройств на базе nRF24AP1 сильно может помочь набор разработчика (рис. 5). В этот набор входят два комплекта отладочных плат, CD с программным обеспечением и USB-программаторы.

Таким образом, трансивер nRF24AP1, имея широкие функциональные возможности, простой цифровой интерфейс, очень малый ток потребления и минимальное число внешних компонентов, идеален для недорогих компактных автономных устройств, входящих в состав беспроводной сети сложного типа.

трансивер по последовательному интерфейсу после включения питания: выбрать тип создаваемой беспроводной сети, частотный канал, выходную мощность передатчика и частоту передачи/приёма сообщений. Благодаря простоте настройки трансивера в качестве управляющего может быть выбран простейший недорогой 4- или 8-битный микроконтроллер.

Высокочастотная часть трансивера также требует минимального количества внешних компонентов. Для получения максимальной мощности передатчика (0 дБм) необходимо использовать антенный

тракт с активным сопротивлением 100 Ом и индуктивным 175 Ом. Для использования антенны с более низким импедансом (например, 50 Ом) может быть использована простейшая согласующая схема. Для примера на рис. 3 приведена принципиальная схема трансивера на базе nRF24AP1 для использования с внешней 50-омной штыревой антенной.

Также хорошо подходит для использования антенна печатного исполнения. Она имеет ряд недостатков по сравнению с внешней штыревой (меньший коэффициент усиления, менее удобная диаграмма

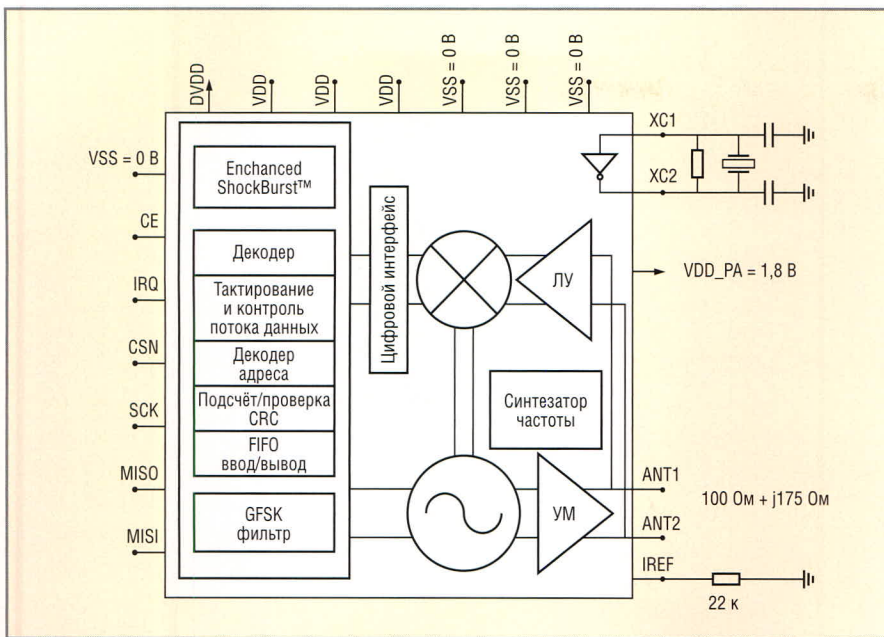


Рис. 6. Структурная схема трансивера nRF24L01

МИКРОСХЕМА nRF24L01 – ОДНОКРИСТАЛЛЬНЫЙ ТРАНСИВЕР С АППАРАТНОЙ ПОДДЕРЖКОЙ ПРОТОКОЛА ПЕРЕДАЧИ

Другая разработка компании Nordic Semiconductor – однокристалльный трансивер nRF24L01. Главная его особенность – возможность передавать данные со скоростью до 2000 Кбод в радиочастотном диапазоне 2,4 ГГц с полным аппаратным контролем передаваемых данных. Это является революцией среди микросхем подобного класса. Так, например, очень похожий по другим параметрам однокристалльный трансивер CC2500 производства компании ChipCon имеет максимальную скорость передачи всего 500 Кбод. Также трансивер nRF24L01 отличается достаточно низкой ценой (порядка \$2 за шт.). Структурная схема этого трансивера приведена на рис. 6.

Принципиальная схема подключения, а также внешние цепи и компоненты трансивера nRF24L01 практически не отличаются от схемы подключения nRF24AP1 (см. рис. 3). В трансивере nRF24L01 применён аппаратный протокол – Enhanced ShockBurst™, который позволяет организовать цифровой интерфейс с управляющим микроконтроллером по последовательной шине SPI. Этот протокол является усовершенствованием протокола ShockBurst™ (подробное описание протокола приведено в журнале СЭ № 3, 2006). Основным отличием усовершен-

ствованного протокола является возможность организовать простую и эффективную передачу данных с обратной связью. В режиме двунаправленной связи принимающая сторона может посылать подтверждение приёма пакета передающей стороне, что в трансивере nRF24L01 реализовано аппаратно. Это позволяет освободить управляющий микроконтроллер от анализа потери пакетов данных и их повторной отправки.

Трансивер имеет трёхуровневый FIFO-буфер приёма, разделённый на шесть каналов, и трёхуровневый FIFO-буфер передачи. Таким образом, микросхема nRF24L01, сконфигурированная в режиме приёма (RX), может получать пакеты данных от шести разных передатчиков, работающих на одном частотном канале (рис. 7). Структура пакетов данных для протоколов ShockBurst™ и Enhanced ShockBurst™ приведена на рис. 8.

Одним из отличий пакета данных протокола Enhanced ShockBurst™ от пакета данных ShockBurst™ является наличие девяти бит идентификации пакета после поля адреса. Первые

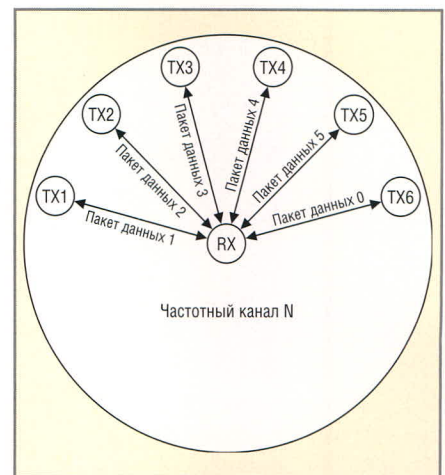


Рис. 7. Структурная схема беспроводной сети на трансиверах nRF24L01

2 бита используются как двухразрядный двоичный счётчик, значение которого увеличивается на 1 при приёме каждого пакета. Это позволяет отслеживать правильную очередность приёма пакетов информации. Остальные семь бит в трансивере nRF24L01 не используются и зарезервированы под будущие продукты. Для совместимости с трансиверами nRF2401/nRF24E1 и nRF905/nRF9E5 поле идентификации пакета может не использоваться.

Технология передачи данных в nRF24L01 следующая. Анализируя адрес принятого пакета, приёмник распознаёт, от какого передатчика этот пакет пришел. Как только приёмник успешно принимает и идентифицирует пакет данных, он высылает пакет подтверждения приёма с таким же адресом, как и принятый пакет. Если передатчик не получает этого подтверждения, он посылает пакет данных повторно. Количество повторных попыток передачи пакета можно задавать программно при конфигурации трансивера. Если отправить пакет так и не удалось, генерируется прерывание для контроллера, а в регистре статуса трансивера устанавливается бит MAX_RT. Для успешной передачи пакета также вы-

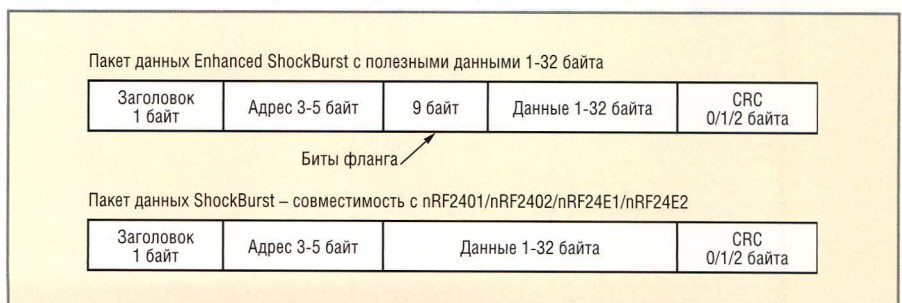


Рис. 8. Структура пакетов данных для протоколов ShockBurst™ и Enhanced ShockBurst™

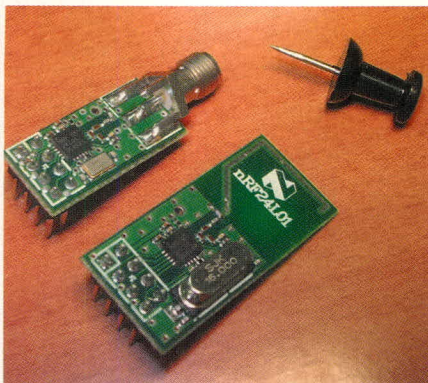


Рис. 9. Внешний вид модулей трансивера на базе nRF24L01 с печатной и внешней антенной

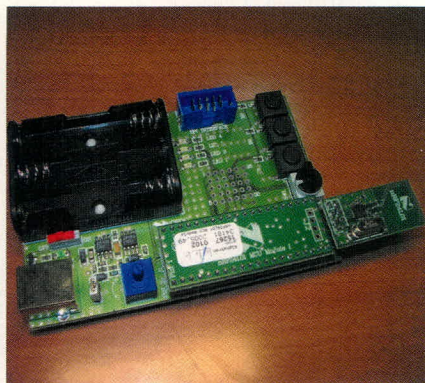



Рис. 10. Набор разработчика для использования nRF24L01

ВОЗМОЖНЫЕ ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ТРАНСИВЕРОВ nRF24AP1 и nRF24L01

Поскольку трансивер nRF24AP1 предназначен для организации сложных беспроводных сетей, одним из его типичных применений являются беспроводные сети сбора информации с датчиков. Простейшая схема такой сети показана на рис. 11. Узлы сети S1 – S3 исполняют роль беспроводных датчиков. Они имеют в своём составе трансивер, аналоговый или цифровой датчик и микроконтроллер для обработки информации от подключенного датчика. В данном примере информация от таких беспроводных датчиков собирается одним узлом сети, называемым хабом. Этот узел может выводить информацию на LCD-экран или передавать собранную информацию по проводной шине либо по беспроводной сети. Подобные системы могут применяться в комплексах охранно-пожарной сигнализации, в системах «умный дом», устройствах централизованного сбора информации и т.п.

Применение однокристалльного приёмопередатчика nRF24L01 целесообразно в тех случаях, когда необходимо передавать данные в режиме «точка–точка» или создать простую беспроводную сеть типа «звезда». Именно для этого предназначен полностью аппаратно реализованный в этих приёмопередатчиках протокол Enhanced ShockBurst™. Предоставляя удобный цифровой интерфейс и осуществляя полный аппаратный контроль передаваемой информации, трансивер nRF24L01 позволяет конструировать простые, компактные и недорогие устройства. Трансивер nRF24L01 целесообразно также применять для передачи данных на сравнительно большой скорости, а также при построении беспроводной сети по схеме, изображённой на рис. 11 (более сложные типы беспроводных сетей аппаратно в нём не поддерживаются).

Другими направлениями применения трансивера nRF24L01 являются следующие: передача потока информации с подвижных объектов, беспроводные пульта управления с обратной связью, беспроводная передача аудиосигнала и активная радиочастотная идентификация. 

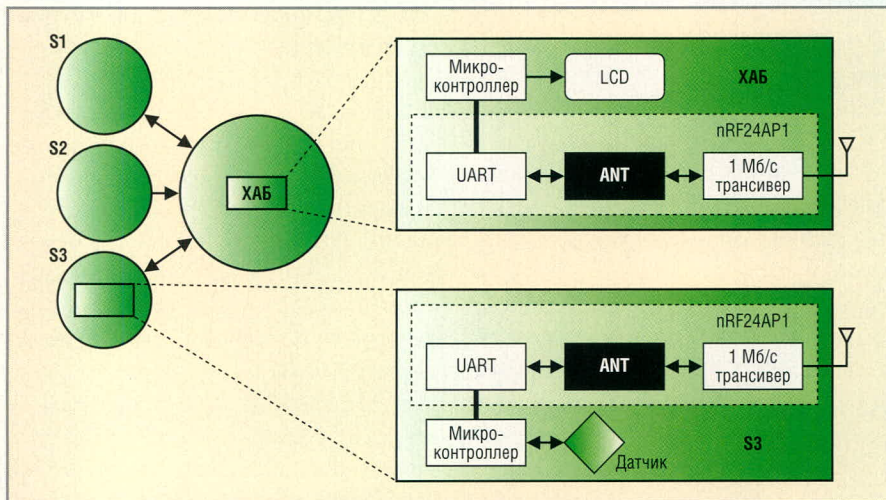


Рис. 11. Пример организации беспроводной датчиковой сети

рабатывается сигнал прерывания (вывод TX_DS IRQ), а передающий FIFO-буфер очищается.

Характеристики трансивера nRF24L01 приведены в табл. 3. Микросхема выполнена в компактном корпусе (QFN20). На рис. 9 приведены примеры печатных плат трансиверов на базе микросхемы nRF24L01. На платах расположен разъём цифрового последовательного интерфейса SPI

и шины питания. Одна плата выполнена с печатной антенной, другая – с разъёмом RCA для подключения внешней антенны. Этот пример ещё раз показывает, насколько компактными могут быть устройства на базе трансиверов Nordic Semiconductor.

Для трансивера nRF24L01 есть набор разработчика (рис. 10), облегчающий разработку устройств на базе этой микросхемы.

Таблица 3. Основные параметры nRF24L01

Параметр	Значение
Минимальное питающее напряжение, В	1,9
Максимальная выходная мощность, дБм	0
Максимальная скорость передачи (радиоканал), Кбит/с	2000
Диапазон рабочих температур, °С	-40...85
Чувствительность при скорости 1 Мбит/с, дБм	-85
Средний ток потребления при мощности -6 дБм, мА	0,05
Пиковое потребление при передаче на -0 дБм, мА	11,3
Пиковое потребление при приёме, мА/мкс	22/600
Максимальное число одновременных подключений*	6
Количество частотных каналов	125

* Режим работы в качестве принимающей стороны.

Однокристальный трансивер nRF24AP1

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

Краткое описание протокола ANT:

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

Типичные применения

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

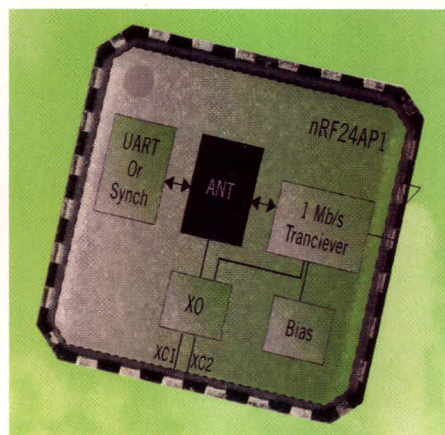


Таблица сравнения современных беспроводных протоколов

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

Краткие характеристики nRF24AP1

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

Многоканальный счётчик-регистратор

Юрий Мартышевский, Валерий Кормилин (г. Томск)

Описана конструкция 8-канального счётчика-регистратора, работающего в паре с персональным компьютером через интерфейс RS-232. Частота регистрации – до 3,5 кГц (может быть повышена со снижением помехоустойчивости). В качестве датчиков могут использоваться устройства, формирующие на выходе сигнал логических уровней с током около 10 мА.

«Счёт да учёт» – основа технологического процесса любого производства. Трудно представить современное производство без строгого учёта и контроля. Сложно перечислить все виды объектов, которые нуждаются в подсчёте их количества. Устройства, реализующие функцию счёта, называют счётчиками.

В литературе описаны различные типы счётчиков [1, 2]. Все их можно разделить на аппаратные и программные. В аппаратных устройствах используются цифровые счётчики, выполненные на интегральных микросхемах (триггерах, таймерах). Для такой реализации характерны высокая скорость счёта при высоких затратах на разработку, отладку и эксплуатацию устройства и ограни-

ченные функциональные возможности, связанные с фиксированной разрядностью, ограниченными возможностями отображения процесса счёта и результатов. Аппаратные затраты, габариты и параметры энергопотребления прямо зависят от разрядности счётчиков, количества каналов и сложности отображения результатов.

В программно реализуемых счётчиках счёт осуществляется посредством программного опроса входа порта микроконтроллера (МК). Фактически ведется счёт числа импульсов на выходе некоторого преобразователя информации. Быстродействие таких счётчиков ограничено программной реализацией (временем) опроса. Однако они обладают простотой реализации, дешевизной, практически не-

ограниченной разрядностью счёта и большим числом каналов, возможностью перепрограммирования, широкими функциональными возможностями контроля и отображения информации в процессе счёта.

Предлагаемый многоканальный счётчик-регистратор (МСР) ориентирован на работу в составе персонального компьютера (ПК) и предназначен для регистрации событий (импульсов) по восьми независимым каналам с максимальной частотой до 3,5 кГц. В качестве датчиков информации могут использоваться оптические, электромагнитные и любые другие устройства, формирующие на выходе сигнал логических уровней с током около 10 мА. Связь и передача данных между МСР и ПК осуществляется по интерфейсу RS-232.

Принципиальная схема МСР приведена на рис. 1. МСР содержит 8-ходовое устройство согласования с оптронной развязкой, МК и интерфейс RS-232, обеспечивающий связь с инструментальным ПК.

Соединение датчиков с МСР осуществляется через внешние разъёмы типа CP50 (BNC44) и разъем на плате X1. Оптронная развязка выполнена на элементах DD1 и DD2 типа TLP542-4 (каждая из этих микросхем содержит по 4 оптрона). Резисторы R1 – R8 ограничивают ток, а диоды D1 – D8 защищают входные цепи от обратной полярности при неправильном вклю-

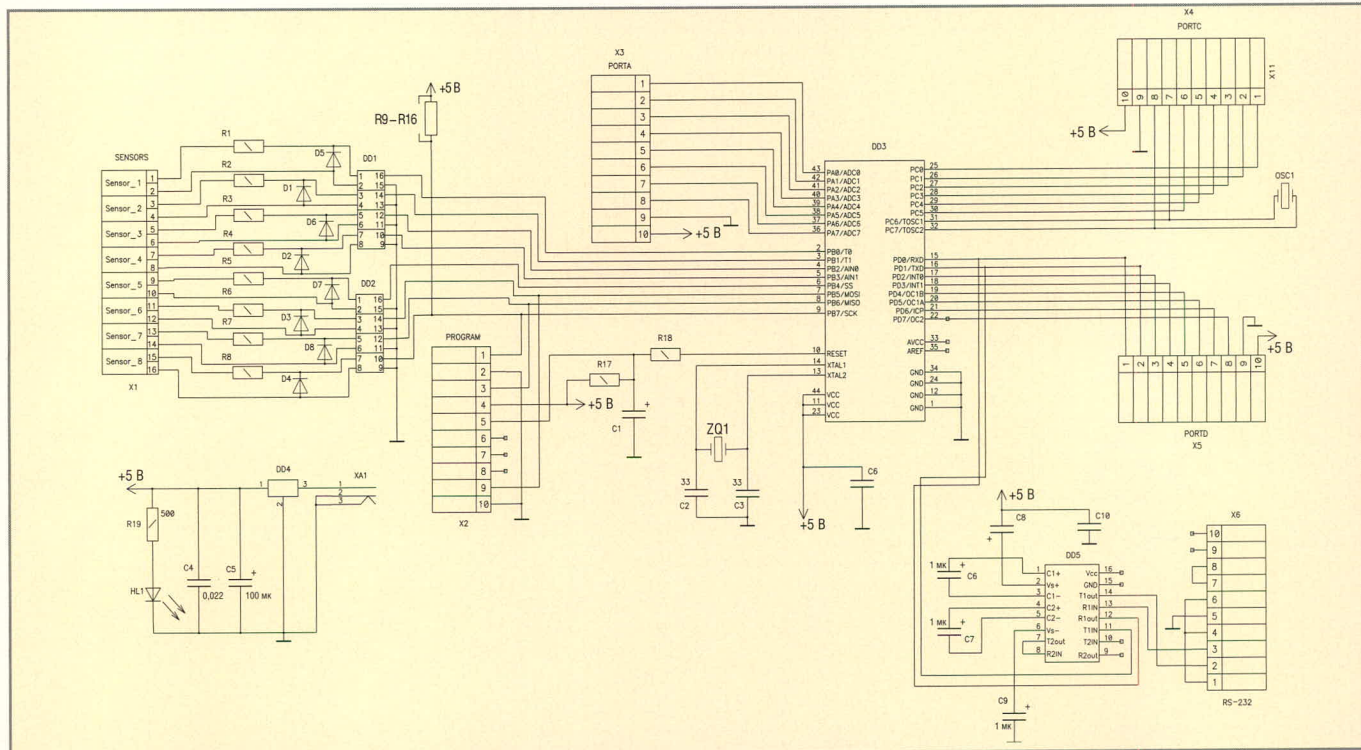


Рис. 1. Принципиальная электрическая схема МСР

чении. Оптроны нагружены резистивной матрицей R9 – R16 (H1–4) номиналом 2,2 кОм. Восемь выходов оптронной развязки подключены к порту PB микроконтроллера.

В качестве программируемого элемента DD3 в МСР используется 8-разрядный МК ATmega8535, работающий на тактовой частоте 8 МГц, который имеет внутреннюю память программ объёмом 8 Кб и EEPROM данных объёмом 256 байт. Тактовая частота МК стабилизирована кварцевым резонатором ZQ1. Для удобства формирования временных интервалов, кратных 5 мс, таймер CT2 МК синхронизован от внутреннего генератора частоты 32 768 Гц, стабилизированного кварцем OSC1. Цепь, состоящая из R17, R18 и C1, выполняет сброс при начальном включении устройства.

Интерфейс связи с ПК RS-232 реализован на микросхеме DD5 типа MAX232, которая преобразует уровни сигналов 0...5 В в импульсы ± 12 В, необходимые для нормальной работы интерфейса.

Во вторичном блоке питания МСР использован параметрический стабилизатор DD4 напряжения типа 7805, обеспечивающий номинальное напряжение $V_{CC} = 5 \pm 0,1$ В при необходимом токе нагрузки 20...25 мА. Конденсаторы C4, C5 выполняют роль фильтра питания. Для подключения внешнего источника к DD4 используется разъём ХА1.

Порты PA, PD, PC МК свободны, выведены на разъёмы X3 – X5 типа IDC10 и могут быть использованы для дальнейшего расширения функциональных возможностей МСР. Заметим, что на эти же разъёмы выведено напряжение V_{CC} и общий провод устройства.

Состояние каждого из восьми входов порта PB соответствует состоянию соответствующего канала счётчика. МК обрабатывает информацию о состоянии 8 сигнальных линий, поступающую с оптронной развязки, постоянно опрашивая порт PB. При длительности активного уровня сигнала не менее 140 мкс максимальный период опроса состояния информационных разрядов порта PB составляет 26...28 мкс с учётом возможности пятикратного опроса за время активной части импульса.

Для подсчёта импульсов в каждом канале МК фиксирует изменение уровня на выводах порта PB. В программе МК имеется 8-битовая переменная величина, сохраняющая в

битах текущее состояние каждого канала. При каждом сравнении считанного с порта PB значения с указанной переменной удаётся сразу определить каналы, изменившие свое состояние.

Для повышения помехоустойчивости изменённый уровень сигнала в канале должен повториться в четырёх из пяти последовательных опросах. Только в этом случае МК фиксирует новое состояние канала в переменной. Подсчёт повторений ведётся независимо для каждого канала, что позволяет обнаруживать импульсы, приходящие в каналах в любом сочетании. Если при фиксации нового состояния для данного канала уровень изменился с высокого на низкий (спад импульса), по данному каналу счётчик увеличивает значение на 1. Так подсчитываются импульсы в каналах.

Таймер CT2 с помощью кварца с частотой 32 768 Гц формирует сигнал прерывания каждые 5 мс. В подпрограмме обработки прерывания накопленная информация о состоянии всех восьми счётчиков копируется во временный буфер, откуда передаётся через интерфейс RS-232 в ПК. В этот момент счётчики обнуляются, и счёт начинается сначала.

Интерфейс RS-232 МК является аппаратным устройством, поэтому для пересылки байта не требует ресурсов центрального процессора. С завершением передачи байта вызывается прерывание для загрузки очередного байта из временного буфера в буфер передачи. Время передачи восьми байтов, отражающих состояния всех счётчиков, на стандартной для ПК скорости 38 400 бод составляет около 2,1 мс. Процессорное время МК расходуется только на копирование байта в буфер передатчика. Для копирования одного байта в передатчик требуется 10 машинных тактов, т.е. 1,25 мкс, а для восьми байтов – соответственно 10 мкс. Таким образом, работа канала передачи через интерфейс RS-232 является «прозрачной» для работы счётчиков в каналах и практически не прерывает процесс счёта.

При максимально возможной частоте входных импульсов 3,5 кГц и периоде запуска цикла передачи (обнуления счётчиков) 5 мс требуемая разрядность каждого счётчика канала не превышает 5 бит. При байтовом формате каждого счётчика имеется восьмикратный запас по максимальному значению, который можно использо-

вать как посредством более редких передач, так и с помощью повышения максимально возможной частоты входных импульсов с учётом необходимого увеличения тактовой частоты МК. Выбранный МК способен работать на максимальной частоте 16 МГц. За счёт некоторого снижения помехоустойчивости количество необходимых опросов для фиксации импульса можно снизить до трёх или даже двух. При этих условиях максимальная частота входных импульсов может быть повышена в пять раз – до 17 кГц.

Состояние всех восьми каналов МСР отражается в графическом виде (диаграмма) на мониторе ПК. При этом программное обеспечение ПК позволяет задать для каждого счётчика некоторую пороговую величину, при превышении которой может быть инициировано определённое действие. Простейшим действием является фиксация текущего времени и даты момента события превышения порога. Такая информация фиксируется в памяти ПК и периодически сбрасывается в выходной файл на внешний накопитель. Управление режимами работы счётчика выполняется с клавиатуры ПК.

Схема алгоритма работы программы ПК приведена на рис. 2. Работа программы основана на ожидании событий.

Первым ожидаемым событием является нажатие кнопки «Оценка фона». При этом запускается процесс считывания «кадра» информации с последовательного порта ПК. «Кадр» содержит 240 отсчётов (по 30 для каждого из восьми датчиков), посылаемых через каждые 5 мс с МК. Длительность кадра составляет $5 \times 30 = 150$ мс. Полученные отсчёты суммируются по 8 каналам и сравниваются для каждого канала с максимальными значениями, определёнными в предыдущих циклах ввода кадра. Цикл повторяется до тех, пока пользователь его не отменит.

За счёт многократного повторения в каждом из восьми каналов определяется максимум числа импульсов, который и принимается за уровень фона. При отмене режима «Оценка фона» программа вводит в окно пороговых значений уровни фона, увеличенные на 10%. Пользователь может и вручную ввести уровни порога для каждого из восьми каналов. После этого программа входит в режим ожидания.

Следующим ожидаемым действием пользователя является нажатие кноп-

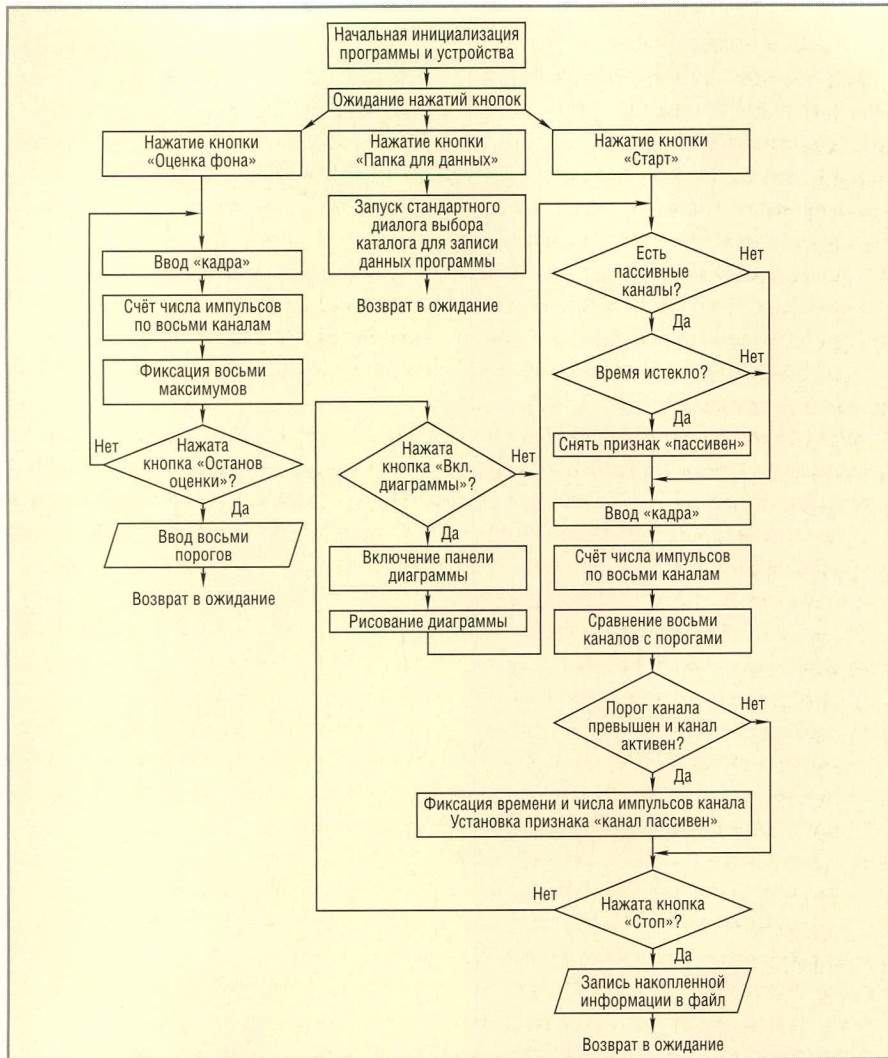


Рис. 2. Структурная схема программного обеспечения ПК

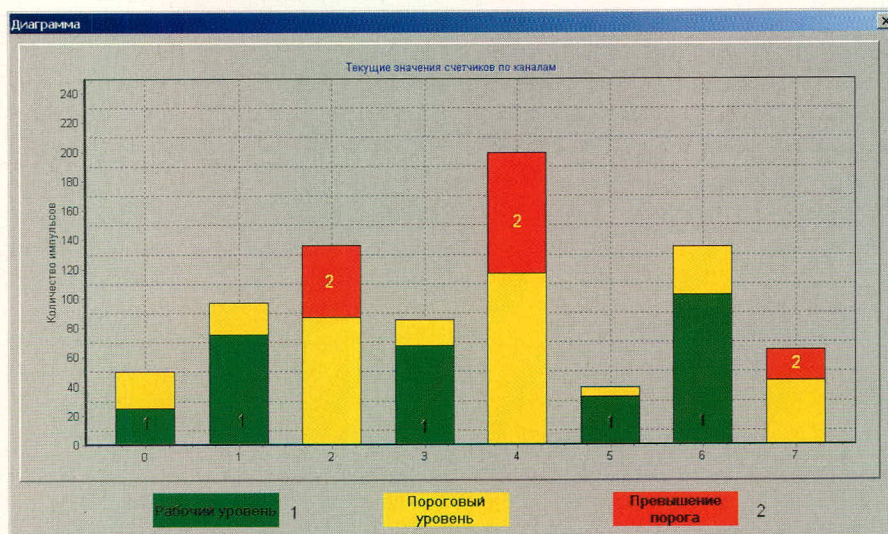


Рис. 3. Диаграмма текущего состояния всех каналов МСР

ки «Запуск». Программа начинает выполнять повторяющийся цикл. В каждом цикле вводится новый кадр данных. Программа вычисляет количество принятых импульсов за время кадра по каждому из восьми каналов. Это значение сравнивается с соответствующим пороговым значением канала.

При превышении порогового уровня в рабочем окне событий данного канала фиксируется текущее время и число импульсов. После этого у данного канала устанавливается признак «Канал пассивен». Этот признак гарантирует, что данные с указанного канала в течение заранее определённого времени не будут повторно

вызывать фиксацию факта превышения порога.

На диаграмме текущего состояния всех каналов МСР (см. рис. 3) уровень порога показан жёлтым цветом. Зелёный цвет (обозначен цифрой 1) показывает значение текущего состояния канала, не превышающего порог. Красный цвет (цифра 2) показывает факт превышения порога. По размаху красного (зелёного) столбика можно зрительно оценить величину превышения (запаса) порогового значения.

Время работы МСР в этом режиме определяется пользователем. Накопленные данные при нажатии кнопки «Останов» записываются в файл, имя которого составляется из даты и времени записи.

Повторное нажатие кнопки «Запуск» запускает процедуру накопления с предварительным очищением буферов событий. Выход из программы осуществляется нажатием кнопки «Выход».

Микроконтроллер МСР является перепрограммируемым устройством и допускает внутрисхемное перепрограммирование через разъём X2. Для перепрограммирования могут использоваться программаторы СТК200 или СТК500, Pony Prog или им подобные, работающие под Windows.

Конструктивно МСР выполнен на двухсторонней печатной плате из стеклотекстолита марки СФ4 размером 116 × 70 × 1,5 мм. РСВ-файл печатной платы, а также текст программы для ПК на языке Си++ и загрузочный файл МК АТМega8535 приведены на сайте журнала.

Описываемый МСР использовался для работы в составе переносной системы радиоизотопного контроля качества обогащения алмазосодержащей породы. В качестве датчиков системы радиоизотопного контроля применялся фотоэлектронный умножитель (ФЭУ), сигнал с которого в МСР поступал в уровнях 0...12 В.

Авторы выражают благодарность заведующему лабораторией ФГНУ НИИ «Ядерная физика» при Томском политехническом университете (ТПУ) Панову Ю.А за постановку задачи и обсуждение результатов работы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Долгий А. Усовершенствованный реверсивный счётчик. Радио. 2005. № 11. С. 28–29.
2. www.atmel.ru.
3. www.atmel.com.

КРУПНЕЙШАЯ на Северо-Западе

РАДИОЭЛЕКТРОНИКА И ПРИБОРОСТРОЕНИЕ

VI промышленная
специализированная выставка



РАДЕЛ '06

- ЭЛЕКТРОННЫЕ КОМПОНЕНТЫ
- КОМПЛЕКТУЮЩИЕ
- ПЕЧАТНЫЕ ПЛАТЫ
- МАТЕРИАЛЫ
- КОНСТРУКТИВЫ
- ТЕХНОЛОГИИ
- ОБОРУДОВАНИЕ
- ПРИБОРЫ

**14-17
ноября
2006**

**САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
Петербургский СКК**

ас приглашают



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

(часть 3)

Сергей Лоцицкий (г. Брянск)

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

НАПРЯЖЕНИЯ НАСЫЩЕНИЯ ВЫХОДА ММ ОУ

Результаты тестирования ММ ОУ в схеме на рис. 22 позволяют построить графики зависимостей напряжений V_{SATM} , V_{SATP} насыщения выхода ОУ от его тока нагрузки I_{OUT} .

Треть напряжения питания V_s приложена к входам ОУ DA1 в такой полярности, при которой он находится в состоянии положительного насыщения выхода. ОУ DA2 находится в состоянии отрицательного насыщения выхода. Токи, протекающие через выходы ОУ DA1 и DA2, равны текущей величине тока I_{OUT} источника

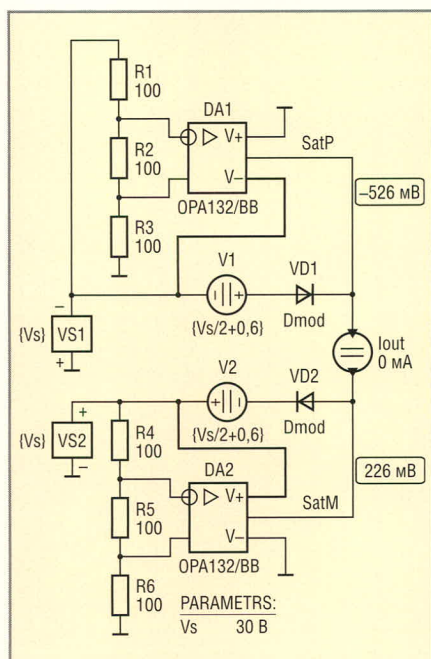


Рис. 22. Схема тестирования напряжений насыщения выхода ММ ОУ

I_{OUT} . Напряжение V_{SATP} положительного насыщения выхода ОУ равно абсолютной величине узлового напряжения $V(SatP)$, а напряжение отрицательного насыщения V_{SATM} – величине узлового напряжения $V(SatM)$. Если ток источника I_{OUT} превышает предельные величины втекающего $I_{OUT\ LIM\leftarrow}$ и вытекающего $I_{OUT\ LIM\rightarrow}$ токов выхода ОУ (токов короткого замыкания выхода ОУ), то без принятия специальных мер узловые напряжения $V(SatP)$ и $V(SatM)$ неограниченно возрастают. Для исключения этой нежелательной ситуации используются ограничители напряжения, реализованные на компонентах VD1, VD2, V1, V2, которые ограничивают выходные напряжения ОУ на уровнях, приблизительно равных половине напряжения источника питания V_s .

Графики зависимостей напряжений V_{SATM} , V_{SATP} от тока I_{OUT} классической ММ Бойля OPA132/BB, пост-

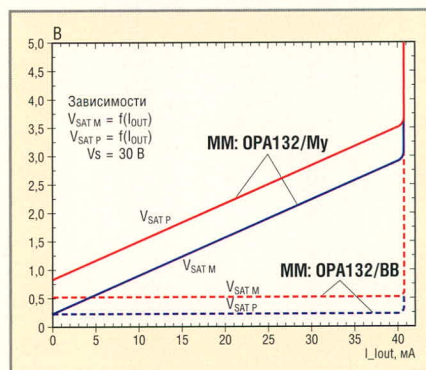


Рис. 23. Характеристики насыщения выхода двух ММ ОУ OPA132

роенные по результатам анализа схемы рис. 22 в режиме DC Sweep при вариации тока источника I_{OUT} в диапазоне значений 0...40 мА с приращением 0,01 мА. изображены на рис. 23 (кривые с меткой ММ OPA132/BB).

На рис. 24 изображены характеристики насыщения реального ОУ OPA132, заимствованные из datasheet (www.ti.com).

Из сравнения результатов тестирования ММ с характеристиками реального ОУ следует, что ММ Бойля моделирует напряжение насыщения выхода ОУ при нулевом токе нагрузки, а также эффект ограничения выходного тока ОУ. Основным недостатком ММ Бойля заключается в том, что она не моделирует увеличение напряжений V_{SATM} , V_{SATP} при изменении тока нагрузки ОУ от нуля до величины $I_{OUT\ LIM\leftarrow}$ и/или $I_{OUT\ LIM\rightarrow}$. Напряжения насыщения выхода ОУ и его ММ при токе нагрузки 40 мА отличаются на 2...3 В. Из сказанного следует, что в случае использования ММ Бойля достоверность результатов моделирования напряжения насыщения выхода ОУ при значительных токах нагрузки оказывается весьма низкой. Следует подчеркнуть, что особая опасность заключается в неоправданно оптимистичных вели-

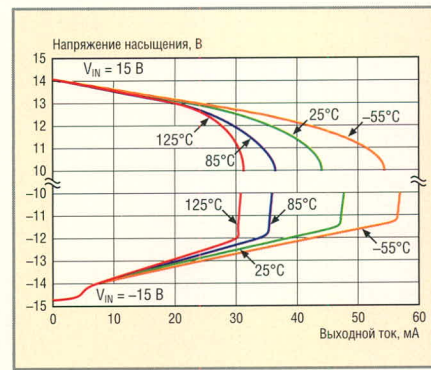


Рис. 24. Характеристики насыщения выхода реального ОУ OPA132

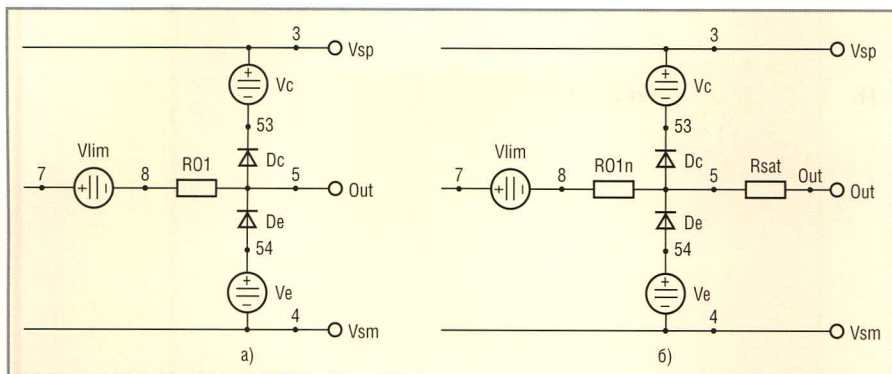


Рис. 25. Фрагмент схемы выходного каскада исходной (а) и доработанной (б) ММ Бойля

чинах напряжений $V_{SAT M}$, $V_{SAT P}$ ММ Бойля, поскольку ошибки моделирования верхней границы динамического диапазона практических схем остаются незамеченными пользователем. Возникает вопрос: можно ли улучшить ситуацию? К счастью, да. На рис. 23 кривые с меткой OPA132/My – это графики зависимостей напряжений $V_{SAT M}$, $V_{SAT P}$ от тока I_{OUT} доработанной ММ Бойля ОУ OPA132. Очевидно, что эти кривые значительно лучше соответствуют характеристикам насыщения выхода реального ОУ.

На рис. 25а изображён фрагмент схемы выходного каскада исходной ММ OPA132/BV (www.ti.com), а на рис. 25б – доработанной ММ OPA132/My.

Доработка заключается в добавлении в схему ММ дополнительного резистора R_{sat} и изменении сопротивления $RO1$. Сопротивление резистора R_{sat} рассчитывается по формуле:

$$R_{sat} = \frac{\Delta V_{SAT OPA}}{\Delta I_{OUT OPA}}$$

где: $\Delta V_{SAT OPA}$ – приращение напряжения насыщения выходного напряжения реального ОУ при изменении его выходного тока на величину $\Delta I_{OUT OPA}$.

Для того чтобы в результате доработки ММ не изменилось её выход-

ное сопротивление на малом сигнале, необходимо сопротивление резистора $RO1n$ рассчитывать по формуле:

$$RO1n = RO1 - R_{sat} \quad (4)$$

Следует заметить, что если в результате расчёта по формуле (4) величина резистора $RO1n$ оказывается отрицательной, то именно эту (отрицательную) величину необходимо использовать в описании доработанной ММ. Для преобразования ММ OPA132/BV в ММ OPA132/My необходимо в описании первой из них внести следующие коррективы:

```
.SUBCKT OPA132/My 1 2 3 4 Out
*;Old Pins: 1 2 3 4 5
.....
*R01      8      5      20
      ;My Remark
RO1n     8      5      -
47.5    ;My Correction
Rosat    5      Out    67.5
;My Addition
.....
VC       3      53     DC
1.50    ;My Correction.
*Old Value=1.20
.....
.ENDS OPA132/My
```

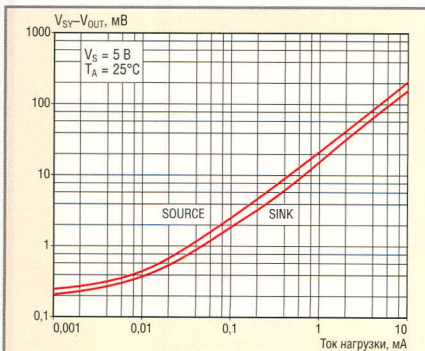


Рис. 27. Характеристики насыщения Rail-to-Rail ОУ AD8605

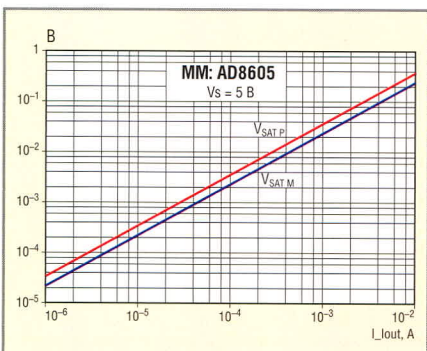


Рис. 28. Характеристики насыщения ММ ОУ AD8605

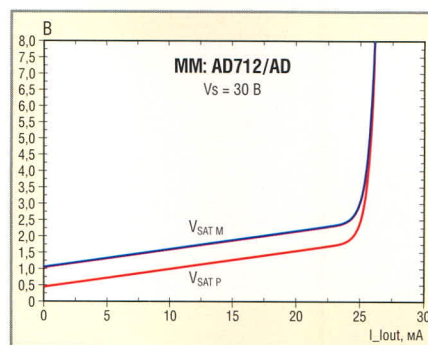


Рис. 26. Характеристики насыщения ММ AD712/AD

МПЗ ММ более реалистично моделирует ограничение выходного тока ОУ (см. рис. 26).

На рис. 27 изображены характеристики насыщения Rail-to-Rail ОУ AD8605, заимствованные из data-sheet (www.analog.com), а на рис. 28 – результаты тестирования ММ AD8605.

Кривые насыщения ММ и реального ОУ заметно различаются только при крайне малых токах нагрузки. Однако это едва ли можно считать серьёзным недостатком ММ, поскольку при малых токах нагрузки ОУ (меньших 10 мкА) напряжения насыщения ММ и реального ОУ отличаются на доли милливольт.

А теперь рассмотрим пример казуистического результата тестирования, который является следствием ошибки, допущенной разработчиком ММ ОУ. На рис. 29 изображены графики, построенные по результатам тестирования ММ AD743/AD.

Из этих графиков следует, что при токе нагрузки $I_{OUT} = 7,2$ мА напряжение $V_{SAT P}$ изменяет знак! При нулевом токе нагрузки напряжение $V_{SAT P}$ равно $-0,65$ В. Это означает, что выходное напряжение ММ ОУ на $0,65$ В больше напряжения питания ММ.

Совершенно очевидно, что выходное напряжение реального ОУ, рабо-

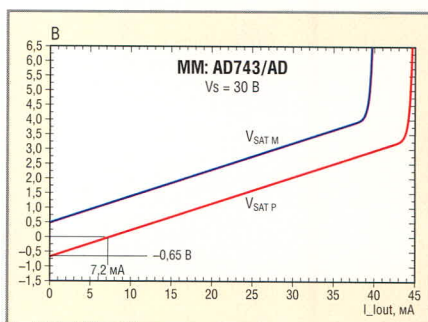


Рис. 29. Результаты тестирования ММ, некорректно моделирующей характеристики насыщения ОУ

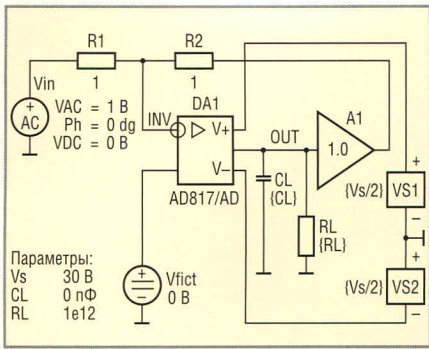


Рис. 30. Схема тестирования параметров ММ ОУ, зависящих от частоты входного дифференциального сигнала

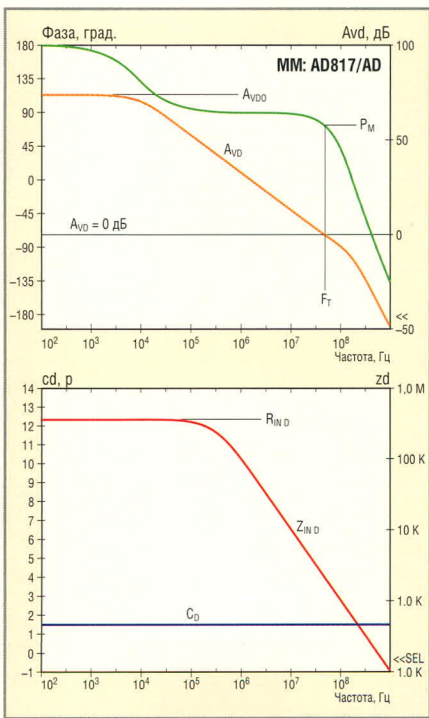


Рис. 31. Результаты тестирования ММ AD817/AD в схеме рис. 30

тающего в режиме холостого выхода, ни при каких обстоятельствах не может выходить за границы размаха питающих напряжений. Нам в очередной раз предстоит заняться корректировкой описания ММ. Найдите в описании ММ AD743/AD фрагмент:

```
V1 99 13 DC 187.5E-3
D1 12 13 DX
V2 14 50 DC 1.3375
```

и приведите его к следующему виду:

```
V1 99 13 DC 2.034 ;My
*Correction. Old Value=187.5E-3
D1 12 13 DX
V2 14 50 DC 2.234 ;My
*Correction. Old Value=1.3375
```

Теперь осуществите тестирование доработанной ММ и сравните его ре-

зультаты с рис. 29 и данными datasheet. Следует заметить, что рассмотренные недостатки ММ AD743/AD в той или иной мере присутствуют также ММ AD8041a/AD, LM358/STM, LM358/NS и некоторым другим.

ЛИНЕЙНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ММ ОУ, ЗАВИСЯЩИЕ ОТ ЧАСТОТЫ ВХОДНОГО ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО СИГНАЛА

Схема тестирования, изображённая на рис. 30, позволяет получить исчерпывающую информацию о зависимости параметров линеаризованной схемы замещения ОУ от частоты входного дифференциального сигнала.

Схема тестирования представляет собой инвертор напряжения, в котором выход ОУ DA1 «развязан» от цепи ОС (резисторы R1, R2) идеальным буфером с единичным коэффициентом передачи. Использование глобальных параметров RL, CL позволяет варьировать величины активной и ёмкостной составляющих нагрузки ОУ DA1 в процессе многовариантного анализа схемы. Источник нулевого напряжения V_{фict} (фиктивный источник напряжения) используется в качестве датчика тока, протекающего через неинвертирующий вход ОУ DA1. Совершенно очевидно, что потенциал неинвертирующего входа ОУ DA1 равен нулю и, следовательно, коэффициент A_{VD} усиления дифференциального сигнала этого ОУ равен отношению узловых напряжений V(OUT) и V(INV). Для построения графиков ЛАЧХ и ФЧХ коэффициента усиления дифференциального сигнала тестируемого ОУ необходимо на экран Probe вывести трассы, задаваемые выражениями: DB(V(OUT)/V(INV)) и P(-V(OUT)/V(INV)). Однако практика тестирования ММ ОУ показала, что вместо трассы P(-V(OUT)/V(INV)) удобнее использовать трассу P(V(OUT)/V(INV)), которая является графиком зависимости запаса устойчивости по фазе операционной схемы от величины её коэффициента усиления шума G_N [2]. Дифференциальное входное сопротивление Z_{IN D} тестируемой ММ ОУ равно отношению напряжения узла INV к току, протекающему через неинвертирующий вход ОУ DA1 и фиктивный источник напряжения V_{фict}. Для построения графика зависимости Z_{IN D} от частоты не-

обходимо на экран Probe вывести трассу V(INV)/I(V_{фict}). Следует заметить, что токи, протекающие через инвертирующий и неинвертирующий входы ОУ DA1, различаются на величину 0,5V(INV)/Z_{cm}, и поэтому при определении Z_D нельзя ссылаться на ток инвертирующего входа ОУ. Несложный анализ показывает, что для построения графика зависимости дифференциальной входной ёмкости C_D тестируемой ММ от частоты необходимо на экран Probe вывести трассу IMG(I(V_{фict})/V(INV))/(pi2 * Frequency). На рис. 31 изображены графики рассмотренных зависимостей, построенные по результатам тестирования ММ ОУ AD817.

Частота F_T единичного усиления ММ ОУ численно равна X-координате курсора, позиционированного в точку трассы dB(V(OUT)/V(INV)) с нулевой ординатой (команда поиска: sle(0)). Теперь для определения величины P_M запаса устойчивости тестируемой ММ по фазе достаточно нажатием комбинации клавиш «Ctrl + →» переключить курсор на трассу P(V(OUT)/V(INV)) и считать величину его Y-координаты. Для определения приблизительных величин усиления A_{VDO} и входного сопротивления R_D ММ ОУ на постоянном токе необходимо считать Y-координату курсора, позиционированного в начало трасс dB(V(OUT)/V(INV)) и V(INV)/I(V_{фict}) соответственно. Если частота начальной точки трассы и частота полюса, на которой соответствующая кривая претерпевает излом, разнесены на декаду и более, то погрешности определения величин A_{VDO} и R_D не превышают 0,043 дБ (0,05%), и ими можно пренебречь. Следует заметить, что для упрощения и ускорения процедуры вывода на экран Probe графиков рассмотренных зависимостей можно использовать следующие макросы [3, 4]:

```
Pi2=6.28318531
Avd_dB=dB(V(OUT)/V(INV));
*Frequency Response OPA
Phase_opa=P(V(OUT)/V(INV)); Phase
*Response OPA
Zin_opa=V(INV)/I(Vfict); Zin OPA
Cd_in_opa=IMG(I(Vfict)/V(INV))/(
+ (pi2*Frequency); Cd Input OPA
```

Иногда изготовитель указывает в datasheet не частоту F_T единичного усиления ОУ, а величину произведе-

ния «усиление × частота» (GBP или GBW) на некоторой фиксированной частоте F . В таких случаях целесообразно выводить на экран дисплея трассу $V(OUT) \times \text{Frequency}$, которая является графиком зависимости GBP от текущей частоты. Ордината курсора, позиционированного в точку трассы с абсциссой F , численно равна величине GBP тестируемой ММ ОУ на этой частоте. На верхнем графике рис. 32 изображена зависимость GBP от частоты, полученная в результате тестирования ММ ОУ LT1022, а на нижнем графике – классическая ЛАЧХ этой ММ.

В datasheet (www.linear.com) указывается, что ОУ LT1022 имеет типовую величину $GBP = 8 \text{ МГц}$ на частоте 1 МГц . Эти данные хорошо согласуются с результатами тестирования. Заметим, что поскольку $A_{VD}(F_T) = 1$, всегда выполняется условие $GBP(F_T) = F_T$.

В настоящее время выпускается достаточно большое количество так называемых недокомпенсированных ОУ (AD848, LF357, LM6165, ОРА37 и др.), устойчивость которых изготовитель гарантирует только в тех схемах включения, в которых коэффициент G_N усиления шума [2] превышает некоторую предельную величину. В паспортных данных таких ОУ указывается предельная (минимальная) величина G_N и соответствующая ей величина P_{MGN} запаса устойчивости по фазе. Для определения величины P_{MGN} тестируемой ММ недокомпенсированного ОУ необходимо:

- вывести на экран дисплея трассы $V(OUT)/V(INV)$ и $P(V(OUT)/V(INV))$;
- позиционировать курсор в точку трассы $V(OUT)/V(INV)$ с ординатой G_N ;
- «переключить» курсор с трассы $V(OUT)/V(INV)$ на трассу $P(V(OUT)/V(INV))$;
- в окне Probe Cursor считать Y-координату курсора, которая численно равна искомой величине P_{MGN} .

Впрочем, более наглядное представление о запасе устойчивости прикладной операционной схемы, в которой используется недокомпенсированный ОУ, даёт график зависимости запаса устойчивости по фазе этой схемы от величины её коэффициента усиления шума G_N (см. рис. 33).

Для построения этого графика необходимо:

- вывести на экран Probe трассу, определяемую макросом Phase_ora;
- дважды щёлкнуть указателем мыши по X-оси графика, и в открывшемся окне Axis Settings на вкладке X Axis указателем мыши нажать кнопку Axis Variable;
- в открывшемся окне X Axis Variable в строке Trace Expression набрать выражение $V(OUT)/V(INV)$ и закрыть открытые окна нажатием кнопки ОК.

Из рис. 33 следует, что ММ AD848/AD при усилении $G_N = 5$ (минимальная величина усиления, оговариваемая в datasheet) имеет запас устойчивости по фазе $P_{MGN} = 56,59^\circ$ и находится на грани самовозбуждения при усилении $G_N = 1,346$.

В datasheet величины A_{VDO} , F_T и P_M часто нормируются при определённых величинах сопротивления и ёмкости нагрузки ОУ. Объясняется это тем, что испытательное оборудование, используемое в процессе тестирования реальных ОУ, имеет конечные величины активной и ёмкостной составляющих входного сопротивления. Очевидно, что величины A_{VDO} , F_T , Z_{load} и P_{M} , полученные в результате тестирования нагруженного ОУ, зависят от величины выходного сопротивления Z_{OUT} ОУ. Это существенно запутывает ситуацию и создаёт предпосылки для ошибок, заключающихся в том, что влияние выходного сопротивления ОУ на его параметры может быть учтено дважды. Если ОУ с выходным сопротивлением R_{OUT} нагружен на сопротивление R_L , то в результате его тестирования будет получена следующая величина коэффициента усиления на постоянном токе:

$$A_{VDO\ RL} = \frac{R_L}{R_L + R_{OUT}} A_{VDO}$$

Величина коэффициента усиления нагруженного ОУ $A_{VDO\ RL}$ отличается от истинной величины коэффициента усиления ОУ A_{VDO} , работающего в режиме холостого хода выхода, в $R_L/(R_L + R_{OUT})$ раз. В результате подключение к выходу ОУ ёмкости в его передаточной функции $A_{VD}(S)$ появляется дополнительный высокочастотный полюс [2], что вызывает уменьшение величин P_M и F_T . Из сказанного следует, что ММ ОУ, параметры которого нормируются в datasheet при оговорённых величинах R_L и CL , необходимо тестировать дважды: один раз при $R_L = \infty$, $CL = 0$ (в режиме холос-

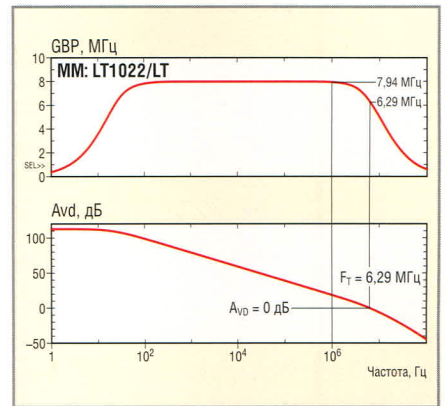


Рис. 32. Результаты тестирования АЧХ ММ LT1022/AT

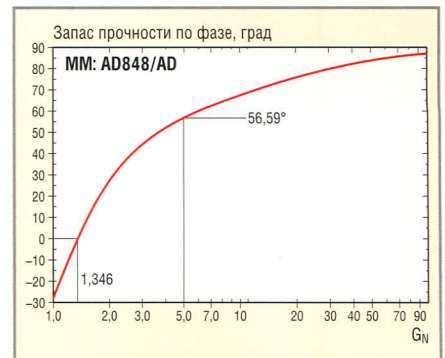


Рис. 33. Зависимость запаса устойчивости схемы от её коэффициента усиления шума G_N

того выхода ОУ) для определения истинных величин A_{VDO} , F_T и P_M и второй раз – при величинах R_L , CL , указанных в datasheet, для построения графиков и определения величин A_{VDO} , F_T , Z_{load} и P_{M} , которые позволяют сделать выводы о степени соответствия параметров ММ и реального ОУ. Получить более полное представление о влиянии нагрузки ММ ОУ на её параметры позволяют графики параметрических зависимостей, построенные по результатам многовариантного анализа схемы при вариации величин параметров CL и RL .

Зависимость A_{VDO} от сопротивления RL нагрузки ярко выражена у Rail-to-Rail Output ОУ, поскольку они имеют высокое выходное сопротивление [1]. На верхнем графике рис. 34 изображена параметрическая зависимость A_{VDO} (трасса вывода: YatXstart(Avd_dB)) от сопротивления нагрузки RL , построенная по результатам многовариантного анализа ММ CMOS Rail-to-Rail ОУ AD8515.

Вариация RL в диапазоне значений от 100 Ом до 1 МОм вызывает изменение величины A_{VDO} на $63,7 \text{ дБ}$ (более чем в 1500 раз). Параметрические зависимости запаса устойчивости по фазе и частоты единичного усиления

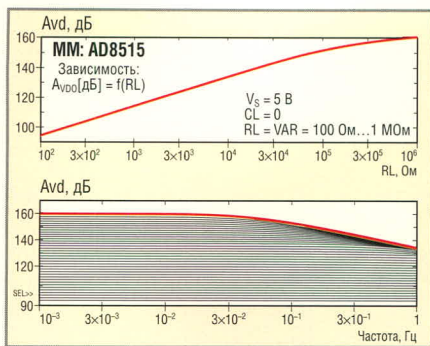


Рис. 34. Зависимость усиления MM AD8515 на постоянном токе от сопротивления нагрузки RL

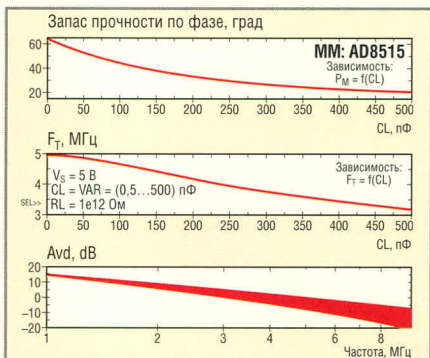


Рис. 35. Зависимости параметров PM и FT MM AD8515 от ёмкости нагрузки

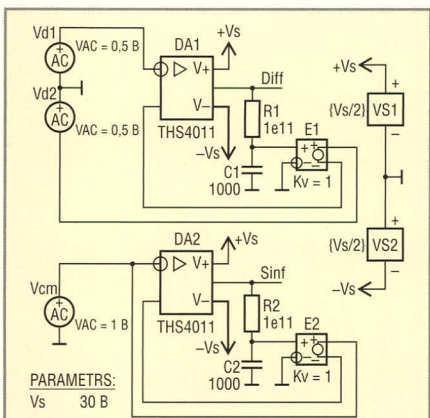


Рис. 36. Схема тестирования параметров MM OУ, зависящих от частоты синфазного входного сигнала

MM AD8515 от CL (трассы вывода: PhaseMarginOPA(Avd_dB,Phase_opa) и XatYequal_0(Avd_dB)), изображённые на рис. 35, наглядно показывают, что ёмкость нагрузки негативно влияет на основные частотные параметры MM OУ.

Детально вопросы использования параметрических зависимостей рассматриваются ниже. Здесь же только отметим, что при построении графиков рассмотренных параметрических зависимостей были использованы нестандартные (отсутствующие в файле pspice.prb) целевые функции [3, 4], которые описываются следующим образом:

```

*****
*
XatYequal_0(1) = x1
*
*Find the value X where Y is 0
*
*#Arg1## magnitude trace in dB
* Usage:
*   XatYequal_0(<trace name>)
*
{
    1|Search forward level (0)
!1;
}
*****
*
PhaseMarginOPA(1,2) = y2
*
*Find the value of the phase
*second trace at the same X value
*where the dB magnitude first
*trace crosses 0.
*Usage:
*PhaseMarginOPA(<dB magnitude
*trace>, <phase trace>)
*
{
*Search for where the magnitude
*is 0 dB
    1|Search forward level (0)
!1;
*Find the phase where
*the magnitude is 0 dB
    2|Search forward xval (x1)
!2;
}
*****
*
YatXstart(1)=y1
*
*Find the value Y for start
*point trace
*
*Usage: YatXstart(<trace name>)
{
    1|Search forward x value
(0%) !1;
}
*****
*

```

Целевая функция XatYequal_0(<trace name>) численно равна X-координате точки трассы, в которой она первый раз пересекает нулевой уровень. Целевая функция YatXstart(<trace name>) равна Y-координате стартовой (самой левой) точки трассы. Функция PhaseMarginOPA(<dB magnitude trace>, <phase trace>) получена в результате незначительной модификации стандартной целевой функ-

ции PhaseMargin. Обратите внимание (см. рис. 34 и 35) на использование макросов в качестве фактических параметров целевых функций.

ПАРАМЕТРЫ MM OУ, ЗАВИСЯЩИЕ ОТ ЧАСТОТЫ СИНФАЗНОГО ВХОДНОГО СИГНАЛА

Коэффициент ослабления (подавления) синфазного сигнала (КОСС) OУ равен отношению коэффициентов усиления дифференциального и синфазного сигналов:

$$CMRR[дБ] = 20lg \frac{A_{VD}}{A_{CM}} \quad (5)$$

Построить график зависимости КОСС от частоты тестируемой MM OУ позволяет схема, изображённая на рис. 36.

За счёт действия на постоянном токе 100-% отрицательной ОС, охватывающей OУ DA1 через резистор R1 и управляемый источник E1, величина постоянного напряжения на выходе этого OУ не превышает величины его напряжения смещения. Резистор R1 и конденсатор C1 образуют однополюсной фильтр низкой частоты, который блокирует действие ОС на переменном токе. Этот фильтр имеет чрезвычайно низкую частоту среза (частота полюса равна $1,6 \times 10^{-15}$ Гц, а постоянная времени фильтра превышает 3 миллиона лет (!)), и поэтому глубина ОС на частотах, превышающих 10^{-6} Гц, пренебрежимо мала. Из сказанного следует, что в представляющем практический интерес частотном диапазоне выполняются следующие условия:

- дифференциальное напряжение $V_{D DA1}$, прикладываемое между входами OУ DA1, равно разности напряжений источников V_{d1}, V_{d2} ;
- синфазное входное напряжение $V_{CM DA1}$ OУ равно полусумме напряжений источников V_{d1}, V_{d2} .

Итак:

$$V_{D DA1} = V_{d2} - V_{d1} = 0,5 - 0,5 = -1 \text{ В},$$

$$V_{CM DA1} = 0,5(V_{d2} + V_{d1}) = 0,5(-0,5 + 0,5) = 0.$$

Часть схемы, реализованная на OУ DA2 и связанных с ним компонентах, отличается от рассмотренной части схемы только тем, что на оба входа OУ DA2 от источника V_{cm} поступают одинаковые напряжения с уровнем 1 В и,

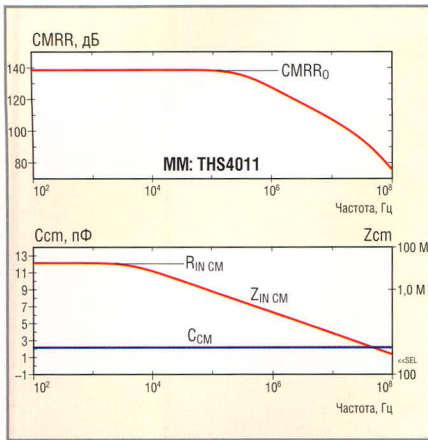


Рис. 37. Результаты тестирования MM THS4011 в схеме рис. 36

следовательно, выполняются следующие условия:

$$V_{D DA2} = 0, \\ V_{CM DA2} = 1 \text{ В.}$$

Очевидно, что выходное напряжение $V(\text{Diff})$ ОУ DA1, на входы которого поступает *только* дифференциальный сигнал с уровнем 1 В, численно равно коэффициенту A_{VD} усиления дифференциального сигнала тестируемым ОУ. Также совер-

шенно очевидно, что выходное напряжение $V(\text{Sinf})$ ОУ DA2, на входы которого поступает *только* синфазный сигнал с уровнем 1 В, численно равно коэффициенту A_{CM} усиления синфазного сигнала тестируемым ОУ. Из формулы (5) следует, что для построения графика зависимости модуля КОСС от частоты достаточно на экран Probe вывести трассу $DB(V(\text{Diff})/V(\text{Sinf}))$. Синфазная составляющая входного сопротивления Z_{CM} тестируемого ОУ равна отношению напряжения источника V_{cm} к току, протекающему через этот источник. Для построения графика зависимости модуля Z_{CM} от частоты на экран Probe достаточно вывести трассу $1/I(V_{cm})$. Несложный анализ показывает, что для построения графика зависимости синфазной входной ёмкости C_{CM} от частоты на экран Probe необходимо вывести трассу $IMG(-I(V_{cm}))/(\pi 2 \times \text{Frequency})$.

На рис. 37 изображены графики всех рассмотренных зависимостей, построенные по результатам тестирования MM высокоскоростного ОУ THS4011 (www.ti.com).

Следует заметить, что график зависимости КОСС от частоты MM весьма существенно отличается от соответствующего графика в datasheet (MM имеет слишком оптимистичные параметры в части КОСС).

Продолжение следует

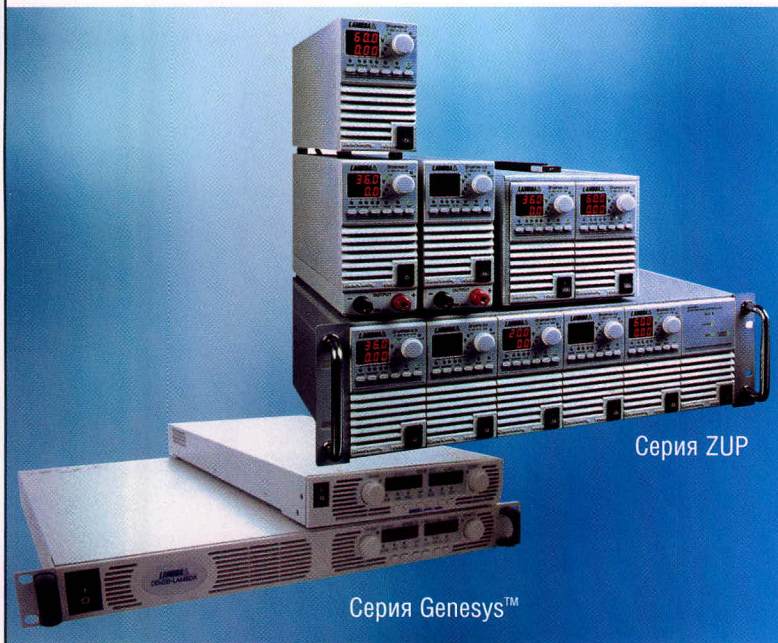
ЛИТЕРАТУРА

1. Лозицкий С. Эволюция SPICE-совместимых макромоделей операционных усилителей. Современная электроника. 2005. №№ 4-6.
2. Лозицкий С. Методы анализа операционных схем в частотной области. Схемотехника. 2004. №№ 7-12; 2005. №№ 1-5.
3. Разевиг В.Д. Система сквозного проектирования электронных устройств DesignLab. М.: Солон, 1999.
4. Разевиг В.Д. Система проектирования OrCAD 9.2. М.: Солон, 2001.
5. Достал И. Операционные усилители: Пер. с англ. М.: Мир, 1982.
6. Jung W. LT1056 Improved JFET Op Amp Macromodel Slews Asymmetrically. Design Note DN43. Linear Technology Corporation, January 1991.



NEMIC LAMBDA 
Leading Power

Программируемые источники питания – МОЩЬ и ИНТЕЛЛЕКТ



Серия ZUP (Zero-Up)

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

Серия Genesys™

Наивысшее значение удельной мощности в конструктиве 1U!

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

Применения ZUP и Genesys™

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

PROSOFT®

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

Применение локальных сетей передачи информации в вычислительных комплексах малогабаритных устройств

Олег Шатров (Челябинская обл.)

В статье рассмотрены наиболее важные вопросы применения локальных сетей в вычислительных комплексах малогабаритных устройств. Описаны параметры сетей на физическом уровне. Обсуждаются преимущества и недостатки стандартов, применяемых для построения сетей. Рассмотрены направления оптимизации стандарта и приведён вариант реализации.

ВВЕДЕНИЕ

Локальные вычислительные сети (ЛВС), используемые в вычислительных комплексах малогабаритных устройств, должны обеспечивать функционирование в реальном времени, с быстрой реакцией на команду или внешнее воздействие в условиях наличия помех и «живучесть» при отказах отдельных модулей. Одновременно предъявляются жёсткие требования к габаритам и потребляемой мощности. В таких комплексах работают устройства, выполняющие различные функции и оказывающие влияние друг на друга, которое усиливается при близком взаимном расположении силовых и измерительных модулей. Для уменьшения взаимных помех и повышения надёжности работы необходима гальваническая развязка функциональных устройств и отдельных приборов, а также экранирование. Такие условия работы предъявляют к ЛВС требования по гальванической развязке, хорошей помехозащищённости и небольшому уровню собственных помех, обеспечивая при этом высокую пропускную

способность для работы в реальном времени.

В качестве ЛВС в бортовых вычислительных комплексах применяются сети, построенные на основе ГОСТ 26765.52-87 [1], ГОСТ 23675-79 [2], ГОСТ 18145-81 [3]. Зарубежным аналогом ГОСТа [1] является стандарт MIL-STD-1553B [5], а ГОСТам [2, 3] в части передачи информации по симметричным линиям соответствует стандарт RS-485 [6]. Достаточно полное описание приёмопередающих трактов указанных выше стандартов приведено в статье [8]. Часто указанные стандарты используются в системах одновременно с применением трансляторов для перехода между различными ЛВС и достижения преимуществ, предоставляемых отдельными стандартами. Проблемы развития и стандартизации ЛВС показаны в статье [7].

ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ЛВС НА ОСНОВЕ RS-485 И ГОСТ 26765.52-87

Стандарт RS-485 позволяет создавать ЛВС со скоростью передачи информации до 10 Мбит/с в зависимости от длины линии. Для передачи информации используется полярный код без возврата к нулю. Этот код не является самосинхронизирующимся и требует передачи дополнительных интервалов синхронизации (стартовые биты). Как прави-

ло, используется байтовая передача информации, однако можно передавать и меньшее число бит. Стандарт описывает параметры ЛВС на физическом уровне (напряжения, токи, требования к устройствам сопряжения и линии передачи).

Интерфейсные платы, основанные на этом стандарте, выпускаются многими производителями в различном исполнении и широко применяются в промышленности. Необходим только один источник питания (3...5 В). В статьях [4, 8] обосновывается необходимость более широкого применения RS-485 в бортовых ЛВС. Однако необходимо отметить, что отсутствует единый стандартизированный протокол передачи, поэтому возникают трудности при сопряжении устройств различных производителей.

Кроме того, код, используемый в RS-485, неоптимален с точки зрения эксплуатационных параметров ЛВС. В нём нет признака передачи служебной информации, поэтому для её формирования необходимо увеличивать число передаваемых байтов, что значительно увеличивает время передачи сообщения, а значит, и время реакции системы на внешнее воздействие.

Код, используемый для передачи информации, затрудняет гальваническую развязку устройств и выделение синхросигнала. Рассмотрим типичный частотный спектр данного кода для скорости передачи информации 1 Мбод, приведённый на рисунке 1.

Из него видно, что основная энергия сигнала сосредоточена в полосе частот от 0 до частоты, период которой равен длительности битового интервала. Спектр содержит постоянную составляющую, что делает невозможным использование трансформаторов для гальванической развязки приборов, подключаемых к ЛВС. Для передачи информации используются уровни 2...3 В. Мощность

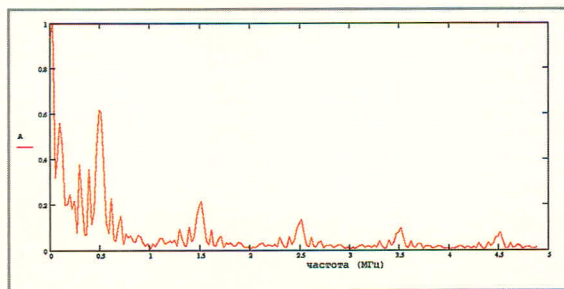


Рис. 1. Типовой спектр сигнала стандарта RS-485

сигнала, выдаваемая передатчиком на линию в импульсе, – не более 0,15 Вт. Интерфейсные микросхемы имеют ограничение по входным импульсным помехам до 16...20 В. При большем уровне помех необходимо использовать дополнительную защиту. Рекомендации по применению RS-485 приведены в работе [6]. Можно добавить, что широко применяемый в автомобильной промышленности стандарт CAN на физическом уровне практически аналогичен RS-485 и ему присущи те же недостатки, хотя CAN имеет хорошо проработанный сложный протокол передачи информации и исправления ошибок.

Стандарт RS-232 также имеет подобные недостатки, но значительно меньшую помехозащищённость и скорость передачи информации.

В ЛВС, созданных на основе ГОСТ 26765.52-87 (MIL-STD-1553), используется фазоманипулированный двухуровневый код, который является самосинхронизирующимся на каждом битовом интервале. Часто данный код называют Манчестер-II, и он широко применяется в сетях Ethernet. Дополнительных битов для осуществления синхронизации не требуется. Это позволяет на порядок понизить требования к точности несущей частоты по сравнению с RS-485, где синхронизация информации осуществляется в начале и в конце передачи байта (стартовый и стоповый биты). Скорость передачи информации – 1 Мбод. Типовой частотный спектр приведён на рисунке 2.

Энергетический спектр имеет более широкую полосу частот. Скорость изменения сигнала в линии в два раза превышает скорость передачи информации, что также в два раза больше, чем у RS-485. В спектре отсутствует постоянная составляющая, что позволяет передавать сигнал через трансформатор для выполнения гальванической развязки. Мощность сигнала, выдаваемая передатчиком в импульсе, – более 2 Вт, что позволяет работать на достаточно длинные линии. Требуется отдельный источник для питания выходных каскадов. Более подробно со стандартом можно ознакомиться в работах [1, 5, 9, 10]. ГОСТ 26765.52-87 имеет хорошо проработанный надёжный протокол обмена информацией. В статье [4] рекомендуется и в дальнейшем использовать данный протокол обмена информацией для

модернизированных интерфейсов.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СТАНДАРТОВ

ЛВС, построенные на основе ГОСТ 26765.52-87, обеспечивают гальваническую развязку через трансформатор и легко согласуются с линией передачи информации. Дополнительно трансформатор выполняет функцию фильтра низких частот для дифференциальных помех, лежащих вне спектра сигнала, осуществляет симметрирование линии и хорошо подавляет синфазные помехи. Это позволяет работать при значительно большем уровне помех в линии, чем в случае с RS-485, где большое напряжение может вызвать повреждение микросхем или исказить информацию. Выигрыш в помехоустойчивости определяется коэффициентом подавления синфазных помех импульсного трансформатора, его небольшой проходной ёмкостью и хорошей симметричностью. Выпускаются специальные сигнальные трансформаторы с секционными обмотками для уменьшения паразитных ёмкостей и увеличения допустимых рабочих напряжений. Стандарт RS-485 значительно проигрывает в помехоустойчивости и возможности осуществления гальванической развязки (для этого приходится применять специализированные микросхемы с оптронами и дополнительным источником питания, что усложняет схему, снижает надёжность и создаёт дополнительные помехи в системе). Дополнительный импульсный источник питания является источником помех, а проходные паразитные ёмкости его трансформатора имеют значительную величину и отрицательно влияют на помехоустойчивость.

Большой уровень сигнала в линии, используемый в ГОСТ 26765.52-87, обеспечивает хорошее соотношение сигнал/шум, возможность работы на линии связи длиной в несколько сотен метров. Это значительно превышает максимальную дальность работы RS-485 и требует большой потребляемой мощности, что является избыточным в случае небольших ЛВС, а также может отрицательно влиять на нормальную работу других систем.

Код, применяемый в ГОСТ 26765.52-87, обеспечивает подстрой-

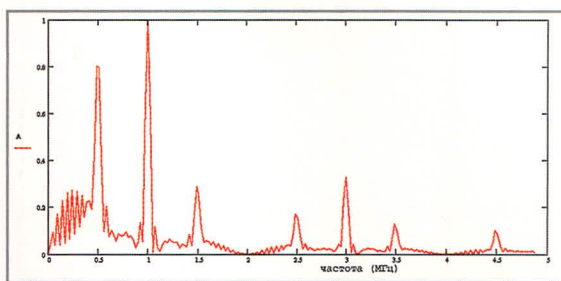


Рис. 2. Типовой спектр сигнала стандарта MIL-STD-1553

ку частоты на каждом битовом интервале, что на порядок лучше, чем у RS-485. В данном случае значительно снижаются требования к задающим тактовым генераторам и повышается надёжность приёма информации в условиях помех.

ЛВС, построенные на основе ГОСТ 26765.52-87, обладают большей надёжностью по сравнению с RS-485, особенно в условиях воздействия сильных помех, и значительно снижают взаимное влияние между отдельными устройствами.

ОСОБЕННОСТИ ПОСТРОЕНИЯ ЛВС ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ МАЛОГАБАРИТНЫХ УСТРОЙСТВ

При небольших габаритах аппарата излишнее высокое напряжение в линии создаёт помехи другим системам. Необходим оптимальный уровень сигнала в линии. Малые размеры требуют повышенной помехоустойчивости приёмников сигнала из-за влияния близкорасположенных соседей. Длина таких сетей – не более 10...20 м (суммарное затухание в линии менее 10 дБ), что позволяет понизить напряжение в линии по сравнению с ГОСТ 26765.52-87 до уровней напряжений, используемых в RS-485 (2...3 В при чувствительности входных компараторов 200...300 мВ). Это даёт возможность упростить приёмопередающее устройство и понизить импульсную передаваемую мощность до 0,15 Вт. Схема интерфейсного модуля для применения в небольших ЛВС приведена на рисунке 3.

Интерфейсный модуль состоит из микросхемы D ADM485, резистора R номиналом 10 Ом и импульсного трансформатора T марки ТИ4 с коэффициентом трансформации 1. Модуль выдаёт в линию $\pm 2...3$ В, имеет входной гистерезис 250 мВ и запас по входному напряжению до 20 В, что позволяет использовать готовое контрольно-испытательное оборудова-

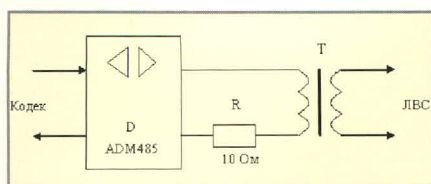


Рис. 3. Схема интерфейсного модуля

ние и работать с устройствами, отвечающими требованиям ГОСТ 26765.52-87. Помимо основного канала ЛВС, для испытательных целей часто используется технологический канал, по которому осуществляется регулировка и съём дополнительной информации при проведении испытаний. При использовании одинаковых протоколов можно либо объединять оба канала на время проведения проверок, либо использовать технологический канал в качестве резервного для повышения надёжности.

Поскольку рассматриваемые ЛВС имеют длину до 10 м, возможно применение согласующего кабеля с ненормированным волновым сопротивлением. При типовой задержке сигнала в линии 5 нс/м суммарная задержка сигнала с отражением от конца линии и возвратом к источнику сигнала равна:

$$5 \text{ нс/м} \times 20 \text{ м} = 100 \text{ нс.}$$

Время переходных процессов в линии не превышает длительность фронта сигнала (100...200 нс). Использование концевых резисторов на концах кабеля обязательно (с волновым сопротивлением, соответствующим типу кабеля), но их номинал может быть подобран с меньшей точностью (до $\pm 5\%$), чем требуется в ГОСТ 26765.52-87. Кабели с нормированным волновым сопротивлением имеют большой диаметр и большой радиус изгиба, что значительно увеличивает длину линии даже при близком расположении блоков. Используя тонкие кабели (например, МГТФЭ $2 \times 0,12$), при малых размерах линии можно значительно улучшить массогабаритные характеристики без значительного ухудшения качества передаваемых сигналов.

Возможно увеличение скорости передачи информации выше 10 Мбод при реализации кодирующих/декодирующих устройств в программируемых логических интегральных схемах (ПЛИС). ПЛИС позволяют в одном корпусе реализовать несколько устройств, работающих по различным ЛВС.

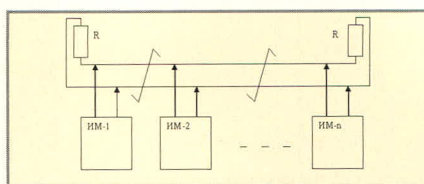


Рис. 4. Пример построения ЛВС

ВАРИАНТ ПОСТРОЕНИЯ ЛОКАЛЬНОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ МАЛОГО АППАРАТА

Напряжение в линии понижено до 3 В. Питание ППУ от источника 3...5 В. Ток через трансформатор в импульсе – около 50 мА при работе на линию с волновым сопротивлением 100...120 Ом.

Кабель с нормированным волновым сопротивлением (КВСФ-75) заменён на провод МГТФЭ- $2 \times 0,12$ либо витую пару в экране, имеющую волновое сопротивление 100...140 Ом. Желательно использовать экранированный кабель, что позволяет уменьшить импульсные электрические помехи, которые плохо подавляются трансформатором и дифференциальными входными цепями приёмника из-за паразитных входных ёмкостей и могут превысить допустимый входной предел для микросхемы.

Используется протокол ГОСТ 26765.52-87, что обеспечивает совместимость устройств и упрощает модифицирование системы.

Пример построения ЛВС приведён на рисунке 4.

Интерфейсные модули ИМ1...ИМn подключаются к линии напрямую без защитных резисторов, в отличие от рекомендаций ГОСТ 26765.52-87. Упрощённое подключение к линии без последовательных защитных резисторов позволяет повысить уровень сигнала, выдаваемого в линию, и уменьшить напряжение питания интерфейсного модуля (уровни сигналов будут аналогичны стандарту RS-485). Номинал волновых сопротивлений на концах линии зависит от типа применённого кабеля и обычно находится в диапазоне 100...120 Ом.

Выводы

1. Применение RS-485 ограничено ЛВС с низкой стоимостью, без требований к надёжности и без гальванической развязки. Для ЛВС с повышенными требованиями к надёжности и помехоустойчивости необходимо применять сети на основе ГОСТ 26765.52-87.

2. Понижение уровней сигнала и, как следствие, напряжения питания позволяет создать ЛВС на основе ГОСТ 26765.52-87 с высокими требованиями по надёжности, минимальными габаритами и потребляемой мощностью, минимальной номенклатурой источников питания. При этом сохраняется возможность работы с устройствами, соответствующими ГОСТу на линиях длиной до 10...50 м.

3. Упрощение требований к кабельной сети в малых ЛВС позволяет отказаться от кабеля с нормированным волновым сопротивлением и применить экранированные витые пары, что ведёт к уменьшению габаритов, массы и стоимости без существенного ухудшения качественных показателей.

4. Применение трансформатора обеспечивает повышенную помехоустойчивость и надёжность работы ЛВС в условиях воздействия сильных помех. Трансформатор позволяет реализовать качественную гальваническую развязку с малыми проходными ёмкостями и хорошим подавлением синфазных помех, что превосходит стандартную реализацию гальванически развязанного канала RS-485 на оптронах и с дополнительным источником питания. Хорошее подавление синфазных и дифференциальных помех является большим преимуществом ГОСТ26765.52-87 по сравнению с RS-485. Гальваническая развязка в данном случае выполняется с помощью одного трансформатора (в отличие от RS-485), что значительно увеличивает надёжность ЛВС при меньшей стоимости подключения.

5. Стандарт RS-485 требует использования задающих генераторов с точностями на порядок выше, что приводит к худшей надёжности и помехоустойчивости.

6. В описанной реализации существует возможность совмещения штатного и технологического интерфейсов.

7. Использование стандартного интерфейса на основе ГОСТ26765.52-87 позволяет модернизировать систему, используя готовые приборы. При проведении испытаний возможно использование оборудования, полностью отвечающего требованиям ГОСТ26765.52-87.

8. При соизмеримых габаритах и потребляемой мощности устройства

на основе ГОСТ 26765.52-87 (с учётом указанных выше замечаний) обеспечивают более надёжную и помехоустойчивую ЛВС по сравнению с RS-485.

На основе всего вышесказанного можно сформулировать следующие предложения по созданию редакции ГОСТ 26765.52-87 для использования в малых бортовых ЛВС (длиной до 10 м):

1. Понизить уровни сигнала в линии передачи информации до уровней RS-485 – выходное напряжение передатчика установить на уровне 1,5...3 В на нагрузке 50 Ом.
2. Упростить подключение клинии, отказавшись от защитных резисторов.
3. Упростить требования к кабельной сети, допуская использование кабеля с ненормируемым волновым сопротивлением; при этом в пределах одной ЛВС должен применяться один тип кабеля. Кабель должен быть витым и экранированным.
4. Предусмотреть возможность повышения скорости передачи информации при соответствующем изменении параметров линии.

Все перечисленные пункты касаются только линии передачи инфор-

мации, параметров сигналов в линии и способов подключения к ней, не затрагивая протокол. В результате получим канал обмена информацией, по простоте организации и требуемым затратам соизмеримый с RS-485 без гальванической развязки, но значительно превосходящий его по надёжности и помехоустойчивости.

Основные преимущества предложенной редакции ГОСТ 26765.52-87:

- высокая помехоустойчивость;
- простая и надёжная гальваническая развязка с помощью трансформатора;
- низкие требования к стабильности частоты передачи;
- низкая потребляемая мощность;
- простой и надёжный протокол обмена;
- преемственность на уровне протокола и возможность работы в сетях, построенных на основе ГОСТ 26765.52-87.

ЛИТЕРАТУРА

1. Интерфейс магистральный последовательной системы электронных модулей. Общие требования. ГОСТ 26765.52-87.

2. Цепи стыка С2 системы передачи данных. Электрические параметры. ГОСТ 23675-79.
3. Цепи на стыке С2 аппаратуры передачи данных с оконечным оборудованием при последовательном вводе/выводе. Номенклатура и технические требования. ГОСТ 18145-81.
4. Гобчанский О. Проблемы создания бортовых вычислительных комплексов малых космических аппаратов. СТА. 2001. № 4. С. 28.
5. Хвоц С., Амаду Х. Промышленные сети на базе стандарта MIL-STD-1553 В. СТА. 1999. № 1. С. 42.
6. Локотков А. Интерфейсы последовательной передачи данных. Стандарты EIA RS-422A/RS-485. СТА. 1997. № 3. С. 110.
7. Копошилко И., Федосеев Е., Павлов А. Организация высокоинтеллектуальных средств информационного обмена бортового применения, их унификация и стандартизация. Проблемы и достижения. Мир Авионики. 2000. № 4. С. 24.
8. Микросхемы приёмопередатчиков для основных типов мультиплексных каналов информационного обмена. Компоненты и технологии. 2002. № 5. С. 68.
9. www.elcus.ru.
10. www.milaero.com.






ПРИБОРОСТРОЕНИЕ ЭЛЕКТРОНИКА. ЭЛЕКТРОТЕХНИКА - 2006

V межрегиональная специализированная выставка

14 - 16 НОЯБРЯ 2006

Основные разделы выставки:

- Передовые технологии, оборудование, материалы
- Датчики, системы идентификации, первичные преобразователи, электроприводы
- Контрольно-измерительные и диагностические приборы
- Электронные устройства, компоненты, элементная база
- Метрология, весоизмерительное оборудование
- Электротехническое оборудование общепромышленного применения
- Силовая электроника и микроэлектроника
- Специализированная литература

Место проведения:
 КОСК «Россия» г. Екатеринбург ул. Высоцкого, 14
 Тел/факс: (343) 347-45-05, 347-18-32
 e-mail: vystavka@kosk.ru
<http://www.kosk.ru>



Многоканальный UART с эффективным использованием ресурсов кристалла ПЛИС

Алексей Шабалин (Москва)

В статье рассмотрено построение нескольких однотипных UART, имеющих общую аппаратную часть. Предложен пример выполнения такой схемы на базе ПЛИС фирмы Xilinx серии VIRTEX II. Несмотря на то что приводится вариант построения конкретного устройства – многоканального UART, рассматриваемые методы могут быть применимы и в других случаях, когда требуется построение в одном кристалле нескольких одинаковых модулей.

Современные технологии изготовления ИМС позволяют достичь малых задержек на логических элементах (для FPGA – 2...4 нс [1]) и, соответственно, очень высоких рабочих частот. Естественно, общая задержка на комбинированной схеме зависит от сложности булевой функции, реализуемой ею, и возможностей базовой ячейки кристалла по покрытию этой функции. Но, как правило, она не превышает 20 нс, что позволяет схеме работать на частотах до сотен мегагерц. Для работы многих сравнительно медленных цифровых устройств, таких, например, как UART, столь высокая частота не требуется. Рассмотренный метод построения устройства позволяет в

некоторых случаях максимально использовать возможности быстрой логики, сокращая при этом драгоценную площадь кристалла, занимаемую группой одинаковых устройств.

Основная идея – использование одной «быстрой» аппаратной части для обслуживания нескольких однотипных «медленных» устройств. В данной схеме такой частью является автомат состояний UART, который может последовательно обслужить несколько каналов. Разработанный приёмопередатчик имеет возможность обслуживания 8 каналов. Это продиктовано заранее заданной внутренней частотой – 29,5 МГц и максимальной скоро-

стью передачи каждого канала – 115,2 Кбод.

Однако устройства памяти регистров и состояний строятся на элементах с глубиной 16, поэтому существует возможность увеличения количества каналов до 16 при повышении внутренней тактовой частоты. Общая структура устройства представлена на рисунке 1.

Для буфера FIFO используется блочная память, характерная для кристаллов VIRTEX, сконфигурированная как 2К × 8. Используется один блок такой памяти, который позволяет хранить 128 принятых и 128 ждущих отправления байт. К этой памяти могут обращаться:

- приёмник – для записи;
- передатчик – для чтения;
- модуль управления чтением и записью – для записи в очередь передаваемых байтов и для чтения из очереди принятых.

Таким образом, за один квант времени работы канала одновременно может происходить до четырёх обращений к памяти. Память – двухпортовая, что означает возможность записывать и читать по произвольному адресу в одном такте. Из вышесказанного следует, что для того, чтобы обеспечить работу канала в худшем случае (при одновременном обращении приёмника, передатчика и модуля управления чтением/записью), необходимо затратить минимум два такта. Из этих соображений под квант времени работы одного канала выделено два такта.

Все регистры и память состояний построены также на памяти, но другого типа.

В терминологии Xilinx она называется распределённой (Distributed RAM) [2]. Особенностью этой памяти является архитектура 16 × 1. Эта память также двухпортовая, что позволяет обращаться к регистрам приёмнику, передатчику и модулю управления чтением/записью за

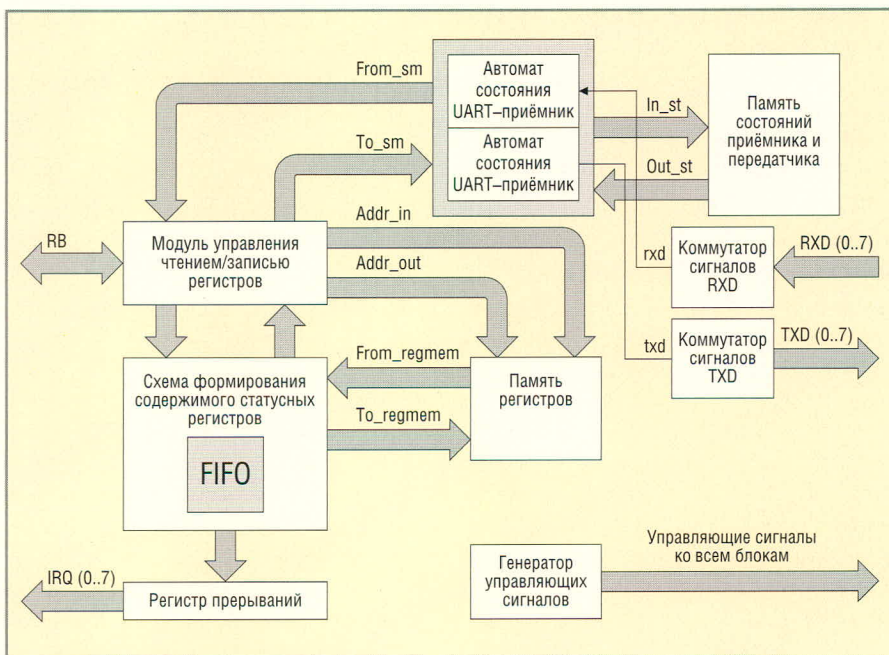


Рис. 1. Структура многоканального UART

один квант времени работы автомата.

Использование такой памяти для хранения значений регистров вместо триггеров позволяет, помимо прочего, значительно сократить занимаемый аппаратный ресурс кристалла.

На рисунке 2 представлена секция конфигурируемого логического блока кристаллов семейства VIRTEXII [2] (CLB slice); логический блок включает 4 таких части. Как видно из рисунка, в каждой секции содержатся два так называемых функциональных генератора (FG – function generator), которые могут конфигурироваться как LUT (функциональный преобразователь), SHRL16 (сдвиговой регистр) или RAM16 (память 16×1) и два триггера (register).

При использовании для хранения одного бита триггера, для реализации 8-разрядного регистра потребовалось бы задействовать ресурсы четырёх CLB slice, а для создания восьми регистров (для каждого канала) – 32 CLB slice, то есть 64 триггера. В то же время использование FG, сконфигурированных как распределённая двухпортовая память, позволяет задействовать ресурсы лишь восьми CLB slice (для двухпортового элемента памяти RAM16 требуется два функциональных генератора). В этом случае каждый блок RAM16 хранит некоторый разряд некоторого регистра всех каналов.

Перейдём теперь к рассмотрению функционирования устройства.

Приёмник состоит из следующих модулей:

- генератор управляющих сигналов – определяет номер такта и номер работающего в данный момент UART;
- память регистров – хранит значения регистров всех UART; построена на распределённых элементах памяти с двумя портами;
- память состояний – хранит состояния всех UART; также построена на распределённых элементах памяти с двумя портами;
- коммутатор сигналов – выбирает, какой из входящих сигналов обрабатывается в данный момент;
- модуль управления чтением/записью регистров – реализует интерфейс доступа к регистрам

UART (далее RB), осуществляет связь с ЦП и коммутирует регистры требуемого UART с автоматом состояния;

- схема формирования содержимого статусных регистров и управления FIFO – управляет памятью, организуя дисциплину выборки FIFO для каждого из каналов, и формирует значения регистров, связанные с использованием буфера FIFO.

- автомат состояний: приёмник обрабатывает входные данные (RXD) и в соответствии с полученным словом изменяет значения регистров.

Передачик в нужный момент даёт коммутатору команду TXD, в соответствии с которой на том или ином TXD-канале устанавливается требуемое значение.

В процессе функционирования схемы происходит поочерёдная работа каждого UART. Квант работы – два такта, причём отработка состояний UART происходит всегда, независимо от того, включен он или нет. В последнем случае автомат работает «вхолостую».

Так как на чтение или запись регистров необходим только один такт, имеется возможность за квант работы автомата обратиться к ним два раза: один раз со стороны автомата, другой – со стороны ЦП.

Рассмотрим более подробно работу основных модулей.

Генератор управляющих сигналов вырабатывает сигнал, определяющий номер такта кванта – первый или второй (f – first, s – second), номер текущего UART, а также номер следующего и предыдущего. Эти сигналы необходимы для представления значений регистров к моменту обработки в автомате состояния и записи новых значений после отработки UART, поскольку во время работы с текущими значениями регистров UART читается значение регистров следующего и записывается результат работы предыдущего.

Модуль управления чтением/записью регистров, помимо вышеперечисленных функций, осуществляет также сброс регистра прерываний, т.к. прерывания должны сбрасываться при обращении к соответствующим регистрам со стороны ЦП, которое может осуществляться в момент работы любого UART, и нет возможно-

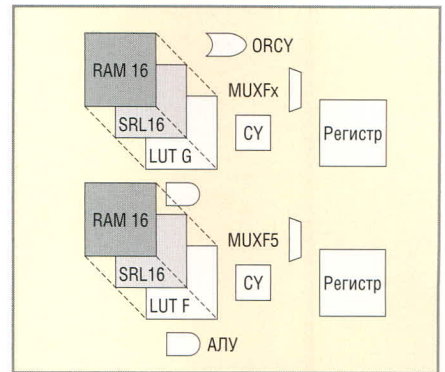


Рис. 2. Функциональный блок VIRTEX II

сти ждать, когда обработка дойдёт до нужного UART.

Автомат состояний описывается графом, длина всех путей – 2. По такту f автомат переходит в состояние, которое соответствует состоянию обрабатываемого UART (его значение приходит из памяти состояний). По второму такту s выполняется обработка: изменение значений регистров и вывод нового состояния, которое затем поступает обратно в память состояний; автомат при этом возвращается в исходное состояние.

Кроме того, если значение в счётчике ожиданий, пришедшее из памяти состояний, не равно 1, то по такту f никакой обработки не происходит, а по s значение уменьшается на 1, и автомат возвращается в исходное состояние. Если значение в счётчике равно 1, то в него записывается значение из DLL и DLM (регистры деления частоты) текущего UART, и выполняется обработка (см. выше). Таким образом осуществляется деление частоты.

Рассмотрим, как осуществляется приём данных, например, второго канала UART.

Такт 1 (f): первый такт работы предыдущего приёмника (первого). В этом такте одновременно осуществляется подготовка к работе приёмника 2 – адрес второго приёмника выставляется на чтение из памяти регистров (addr_out).

Такт 2 (s): второй такт работы первого приёмника. В нём также осуществляется подготовка к работе следующего приёмника: в этом такте выставляются данные из памяти регистров, адрес которых указан в предыдущем такте (from_regmem). Одновременно эти данные поступают на вход автомата состояний (to_sm).

Задействованные ресурсы кристалла

Тип ресурса	Всего доступно	Задействовано		
		многоканальный UART	одиночный UART	8 одиночных UART
FG	10 240	975 (9,52%)	502 (4,90%)	4016 (39,2%)
CLB slice	5120	488 (9,53%)	251 (4,90%)	2008 (39,2%)
Триггеры	10 240	648 (6,32%)	272 (2,65%)	2176 (21,25%)
Блочная память	40	1 (2,5%)	0	0

Такт 3 (f): первый такт работы второго приёмника.

Такт 4 (s): второй такт работы приёмника. В нём на выход выставляются новые значения регистров (from_sm) и состояния (in_st).

Такт 5 (f): первый такт работы следующего (третьего) UART. Осуществляется запись нового состояния второго UART. Новые данные (UART 2) поступают на вход памяти регистров (to_regmem := from_sm); одновременно разрешается запись во все регистры.

Такт 6 (s): по этому такту происходит запись в память регистров второго UART.

Передатчик обрабатывает канал совместно с приёмником. Они одновременно получают новые значения регистров и состояний, обрабатывают их и выдают новые значения для записи.

Запись новых значений регистров со стороны процессора осуществляется следующим образом. По такту s

выставляются данные на память регистров (to_regmem), номер UART (addr_in); устанавливается разрешение записи соответствующего регистра.

По такту f происходит запись.

Если во время прихода запроса на запись регистра *i*-го UART автомат обрабатывает (*i* - 1)-й, *i*-й или (*i* + 1)-й UART, то запись откладывается до окончания их обработки.

Чтение регистров происходит так.

Такт 1 (s): выставляется адрес на память регистров (номер UART'a) - addr_in.

Такт 2 (f): по этому адресу память выдаёт содержимое всех регистров UART (from_regmem).

Такт 3 (s): по адресу регистра (reg_addr) выбирается нужный и его значение поступает на шину процессора. Если сопоставить обращения к памяти RB и автомата приёмопередатчика, то можно увидеть, что она читается и записывается в каждом такте.

В заключение следует отметить, что модель написана на VHDL. Именно на основе VHDL-кода синтезируется схема и карта разводки кристалла. Однако часть VHDL-кода сгенерирована автоматически - а именно, код, описывающий соединения модулей, и код, описывающий графы автоматов приёмника и передатчика. Это позволило сосредоточить внимание на функциональности, не отвлекаясь на синтаксис языка. Для этих целей была использована среда разработки HDL DESIGNER [3].

В общем случае сокращение ресурсов кристалла описывается следующей зависимостью:

$$K = \frac{AN}{A + D},$$

где *K* - коэффициент, показывающий, во сколько раз сокращается аппаратный ресурс, *A* - аппаратный ресурс кристалла, занимаемый одним устройством, *D* - дополнительный ресурс, используемый при реализации многоканальности, расходующийся на блоки, которые обеспечивают подачу данных на общую аппаратную часть, *N* - количество каналов:

$$N = \frac{F}{F_{\text{ном}}},$$

где *F* - частота работы многоканального устройства, *F_{ном}* - частота работы единичного устройства.

Так как в общем случае кристалл ПЛИС содержит разнородные блоки, то под ресурсом кристалла здесь понимается некоторое усреднение по задействованным блокам.

Отсюда видна возможность применения предложенной схемы для построения однотипных устройств: *K* > 1, т.е. *D* < *A* (*N* - 1).

В таблице приведён список задействованных ресурсов кристалла 2V1000 под рассматриваемый проект для одиночного и многоканального UART в соответствии с архитектурой XR16C2850 [4].

ЛИТЕРАТУРА

1. Грушвицкий Р.И., Мурсаев А.Х., Узрюмов Е.П. Проектирование схем на микросхемах программируемой логики. СПб.: БХВ//Петербург, 2002.
2. www.xilinx.com.
3. www.mentor.com.
4. Datasheet XR16C2850 www.exar.com. ©

www.platan.ru
ПЛАТАН
ЭЛЕКТРОННЫЕ КОМПОНЕНТЫ
ПРИЕМКА «5»
 Сертификат № СВС.01.423.0341.05
 выдан Центральным органом системы
 «Военэлектронсерт»
 ФГУП «22 ЦНИИ Минобороны России»
 микросхемы | диоды | разъемы | конденсаторы | реле | вставки плавкие
ООО «ПЛАТАН СПЕЦПРИЕМКА»
 121351, Россия, Москва, ул. Ивана Франко, д.40, стр.2
 Тел./факс: (495) 417 43 18
 E-mail: spetspriemka@platan.ru

Новости мира News of the World Новости мира

Разработана первая печатающая головка на основе OLED

Корпорация Seiko Epson разработала первую в мире печатающую головку, использующую светоизлучающий элемент OLED (organic light-emitting diode).

В настоящее время электрофотографические технологии (для копиров и принтеров) в качестве источников света используют либо лазерные, либо светодиодные устройства. Компания Epson в сотрудничестве с Sumitomo Chemical разработала сверхъяркий светоизлучающий элемент OLED, которым можно заменить эти источники света.

При формировании светодиода OLED материал наносится непосредственно на стеклянный носитель, что позволяет сразу создавать линейки источников света. Благодаря этому печатающая головка получается очень маленькой и ультратонкой, а световые элементы нужного размера получаются очень чёткими.

По заявлению представителей Epson, тестирование прототипа печатной головки с OLED-элементом показало качество, сравнимое, а в некоторых случаях и превосходящее показатели обычных лазерных принтеров.

В настоящее время специалисты компании работают над объединением OLED и созданной Epson технологии изготовления тонкоплёночных транзисторов из низкотемпературного поликристаллического кремния, что позволит увеличить разрешение печати, а также снизить стоимость печатающих устройств за счёт помещения управляющих интегральных схем непосредственно в печатающую головку.

По оценкам специалистов, новая технология изготовления печатающей головки актуальна для производства цветных принтеров. Она позволяет создавать малогабаритные решения, обеспечивающие высокое разрешение и большую скорость печати.

<http://itc.ua>

Sharp выпустит самый крупноформатный профессиональный ЖК-дисплей

Корпорация Sharp сообщила, что с июня начинает поставки в США самого крупноформатного в мире ЖК-дисплея профессионального уровня. Модель PN-655 имеет размер диагонали 65 дюймов и поддерживает двухмегапиксельное разрешение (1920 × 1080).

Использование технологии DFE (Dual-Fine Engine) позволяет отображать с высоким качеством сигналы, поступающие как от компьютера, так и от видеотехники. Дисплей оборудован полным набором разъёмов для подключения всевозможного цифрового и аналогового оборудования.

Корректному воспроизведению всей цветовой гаммы способствует применение флуоресцентной подсветки с холодным катодом с излучением на четырёх волнах. Собственная разработка Sharp Advanced Super View (ASV) делает модель PN-655 оптимальным выбором для отображения динамичной графики с малым временем отклика (6 мс). Угол обзора дисплея составляет 170 градусов, а отсутствие охлаждающего вентилятора уменьшает энергопотребление и уровень шума по сравнению с моделями других конструкций.

Подвержены ли вирусам системы RFID?

Группа исследователей из амстердамского университета (Vrije Universiteit) на мероприятии IEEE Pervasive Computing and Communications Conference, проходившем на днях в Италии, представила отчёт с названием: «Your Cat Infected With a Computer Virus?». В этой работе сообщается о том, что учёным удалось заразить вирусом RFID-чип Philips в системе, которая работала на Windows-платформе и использовала БД Oracle 10g. При этом вредоносная программа была меньше 1 Кб. В исследовании также рассмотрено несколько сценариев возможного развития событий с использованием заражённого чипа.

Детали исследования голландских учёных представлены на сайте (www.rfid-virus.org/index.html). Впрочем, стоит отметить, что некоторые аналитики пока достаточно скептически относятся к массовым вирусным эпидемиям в RFID-системах.

<http://itc.ua>

Оки впервые в мире осуществила передачу 160 Гб/с на расстояние 635 км

Оки Electric Industry сообщила о проведённом ею успешном эксперименте по передаче за одну секунду 160 Гб видеоданных на расстояние 635 км.

Этот результат был достигнут в рамках проекта Research and Development on

Ultra-high-speed Backbone Photonic Network Technologies Национального института информации и коммуникаций (NICT) с использованием экспериментальной оптоволоконной сети Japan Gigabit Network II (JGN II).

По мнению Харушиге Сугимото (Harushige Sugimoto), технического директора Oki Electric, успех испытаний, состоявшихся в декабре 2005 г., продемонстрировал возможность использования технологий JGN II для реализации оптических коммуникаций на больших расстояниях, например, между Токио и Осака (500 км), со скоростью, в 16 раз превосходящей возможности современных коммерческих систем (10 Гб/с).

<http://itc.ua>

Углеродные нанотрубки получат применение в системах подсветки для ЖК-панелей

Учёные из университета Tatung в Тайбэе (Тайвань) изготовили плазменную световую панель, в которой в качестве электродов использованы углеродные нанотрубки. Такой источник, обеспечивающий равномерное освещение, особенно перспективен для применения в ЖК-дисплеях.

В настоящее время подсветка ЖК-панелей осуществляется с помощью флуоресцентных ламп или светодиодов. Первые расходуют много энергии, требуют высокого напряжения и имеют ряд конструктивных ограничений, тогда как вторые отличаются высокой себестоимостью.

В созданном на Тайване устройстве используется полупрозрачная плёнка толщиной 10 мкм, содержащая нанотрубки и люминесцентный порошок. Методом печати эта смесь нанесена на квадратный фрагмент проводящего стекла. Нанотрубки действуют как свечи зажигания, создавая аргоновую плазму, которая, в свою очередь, возбуждает ультрафиолетовым излучением люминесцентный материал.

Прототип размерами 5 × 5 см создан с применением простого производственного процесса и потребляет в 2...5 раз меньше энергии, чем флуоресцентные лампы с холодным катодом. Кроме того, отказ от ксенона и замена его более дешёвым аргоном способствует снижению себестоимости будущих систем подсветки.

<http://itc.ua>

Современные методы автоматизации измерительных и технологических процессов

Усман Фейзханов, Данила Таликов (Московская обл.)

Авторы демонстрируют, каким образом компьютерные технологии облегчают решение измерительных задач и предоставляют большие возможности для управления технологическими процессами. В качестве примера рассмотрена среда разработки ZETLab-Studio.

Задачи измерения и автоматизации

Применение компьютерных технологий в современных системах измерения, мониторинга, анализа сигналов или управления технологическими процессами уже стало нормой жизни. Трудно себе представить мощный измерительный комплекс без компьютерного оснащения.

Современные технологии позволяют создавать многофункциональные

измерительные комплексы на базе персональных компьютеров и дополнительных устройств ввода/вывода сигналов: плат аналого-цифрового (АЦП) и цифро-аналогового преобразования (ЦАП).

Большинство задач испытаний, измерений и/или исследований можно представить в виде последовательности логических действий: накопление – обработка – представление результатов (рис. 1). Каждый этап включает в

себя множество операций, автоматизация которых позволяет существенно упростить измерительный процесс.

Программные и аппаратные средства ZETLab компьютерной автоматизации измерений, управления и моделирования широко применяются в различных областях промышленности, научных исследованиях и в образовании [1]. Аппаратные средства содержат все компоненты современных измерительно-управляющих комплексов: системы сбора данных, устройства ввода и вывода аналоговых и цифровых сигналов, распределённые измерительно-управляющие контроллеры на шинах PCI, USB, Ethernet и т.д. Используемая в ZETLab концепция виртуальных приборов позволяет значительно расширить функциональность создаваемых испытательных и измерительных систем при одновременном сокращении затрат на их разработку. Среда разработки пользовательских приложений ZETLab-Studio представляет собой набор встраиваемых компонент для быстрой и эффективной разработки измерительных, контрольных и управляющих программ. Она является удобным инструментом для создания высокопроизводительных систем обработки сигналов в реальном масштабе времени.

Многовариантность решений для различных задач

Решения стандартных задач измерения параметров электрических сигналов реализованы в составе ZETLab большим набором программ-приборов: вольтметры, осциллографы, генераторы, программы для спектральной обработки сигналов, самописцы, регистраторы и т.п. Для решения задач по конкретным требованиям конечных пользователей среда разработки ZETLab-Studio позволяет создавать многофункциональные программно-измерительные комплексы.



Рис. 1. Основные задачи измерения и обработки сигналов

Представьте себе инструмент, прибор или систему, которые в точности соответствуют требованиям вашей задачи; инструмент, который собирает, анализирует, представляет данные и осуществляет управление именно необходимым вам способом. С помощью ZETLab таким инструментом может стать обычный компьютер, стоящий у вас в лаборатории или на производстве, либо компьютер типа Notebook, оснащённый дополнительными устройствами ввода информации. ZETLab-Studio – интегрированная среда разработчика для создания программ сбора, обработки данных и управления периферийными устройствами. Программирование осуществляется на любом объектно-ориентированном языке (Visual Basic, Visual C++, Delphi) с использованием библиотечных элементов и готовых программ ZETLab. Сочетание широко используемого языка программирования и большого количества разнообразных компонент позволяет значительно сократить время разработки сложных систем при сохранении высокой скорости выполнения программ. Библиотеки современных алгоритмов обработки и анализа данных превращают средства ZETLab в универсальный инструмент создания интегрированных систем на базе персональных компьютеров.

В комплект ZETLab входит более 100 различных готовых программ, компонентов и библиотек, которые пользователи могут интегрировать в свои приложения. В основу пакета программ ZETLab заложен принцип одновременной работы многих программ и максимальное использование вычислительных мощностей программных и аппаратных средств. В пакете ZETLab пользователю надо всего лишь подобрать набор необходимых инструментов и связать их в один проект. Таким образом, комплект ZETLab позволяет без потери производительности избежать сложностей обычного «текстового» и «графического» программирования.

РАЗРАБОТКА ФУНКЦИОНАЛЬНО ПОЛНОЙ СИСТЕМЫ

Как правило, программные пакеты решают только один аспект поставленной задачи. Пакет ZETLab предоставляет все необходимые средства, объединённые единой методологией, – виртуальные приборы общего

назначения: осциллографы, самописцы, вольтметры, частотомеры, узкополосные и долеоктавные анализаторы, корреляторы, регистраторы, генераторы различных сигналов, фильтры верхних и нижних частот, устройства цифрового ввода и вывода. Кроме того, предоставляются специализированные приборы: измерители нелинейных искажений, амплитудных, фазовых и частотных характеристик, генераторы с обратной связью, программы для модального и порядкового анализа. На основе готовых приборов можно собрать испытательный или измерительный стенд, систему управления производственным циклом или систему мониторинга. Нажатием на одну кнопку можно сохранить выполненный проект и запускать его по мере необходимости. Пример рабочего стола при работе в ZETLab показан на рис. 2.

Все виртуальные приборы-программы работают как в реальном времени, так и в режиме обработки оцифрованных в виде файлов сигналов. Средства регистрации и воспроизведения сигналов позволяют записывать сигнал и обрабатывать его с применением различных алгоритмов. Это существенно минимизирует время разработки и отладки законченной системы. Пакет ZETLab позволяет в одном персональном компьютере одновременно использовать несколько различных устройств ввода/вывода. Так, для медленно меняющихся сигналов можно использовать многоканальные АЦП, а для быстро меняющихся – высокопроизводительные АЦП. Связав в локальную сеть несколько компьютеров, можно работать с одним измерительным трактом на нескольких компьютерах в реальном масштабе времени. Это особенно полезно при проведении учебного процесса. Также это широко используется в системах непрерывного контроля и мониторинга, когда один компьютер используется для непрерывной записи сигналов и выдачи предупреждений, а другой – для проведения диагностики контролируемых узлов. Существенным достоинством пакета ZETLab является то, что многие виртуальные приборы в комплекте с устройствами ввода/вывода сертифицированы в качестве средств измерения (СИ) и внесены в реестр СИ Российской Федерации. Вы можете написать собственные приложения, управляющие виртуальными

приборами и собирающими результаты. В этом случае существенно упрощается метрологическая аттестация собранной таким образом системы. Для создания собственных приложений и управления существующими программами используется модуль управления и автоматизации.

Все виртуальные приборы имеют возможность записывать результаты в файлы для последующей обработки и анализа результатов. В пакете ZETLab предусмотрено всё для создания отчётов в Microsoft Excel и Word с минимальными затратами времени и сил. Кроме того, пользователь имеет широкие возможности по манипулированию данными – запись/чтение с диска, передача по сети, печать на принтере или плоттере.

ПОСТРОЕНИЕ СОБСТВЕННОГО ВИРТУАЛЬНОГО ПРИБОРА

В ZETLab можно написать собственную программу виртуального прибора. Поскольку программное обеспечение ZETLab позволяет запускать и выполнять множество программ, вы можете разделить свою задачу на несколько независимых программ. Программа виртуального прибора может быть написана на любом объектно-ориентированном языке программирования. В программу устанавливаются различные программные компоненты, отвечающие за ввод-вывод аналоговых и цифровых данных, графическое отображение двумерных и трёхмерных графиков, X-Y-графиков, графиков в полярных координатах, интегральных уровней, цифровых индикаторов. В программу также можно ставить стандартные компоненты объектно-ориентированного языка: кнопки, текстовые блоки, диалоги открытия файлов и многие другие. Большое количество учебников и примеров по существующим языкам программирования позволяет изучать их до любой степени детализации. Все компоненты самодокументированны, что позволяет достаточно быстро освоить необходимые команды. В результате компиляции получается исполняемый код программы, что позволяет полностью использовать вычислительные возможности компьютера и распространять исполняемый рабочий файл программы без исходного текста программы. Полученную программу можно оформить в своём индивидуальном дизайне и использовать

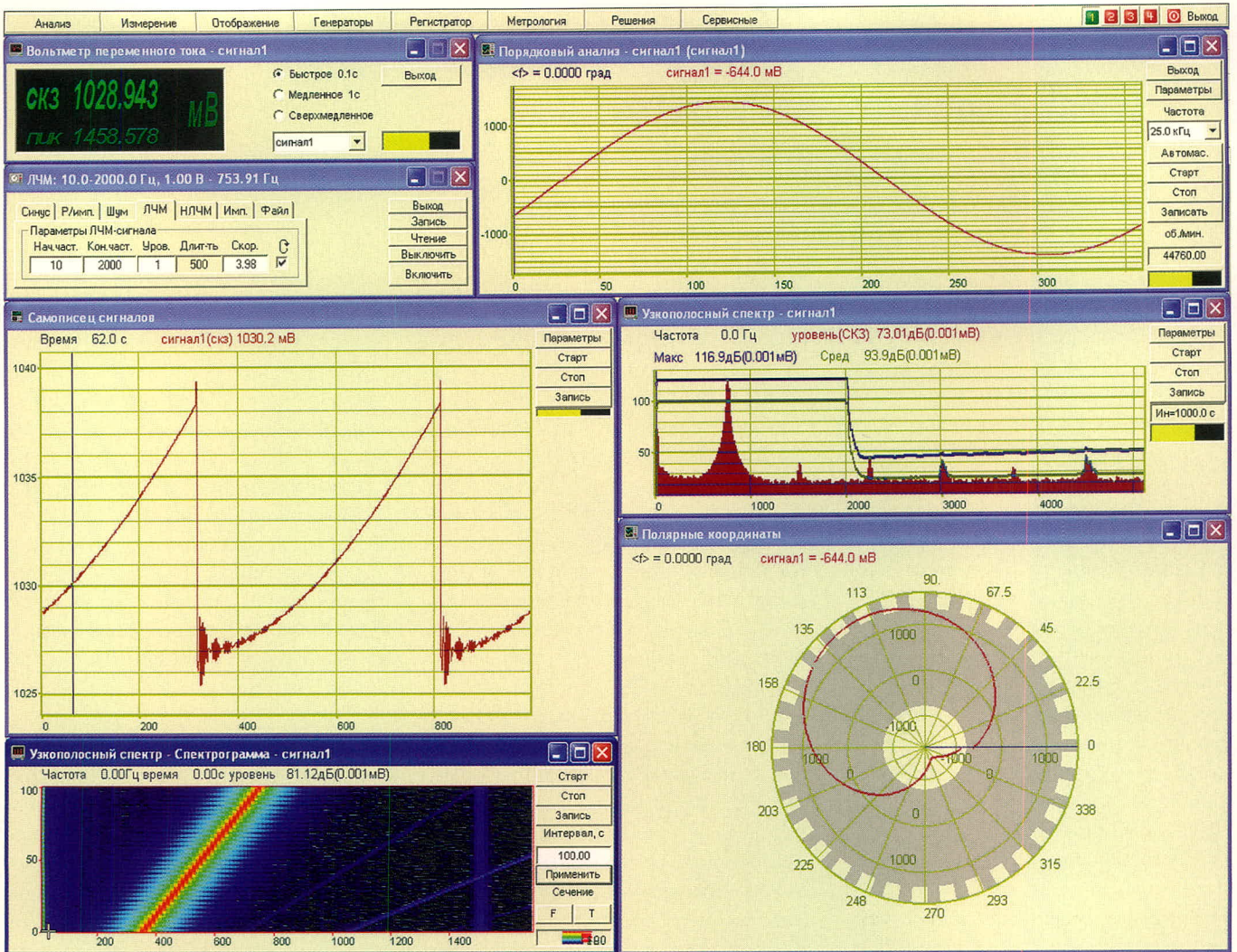


Рис. 2. Один из вариантов рабочего стола при работе в ZETLab

наравне с программами из состава ZETLab.

СТРУКТУРА ZETLAB-STUDIO

Пакет ZETLab-Studio – это интегрированный набор инструментов и библиотек классов для Microsoft Visual Studio.NET и Visual Studio 6.0. Эти наборы применяются при решении задач измерений и автоматизации. Пакет ZETLab-Studio существенно ускоряет процесс разработки приложений благодаря поддержке ActiveX элементов и NET-объектов, объектно-ориентированных аппаратных измерительных интерфейсов, наличию дополнительных библиотек анализа данных, элементов управления, средств передачи данных по сети, мощных графических библиотек для представления данных.

При любых средствах сбора данных пакет ZETLab-Studio предоставляет все средства разработки высокоуровневого интерфейса программирования приложений (API) в необходимой среде разработки.

Пакет ZETLab-Studio содержит полный набор функций анализа и обработки данных измерений. С помощью ZETLab-Studio можно воспользоваться широким набором таких средств анализа и обработки данных, как спектральный анализ, статистическая и цифровая обработка сигналов, фильтрация сигналов и быстрое преобразование Фурье. Если анализ выполняется конкретным приложением сбора данных, то в файл можно сохранить уже обработанные результаты измерений.

Пакет ZETLab-Studio позволяет не тратить месяцы на создание профессиональных графических пользовательских интерфейсов для программ измерения и автоматизации. Для каждого типа измерений программа предоставляет пользовательские элементы интерфейса, которые можно при необходимости размещать и совмещать произвольным образом для решения каждой конкретной задачи. Среди доступных элементов управления имеются различные кнопки, руч-

ки, ползунки, светодиоды и измерительные приборы. Для представления результатов анализа имеются программы отображения данных в графическом виде: в двух- и трёхмерной графике, в полярных координатах, с аналоговым эффектом послесвечения электронно-лучевой трубки. Удобная система масштабирования графиков, плавное перемещение курсора, сохранение графических данных для отчётов в редакторах Excel и Word позволяют быстро получать необходимые результаты для последующей печати. Широкий набор элементов, имеющихся в ZETLab-Studio, позволяет осуществлять более информативное представление данных по сравнению с традиционными приборами.

Вне зависимости от задачи, скорость выполнения программы является важнейшим фактором анализа данных. Библиотеки анализа используют максимум вычислительных возможностей персонального компьютера. Виртуальные приборы оптимизированы

для использования следующих технологий:

- математического сопроцессора,
- расширения для мультимедиа (MMX),
- процессора для потоковой обработки одной инструкцией массива целых чисел (Streaming Single Instruction stream, Multiple Data Stream Extension, SSE1) и чисел с плавающей запятой (SSE2),
- технологии многопоточной обработки (HyperThreading).

Кроме того, существуют специализированные библиотеки, использующие вычислительные возможности цифровых сигнальных процессоров, установленных на устройствах АЦП и ЦАП [1].

Пакет ZETLab-Studio содержит передовую технологию программирования, которая позволяет существенно экономить время на программировании приложений обработки и отображения сигналов. Для каждого этапа решения задач измерения и обработки сигналов (см. рис. 1) в ZETLab-Studio реализованы отдельные компоненты. Пользователь может компоновать их в своей программе для создания приложений, как в конструкторе. Все эти «кубики» оптимизированы по быстродействию и надёжности. Для любой задачи могут быть подобраны оптимальные аппаратные и программные средства.

Ввод и вывод аналоговых и цифровых сигналов производится через сервер данных. Он спроектирован в соответствии с требованиями общепромышленного стандарта для SCADA-систем – OPC. Сервер осуществляет подключение к драйверам устройств, синхронизацию потоков данных от различных устройств ввода или вывода, обеспечивает одновременное подключение нескольких различных типов устройств.

Пользовательская программа подключается к серверу данных при помощи одной команды. Одновременно к серверу может подключаться несколько пользовательских программ. Данные от АЦП поступают в программу пользователя в формате с плавающей запятой в заданных единицах измерения физических величин. Единицы измерения задаются пользователем. Программа пользователя может создавать виртуальные каналы, которые существуют наравне с физическими каналами и обрабаты-

ваются другими программами так же, как и физические каналы. Программа пользователя может создавать данные для ЦАП и передавать их через сервер. Сервер работает в режиме реального времени и в режиме чтения оцифрованных данных. Причём пользовательская программа будет с одинаковым успехом работать и в реальном режиме, и в режиме чтения данных из файла. При объединении нескольких компьютеров в одну локальную сеть можно объединить потоки данных от серверов данных и таким образом реализовать распределённую систему обработки сигналов.

Для передачи результатов измерений и управляющих команд из одной программы в другую служит модуль управления и автоматизации. Пользовательская программа тоже может подключаться к этому модулю. Использование модуля подразумевает связь между программами типа «ведущий» – «ведомый».

Любая программа, связанная с измерениями, автоматизацией и управлением, должна обрабатывать оцифрованные аналоговые данные и цифровые данные. Для упрощения работы с такими данными используется библиотека динамически подключаемых модулей (DLL) обработки сигналов, которая включает в себя программы работы с массивами данных и оптимизирована для процессоров Intel Pentium IV с системой команд MMX и SSE.

Результаты обработки могут быть представлены в графическом виде. Всё, что вам надо сделать, – это поместить на свою форму графический элемент ActiveX в нужном месте и придать ему необходимые свойства: цвета сетки, графиков, надписей, типы линий, количество отображаемых графиков, количество точек графика. Свойства компонентов можно изменять как на этапе проектирования программы, так и в ходе выполнения программы. Затем, в процессе работы программы, полученные результаты в виде массива необходимо передавать в графический ActiveX-элемент. Это делается одной командой. Графический элемент сам прорисовывает все графики без мерцания и «снега» на экране. В графических элементах реализовано масштабирование графиков по всем осям, передвижение курсора и отображение положения

курсора. Для этого не надо писать ни единой строчки кода, т.к. по требованию пользователя программа может считать положение курсора на графике и выполнять другие действия.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Применение современных компьютерных технологий на каждом этапе работы измерительных и автоматизированных процессов позволяет существенно упростить сам процесс измерения и управления, повысить точность и надёжность выполнения технологических циклов. Среда разработки ZETLab-Studio даёт пользователю простор для воплощения идей и задач в многофункциональные программно-аппаратные комплексы. Применение автоматизированных средств разработки пользовательских приложений позволяет снижать время и затраты при решении конкретных задач.

Темпы развития современного мира ставят перед предприятиями-изготовителями всё более высокие требования, заставляющие внедрять в производственный цикл последние достижения рынка высоких технологий. Применение более эффективных средств позволяет добиваться оптимальных результатов. Для систем измерения, диагностики и автоматизации использование лучших решений и внедрение последних разработок позволяет «держаться планку» на должной высоте. Описанная в данной статье среда разработки ZETLab-Studio полностью удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к системам автоматизированного проектирования измерительных комплексов. Интеграция ZETLab-Studio в уже существующие процессы не займёт много времени, а результат не заставит себя долго ждать – уже после первого знакомства с программно-аппаратными средствами семейства ZETLab и принципами построения пользовательских комплексов конечный пользователь может приступить к созданию собственной системы. Всё, что для этого нужно, – это постановка задачи и стремление идти в ногу со временем. А средства ZETLab будут в этом стремлении надёжным помощником.

ЛИТЕРАТУРА

1. www.zetms.ru.



Программа-симулятор PIC Simulator IDE

Александр Данилин (Брянская обл.)

PIC Simulator IDE – это отладчик программ, написанных для микроконтроллеров microPIC серии 12 и 16 компании Microchip. Программа позволяет разработчику непосредственно в отлаживаемой программе работать с виртуальной периферией, а процесс отладки и написания программы выполнить непосредственно в PIC Simulator IDE. Автор приводит примеры работы с программой PIC Simulator IDE, проработав которые, даже начинающие разработчики смогут самостоятельно тестировать свои программы.

ВВЕДЕНИЕ

Автором программы PIC Simulator IDE является Владимир Сосо (компания OshonSoft). Загрузить её можно из Интернета [1]. PIC Simulator IDE – это отладчик программ, написанных для микроконтроллеров (МК) microPIC серии 12 и 16 компании Microchip. Эта программа также позволяет разработчику непосредственно в отлаживаемом коде работать с виртуальной периферией. Имеется в виду, что специальные программные модули PIC Simulator IDE имитируют работу различных реальных электронных устройств: символьного ЖК-экрана, 7-сегментных индикаторов, терминала связи, 4-канального генератора, осциллографа и другого оборудования. Практически весь процесс отладки и написания программы можно выполнить непосредственно в PIC Simulator IDE, т.е. нет необходимости, внося в программу какие-либо изменения, программировать МК и подключать его в отладочную плату с при-

соединёнными внешними устройствами. Благодаря этому PIC Simulator IDE ускоряет процесс написания и отладки программ для МК.

PIC Simulator IDE имеет встроенный ассемблер и компилятор Basic-подобного языка, что также упрощает процесс написания программ для МК и уменьшает время разработки изделий в целом. В PIC Simulator IDE имеется большое количество всевозможных настроек и режимов работы, что позволяет пользователю самостоятельно выбрать оптимальный режим отладки программы для МК.

Все эти возможности программы PIC Simulator IDE делают её отличным инструментом как для начинающих разработчиков, так и для опытных программистов.

УСТАНОВКА И РАБОТА С ПРОГРАММОЙ

Процесс установки программы прост и не требует особых знаний и навыков. Распаковав архив с программой, находим файл setup.exe и запускаем его. На появляющиеся вопросы необходимо только нажимать кнопки OK, Next или Continue. После завершения установки PIC Simulator IDE появляется в меню «Программы». Рекомендуется вывести ярлык этой программы на рабочий стол.

Запустив PIC Simulator IDE, мы увидим основное окно этой программы (рис. 1). В верхней части находятся различные меню, через которые мы получим доступ к различным настройкам и дополнительным модулям программы (на рис. 1 помечено как «1»). Далее, в строке Program Location указан путь в выбранной вами про-

грамме и её имя (на рис. 1 – «2»). Ниже, в строке Microcontrollers, отображается тип выбранного микроконтроллера (на рис. 1 – «3»). В нижней части окна имеются две панели (помечены как «4» и «5»). В них отображаются состояния специальных и управляющих регистров выбранного МК (в данный момент нет необходимости описывать расшифровку их содержимого, а в дальнейшем рассмотрим, как можно использовать эти данные и изменять ход выполнения загруженной в PIC Simulator IDE программы).

Порядок работы с программой-симулятором следующий:

- запуск программы PIC Simulator IDE;
- выбор типа процессора, для которого написана программа;
- выбор частоты кварцевого генератора (влияет только на отображаемые программой данные о времени выполнения программы или команды, но не на скорость работы программы, отлаживаемой в PIC Simulator IDE);
- загрузка программы в виде HEX-файла или запуск встроенного компилятора языка Basic и написание в нём нужной программы;
- выбор нужных модулей виртуальных устройств;
- выбор скорости и режима работы программы-симулятора;
- запуск процесса симуляции работы программы на выбранном МК;
- остановка работы программы PIC Simulator IDE.

ПРИМЕРЫ РАБОТЫ С PIC SIMULATOR IDE

В комплект поставки программы-симулятора входит несколько примеров работы с программой. Все примеры написаны на Basic, компилятор которого встроен в программу-симулятор.

Все приведённые в описании примеры программ расположены в папке, в которую установлена программа PIC Simulator IDE. По умолчанию эта папка расположена по адресу: C:\Program Files\PIC Simulator IDE [2]. Кроме файлов программ на Basic, в этой папке хранятся уже откомпилированные файлы на Ассемблере и файлы дампов памяти, подготовленные для непосредственной загрузки в МК. Файлы на Ассемблере с расширением .asm были сгенерированы встроенным компилятором Basic. Файлы дампов памяти с расширением .hex были сгенерированы встроенным ассемблером.

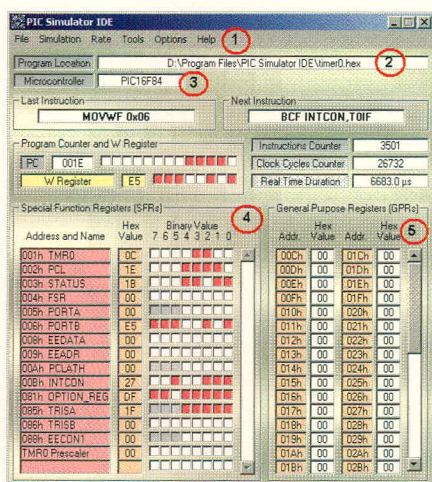


Рис. 1. Основное окно программы PIC Simulator IDE

Ниже приведены 11 примеров работы с программой-симулятором. Начиная с примера 5, демонстрируется работа компилятора, ассемблера и отладчика. Все примеры написаны на Basic и имеют подробные комментарии. Во всех примерах остановить работу программы PIC Simulator IDE можно, нажав на Simulation|Stop. Изучив эти примеры, можно приступить к самостоятельной работе с PIC Simulator IDE и писать программы на Basic.

Пример 1: работа с Timer0, обработка прерывания TMR0

Эта программа использует прерывание Timer0, чтобы периодически изменять значение на выводах порта PORTB, т.е. при переполнении таймера происходит переход на подпрограмму обработки прерывания. Считывается значение из порта PORTB, и оно уменьшается на единицу. Это значение заносится обратно в порт PORTB. Все эти изменения состояния на выводах порта PORTB отображаются в PIC Simulator IDE. Текст программы из файла timer0.bas имеет следующий вид:

```
TRISB = 0x00
'настройка порта PORTB на вывод
данных
PORTB = %11111111
'на все выводы порта PORTB -
высокий уровень "1"
INTCON.T0IE = 1
'разрешает прерывание Timer0
INTCON.GIE = True
'включает все прерывания
OPTION_REG.T0CS = False
'устанавливает Timer0 и переключает
его на внутренний генератор МК
End

On Interrupt
'подпрограмма обработки
прерывания
PORTB = PORTB - 1
'уменьшаем значение порта PORTB
INTCON.T0IF = 0
'включает заново прерывание TMR0
Resume
'выход из подпрограммы обработки
прерывания
```

Запустим эту программу в PIC Simulator IDE следующим образом:

1. Запустить PIC Simulator IDE;
2. Нажать Options|Select Microcontroller;
3. Выбрать PIC16F84 и нажать кнопку Select;

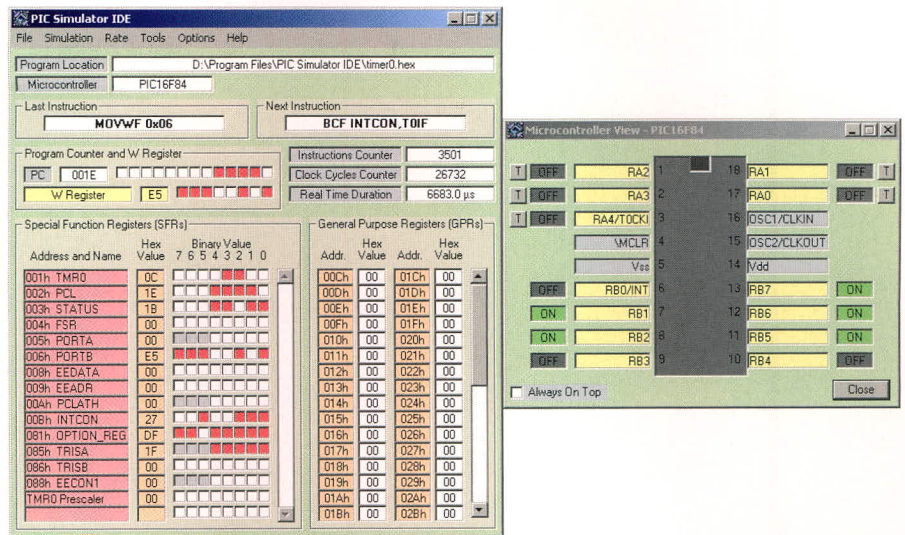


Рис. 2. Вид экрана с выполняющейся программой «Обработка прерываний Timer0 и TMR0»

4. Нажать File|Load Program;
5. Выбрать файл timer0.hex и нажать кнопку Open (программа загружена);
6. Нажать Tools|Microcontroller View (откроется окно Microcontroller View);
7. Выбрать Rate|Extremely Fast simulation rate;
8. Нажать Simulation|Start (начнется выполнение загруженной программы).

Вид экрана с выполняющейся программой показан на рис. 2.

Пример 2: обработка внешних прерываний на примере RB0/INT

Эта программа изменяет значение порта PORTA при изменении состояния входа RB0/INT по фронту импульса. Текст программы из файла rb0int.bas имеет следующий вид:

```
TRISA = 0x00
'настройка порта PORTA на вывод
данных
PORTA = 0xff
'на все выводы порта PORTA -
высокий уровень "1"
INTCON.INTE = 1
'разрешает прерывание RB0/INT
INTCON.GIE = 1
'включает все прерывания
End

On Interrupt
'подпрограмма обработки прерывания
PORTA = PORTA - 1
'уменьшает значение порта PORTA
INTCON.INTF = 0
'включает заново прерывание
RB0/INT
Resume
'выход из подпрограммы обработки
прерывания
```

Запустим эту программу в PIC Simulator IDE, выполнив первые четыре действия из примера 1 и далее продолжив:

1. Выбрать файл rb0int.hex и нажать кнопку Open (программа загружена);
2. Нажать Tools|Microcontroller View (откроется окно Microcontroller View);
3. Выбрать Rate|Extremely Fast simulation rate;
4. Нажать Simulation|Start (начнется выполнение загруженной программы).

Вид экрана с выполняющейся программой показан на рис. 3 (нажатие кнопки «T», связанной с ножкой RB0/INT, переключит логическое состояние этого вывода).

Пример 3: работа с EEPROM

Этот пример заполняет всю EEPROM разными значениями и вводит МК в бесконечный цикл. Текст программы из файла eeprom.bas имеет следующий вид:

```
Dim a As Byte
'адрес ячейки в EEPROM МК
Dim b As Byte
'данные, которые будут записаны
в EEPROM (у МК PIC16F84 64 байта
памяти EEPROM)
For a = 0 To 63
'цикл организован для всей
памяти EEPROM
b = 255 - a
'получим значение переменной для
записи в память
Write a, b
'запишем значение переменной "a"
в ячейку "b"
Next a
```

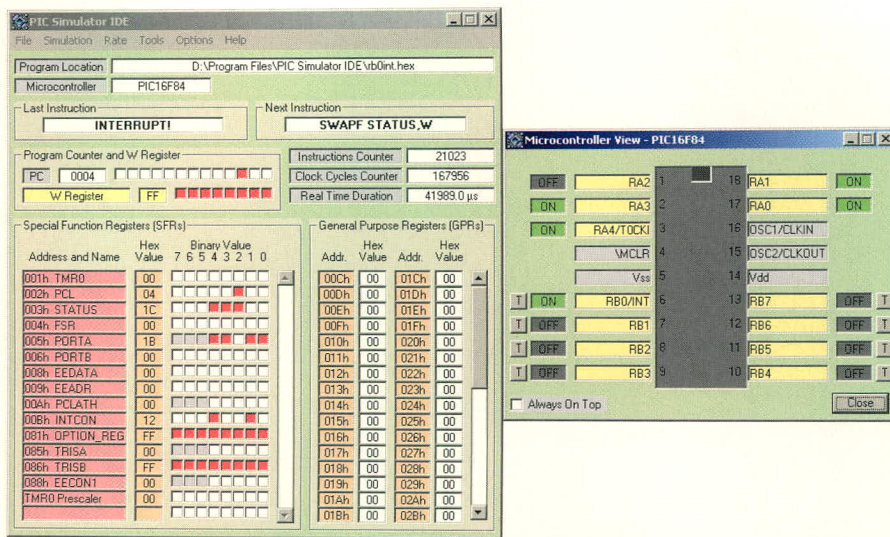


Рис. 3. Вид экрана с выполняющейся программой «Обработка внешних прерываний на примере RB0/INT»

шестнадцатеричный 70BE). Текст программы имеет следующий вид:

```
Dim a As Word
' переменная для хранения первого
числа
Dim b As Word
' переменная для хранения второго
числа
Dim x As Word
' переменная для хранения резуль-
тата
a = 123
' установим первое значение
b = 234
' установим второе значение
x = a * b
' вычислим результат и поместим
его в переменную x
```

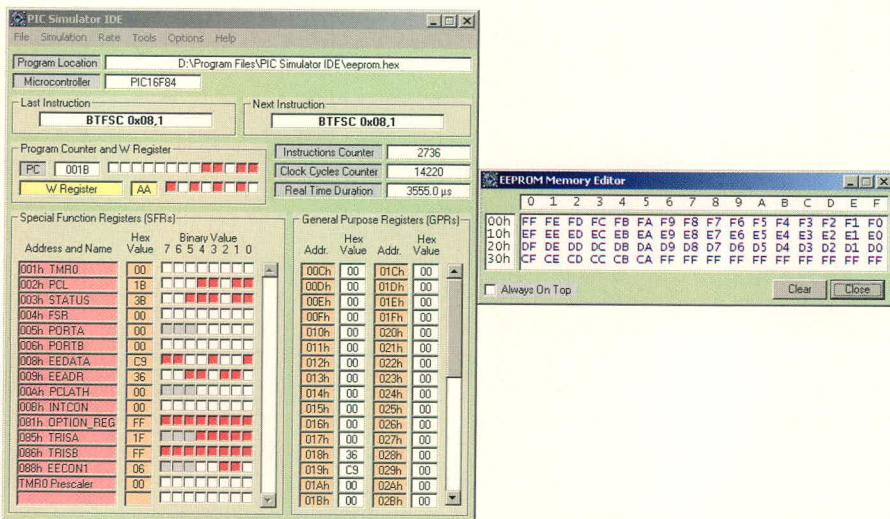


Рис. 4. Вид экрана с выполняющейся программой «Работа с EEPROM»

'выберем следующую ячейку памяти EEPROM

Запустим программу в PIC Simulator IDE, выполнив первые четыре действия из примера 1 и далее продолжив:

1. Выбрать файл eeprom.hex и нажать Open (программа загружена);
2. Нажать Tools\EEPROM (редактор EEPROM; откроется окно Memory Editor EEPROM);
3. Нажать Options\Change (время записи EEPROM);
4. Ввести новое значение 100 и нажать OK (надо быть внимательнее при выборе этого значения, потому что действительное значение – примерно 20 000 тактовых циклов при частоте тактового генератора 4 МГц; в этом примере мы используем уменьшенное значение – это значительно ускорит процесс моделирования, но не нарушит работу программы);

5. Выбрать Rate\Extremely Fast simulation rate;
6. Нажать Options\Infinite Loop Stops Simulation;
7. Нажать Simulation\Start (начнется моделирование);

Программа заполнит память EEPROM данными и введёт МК в бесконечный цикл, после обнаружения которого PIC Simulator IDE автоматически остановит работу. Вид экрана с выполняющейся программой показан на рис. 4.

Пример 4: математические операции: подпрограмма умножения

Демонстрация работы компилятора, ассемблера и отладчика. В этом примере умножаются два числа: 123 (шестнадцатеричный 7B) и 234 (шестнадцатеричный EA), получим результат 28782 (ше-

Запустим эту программу в PIC Simulator IDE, выполнив первые четыре действия из примера 1 и далее продолжив:

1. Выбрать файл multiply.bas и нажать кнопку Open (эта программа будет отображена в редакторе);
2. Нажать Tools\Compile (компилятор генерирует файл multiply.asm с исходным текстом на ассемблере);
3. Закрыть окно BASIC Compiler;
4. Нажать Tools\Assembler;
5. Нажать File\Open;
6. Выбрать файл multiply.asm и нажать кнопку Open (программа на Ассемблере отобразится в редакторе);
7. Нажать Tools\Assemble (после того как операция закончится, ассемблер сгенерирует два файла: multiply.lst и multiply.hex; выходной файл multiply.lst отобразится в редакторе);
8. Закрыть окно Assembler;
9. Нажать File\Load Program;
10. Выбрать файл multiply.hex и нажать кнопку Open;
11. Нажать Tools\Breakpoints Manager (откроется окно Breakpoints Manager);
12. Нажать «Да», чтобы использовать существующий ассемблер, выдавший файл;
13. Нажать строку, соответствующую адресу 0018, чтобы определить контрольную точку на этой команде;
14. Выбрать Hold PC In Focus option;
15. Выбрать Rate\Extremely Fast simulation rate;
16. Нажать Simulation\Start (начнётся моделирование).

Когда эта математическая подпрограмма закончится, программа вхо-

дит в бесконечный цикл в адресе 0018, но из-за контрольной точки PIC Simulator IDE автоматически переключится в режим моделирования Step by step. Работу PIC Simulator IDE можно остановить, нажав на Simulation|Stop, или продолжить её выполнение, очистив контрольную точку и нажав на Rate|Extremely.

Регистры 19-й и 18-й будут содержать первый параметр: 007В. Регистры 1ВН и 1АН будут содержать второй параметр: 00ЕА. Результат 706Е находится в регистрах 1ДН и 1СН. Вид экрана с выполняющейся программой показан на рис. 5.

Пример 5: работа с аналого-цифровым преобразователем

Эта программа читает значение на аналоговом входе AN0 и отображает измеренные параметры на выводы порта PORTB как 8-битное значение. Текст программы из файла adc.bas имеет следующий вид:

```
Symbol ad_action =
ADCON0.GO_DONE
'новое название для бита
запуска A/D
Symbol display = PORTB
'новое название для PORTB
TRISB = %00000000
'установка ножек PORTB как выходов
TRISA = %11111111
'установка ножек PORTA как входов
ADCON0 = 0xc0
'установка A/D
ADCON1 = 0
'настройка выводов PORTA как
аналоговых входов
High ADCON0.ADON
'запуск аналого-цифрового
преобразователя (A/D)

main:
Gosub getadresult
'переход в подпрограмму
преобразования
display = ADRESH
'отобразим результат
преобразования
Goto main
'бесконечное повторение программы
End

getadresult:
'подпрограмма преобразования
High ad_action
'запуск преобразования
While ad_action
```

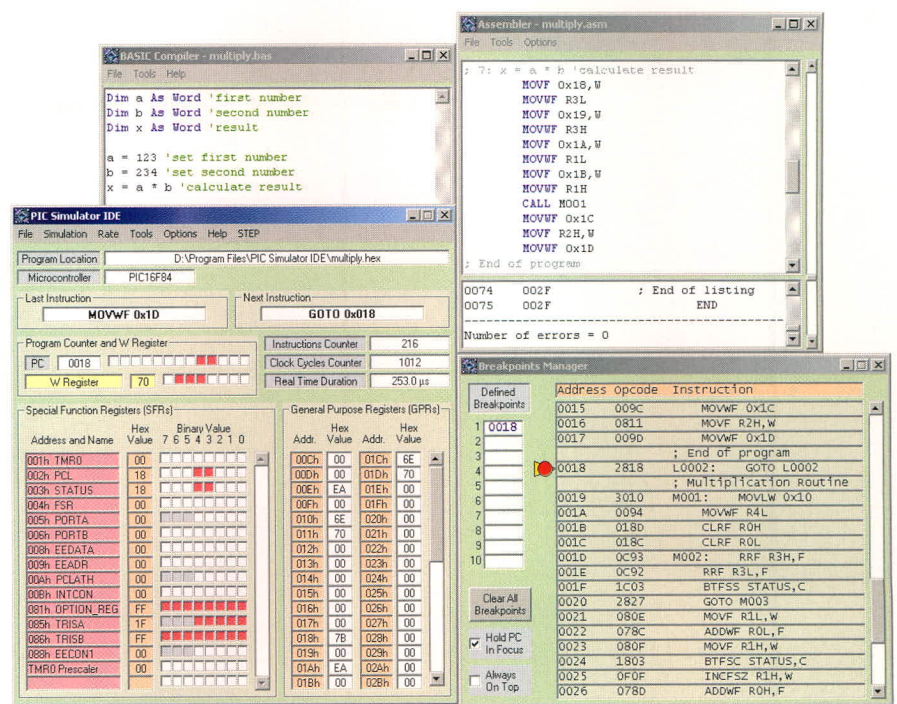


Рис. 5. Вид экрана с выполняющейся программой «Математические операции: подпрограмма умножения»

```
'пауза для окончания преобразо-
вания
Wend
Return
```

Просмотрим результаты работы этой программы в PIC Simulator IDE. Для этого выполним первые четыре действия из примера 1, выбрав модель МК PIC16F877, и далее продолжим:

1. Выбрать файл adc.hex и нажать кнопку Open;
2. Нажать Tools|Microcontroller View (откроется окно Microcontroller View);
3. Выбрать Rate|Extremely Fast simulation rate;
4. Нажать Simulation|Start (начнется работа программы);
5. Нажать кнопку, связанную с выводом RA0/AN0 (использование «панели прокрутки» изменяет аналоговое значение на этом выводе);
6. Нажать кнопку Accept и посмотреть, как это изменит состояние выводов порта PORTB. Последние три шага можно повторить несколько раз и посмотреть на результаты. Вид экрана с выполняющейся программой показан на рис. 6.

Пример 6: работа с компаратором

Этот пример демонстрирует работу аналогового компаратора, аналоговых входов AN0 и AN1 и источника опорного напряжения. Текст программы из файла comp.bas имеет следующий вид:

```
Symbol comp_change = PIR1.CMIF
'флаг прерывания компаратора
CMCON = 0x06
'разрешим работу компаратора
TRISA = 0x07
'установка RA0, RA1 и RA2 как
входов и других ножек PORTA как
выходов
VRCON = 0x0c
'настройка делителя напряжения
на 2,5 В на RA2
TRISB = 0x00
'установка выводов PORTB как
выходов

loop1:
While Not comp_change
'пауза для преобразования
Wend

PORTB = CMCON
'отобразим состояние регистра
CMCON на выводы порта PORTB, при
этом RB6 и RB7 - входы
компаратора
comp_change = 0
'сброс флага прерывания
компаратора
Goto loop1
'бесконечное повторение программы
```

Просмотрим результаты работы этой программы в PIC Simulator IDE. Для этого выполним первые четыре действия из примера 1, выбрав модель МК PIC16F628, и далее продолжим:

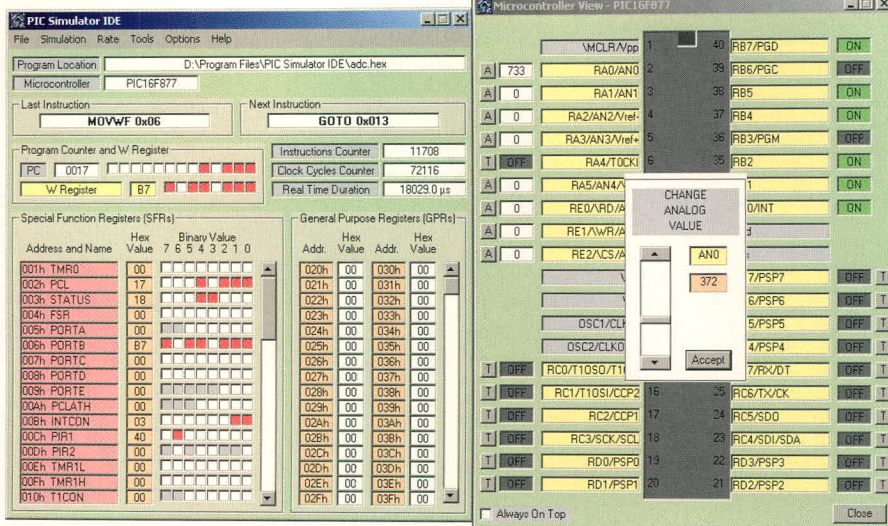


Рис. 6. Вид экрана с выполняющейся программой «Работа с аналого-цифровым преобразователем»

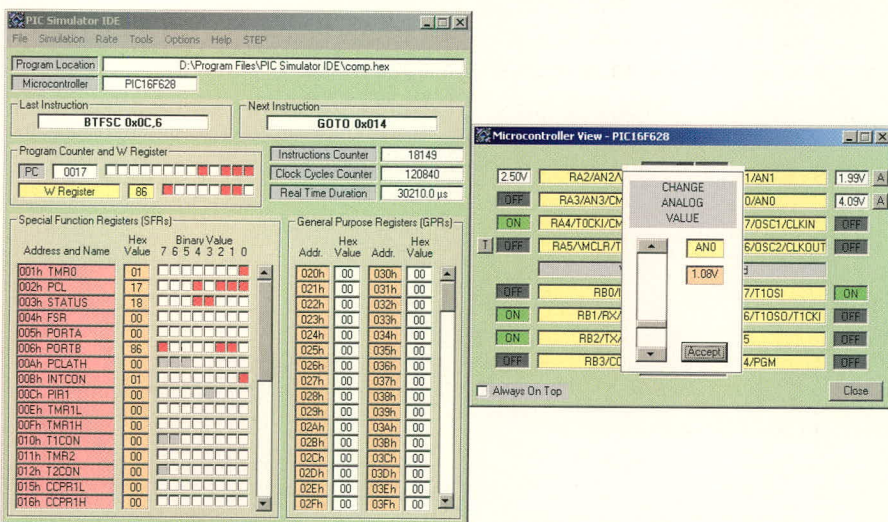


Рис. 7. Вид экрана с выполняющейся программой «Работа с компаратором»

1. Выбрать файл comp.hex и нажать кнопку Open;
2. Нажать Tools|Microcontroller View (откроется окно Microcontroller View);
3. Выбрать Rate|Extremely Fast simulation rate;
4. Нажать Simulation|Start (начнется выполнение программы);
5. Нажать кнопку, связанную с выводами AN0 или AN1 (использование «панели прокрутки» изменяет аналоговое значение на этом вводе).

После изменения аналогового значения нужно нажать кнопку Ассерт и посмотреть, как это изменит состояние выводов портов PORTB и PORTA. Последние три шага можно несколько раз повторить и посмотреть на результаты. Вид экрана с выполняющейся программой показан на рис. 7.

Пример 7: работа с модулем LCD

В программе считывается аналоговое значение на аналоговом входе AN0, и полученные данные выводятся на ЖК-

экран (LCD 2 × 16). Текст программы из файла lcd.bas имеет следующий вид:

```
Define ADC_CLOCK = 3
'значение по умолчанию - 3
Define ADC_SAMPLEUS = 10
'значение по умолчанию - 20
Define LCD_BITS = 8
'4 или 8 - количество линий
связи интерфейса данных
Define LCD_DREG = PORTB
Define LCD_DBIT = 0
'0 или 4 для интерфейса на 4
бита, игнорируется для
8-битового интерфейса
Define LCD_RSREG = PORTD
Define LCD_RSBIT = 1
Define LCD_EREG = PORTD
Define LCD_EBIT = 3
Define LCD_RWREG = PORTD
'по умолчанию 0, если не
используем
Define LCD_RWBIT = 2
'по умолчанию 0, если не
используем
```

```
Define LCD_COMMANDUS = 100
'задержка после LCDCMDOUT,
значение по умолчанию 5000
Define LCD_DATAUS = 10
'задержка после LCDOUT, по
умолчанию 50
Define LCD_INITMS = 1
'задержка, используемая LCDINIT,
значение по умолчанию 100
'последние три команды Define
устанавливают значения,
подходящие для моделирования; но
они должны быть опущены для
реального устройства!
```

```
Dim an0 As Word
TRISA = 0xff
'настроить все выходы PORTA как
входы
ADCON1 = 0
'все выходы PORTA - как аналого-
вые выходы
Lcdinit
'инициализация LCD; курсор
выключен
```

```
loop:
Adcin 0, an0
Lcdcmdout LcdClear
'очистим дисплей LCD
Lcdout "Analog input AN0"
'текст для строки 1
Lcdcmdout LcdLine2Home
'курсор в начале строки 2
Lcdout "Value: ", #an0
'текст для строки 2
WaitMs 1
'в реальном устройстве должно
использоваться большее значение
Goto loop
'бесконечный цикл
```

Просмотрим результаты работы этой программы в PIC Simulator IDE. Для этого выполним первые четыре действия из примера 1, выберем модель МК PIC16F877, и далее продолжим:

1. Выбрать файл comp.hex и нажать кнопку Open;
2. Нажать Tools|LCD (откроется окно Module LCD);
3. Нажать кнопку Setup в окне Module LCD;
4. Нажать Data Lines и установить PORTB;
5. Нажать поле Interface и установить 8 бит;
6. Нажать поле RS Line и установить PORTD, 1;
7. Нажать поле E Line и установить PORTD, 3;

8. Нажать поле R[W Line и установить PORTD, 2;
9. Нажать Apply! (закроется окно установки LCD interface);
10. Выбрать Rate|Extremely Fast simulation rate;
11. Нажать Simulation|Start (начнется выполнение программы);
12. Нажать кнопку, связанную с выводом МК RA0/AN0 (использование «панели прокрутки» изменяет аналоговое значение на этом вводе).

После изменения аналогового значения нужно нажать кнопку Ассерт и подождать, пока на LCD отобразится новое значение. Последние три шага можно несколько раз повторить и посмотреть на результаты. Вид экрана с выполняющейся программой показан на рис. 8.

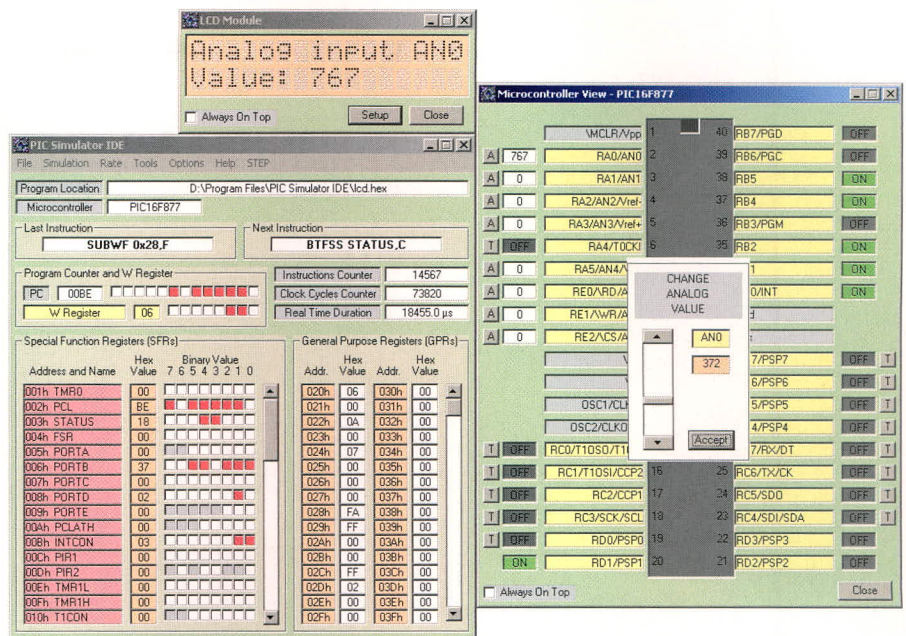


Рис. 8. Вид экрана с выполняющейся программой «Работа с модулем LCD»

Пример 8: приём и передача данных из «аппаратного» UART и отображение данных на LCD-экране

В этой программе используется несколько различных команд работы с внешними устройствами. Вначале программа посылает 6 строк данных из «аппаратного» UART, затем отвечает на полученные байты, посылая одну строку текста для каждого полученного байта. Текст программы из файла uart.bas имеет следующий вид:

```
Dim i As Byte
'объявим переменную I как байт
Nseropen 9600
'откроем порт hardware UART:
скорость 9600 бод
'WaitMs 1000
'эта задержка должна быть в реальном устройстве
For i = 10 To 5 Step - 1
'организуем цикл с уменьшением
Nserout "Number: ", #i, CrLf
'передаём данные по последовательному порту
'WaitMs 500
'эта задержка должна быть в реальном устройстве
Next i

loop:
Nserin I
'ждём данные из порта;
Nserout "Number: ", #i, CrLf
'передаём данные в порт;
Goto loop
'бесконечный цикл.
```

Посмотрим результаты работы этой программы в PIC Simulator IDE. Для этого выполним первые три действия из примера 1, выбрав модель МК PIC16F877, и далее продолжим:

1. Нажать Options|Change Clock Frequency;
2. Ввести «4» и нажать кнопку ОК;
3. Нажать Options|Change UART Transmit/Receive Time;
4. Ввести «100» и нажать кнопку ОК;
5. Нажать File|Load Program;
6. Выбрать файл uart.hex и нажать кнопку Open;
7. Нажать Tools|Hardware UART Simulation Interface (откроется окно симуляции аппаратного интерфейса UART);
8. Выбрать Rate|Extremely Fast simulation rate;
9. Нажать Simulation|Start (начнется выполнение программы).

После этого необходимо выждать, пока программа выдаст 6 строк текста в последовательный порт. Для пересылки данных в порт используется одна из трёх доступных кнопок интерфейса UART. Программа отвечает, посылая строку данных. Последние два шага можно несколько раз повторить и посмотреть на результаты. Вид экрана с выполняющейся программой показан на рис. 9.

Пример 9: приём и передача данных через «программный» UART

Эта программа посылает 6 строк через «программный» UART в последовательный порт (TX: PORTB.1). Затем отвечает на полученные байты

(RX: PORTB.2), посылая одну строку текста для каждого полученного байта. Текст программы из файла softuart.bas имеет следующий вид:

```
Define SEROUT_DELAYUS = 500
Dim i As Byte
'объявим переменную
'WaitMs 1000
'эта задержка должна быть в реальном устройстве
For i = 10 To 5 Step - 1
'цикл с уменьшением
Serout PORTB.1, 9600, "Number: ", #i, CrLf
'передаём данные через вывод PORTB.1 (линия TX software UART)
'WaitMs 500
'эта задержка должна быть в реальном устройстве
Next i
loop:
Serin PORTB.2, 9600, I
'передаём данные через вывод PORTB.2
'(линия TX software UART)
Serout PORTB.1, 9600, "Number: ", #i, CrLf
'передаём данные через последовательный порт
Goto loop
'бесконечный цикл
```

Посмотрим результаты работы этой программы в PIC Simulator IDE. Для этого выполним первые три действия из примера 1, выбрав модель МК PIC16F84, два действия из примера 8 и далее продолжим:

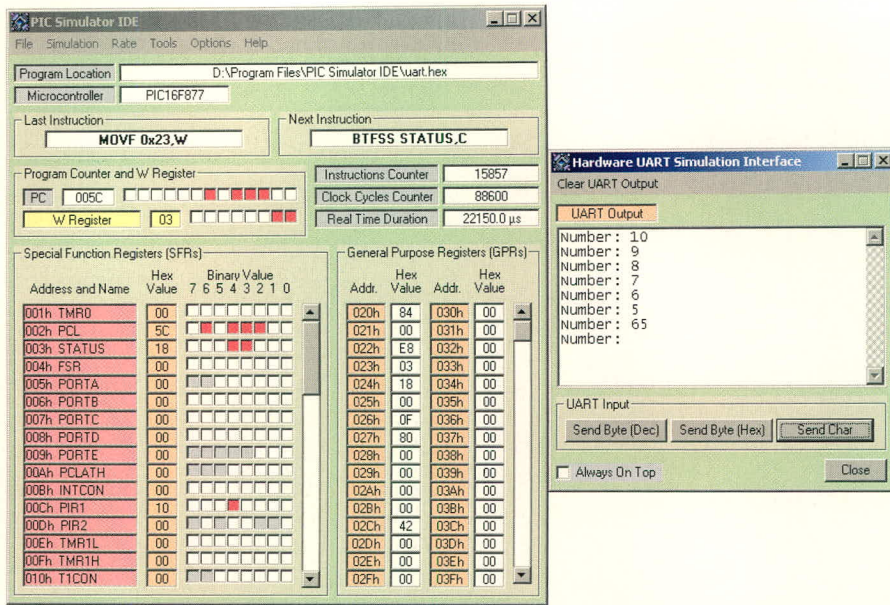


Рис. 9. Вид экрана с выполняющейся программой «Приём и передача данных из "аппаратного" UART и отображение данных на LCD экране»

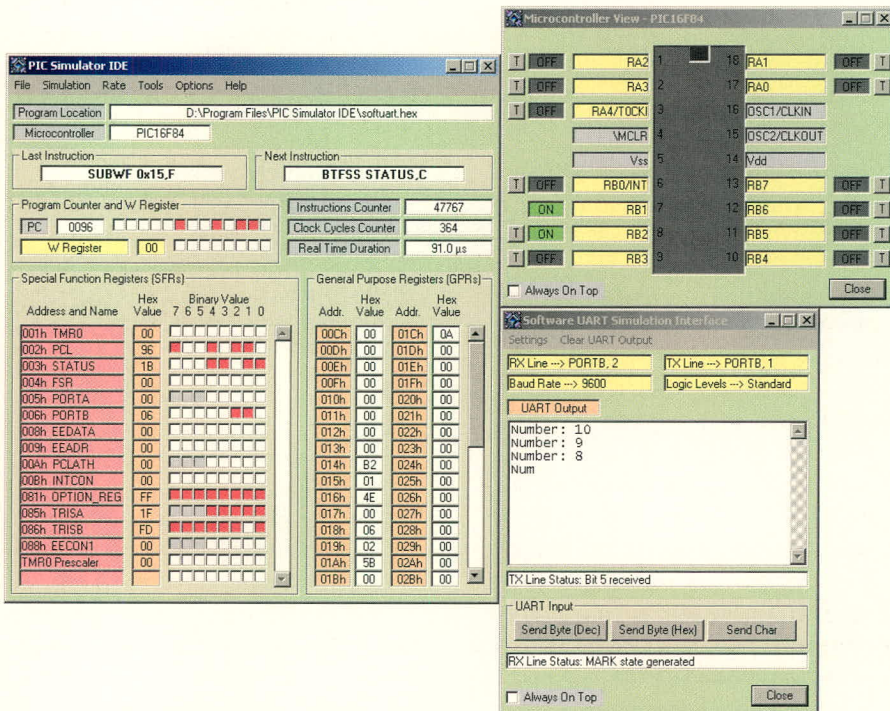


Рис. 10. Вид экрана с выполняющейся программой «Приём и передача данных через "программный" UART»

1. Нажать File|Load Program;
2. Выбрать файл softuart.hex и нажать кнопку Open (программа загружена);
3. Нажать Tools|Software UART Simulation Interface (откроется окно симуляции «программного» интерфейса UART; настройки по умолчанию: RX Line → PORTB.2, TX Line → PORTB.1, Baud Rate → 9600, Logic Levels → Standard).
4. Нажать Tools|Microcontroller View (откроется окно Microcontroller View).
5. Выбрать скорость моделирования Rate|Ultimate (No Refresh).

6. Нажать Simulation|Start (начнётся выполнение программы).

После этого необходимо выждать, пока программа выдаст 6 строк текста в последовательный порт. Обратите внимание на состояние вывода PORTB.1 в окне Microcontroller View. Для пересылки данных в порт используется одна из трёх доступных кнопок интерфейса UART. Обратите внимание на состояние вывода PORTB.2 на окне Microcontroller View. Программа отвечает, посылая строку данных. Последние два шага можно несколько раз повторить и посмотре-

ть на результаты. Вид экрана с выполняющейся программой показан на рис. 10.

Пример 10: отображение данных на 7-сегментном дисплее

Эта программа отображает числа от 0 до 99 на двух 7-сегментных дисплеях, которые подключены параллельно и управляются двумя линиями. Для переключения используется процедура мультиплексирования прерывания TMR0. Текст программы из файла 7segment.bas имеет следующий вид:

```
Dim digit As Byte
'входная переменная для подпрограммы GETMASK
Dim digit1 As Byte
'текущее значение старшей цифры
Dim digit2 As Byte
'текущее значение младшей цифры
Dim mask As Byte
'выходная переменная от подпрограммы GETMASK
Dim mask1 As Byte
'текущее значение старшей цифры
Dim mask2 As Byte
'текущее значение младшей цифры
Dim i As Byte
Dim phase As Bit
Symbol d1enable = PORTC.0
'линия управления для старшего элемента 7-сегментного дисплея
Symbol d2enable = PORTC.1
'линия управления для младшего элемента 7-сегментного дисплея
TRISB = %00000000
'настройка порта PORTB на вывод
TRISC.0 = 0
'настройка порта RC0 на вывод
TRISC.1 = 0
'настройка порта RC1 на вывод
d1enable = False
d2enable = False
mask1 = 0
mask2 = 0
phase = 0
INTCON.T0IE = 1
'включим прерывание Timer0
INTCON.GIE = 1
'включим все прерывания
OPTION_REG.T0CS = 0
'установим Timer0 на внутренний генератор

loop:
For i = 0 To 99
digit1 = i / 10
'получим текущую цифру для старшей цифры
```

```

digit2 = i Mod 10
'получим текущую цифру для
младшей цифры
TMR0 = 0
'сбросим Timer0, чтобы
предотвратить его прерывание
digit = digit1
Gosub getmask
'получим значение для старшей
цифры
mask1 = mask
digit = digit2
Gosub getmask
'получим значение для младшей
цифры
mask2 = mask
Gosub show1
'отобразим новое значение
старшей цифры
Gosub show2
'отобразим новое значение
младшей цифры
WaitUs 500
'задержка для моделирования
'используйте большую задержку
для реального устройства,
например WAITMS 500

Next i
Goto loop
End
On Interrupt
'подпрограмма прерывания Timer0
непрерывно переключает первый и
второй дисплей

If phase = 0 Then
phase = 1
Gosub show1
Else
phase = 0
Gosub show2
Endif
INTCON.T0IF = 0
'разрешает прерывание TMR0
Resume

getmask:
'получим соответствующее значение
7-сегментного дисплея для
входной цифры
mask = LookUp(0x3f, 0x06, 0x5b,
0x4f, 0x66, 0x6d, 0x7d, 0x07,
0x7f, 0x6f), digit
Return

show1:
'выводим старшую цифру на дисплей
d2enable = False
PORTB = mask1
d1enable = True
Return

show2:
'выводим младшую цифру на дисплей
d1enable = False
PORTB = mask2
d2enable = True
Return
    
```

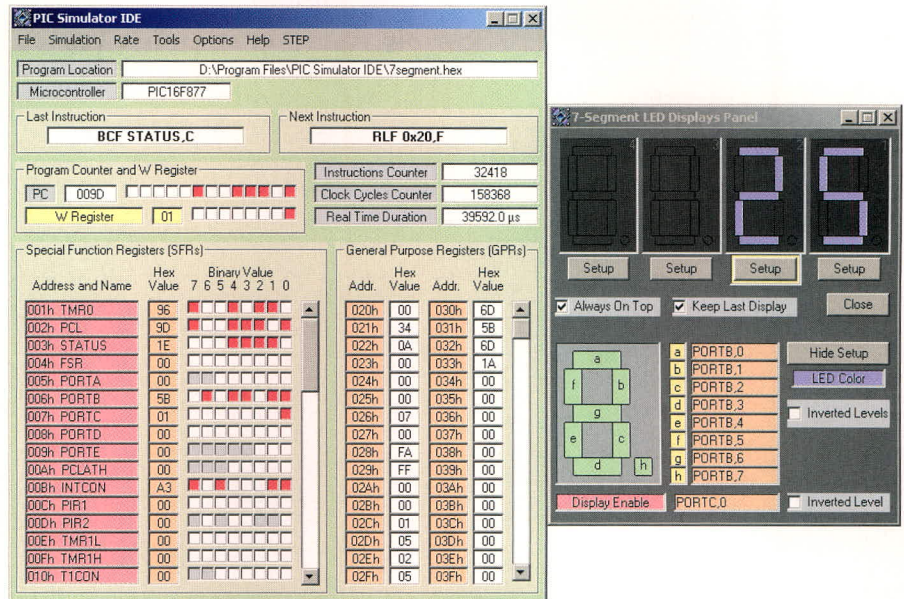


Рис. 11. Вид экрана с выполняющейся программой «Отображение данных на 7-сегментном дисплее»

```

show2:
'выводим младшую цифру на дисплей
d1enable = False
PORTB = mask2
d2enable = True
Return
    
```

Посмотрим результаты работы этой программы в PIC Simulator IDE. Для этого выполним первые три действия из примера 1, выбрав модель МК PIC16F877, три действия из примера 9 и далее продолжим:

1. Выбрать файл 7segment.hex и нажать кнопку Open (программа загружена);
2. Нажать Tools|7-Segment LED Displays Panel (откроется окно с четырьмя 7-сегментными дисплеями);
3. Нажать кнопку Setup ниже дисплея номер «2»;
4. Нажать оранжевое поле рядом с дисплеем, чтобы включить/отключить этот дисплей;
5. Ввести «4», чтобы выбрать PORTC и затем нажать ОК;
6. Ввести «0», чтобы выбрать вывод RC0 и затем нажать ОК;
7. Нажать кнопку Setup ниже дисплея номер «1»;
8. Нажать оранжевое поле рядом с дисплеем, чтобы включить/отключить этот дисплей;
9. Ввести «4», чтобы выбрать PORTC и затем нажать ОК;
10. Ввести «1», чтобы выбрать вывод RC1 и затем нажать ОК;
11. Нажать кнопку Hide Setup, чтобы сохранить немного экранного пространства;

12. Выбрать Rate|Ultimate (No Refresh);
13. Нажать Simulation|Start (начнется выполнение программы).

Программа отобразит числа от 0 до 99 на двух 7-сегментных дисплеях, используя процедуру мультиплексирования прерывания TMR0. Сохраняя данные на экране, необходимо экспериментировать с опцией Keep Last Display. Вид экрана с выполняющейся программой показан на рис. 11.

Пример 11: работа с генератором сигналов и осциллографом

Этот пример демонстрирует работу осциллографа и генератора сигналов. Также в этой программе приведены примеры работы с внешней памятью (EEPROM) по протоколу I²C. Эта подпрограмма использует протокол связи I²C и заносит значения в первые 32 ячейки внешней EEPROM. Текст программы из файла i2c.bas имеет следующий вид:

```

Dim addr As Word
'переменная для хранения адреса EEPROM
Dim data As Byte
'переменная для хранения байта данных EEPROM
Symbol sda = PORTC.2 'новое имя для вывода SDA
Symbol scl = PORTC.3 'новое имя для вывода SCL

For addr = 0 To 31
'организуем цикл. Будут записаны первые 32 байта
data = 255 - addr
'значение байта данных для записи
    
```

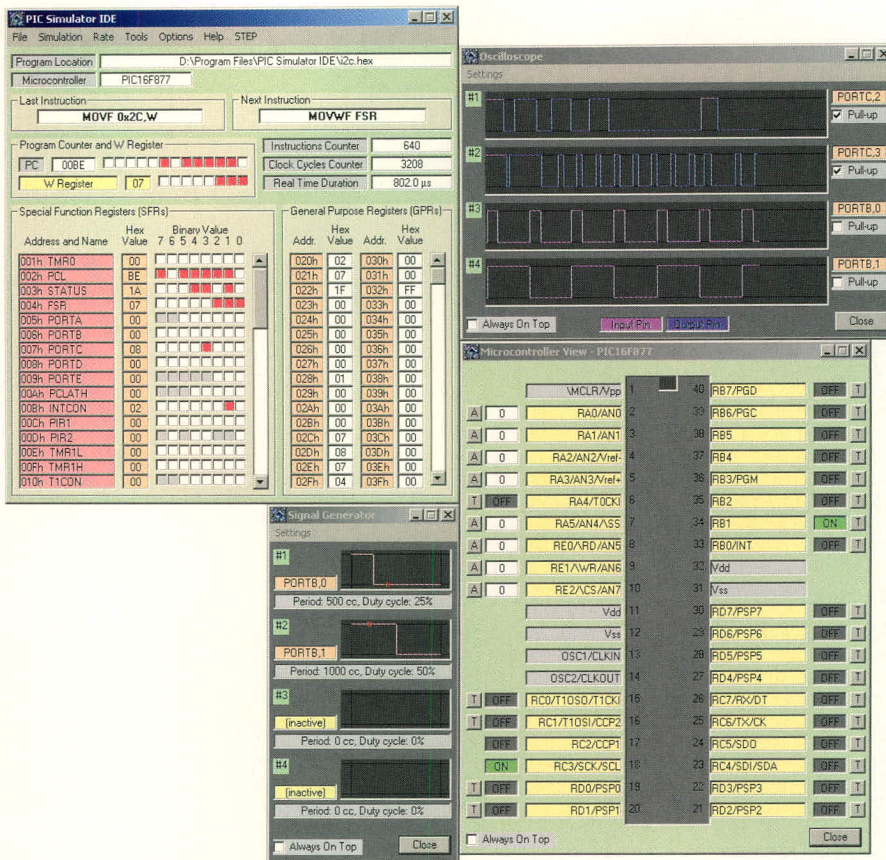


Рис. 12. Вид экрана с выполняющейся программой «Работа с генератором сигналов и осциллографом»

```
I2CWrite sda, scl, 0xa0, addr,
data 'используем протокол I2C
для записи в EEPROM
WaitMs 1
'маленькая задержка
Next addr
```

Просмотрим результаты работы этой программы в PIC Simulator IDE. Для этого выполним первые шесть действий из примера 10 и далее продолжим:

1. Выбрать файл i2c.hex и нажать кнопку Open (программа загружена);
2. Нажать Tools|Oscilloscope (откроется окно четырёхканального осциллографа);
3. Нажать Canal Settings|Turn On/Off Oscilloscope 1;
4. Ввести «2», чтобы выбрать PORTC для канала 1, и нажать ОК;
5. Ввести «2», чтобы выбрать вывод RC2 для канала 1, и нажать ОК;
6. Выбрать опцию Pull-up Select для канала 1;
7. Нажать канал Settings|Turn On/Off Oscilloscope 2;
8. Ввести «2», чтобы выбрать PORTC для канала 2, и нажать ОК;
9. Ввести «3», чтобы выбрать вывод RC3 для канала 2, и нажать ОК;
10. Выбрать опцию Pull-up Select для канала 2;

11. Нажать Canal Settings|Turn On/Off Oscilloscope 3;
12. Ввести «1», чтобы выбрать PORTB для канала 3, и нажать ОК;
13. Ввести «0», чтобы выбрать вывод RB0 для канала 3, и нажать ОК;
14. Нажать Canal Settings|Turn On/Off Oscilloscope 4;
15. Ввести «1», чтобы выбрать PORTB для канала 4, и нажать ОК;
16. Ввести «1», чтобы выбрать вывод RB1 для канала 4, и нажать ОК;
17. Нажать Tools|Signal Generator (откроется окно 4-канального генератора импульсов);
18. Нажать Settings|Turn On/Off Signal Generator 1;
19. Ввести «1», чтобы выбрать PORTB для канала 1, и нажать ОК;
20. Ввести «0», чтобы выбрать вывод RB0 для канала 1, и нажать ОК;
21. Ввести «500», чтобы определить период импульсов для канала 1, и нажать ОК;
22. Ввести «25», чтобы определить режим работы для канала 1, и нажать ОК;
23. Нажать Settings|Turn On/Off Signal Generator 2;
24. Ввести «1», чтобы выбрать PORTB для канала 2, и нажать ОК;
25. Ввести «1», чтобы выбрать вывод RB1 для канала 2, и нажать ОК;

26. Ввести «1000», чтобы определить период импульсов для канала 2, и нажать ОК;
27. Ввести «50», чтобы определить режим работы для канала 2, и нажать ОК;
28. Нажать Tools|Microcontroller View (откроется окно Microcontroller View; окна на экране установить так, чтобы получить лучшее представление);
29. Выбрать Rate|Extremely Fast simulation rate;
30. Нажать Simulation|Start (начнётся выполнение программы).

Процесс связи по протоколу I²C можно просмотреть на осциллографе как пакеты импульсов. Вид экрана с выполняющейся программой показан на рис. 12.

Проработав примеры работы с программой PIC Simulator IDE, вы сможете самостоятельно тестировать свои программы. В приложении приведены адреса документов, отражающих вопросы работы с микроконтроллерами microPIC компании Microchip.

ЛИТЕРАТУРА

1. www.oshonsoft.com.
2. www.picbasic.narod.ru.

Приложение

- Схема платы LAB-X3, для ICD с PIC16F628
<http://www.melabs.com/downloads/labx3sch.pdf>
- Микроконтроллер PIC16C84. Краткое описание
<http://www.nnov.rfnet.ru/pic/16c84.html>
- Набор команд PIC16XXX
<http://yusoft.kulichki.com/russian/pic/opcodes.htm>
- Характеристики PIC16F628
<http://www.microchip.ru:80/lit/pic/pic16f6xx/pic16f628>
- Полезные подпрограммы для PIC-контроллеров
<http://www.kazus.ru/modules.php?name=News&file=article&sid=410>
- Самоучитель по программированию PIC-контроллеров для начинающих
http://ikarab.narod.ru/Kea_20.html
- <http://www.nnov.rfnet.ru/pic/first.html>
- Советы по программированию и схемотехнике
<http://www.disall.newmail.ru/faq.htm>
- «Глюки» микроконтроллеров PIC
<http://www.disall.newmail.ru/gluk.htm>
- FAQ по PIC-микроконтроллерам
<http://yusoft.kulichki.com/russian/pic/faq.htm>
- Много ссылок по PIC-микроконтроллерам
<http://y12.narod.ru/rpic-lnk.htm>

СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА

DISPLAY

14-16 ИЮНЯ

2006

МОСКВА ЦДХ

- Системы отображения специального исполнения
- Универсальные и специализированные экраны
- Отображение в системах связи и управления
- Городские информационно-справочные системы
- Средства отображения в рекламных технологиях
- Компоненты систем и средств отображения
- Информационные табло, мониторы, дисплеи
- Проекционное оборудование и системы
- Средства отображения на транспорте
- Средства отображения в военной технике

<http://display.chipexpo.ru>

8-я Международная научно-техническая конференция и выставка «Цифровая обработка сигналов и её применение – DSPA'2006»

29–31 марта 2006 г. в Москве состоялись 8-я Международная научно-техническая конференция и выставка «Цифровая обработка сигналов и её применение – DSPA'2006», организованные Российским НТОРЭС имени А.С. Попова и компанией AUTECH Ltd. совместно с IEEE Signal Processing Society, Отделением информатики, вычислительной техники и автоматизации РАН, Институтом радиотехники и электроники РАН, Институтом проблем управления РАН, Институтом проблем передачи информации РАН, МНИТИ, Российской секцией IEEE. В работе конференции и выставки приняли участие около 1500 человек.

На конференции было заслушано 200 докладов, по материалам которых изданы Труды Конференции в 2-х томах на русском и английском языках общим объёмом 667 стр.

Работа Конференции проходила по десяти секциям:

- теория сигналов и систем;

- теория и методы цифровой обработки сигналов;
- обработка сигналов в системах телекоммуникаций;
- обработка сигналов в радиотехнических системах;
- обработка и передача изображений;
- обработка измерительной информации;
- проектирование и техническая реализация систем ЦОС;
- цифровое радиовещание;
- цифровая обработка многомерных сигналов;
- нейрокомпьютерная обработка сигналов и изображений.

Одновременно с конференцией компанией AUTECH Ltd. была организована Выставка новых информационных технологий реального времени и инструментальных средств ЦОС. В работе Выставки приняли участие: AVD Systems, AUTECH Ltd., «Альтернатив Солюшнз Альт-С», Белорусский государственный университет, ЗАО «Инструментальные системы», ИПУ РАН,

«Л-Кард», ООО «Лаборатория автоматизированных систем (АС)», НТЦ «Модуль», МЭИ (ТУ) – Кафедра электрофизики, РСВ Technology, ООО «Растр Технолоджи», РНТОРЭС им. А.С. Попова, ЗАО «Руднев-Шиляев», «Терраэлектроника», «Центр АЦП», НПП «Цифровые решения», ГУП НПЦ «Элвис», ЗАО «Электронные технологии и метрологические системы – ЗЭТ».

В дни работы конференции и выставки состоялись семинары по новым разработкам в области DSP, которые посетили около 800 человек:

- «Университетская программа компании Texas Instruments»;
 - ГУП НПЦ «ЭЛВИС»: «Отечественные DSP-контроллеры “Мультикор” и аналого-цифровые СБИС НПЦ “ЭЛВИС” для систем связи, мультимедиа и цифровой обработки сигналов»;
 - SPIRIT: «DSP-продукты SPIRIT в решениях лидеров мировой IT-индустрии»;
 - «Круглый стол DSPA»;
 - Analog Devices, Inc. – Autech Ltd.: «Новые DSP-продукты и отладочные средства, а также другие новости Analog Devices. Blackfin и процессоры с плавающей точкой»;
 - ЗАО «Инструментальные системы»: «Опыт реализации устройств ЦОС для задач гидроакустики, радиолокации и радиосвязи»;
 - ООО PCB Technology: «Десять секретов проектирования многослойных и гибко-жестких печатных плат»;
 - «Альтернатив Солюшнз Альт-С»: «Аппаратная поддержка верификации цифровых ИС»;
- Следующая, 9-я Конференция и выставка DSPA'2007 состоится в марте 2007 г. в Москве, в здании ИПУ РАН, м. Калужская.

СОВРЕМЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА



КОНФЕРЕНЦИЯ «ЭЛЕКТРОНИКА/АЭРОКОСМОС»

24 мая в Москве пройдёт конференция «Электроника/Аэрокосмос», организатором которой выступает компания National Instruments.

Конференция посвящена созданию систем тестирования и испытаний изделий радиоэлектронной и аэрокосмической промышленности на базе оборудования National Instruments.

Основные темы:

- тестирование изделий силовой электроники,
- тестирование аналоговой и цифровой электроники,
- тестирование высокочастотных и радиопередающих устройств, в т.ч. авионики и других изделий аэрокосмической отрасли.

В ходе конференции выступят работники National Instruments, сис-

темные интеграторы, пройдёт выставка аппаратно-программных решений для электроники.

Конференция «Электроника/Аэрокосмос» состоится 24 мая 2006 г. с 10:00 до 15:00 по адресу: Москва, ул. Покровка 47/24, Центральный Дом Предпринимателя.

Подробнее о конференции можно узнать по тел. (495) 783-6851 или на сайте <http://ni.com/russia>.

СЕМИНАР ANALOG DEVICES

В рамках 8-й Международной выставки и конференции «Цифровая обработка сигналов и её применение» DSPA'2006, 30 марта, состоялся однодневный специализированный семинар Analog Devices, Inc. – Autex Ltd. по DSP-продукции Analog Devices.

Такие семинары проводятся на регулярной основе уже более 12 лет.

Семинар имел насыщенную программу и привлёк внимание около 500 участников.

Вели семинар Johannes Horvath (Analog Devices) и Алексей Соловьёв (официальное представительство Analog Devices в России). Рассматривались процессоры семейства Blackfin и процессоры с плавающей точкой.

В качестве раздаточных материалов участники получили CD 2005 Designers' Reference Manual, Short

Form 2005, а также книги ADSP-BF561 Blackfin Processor Hardware Reference, ADSP-BF53x/BF56x Blackfin Processor Programming Reference и Getting Started With Blackfin Processors.

В офисе Autex Ltd. ещё некоторое время можно будет получить эти материалы. Также приглашаются на консультации все, у кого появились дополнительные вопросы. Презентация прошедшего семинара размещена на сайте www.autex.ru.

19-21 сентября 2006



Новосибирск

Генеральный
информационный
спонсор:

ИЗДАТЕЛЬСКИЙ ДОМ
connect

СИБИРСКИЙ ФОРУМ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ:

СИБСВЯЗЬ. СИБКОМПЬЮТЕР. СИБИНТЕРНЕТ

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

ЭЛЕКТРОНСИБ

Специализированная выставка электронных компонентов и технологического оборудования

СИБИРЬ-ТЕЛЕРАДИОВЕЩАНИЕ

Специализированная выставка кабельного и спутникового телевидения, радиовещания и широкополосных телекоммуникаций

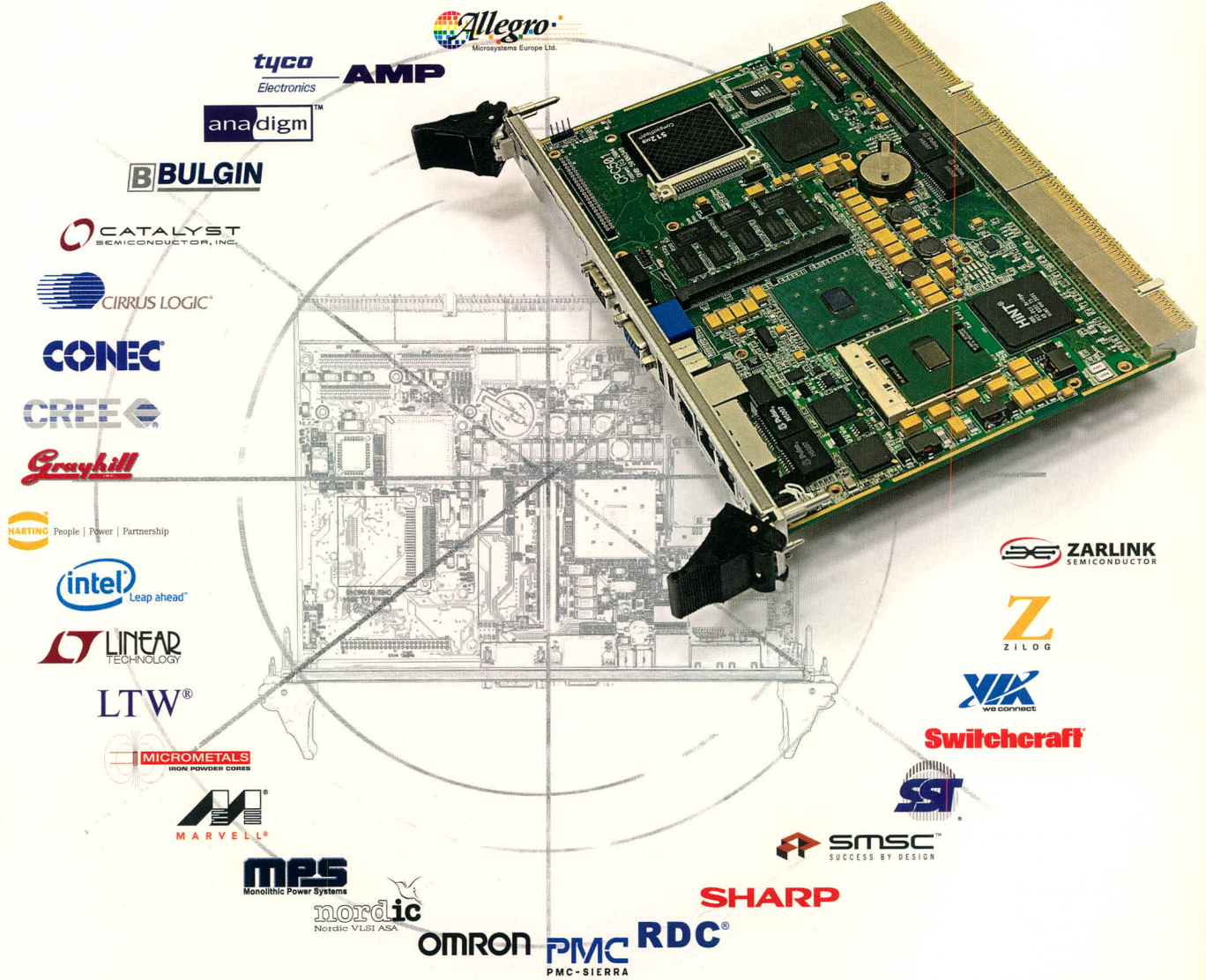
Выставочное Общество СИБИРСКАЯ ЯРМАРКА

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

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

Достаточно идеи!

О деталях позаботится ПРОСОФТ.



СПЕЦИФИКАЦИЯ

Основные изделия		Прочие изделия		
✓ Allegro	Micrometals	Agilent	Infineon	Rohm
✓ Anadigm	MPS	Altera	Kemet	Samsung
✓ Bulgin	Nordic	AMD	Kingbright	Sanyo
✓ Catalyst	Omron	Analog Devices	Maxim/Dallas	Siemens
✓ Cirrus Logic	PMC-SIERRA	Atmel	Micron	SiGe
Conec	RDC	AVX	Microchip	Sumida
Cree	Sharp	Bourns	Mitsubishi	STMicro
Grayhill	Sharn	Cypress	Mitsumi	TDK
Intel	SMSC	Epcos	Molex	Toshiba
Intersil	SST	Epson	Murata	Texas Instruments
IRF	Switchcraft	Equator	NEC	TransChip
Linear Tech.	Tyco / AMP	Fairchild	NSC	TransDimension
LTW	VIA Tech.	Fox Electronics	ONsemi	Triquint
Marvell	Vitesse	Freescale	Panasonic	Vishay
	Zarlink	Hifn	Phycomp	Xilinx
		Honeywell	Philips Semi.	Yageo
		IDT	Phoenix	Zilog

Выбери свою спецификацию...

Лучшие продукты 2005 года!

● Программируемые аналоговые ИС		AN120E04 (ANADIGM) Позволяет сконфигурировать любое устройство аналоговой обработки на одном кристалле. Гибкая динамическая переконфигурация системы
● Стандартные аналоговые приборы		LTC6903 (Linear Technology) Программируемый генератор 1 кГц...68 МГц, SPI-интерфейс, -40...+125°C
● Микропроцессоры, микроконтроллеры		R8610 (RDC) Недорогой 32-битный x86-микроконтроллер архитектуры 80486SX Широкий набор встроенной периферии. Потребляемая мощность <1 Вт
● Микросхемы памяти		28F256P30 (INTEL) Микросхема памяти ёмкостью 256М (16Мx16) Напряжение питания — от 1,7 В. Время доступа — 85 нс, -40...+85°C. Отличная цена за 1 бит памяти
● ЦАП, АЦП		CS5534 (CIRRUS LOGIC) 24-разрядный 4-канальный сигма-дельта, АЦП со сверхмалощумящим усилителем с программируемым коэффициентом усиления
● Компоненты силовой электроники		MP1570 (MPS) Интегральный понижающий DC/DC-преобразователь 25 В, 3 А
● Карбид-кремниевые полупроводниковые приборы		CSD20120D (CREE) Высоковольтный карбид-кремниевый диод Шоттки 1200 В, 20 А, -55...+175°C
● Микросхемы на эффекте Холла		ACS750SCA-075 (ALLEGRO) Датчики тока на эффекте Холла 5...200 А, 0...50 кГц
● Компоненты для беспроводной передачи данных		nRF9E5 (NORDIC) Однокристалльный трансивер диапазона 433/868/915 МГц со встроенным микроконтроллером 8051 и аппаратным протоколом передачи данных
● Компоненты для телекоммуникаций		ZL38002 (ZARLINK) Микросхема акустического эхоподавления в системах громкоговорящей связи с функциями улучшения качества звука
● Компоненты обработки видеосигналов		RV5P0070M (SHARP) Микросхема обработки видеосигнала для LCD-дисплеев. Поддерживает различные форматы входного сигнала и имеет функцию настройки параметров изображения
● Твердотельные источники света		XL7090 (CREE) Самые эффективные в мире светодиодные лампы. Светоотдача до 87 лм на 1 Вт. Срок службы – 100 тыс. часов. Вся гамма цветов
● Пассивные компоненты		Высокоэффективные магнитодиэлектрики компании Micrometals для силовой электроники и ВЧ-техники
● Соединители и электромеханика		Герметичные вандалостойкие кнопочные переключатели и индикаторы компании BULGIN
● Отладочные средства		XLD-AL-004 (ФАКТВЕЛ) Отладочная плата сверхъяркой светодиодной лампы Cree XLamp 7090 с интегрированным драйвером на алюминиевой печатной плате
● Оригинальные разработки Прософт		PWD-433 (ФАКТВЕЛ) Беспроводный модуль диапазона 433 МГц на микросхеме nRF9E5 Nordic Semiconductor

PROSOFT®

ПРОСОФТ — АКТИВНЫЙ КОМПОНЕНТ ВАШЕГО БИЗНЕСА

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

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

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

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

ЭЛЕКТРОНИКА
КОМПОНЕНТЫ • ОБОРУДОВАНИЕ • ТЕХНОЛОГИИ

ChipEXPO СЕНТЯБРЬ 19-20 -2006

4-Я МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА
РОССИЯ • МОСКВА • ЭКСПОЦЕНТР

ПРИ ПОДДЕРЖКЕ:



Министерство промышленности и энергетики Российской Федерации
Министерство экономического развития и торговли Российской Федерации
Федеральное агентство по промышленности
Департамент науки и промышленной политики города Москвы
Московская торгово-промышленная палата

ИНФОРМАЦИОННАЯ
ПОДДЕРЖКА



КОМПОНЕНТЫ
И ТЕХНОЛОГИИ
Components & Technologies



ОРГАНИЗАТОР ВЫСТАВКИ

ЗАО «ЧипЭкспо», Россия,
111141, Москва, ул. Перовская 19/2, стр. 3,
тел./факс: (495) 368-1039, e-mail: info@chipexpo.ru

www.chipexpo.ru