

СОВРЕМЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

10 1 2014



С Новым годом!

В номере:

- Рабочее место разработчика РЗА
- ЦОС широкополосных сигналов РЛС
- Интерфейс LIN в ИС активации питания
- Ионистор в автономной электрической цепи
- САПР Mentor Graphics PADS 9.5
- и многое другое

www.soel.ru





ФАВОРИТ. Фактор качества. Факт успеха.

Комплексные поставки электронных компонентов специального, двойного и общего назначения

Второй поставщик в системе «ВОЕНЭЛЕКТРОНСЕРТ».

Поставка ЭК отечественного производства категорий качества ОТК, ВП, ОСМ, ОС.

Поставка ЭК иностранного производства с предоставлением гарантий качества, проведением сертификационных испытаний по оценке соответствия требованиям нормативных документов Минобороны РФ.



«Фаворит – Электронная Компания»

WWW.FAVORIT-EC.RU тел./факс: +7(495) 627-76-24

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

Представительство ЗАО «Фаворит – ЭК»
в Санкт-Петербурге
Тел.: +7 (812) 449-52-41
www.spbnek.ru • spb@favorit-ec.ru

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

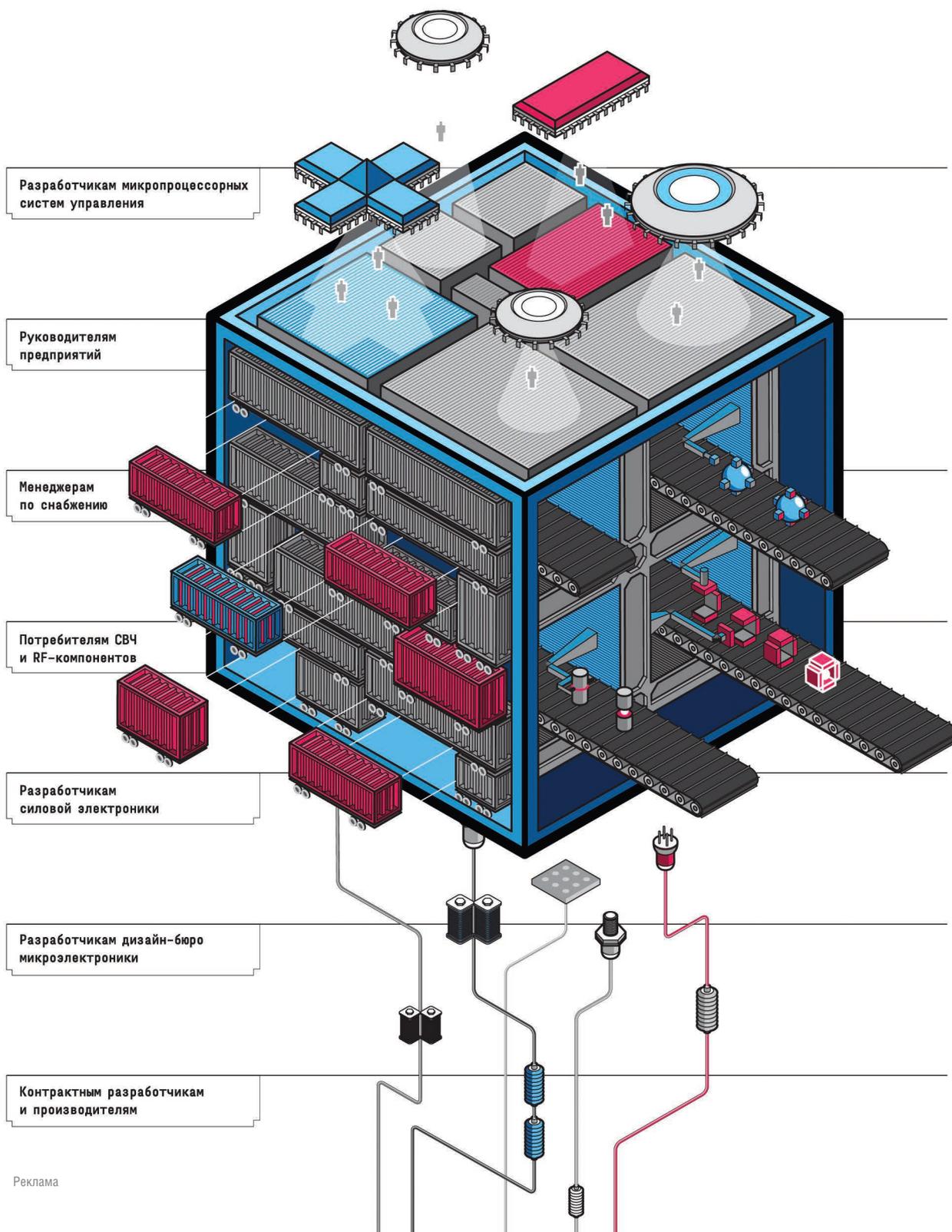
Реклама

НОВАЯ ЭЛЕКТРОНИКА / РОССИЯ

25-27 МАРТА 2014

МОСКВА
ЭКСПОЦЕНТР
НА КРАСНОЙ ПРЕСНЕ

главная российская выставка электронных компонентов и модулей



Главный редактор
Алексей Смирнов

Заместитель главного редактора
Людмила Лузикова

Редакционная коллегия
Александр Балакирев, Андрей Данилов,
Виктор Жданкин, Сергей Сорокин,
Андрей Туркин, Рифат Хакимов

Литературный редактор
Ольга Семёнова

Вёрстка
Марина Петрова

Обложка
Дмитрий Юсим

Распространение
Ирина Лобанова
(info@soel.ru)

Реклама
Ирина Савина
(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



Производственно-практический журнал
Выходит 9 раз в год
Тираж 10 000 экземпляров
Журнал зарегистрирован в Федеральной службе
по надзору за соблюдением законодательства
в сфере массовых коммуникаций
и охране культурного наследия
(свидетельство ПИ № ФС77-18792
от 28 октября 2004 года)
Свидетельство № 00271-000
о внесении в Реестр надёжных партнёров
Торгово-промышленной палаты Российской Федерации
Цена договорная

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

Перепечатка материалов допускается только
с письменного разрешения редакции.
Ответственность за содержание рекламы
несут рекламодатели.
Ответственность за содержание статей
несут авторы.
Материалы, переданные редакции,
не рецензируются и не возвращаются.
© СТА-ПРЕСС, 2014

1/2014 Contents

MARKET	
News from the Russian Market	4
Synopsys: EDA Prospects in the Russian Market	10
MODERN TECHNOLOGIES	
Data Compression Methods to Stream Highest Bandwidth Radar Pulses	14
<i>Michael May</i>	
ELEMENTS AND COMPONENTS	
Modern 32-bit ARM Microcontrollers Series STM32: Serial Interface SPI	18
<i>Oleg Val'pa</i>	
Power Activation IC`s with the LIN Interface	24
<i>Yurii Petropavlovskii</i>	
The Structured ASIC Application for Sensor Interface Design	32
<i>Oleg Dvornikov, Vladimir Chekhovskii, Valentin Dyatlov, Nikolai Prokopenko</i>	
Ionistor in an Independent Electrical Circuit	38
<i>Andrey Kashkarov</i>	
DEVICES AND SYSTEMS	
Workplace of the Electronic Equipment Developer	42
<i>Vladimir Dyakonov</i>	
ENGINEERING SOLUTIONS	
Powerful Galvanically Isolated AC Thyristor Switch	46
<i>Aleksey Kuz'minov</i>	
Realization of the USB HID Keyboard Profile on STM32 Mini	52
<i>Andrey Sharonov, Valerii Volodin, Ravil Bikmetov</i>	
The Timer Operating 30 Independent Loadings	56
<i>Sergei Shishkin</i>	
DESIGN AND SIMULATION	
VHDL Software for Functional Verification of Digital Systems: RandomPkg Suite	60
<i>Nikolai Avdeev, Petr Bibilo</i>	
Design of Schematic Diagrams and PCD by Means of EDA Mentor Graphics PADS 9.5	66
<i>Tatiana Kolesnikova</i>	
EVENTS	
Our Radio Broadcasting Heritage. To the 95 Anniversary of Nizhny Novgorod Radio Laboratory Creation	72
<i>Vladimir Bartenev</i>	
Results of the International Specialized Industrial Exhibition RADEL. Electronics and Instrument-Making	76
Zelenograd Nanotechnological Center: Start of New Projects	78
Don't Pass Leading Action in the Field of Nondestructive Control and Technical Diagnostics!	80

Содержание 1/2014

РЫНОК

- 4 **Новости российского рынка**
10 **Synopsys: о перспективах САПР на российском рынке**

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

- 14 **Методы сжатия данных для потоковой передачи широкополосных импульсных сигналов РЛС**
Майкл Мэй

ЭЛЕМЕНТЫ И КОМПОНЕНТЫ

- 18 **Современные 32-разрядные ARM-микроконтроллеры серии STM32: последовательный интерфейс SPI**
Олег Вальпа
- 24 **Микросхемы активации питания с интерфейсом LIN**
Юрий Петропавловский
- 32 **Применение структурных кристаллов для создания интерфейсов датчиков**
Олег Дворников, Владимир Чеховский, Валентин Дятлов, Николай Прокопенко
- 38 **Ионистор в автономной электрической цепи**
Андрей Кашкаров

ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

- 42 **Рабочее место разработчика электронной аппаратуры**
Владимир Дьяконов



ИНЖЕНЕРНЫЕ РЕШЕНИЯ

- 46 **Мощный тиристорный выключатель переменного тока с гальванической развязкой**
Алексей Кузьминов
- 52 **Реализация профиля клавиатуры USB HID на плате STM32 Mini**
Андрей Шаронов, Валерий Володин, Равиль Бикметов
- 56 **Таймер, управляющий 30 независимыми нагрузками**
Сергей Шишкин

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И МОДЕЛИРОВАНИЕ

- 60 **Средства VHDL для функциональной верификации цифровых систем: пакет RandomPkg**
Николай Авдеев, Пётр Бибило
- 66 **Проектирование принципиальных схем и печатных плат с помощью САПР Mentor Graphics PADS 9.5**
Татьяна Колесникова

СОБЫТИЯ

- 72 **Наше радиовещательное наследие. К 95-летию создания Нижегородской радиолaborатории**
Владимир Бартнев
- 76 **Итоги Международного промышленного форума «Радиоэлектроника. Приборостроение. Автоматизация»**
- 78 **Открытие Зеленоградского нанотехнологического центра: старт новых проектов**
- 80 **Не пропустите ведущее мероприятие в области неразрушающего контроля и технической диагностики!**

ПОДПИСКА НА 2014 год

Концепция распространения журнала – бесплатная подписка для специалистов. Условие сохранения такой подписки – своевременное её продление на каждый последующий год. Редакция напоминает о необходимости продления подписки на 2014 год. Всё больше подписчиков сообщают нам о фактах пропажи журнала на почте или из почтового ящика. Редакция гарантирует только отправку журнала бесплатно подписчику, но не может гарантировать его доставку. Риск пропажи журнала можно уменьшить. Во-первых, можно обратиться в отдел доставки вашего почтового отделения и оформить получение журнала до востребования. Во-вторых, можно оформить платную подписку на журнал, и в этом случае почта будет нести ответственность за его доставку.



ПЛАТНАЯ ПОДПИСКА

Преимущества:

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

«Роспечать»

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

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

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

«Агентство „ГАЛ“»

Тел.: (495) 981-0324, (800) 555-4748
<http://www.setbook.ru>

«Урал-Пресс»

Тел.: (495) 961-2362
<http://www.ural-press.ru>

Читатели из дальнего зарубежья

могут оформить подписку через агентство

«МК-Периодика»

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

Новости российского рынка

ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

Оборудование для плазменной обработки компании PlasmaEtch

Компания ЗАО «ЭлекТрейд-М» расширила круг деятельности в области поставок электроники и стала официальным дистрибьютором компании PlasmaEtch (США).



Компания PlasmaEtch начала свою деятельность в качестве поставщика вакуумного оборудования, но за короткое время переросла в признанного разработчика установок с инновационными решениями, такими как электростатическое экранирование и полный контроль над температурой электродов, что значительно увеличило производительность оборудования. Сегодня компания предлагает уникальную линейку установок плазменной очистки и травления, которые применяются в производстве печатных плат, создании медицинских приборов, микроэлектронике, изготовлении разъёмов и производстве упаковки.

Компания предлагает передовые решения технологической обработки печатных плат на примере установок серий BT-1, MK-II и Magna, которые генерируют анизотропную и изотропную реактивную плазму. В результате инновационных решений конструкции камеры установки Magna стало возможным проводить прецизионное травление диэлектрика на значительную глубину и отказаться от применения «фреона 14» (CF₄). Каждая установка комплектуется ВЧ-генератором (13,56 МГц) с бесступенчатой регулировкой мощности, программируемыми масс-контроллерами расхода газов, вакуумными насосами фирмы Edwards, системой поддержания заданной температуры электродов и деталей, коалесцентным фильтром для экономии расхода масла и др.

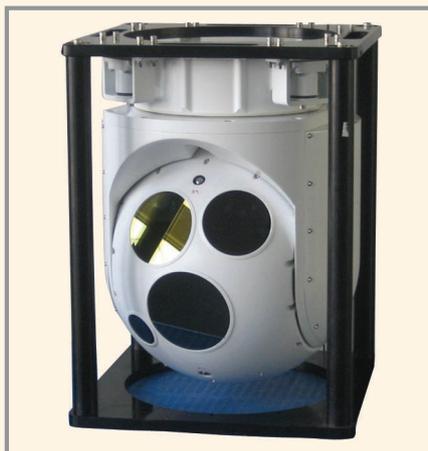
Более подробную информацию можно получить у специалистов ЗАО «ЭлекТрейд-М».

www.eltm.ru

Тел./факс: (499) 218-2360

Гиростабилизированная система с точностью стабилизации 20 мкрад

Команда инженеров компании ЗАО «ЭЛСИ» успешно завершила работу по созданию новой гиростабилизированной оптико-электронной системы МОЭС-408. Главным отличием новой системы от предшествующей (МОЭС-350) является 4-осная система стабилизации, которая в отличие от 2-осной позволяет добиться уровня стабилизации 20–50 мкрад. Кроме того, система подросла в размерах, и её диаметр составляет 408 мм, благодаря этому в систему можно встроить телевизионные и тепловизионные камеры с большей дальностью обнаружения целей, а также в ней достаточно места для установки лазерного дальномера-целеуказателя, что в свою очередь является обязательным требованием у большинства отечественных заказчиков.



Стоит отметить, что масса системы в полном оснащении при таких «нескромных» габаритах всего 52 кг.

При определённых доработках в части амортизаторов и узлов крепления МОЭС-408 возможно использовать на отечественных и импортных вертолётах, а также низкоскоростных БЛА.

Компания ЗАО «ЭЛСИ» не останавливается на достигнутом и продолжает работу по увеличению надёжности системы и расширению модельного ряда.

www.elsy.nov.ru

Тел./факс: (8162) 94-8737

Системы сбора данных с высокой потоковой скоростью записи

Компания «Центр АЦП» выпустила две системы непрерывного продолжительного сбора аналоговых и цифровых данных Nimble-1600/3500 с потоковой скоростью записи 1460 Мбайт/с и 2800 Мбайт/с соответственно.

Это позволяет проводить запись сигнала без пропуска кода из канала АЦП с частотой дискретизации 2 ГГц и разрешением АЦП 12 бит. Запись производится на жёсткие диски.



В комплект поставки входит:

1. Устройство аналого-цифрового преобразования.
2. Высокоскоростное запоминающее устройство Nimble-1600/3500.
3. Специализированное ПО для чтения и редактирования файлов больших размеров под Windows 7 (64 бит).

Разрядность АЦП и частота дискретизации может быть любая и определяется при заказе, например, 16 каналов с частотой дискретизации 100 МГц каждый и разрешением АЦП 14 бит или 1 канал с разрешением 14 бит и частотой дискретизации 1500 МГц.

Данная система предназначена для исследовательских задач с записью исходных данных, дальнейшего поиска алгоритмов цифровой обработки сигнала (информации) и последующего перевода алгоритмов в ПЛИС или на сигнальные процессоры.

www.centeradc.ru

Тел.: (499) 257-4509

Новинка на российском рынке анализаторов спектра

Компания «ТЕСТПРИБОР» приступила к поставке нового поколения портативного анализатора спектра реального времени SPECTRAN V5. Благодаря инновационным методам анализа спектра в совокупности с мощными устройствами обработки информации, анализатор спектра SPECTRAN V5 является самым компактным анализатором спектра с техническими характеристиками, превосходящими по некоторым параметрам стационарные приборы.



Новости российского рынка

Анализаторы Aaronia SPECTRAN V5 сочетают в себе анализ спектра в режиме реального времени и смещённый многофазный фильтр, который используется вместе с запатентованным методом измерения посредством модулированного гетеродина.

Отличительными особенностями данного анализатора являются:

- полоса пропускания до 200 МГц;
- дистанционное управление в реальном времени (GSM, WLAN, USB);
- запатентованная технология многофазной фильтрации;
- запатентованный метод анализа спектра без верхнеположенного гетеродина (модулированный гетеродин);
- низкий уровень шума (-170 дБм/Гц);
- TFT-дисплей высокого разрешения 800 × 480 пикселей с сенсорным экраном;
- сверхбыстрая развёртка гетеродина (развёртка цифрового синтезатора с прямым синтезом частот, мкс);
- встроенный 3D-датчик движения (гиродатчик) и 3D-датчик магнитного поля (компас и устройство позиционирования);
- высокая скорость USB 2.0 (480 КБ/с);
- встроенная литиево-полимерная батарея (LiPo) 8000 мАч (или 16 000 мАч) обеспечивает работу в течение 3 (или 6) часов;
- гарантийный срок – 10 лет.

ЗАО «ТЕСТПРИБОР» является официальным дистрибьютором продукции компании Aaronia AG в России, осуществляя поставки анализаторов спектра, анализаторов ЭМС, измерительных антенн, экранирующих материалов и другого оборудования.

Получить более подробную информацию о продукции Aaronia AG можно у специалистов компании «ТЕСТПРИБОР».

www.test-expert.ru

Тел./факс: (495) 657-8737

Настраиваемые широкополосные и режекторные фильтры компании Pasternack

Компания Pasternack представила новую серию настраиваемых широкополосных пропускных и режекторных фильтров, используемых в лабораториях как составные части испытательного оборудования. Новинки широкополосных пропускных фильтров доступны в различных конфигурациях с настраиваемой частотой от 125 МГц до 3 ГГц и 5% полосой пропускания; режекторные фильтры представлены с частотой от 100 МГц до 2 ГГц и полосой задерживания до 1%.

Основные параметры:

- максимальная потребляемая мощность 50 Вт;



- тип разъемов N female;
- посеребрённый корпус из алюминия повышенной прочности.

Широкополосные пропускные и режекторные фильтры компании Pasternack активно используются при тестировании различных объектов в полосе частот UHF, PMR, Tetra, LTE, PCS/WiFi. А также очень эффективны в определении необходимой полосы и отфильтровки частоты с ослаблением свыше 50 дБ для уменьшения шумов и гармонических искажений.

www.favorit-ec.ru

Тел./факс: (495) 627-7624

Программируемые 800- и 1500-Вт источники питания AC/DC

Компания XP Power объявила о начале поставок высокоэффективных 800- и 1500-Вт программируемых источников питания AC/DC. Эти одноканальные низкопрофильные источники питания имеют размеры 249 × 127 × 40,9 мм (800-Вт модели) и 280 × 127 × 63,5 мм (1500-Вт модели). Они подходят для установки в стандартные конструктивы высотой 1U и 2U, обеспечивают типовое значение КПД до 93%. Два вентилятора с регулируемой скоростью вращения, установленные на передней панели, обеспечивают экономию энергии и снижают шумы до минимального значения. Удельное значение мощности этих компактных устройств превышает 10 Вт/дюйм³ (660 Вт/дм³).



Значения выходного напряжения и тока программируются от 0 до 105% установленного номинального значения через интерфейс RS-232, I²C, потенциальный вход

(от 0 до 5 В) или через внешний делитель напряжения.

Серия HDS включает семь моделей с популярными выходными напряжениями 12, 15, 24, 30, 36, 48 и 60 В. К тому же выходные напряжения могут регулироваться ручным способом внешним потенциометром в диапазоне ±5% от номинального значения для компенсации потерь на соединительных проводниках. Также обеспечиваются два канала, выбираемые пользователем – 5 В/0,5 А и 9 В/0,3 А – для обеспечения режима ожидания, когда на входе имеется сетевое напряжение.

Модули обладают полным набором сигнальных выходов и сервисных функций, таких как дистанционное включение-выключение, сигнал состояния входного напряжения AC OK, цепи для подключения внешней обратной связи, защита от перегрева. Многофункциональный светодиодный индикатор сигнализирует о состоянии источника питания и обеспечивает предупреждающие извещения посредством применения различных цветов и частот миганий. Кроме того, последовательный канал I²C обеспечивает двунаправленную передачу данных между источником питания и внешним управляющим/контрольным оборудованием.

Функция равномерного распределения тока позволяет подключать параллельно до пяти модулей в применениях, которые могут потребовать более высоких значений выходной мощности, или для целей резервирования. Это также делает возможным расширение системы, если потребуется увеличить мощность. Источники питания серии HDS800/1500 предназначены для работы в широком диапазоне входных напряжений от 90 до 264 В переменного тока или 127–370 В постоянного тока, что позволяет применять их в любой стране. Диапазон рабочих температур от -10 до +70°C (+60°C для HDS1500) без понижения выходной мощности до +50°C. Соответствие требованиям к обеспечению безопасности стандартов UL/IEC/EN 60950-1 оборудования информационной технологии, промышленных и коммуникационных приложениях. Источники питания серии HDS также соответствуют требованиям международного стандарта EN55022 Class B к уровню генерируемых кондуктивных помех и помех излучения.

Типовые применения для HDS800/1500 включают использование в оборудовании для производства полупроводников заряд батарей и автоматические испытательные системы. Гарантийный срок составляет 3 года.

Новости российского рынка

Заказать представленные модели серий HDS800/1500 можно у официального дистрибьютора продукции XP Power – компании ПРОСОФТ.

www.prosoft.ru
Тел.: (495) 234-0636

30-кВт источники питания AC/DC и DC/DC-преобразователи с высокой удельной мощностью

Компания Schaefer Inc. начала выпуск 30-кВт источников питания AC/DC, DC/DC-преобразователей и устройств управления зарядом аккумуляторных батарей серии C/B6600. Эти высоконадёжные, компактные и прочные устройства являются прекрасным решением с высоким значением удельной мощности для высокомоощных применений в различных отраслях промышленности, таких как нефтегазовая, тяжёлая промышленность, военная, телекоммуникационная/передача данных, альтернативные источники энергии, железнодорожный транспорт, управление производственными процессами и электростанции.



Высокоэффективные модули серии C/B/6600 способны работать от сетей постоянного тока 320...460 В или 450...800 В, а также от трёхфазных сетей переменного тока 3 × 400 В или 3 × 480 В. Эти модули обеспечивают на выходе 10 стандартных напряжений в диапазоне от 24 до 800 В. Все выходные напряжения регулируемые и характеризуются высокой стабильностью: коэффициент нестабильности по току 0,2% и 0,1% по напряжению. Встроенные вентиляторы обеспечивают отвод тепла, диапазон рабочих температур от –20 до +75°C (понижение мощности от +55°C). По заказу возможна поставка модулей с расширенным диапазоном рабочих температур от –40 до +75°C.

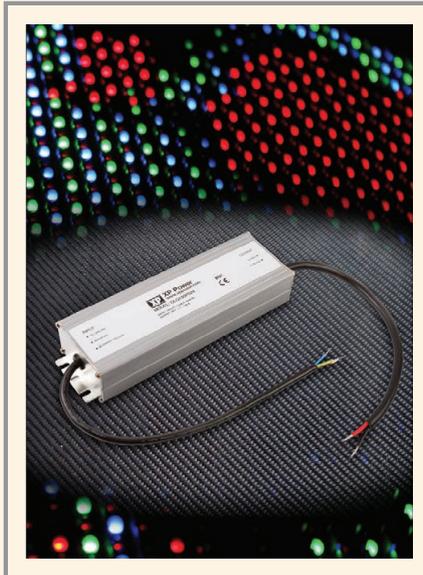
Модули выполнены в стандартном промышленном форм-факторе для монтажа в 19" каркасы. Габаритные размеры 10U × 19" × 600 мм, масса 115 кг. Все модули оснащены полным набором защитных цепей, включая защиту от перенапряжения,

перегрузки по току и перегрева с самовосстановлением после устранения причины срабатывания защиты. Набор сервисных функций включает параллельное включение, вход дистанционного включения/выключения, сигналы состояния входного и выходного напряжений (Power-OK/DC-OK), сигнализацию об установке в исходное состояние, активное распределение тока нагрузки между включёнными параллельно модулями, а также функции программирования и контроля.

www.prosoft.ru
Тел.: (495) 234-0636

Высокоэффективные герметизированные модули драйверов светодиодов с выходными мощностями от 70 до 150 Вт

Компания XP Power начала поставки драйверов серии DLG-HV для светодиодов, которые работают в режиме генератора тока и имеют множество вариантов выходных напряжений и токов, а также предлагают более высокий уровень напряжений (до 428 В), чем существующие модули серии DLG. Представлены модули с выходными мощностями 70, 100 и 150 Вт, предназначенные для работы от сети переменного тока в диапазоне 90...305 В. Модули характеризуются высоким КПД до 92% и имеют коэффициент коррекции мощности более 0,94, что является идеальным для заказчиков, ищущих «зелёные» решения.



Новые модули предназначены для систем освещения, безопасности и машинного зрения. Герметизированные модули со степенью защиты IP67 имеют гибкие проводники для подключения входных и выходных цепей. Высокая степень защиты IP67 обе-

спечивает предохранение от проникновения пыли, полную защиту от контакта персонала с токоведущими частями и погружение в воду на глубину до 1 м.

Диапазон рабочих температур от –40 до +70°C с понижением выходной мощности от температурного порога +50°C для 70 и 100 Вт моделей и от +55°C для 150 Вт моделей.

Модули драйверов серии DLG соответствуют требованиям международных стандартов безопасности к системам освещения EN61347 и UL8750, а также требованиям стандарта EN55015 Class B к уровню кондуктивных помех и помех излучения.

Гарантийный срок составляет 3 года.

www.prosoft.ru
Тел.: (495) 234-0636

200-Вт источники питания AC/DC с КПД 95% увеличивают ресурс и расширяют температурный диапазон

Компания XP Power объявила о начале выпуска высокоэффективных 200-Вт одноканальных источников питания серии CCB200 для использования в медицине и промышленности.



Предназначенные для применений с конвекционным отводом тепла, которые требуют очень высокой эффективности в конструкции с открытым каркасом, модули серии имеют типичное значение КПД 94% и максимальное значение 95% с плоской характеристикой зависимости КПД от нагрузки во всём диапазоне выше 20%. По сравнению с обычными 200-Вт источниками питания CCB200 генерируют на 50% меньше рассеянного тепла при полной нагрузке, что приводит к значительно меньшему нагреву компонентов и поэтому увеличивает ресурс изделия. Высокая эффективность позволяет упаковать источник питания с конвекционным отводом тепла в стандартные габариты 76,2 × 127 × 36,32 мм, обычно применяемый для источников питания с этой номинальной мощностью с принудительным охлаждением. Потребляемая мощность в режиме холостого хода менее 0,5 Вт.

Новости российского рынка

Источники питания серии ССВ200 соответствуют требованиям третьей редакции стандарта ANSI/AAMI ES60601-1 к медицинским электрическим изделиям и имеют подтверждение для применения в рабочих частях типа BF. Серия ССВ200 также соответствует требованиям безопасности стандартов UL/IEC/EN 60950-1 к оборудованию информационной технологии. Вследствие высокой эффективности модули серии ССВ200 способны обеспечивать полную мощность 200 Вт на протяжении длительного времени в расширенном диапазоне температур от -20 до $+70^{\circ}\text{C}$ и пониженную мощность при температурах выше $+85^{\circ}\text{C}$. До того как начинается понижение

мощности, промышленной нормой обычно является $+50^{\circ}\text{C}$.

Технология обеспечивает работу с высоким КПД, начиная с входного напряжения 90 В, в отличие от находящихся на рынке изделий, которые предлагают более низкие значения КПД при низких входных напряжениях и поэтому должны иметь специфицированное значение пониженной мощности. Источники питания серии ССВ200 способны работать в диапазоне входного напряжения от 80 до 300 В, полная мощность обеспечивается при входном напряжении от 90 до 264 В. Пять моделей серии – с популярными выходными напряжениями от +12 до +48 В. Функция регулировки выходно-

го напряжения от -4 до $+5\%$ номинального напряжения обеспечивает компенсацию потерь в нагрузке.

Модули обладают функциями защиты, выходом сигнала состояния выходного напряжения, имеется возможность подключения цепей внешней обратной связи, дистанционное включение/выключение сигналом логического уровня.

Гарантийный срок составляет 3 года.

Заказать представленные модели серии ССВ200 можно у официального дистрибьютора продукции XP Power – компании ПРОСОФТ.

www.prosoft.ru

Тел.: (495) 234-0636

Новые DC/DC-преобразователи: небольшие размеры – большие возможности

XP XP Power

- Высокая удельная мощность
- Высокий КПД
- Диапазон рабочих температур от -40 до $+105^{\circ}\text{C}$



Серия JCD 4, 5 и 6 Вт

- Диапазоны входных напряжений 2:1
- КПД до 85%
- Гальваническая развязка вход-выход 1600 и 3500 В
- Защита от короткого замыкания длительного действия
- Габариты (Ш×Г×В): 20,32×31,75×10,4 мм



Серии JCG и JTF 8, 10, 12 и 15 Вт

- Диапазоны входных напряжений (2:1) (JCG) и (4:1) (JTF)
- КПД до 90%
- Гальваническая развязка вход-выход 1600 В
- Вход дистанционного включения/выключения
- Габариты (Ш×Г×В): 20,32×31,75×10,16 мм



Серия JNM10 10 Вт

- Диапазон входных напряжений 2:1
- КПД до 89%
- Гальваническая развязка вход-выход 5000 В (двойная/усиленная изоляция)
- Ток утечки на пациента 2 мкА
- Габариты корпуса DIP-24 (Ш×Г×В): 20,32×31,75×12,7 мм



Серия JTK 15, 20 Вт

- Диапазон входных напряжений 4:1
- КПД до 90%
- Гальваническая развязка вход-выход 1600 В
- Дистанционное включение/выключение
- Габариты (Ш×Г×В): 25,4×25,4×9,9 мм



Серия JCM 15, 20 Вт

- Диапазон входных напряжений 2:1
- КПД до 89%
- Гальваническая развязка вход-выход 1600 В
- Дистанционное включение/выключение
- Габариты (Ш×Г×В): 25,4×25,4×9,9 мм



Серия JCK 15, 20, 30, 40 и 60 Вт

- Диапазон входных напряжений 4:1 и 2:1
- КПД до 91%
- Гальваническая развязка вход-выход 1600 В
- Дистанционное включение/выключение, тепловая защита
- Габариты (Ш×Г×В): 25,4×50,8×10,16 мм (JCK15/20/30/40); 50,8×50,8×10,16 мм (JCK60)

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР ПРОДУКЦИИ XP POWER

PROSOFT®

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



Новости российского рынка

ЭЛЕМЕНТЫ И КОМПОНЕНТЫ

Индуктивности IHLP от Vishay

Уникальные свойства индуктивностей IHLP от компании Vishay – это возможность работать при высоких температурах и на высоких токах, занимая при этом на плате минимальное место. Секрет кроется в конструкции и технологии производства компонентов.

Тело индуктивности представляет собой мягкий магнитный композиционный материал (SMC), не феррит. Его изготавливают из металлической порошковой смеси, которую цементируют, используя смолистое связующее вещество. Эта порошковая смесь при опрессовке вокруг обмотки катушки значительно улучшает электрические свойства индуктора и даёт защиту от воздействия окружающей среды. После опрессовки компонент вулканизируется в печи для увеличения прочности сцепления смолистого связующего вещества с металлическим порошком, что приводит к превосходным электрическим и физическим свойствам.

Композитные индукторы часто используются в неизолированных DC/DC-преобразователях. Это не проблема, однако формы волны, связанные с ними, не соответствуют традиционным взглядам. Характеристики потерь сердечника и полученные данные часто определяются с использованием синусоидального возбуждения. DC/DC-преобразователи, с другой стороны, не работают с синусоидальными волнами, вместо этого они используют импульсную форму сигнала постоянного тока. Это означает, что форма волны тока в индукторе, определяющая потери сердечника, будет треугольной, а не синусоидальной. Это различие компенсируется в вычислениях потерь сердечника.

Для расчёта потерь компания Vishay разработала удобный online-калькулятор, доступный на сайте www.vishay.com.

<http://platan.ru>

Тел.: (495) 970-0099, 737-5999 (Москва),
(812) 232-8836 (СПб)

ООО «КОМПАС ЭЛЕКТРОНИКС» расширяет производство жгутов

Компания в настоящее время получила возможность оперативного изготовления единичных образцов и мелких серий жгутов проводов. Наличие широкой гаммы специализированной оснастки для опрессовки большого количества типов контактов (CHЦ, RJ45, IDC и пр.) позволяет в комплексе с изготовлением электронных узлов и блоков оказывать клиентам и эту дополнительную услугу. Все жгуты проходят проверку на правильность монтажа и дополнительные испытания на пробой до 2000 В

на специальном стенде, что обеспечивает высокое качество продукции.

Кроме того, ООО «КОМПАС ЭЛЕКТРОНИКС» имеет возможность крупносерийной поставки жгутов проводов из-за рубежа. Отлаженная технология взаимодействия с поставщиком, высокое качество изделий, работа под заказ по нестандартной продукции, сжатые сроки изготовления – всё это позволяет получать заказы от компании без сбоев.

www.kompas-electronics.ru

Тел.: (495) 228-4785

Текстовый OLED-дисплей с рекордной длиной – две строки по 40 символов в каждой

Компания Raystar Optronics, Inc. выпустила новую модель дисплея OLED REC0042A.



REC004002A является OLED-дисплеем с форматом 40 знаков × 2 строки. Встроенный контроллер RS0010 способен поддерживать наборы следующих шрифтов: English_Japanese, Western European I, Western European II и English_Russian (4 шрифта). Это позволяет использовать решение с данным дисплеем в различных странах и регионах. Замена исходного шрифта осуществляется только программным способом. Основные характеристики контроллера OLED-дисплеев RS0010:

- высокоскоростной интерфейс с управляющим микроконтроллером (до 2 МГц при напряжении 5 В);
- оперативная память до 128 символов;
- функция автосброса;
- символы 5 × 8 или 5 × 10 точек;
- встроенный генератор тактовых импульсов;
- встроенный преобразователь напряжения.

С программной точки зрения контроллер RS0010 представлен двумя регистрами: регистр инструкций и регистр данных. Система команд управления практически идентична набору популярного контроллера LCD-дисплеев HD44780.

Основные характеристики дисплея REC004002A:

- габаритные размеры 182 × 38,5 × 9,3 мм;
- видимая область экрана 154,4 × 16,5 мм;
- рабочая площадь экрана 148,13 × 11,85 мм;
- размер пиксела 0,57 × 0,65 мм;
- шаг пиксела 0,62 × 0,7 мм;
- размер символа 3,05 × 5,55 мм;
- режим мультиплексирования 1/16;

- цвет свечения – жёлтый;
- напряжение питания 5 В, опция 3 В;
- интерфейс – 4/8-битный 6800 (опция 8080, SPI);
- диапазон рабочих температур от –40 до +80°C.

www.prosoft.ru

Тел.: (495) 234-0636

Текстовый OLED-дисплей REC002002B от Raystar Optronics

Дисплей OLED REC002002B позволяет отображать символы нескольких алфавитов, цифры, специальные символы.



Модель REC002002B имеет формат 20 знаков × 2 строки. Встроенный контроллер RS0010 обеспечивает функционирование дисплея. Индикатор выпускается со стандартным параллельным интерфейсом 6800/8080, способным работать как в 8- и в 4-битном режиме. При необходимости возможно подключение по интерфейсу SPI.

Основные характеристики дисплея REC002002B:

- габаритные размеры 180 × 40 × 9,3 (макс.) мм;
- видимая область экрана 149 × 23 мм;
- рабочая площадь экрана 145,08 × 20,64 мм;
- размер пиксела 1,12 × 1,12 мм;
- шаг пиксела 1,22 × 1,22 мм;
- размер символа 6 × 9,66 мм;
- режим мультиплексирования 1/16;
- цвет свечения – жёлтый и зелёный;
- диапазон рабочих температур от –40 до +80°C.

Основные свойства дисплеев OLED:

- низкая потребляемая мощность 10 мА (схемы управления OLED токовые);
- светозащитная схема;
- высокий контраст 2000:1 и считывание изображения при ярком солнечном свете;
- яркость экрана от 500 до 2000 кд/м²;
- широкий угол обзора до ±175°;
- короткое время отклика – 10 мкс при температуре +25°C;
- широкий диапазон рабочих температур от –40 до +80°C;
- малая толщина модуля дисплея;
- срок службы – более 100 000 ч.

Области применения OLED-дисплеев: автомобильная промышленность, телекоммуникации, промышленные системы управления, бытовая техника, измерительное оборудование, медицинская аппаратура.

www.prosoft.ru

Тел.: (495) 234-0636

НОВОЕ ПОКОЛЕНИЕ

портативного анализатора спектра реального времени

SPECTRAN V5

- Полоса пропускания в режиме реального времени: до 200 МГц
- Диапазон частот: 1 Гц — 9,4 ГГц
- Низкий уровень шума: -170 дБм



Реклама

ЗАО «ТЕСТПРИБОР»
официальный дистрибьютор
компании AARONIA AG



Получить более подробную информацию о продукции AARONIA AG можно у специалистов компании «ТЕСТПРИБОР»:
125362, г. Москва, ул. Свободы, д. 31, стр. 1, тел./факс: (495) 657-87-37, tr@test-expert.ru, <http://тестприбор.рф>

Synopsys: о перспективах САПР на российском рынке

По данным некоторых аналитических агентств, компания Synopsys является лидером на рынке САПР. В чём секрет успеха? С этим и другими вопросами наш корреспондент обратился к генеральному директору ООО «Синописис» Елене Николаевне Ивановой.

В результате развития высоких технологий ужесточаются требования к специалистам-разработчикам. Современный инженер обязан в совершенстве владеть новейшим инструментарием. Системы проектирования в данном аспекте играют ключевую роль. Как эволюционировала отрасль САПР к сегодняшнему моменту?

Современные инструменты САПР отвечают запросам самых продвинутых разработчиков. Более того, САПР должны опережать технологию, чтобы в нужный момент быть готовыми удовлетворить её требования. Также важно понимать, что решения предоставляются для разработчиков разных уровней и технологий.

К примеру, на системном уровне речь идёт о создании алгоритмов и высокоуровневом синтезе; на логическом и топологическом – о прохождении стадии логического синтеза, проверки, создании топологии и её верификации.

Если говорить о производстве – это инструменты приборно-технологического моделирования, литография. Кроме того, есть инструменты, позволяющие портировать и отлаживать проекты на ПЛИС, а также – необходимые для создания проектов на технологиях 40 нм и ниже, где необходимо учитывать физические эффекты, присущие



конкретной технологии, но излишние для проектов на 130 нм. Нюансов много, для этого в нашей компании есть специалисты, которые консультируют клиентов относительно состава инструментов, предварительно обсуждая поставленные перед заказчиком задачи и требования по технологии.

Какие требования предъявляются к современной САПР?

Важно идти в ногу с самыми взыскательными и продвинутыми заказчиками, но в то же время поддерживать уже состоявшиеся технологии.

Основное требование к САПР: она должна быть интуитивно понятна, т.е. после краткого тренинга разработчики должны иметь возможность успешно использовать САПР, не нуждаясь в постоянном контроле со стороны поставщика и обращаясь за поддержкой в случае возникновения трудностей.

При этом служба технической поддержки должна реагировать оперативно. И наконец, САПР должны постоянно совершенствоваться, расширяя возможности инструмента на основании запросов пользователей.

Приведите пример современных САПР от Synopsys. В чём заключается их инновационность?

Инновационность САПР Synopsys состоит в том, что инструменты включают в себя всё больше возможностей, возникают новые, необходимые разработчикам решения. Мы очень внимательно следим за состоянием рынка, ведь новые технологии могут родиться не только внутри Synopsys: они приходят с поглощениями других компаний. Так, в прошлом году в состав Synopsys вошли Magma и SpringSoft. Следствием этого слияния стало усиление нашего решения для моделирования Spice параметров с уже состоявшимся инструментом FineSim (Magma), расширение возможностей по харак-

теризации библиотек с SiliconSmart (Magma), а также дополняющего решения для отладки верификации с Verdi (SpringSoft) и проверки покрытия тестом Certitude (SpringSoft) и др.

Как Вы можете прокомментировать ситуацию с нелегальным софтом?

Такая проблема существует, но наблюдается тенденция уменьшения количества «серого» софта. Все проекты, которые доходят до изготовления на фабрике, так или иначе должны быть разработаны и верифицированы на легальном ПО. Почему так? Потому что возникает вопрос ответственности за проект. Если кристалл после изготовления не работает, как понять, где ошибка: в дизайне, в ПО, на котором этот дизайн осуществлялся, или на фабрике в производстве произошёл сбой. Цена ошибки велика – стоимость прогона на фабрике, который дороже, чем лицензионное ПО. Более того, когда фабрика принимает проект на изготовление, она требует результаты проверки на DRC и LVS: если их нет, то проект берётся на изготовление под полную ответственность заказчика. Это является ключевым регулятором легальности софта, что также действительно для компаний, которые останавливают процесс разработки на этапе netlist и передают на топологию третьей компании. Здесь качество и скорость результата значительно зависят от инструментальных средств.

Всё вышесказанное справедливо для российского рынка. У всех компаний есть механизмы для поддержания легальности, однако и рынок регулирует данный вопрос: никто не хочет и уже не рискует связываться с «серыми» проектами.

Есть ли российские САПР, представляющие реальный интерес на рынке?

В России есть попытки создания отдельных инструментов САПР, но рынок довольно жёсткий, поэтому отвоевать у лидеров их сегмент практически невозможно – инструмент должен развиваться, интегрироваться с другими инструментами, должна быть служба поддержки, соответствующая документация и т.д., а это требует ресурсов и постоянных инвестиций.

Какими цифрами можно охарактеризовать рынок САПР?

Кумулятивный объём рынка САПР и IP-блоков на данный момент – \$7,6 млрд во всём мире. Рынок САПР сейчас составляет \$5,5 млрд. Что касается тенденций, то доля рынка IP-блоков растёт быстрее.

Каковы же потребности рынка?

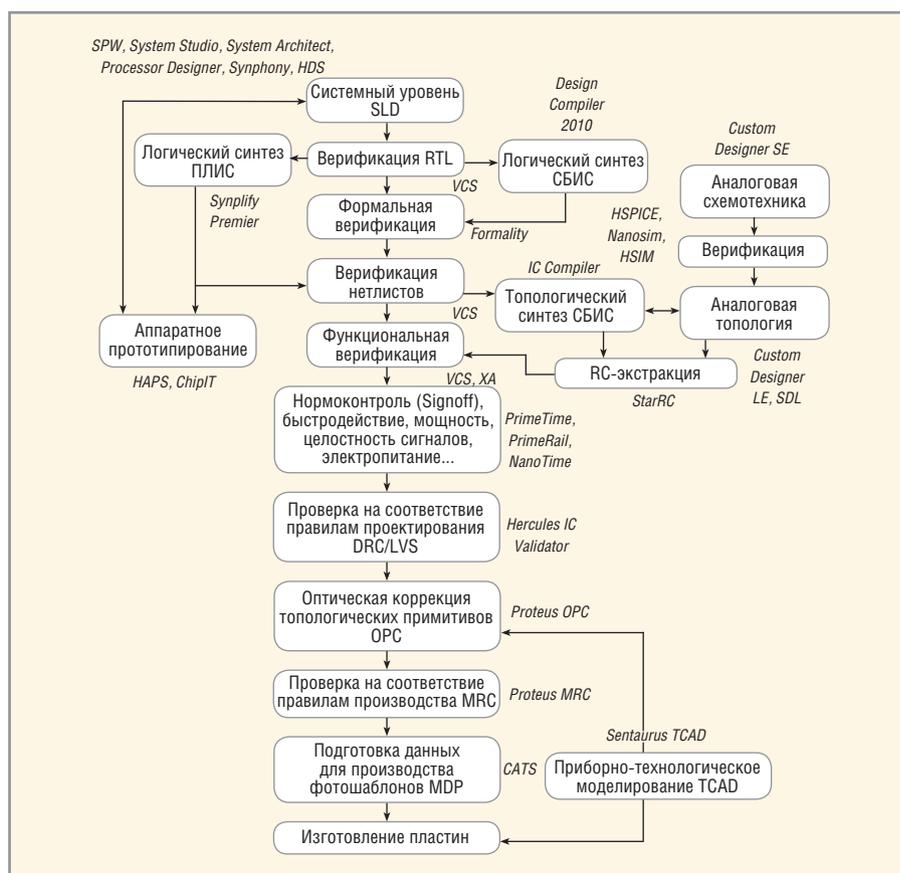
Всё, что предлагается на рынке, рождено спросом. В России у Synopsys есть заказчики на все этапы проектирования: от создания архитектуры и алгоритмов, логического и топологического синтеза и верификации, аналогового и смешанного проектирования, инструментов для прототипирования на ПЛИС вплоть до производственной САПР. В России увеличился спрос на готовые IP-блоки. Что касается мирового рынка, то сложно сказать: слишком велико разнообразие разрабатываемых проектов.

Как Вы думаете, почему востребованы именно готовые IP-блоки? Технические возможности, поддержка, сервис?

Проекты становятся сложнее, в России появились некоторые предпосылки развития такого показателя, как time to market (время выхода на рынок): решение сложных задач за более короткое время с гарантированным результатом. Под гарантиями понимаются как раз технические возможности и преимущества крупной компании: большинство блоков являются проверенными в кремнии, блоки поставляются со всеми необходимыми тестами и документацией, осуществляется своевременная поддержка специалистом на этапе интеграции блока в проект, также может быть оказан сервис по интеграции и дизайну. Использование IP-блоков является хорошей практикой в этом отношении.

Какие программные преимущества продуктов Synopsys Вы можете отметить?

САПР Synopsys представляет собой сквозной маршрут и лёгкий переход от одного этапа к другому, начиная с системного уровня (уровня алгоритмов), далее возможны синтез и верификация в базисе ПЛИС, сквозной синтез и топологическое проектирование, верификация СБИС, подготовка данных для производства фотошаблонов, оптическая коррекция и приборно-технологическое моделирование,



Сквозной маршрут проектирования

а также литографическое проектирование. Кроме того, в нашем портфеле есть большой набор IP-блоков, которые в настоящее время являются неотъемлемой частью проектирования СБИС. На рисунке представлен пример сквозного маршрута проектирования от Synopsys.

Несколько лет назад на базе Зеленоградского МИЭТа был создан центр подготовки специалистов по программе Synopsys. Что сейчас происходит с этим проектом?

Программа эта существует 6 лет. В программу обучения входит знакомство с инструментами логического синтеза, топологии, верификации, аналогового и смешанного проектирования. Курс длится 2 года. Ежегодно МИЭТ выпускает 20 студентов по программе Synopsys. Московские и зеленоградские дизайн-центры охотно берут на работу таких специалистов.

Как определяется коммерческая политика компании сегодня?

В марте 2011 года компания Synopsys открыла представительство в Москве, откуда осуществляются продажи и техническая поддержка российских заказчиков. Это обеспечило увеличение объёмов продаж и рост числа потребителей.

В Санкт-Петербурге у компании Synopsys есть R&D центр, в котором трудятся около 60 человек, разрабатывая программное обеспечение для процессора ARC.

Как, на Ваш взгляд, будет развиваться рынок САПР в ближайшее время?

Synopsys является лидером на рынке САПР. Основная задача компании – обеспечение наших заказчиков максимально возможным набором решений. Поэтому рынком САПР управляют наши разработчики. Сейчас первостепенная задача – предоставление комплексного маршрута проектирования для 16 нм технологии на трёхмерных транзисторах FinFet. Куда дальше будут направлены наши изыскания – воля заказчиков.

Так в чём же секрет успеха компании Synopsys?

Очень хороший вопрос, мне нравится. Я считаю, что секрет успеха в людях. В тех, которые стоят во главе компании и направляют её, а также задают тон работы, и в людях, которые делают работу на местах, так как каждый человек очень важен и влияет на результат. У нас довольно высокие требования к кандидатам, но последующий результат говорит сам за себя.

10-я юбилейная Международная выставка «Силовая электроника»

26–28 ноября 2013 г. в Москве, в МВК «Крокус Экспо» прошла 10-я юбилейная Международная выставка «Силовая Электроника».



На протяжении 10 лет выставка была и остаётся единственной в России специализированной площадкой, которая демонстрирует полный спектр разработок и готовых решений в области силовой электроники для энергетики и энергосбережения, транспортного машиностроения, военно-промышленного комплекса и других секторов экономики. Именно здесь собираются разработчики, производители и потребители силовой электроники.

В выставке приняли участие 103 компании из 11 стран мира, на стендах участников было представлено 178 мировых и российских брендов. Выставку посетили 3200 специалистов.

Все дни работы выставки «Силовая электроника» были насыщены переговорами и консультациями на стендах участников. По отзывам участников, экспоненты заключили сделки, подписали долгосрочные контракты, провели презентации новых продуктов, представили новые бренды, встретились с партнёрами и клиентами.

Владимир Карабанов, сотрудник ROHM Semiconductor GmbH, делится впечатлениями: «Нашей задачей было представить бренд ROHM Semiconductor специалистам в силовой электронике. И выставка для этого послужила самым лучшим инструментом. С уверенностью могу сказать, что у нас это получилось. Нам удалось переговорить с ключевыми заказчиками. Участие в проекте делает наш бренд ещё более узнаваемым».

В рамках деловой программы прошли Дни высокой моды силовой электроники – авторские презентации и семинары компаний: ЗАО «Протон-Электротекс», Группы компаний «Александр Электрик», ABB, «Микро-Эм», Dynex Semiconductor, SEMIKRON, Infineon Technologies RUS, «Диполь НПФ», TESEQ, PT Electronics, «СофтЛайн Трейд», «Техника и Технология», JIANGHAI, Mitsubishi Electric Europe B.V., TDK-Lambda.

В общей сложности семинары посетили более 500 специалистов.

Ключевым мероприятием деловой программы стал семинар «Источники питания для светодиодной техники. Экономические и технические вопросы», организованный при поддержке Некоммерческого партнёрства производителей светодиодов и систем на их основе. На семинаре были рассмотрены вопросы применения и выбора компонентной базы LED-драйверов, стандартов, технических регламентов, оценки рынка и перспективы его развития. Количество слушателей составило 90 человек.

На протяжении трёх дней работал специальный проект «Молодая силовая электроника России», который позволил молодым учёным из Московского авиационного института и Московского института электроники и математики Национального исследовательского университета Высшей школы экономики продемонстрировать свои разработки наравне с крупнейшими российскими и зарубежными производителями.

11-я Международная выставка «Силовая электроника» пройдёт 25–27 ноября 2014 г. в Москве, МВК «Крокус Экспо».

<http://power.primexpo.ru>

Agilent Technologies: новые СВЧ-генераторы сигналов с лучшими в отрасли характеристиками

Компания Agilent Technologies, Inc. представила две новые модели генераторов сигналов, которые обеспечивают превосходные характеристики по фазовым шумам, выходной мощности и скорости переключения частоты. Новые аналоговые СВЧ-генераторы сигналов N5183B MXG и N5173B EXG дополняют флагманские модели генераторов серии PSG E8267D (векторный генератор) и E8257D (аналоговый генератор), предоставляя возможность выбора оптимального решения по габаритным размерам, быстродействию и стоимости.



Прецизионный аналоговый генератор спектрально чистых сигналов N5183B MXG представляет собой альтернативу высокопроизводительному генератору PSG. Генератор MXG имеет высоту всего 2U, но при этом гарантирует высокую точность, производительность и уровень характеристик,

близкий к показателям генераторов серии PSG. Имея лучшие в своём классе характеристики по фазовым шумам (-124 дБн/Гц на частоте 10 ГГц при отстройке 10 кГц) и паразитным составляющим (-75 дБн), прибор позволяет выполнять тестирование устройств на системном и модульном уровне в диапазоне частот до 40 ГГц. Благодаря самой высокой в данной категории прибор скорости переключения (менее 600 мкс) генератор MXG обеспечивает существенное сокращение сроков калибровки сложных систем.

Недорогой аналоговый генератор сигналов N5173B EXG является лучшим вариантом в случаях, когда разработчикам измерительной системы необходимо выбрать решение с оптимальным соотношением стоимости прибора и его производительности. Обеспечивая наилучшее сочетание высокой выходной мощности ($+20$ дБм на частоте 20 ГГц) и низкого уровня гармоник (менее -55 дБн), генератор EXG отлично подходит для определения характеристик широкополосных СВЧ-компонентов, например, фильтров и усилителей. Прибор охватывает диапазон частот до 40 ГГц и поддерживает функцию блокировки непрерывного гармонического сигнала при тестировании приёмников или базовое преобразование с повышением частоты гетеродина для магистральных СВЧ-каналов связи.

Снижение стоимости эксплуатации генераторов сигналов MXG и EXG достигается за счёт высокой надёжности, а также простоты калибровки, технического обслуживания и ремонта. Рекомендованный трёхлетний межкалибровочный интервал и стратегия самообслуживания помогают снизить расходы, связанные с поддержанием прибора в работоспособном состоянии, и увеличить время безотказной работы.

Генераторы сигналов серии PSG являются эталоном производительности и самыми популярными СВЧ-генераторами сигналов в отрасли. Они способны генерировать спектрально чистые непрерывные сигналы в диапазоне частот до 70 ГГц, сигналы мощностью до 1 Вт ($+30$ дБм), сложные сигналы с векторной модуляцией в диапазоне частот до 44 ГГц с полосой модулирующих частот до 2 ГГц и многое другое. Благодаря чрезвычайно низкому уровню фазовых шумов (менее -126 дБн/Гц на частоте 10 ГГц при отстройке 10 кГц) генераторы PSG могут использоваться в качестве эталонного источника сигналов в метрологических лабораториях.

www.agilent.com

Новости мира News of the World Новости мира

Генераторы произвольной формы WaveStation серии 3000 от компании Teledyne LeCroy

Компания Teledyne LeCroy выпускает новую 3000-й серии WaveStation увеличила модельный ряд цифровых генераторов, ранее представленных 2000-й серией (WaveStation 2012, WaveStation 2022, WaveStation 2052) и высокопроизводительными генераторами произвольной формы ArbStudio на базе ПК (ArbStudio 1102, ArbStudio 1102D, ArbStudio 1104, ArbStudio 1104D). Новые генераторы WaveStation 3000 серии относятся к классу генераторов специальной и произвольной формы (СПФ).

В серии представлены три модели генераторов с максимальной выходной частотой 80 МГц, 120 МГц и 160 МГц. Генераторы обеспечивают выдачу 5 форм стандартных функциональных сигналов, а также воспроизведение более 40 встроенных в меню готовых сигналов произвольной формы.

Основные характеристики:

- 2 выходных канала (независимых);
- частота дискретизации 500 МГц;
- разрядность ЦАП 14 бит;

- длина памяти для формирования сигнала (1к/2к): 16 кБ/512 кБ;
- стандартные формы сигнала: синус, прямоугольный, треугольный, импульс, шум;
- широкий перечень встроенных сигналов произвольной формы (более 40 типов);
- виды модуляции: АМ, ФМ, ЧМ, ЧМн, ФМн, АМн, ШИМ;
- режим свипирования (ГКЧ лин./лог.), формирования пакетов радиопульсов (Burst);
- цветной графический дисплей для отображения выходного сигнала (диагональ 11 см, разрешение 320 x 240 точек);
- интерфейс USB, GPIB (поддержка драйверов LabView);
- графический редактор для формирования сигналов СПФ (программа WS PC software). Новинки используют технологию прямого цифрового синтеза (DDS), которая позволяет формировать точные, стабильные и неискажённые по форме сигналы для широкого круга измерительных приложений и инженерного дизайна. Генераторы оснащены информативным цветным графическим TFT-дисплеем и имеют удобный пользовательский интерфейс.



Генераторы имеют переключаемое выходное сопротивление 1 МОм/50 Ом для возможности подключения к различным трактам. При формировании и редактировании выходного сигнала пользователю доступны:

- цифровая фильтрация (для генерации прецизионных, ультраточных и неискажённых сигналов);
- математические операторы обработки кривых;
- пошаговый редактор эпюр (меню point-by-point);
- готовые шаблоны для конструирования произвольного сигнала.

С помощью шины USB пользователь может сохранить сигнал, захваченный осциллографом WaveAce, и перенести его с помощью ПО в генератор для воспроизведения на функциональном выходе (transfer waveforms).

<http://teledynelecroy.com>

ИВК Удар-ОС-1 Mobile



**Для пользователей
испытательных ударных стендов типа
STT-500, ST-800, СУ-1, TIRA Shock 4110
и других.**

Согласно методике МА 2520-047-2012, утвержденной Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии и согласованной с ФГКУ "ГНМЦ" Минобороны России.



125040, г. Москва, ул. Верхняя, д. 6, оф. 76
+7 (499) 257-45-09, +7 (499) 257-45-14

mail@centeradc.ru
www.centeradc.ru

Методы сжатия данных для потоковой передачи широкополосных импульсных сигналов РЛС

Майкл Мэй, Agilent Technologies, Inc.

В статье описываются методы сжатия данных, которые можно использовать для потоковой передачи импульсов РЛС с максимальной полосой на лучший в своём классе генератор сигналов произвольной формы M8190A.

ВВЕДЕНИЕ

Для создания импульсов радиолокационных систем (РЛС), как правило, используется генератор сигналов произвольной формы. Самые быстродействующие современные генераторы имеют полосу модуляции до нескольких гигагерц. Но, кроме широкой полосы модуляции, генерирование импульсов РЛС требует очень длительного воспроизведения сигнала, в идеале – неограниченного по времени. Для увеличения времени воспроизведения генераторы сигналов произвольной формы предлагают большое разнообразие функциональных возможностей, такие как большой объём памяти выборок в сочетании с настройками сложных последовательностей и сценариев. Несмотря на то что такой подход существенно увеличивает время воспроизведения, ему присущи два основных ограничения: во-первых, время воспроизведения по-прежнему остаётся конечным; во-вторых, последовательность импульсов оказывается predetermined. Это означает, что генерирование импульсов не может быть приспособлено к изменениям в окружающей обстановке.

Хорошо известный подход [1], позволяющий преодолеть оба ограничения, заключается в потоковой подаче импульсов на генератор сигналов

произвольной формы. Поток импульсов РЛС можно создать в режиме реального времени или записать его заранее и воспроизвести с какого-либо накопителя, например, RAID-массива или твердотельного накопителя (SSD). Помимо этого, для потоковой подачи данных в генератор сигналов произвольной формы требуется управление захватом, коррекцией и воспроизведением, чтобы изменять импульсы РЛС.

Для создания импульсов РЛС с минимальными искажениями и очень широкой полосой необходимо использовать генератор сигналов произвольной формы с разрешением 12 или 14 разрядов и высокой частотой дискретизации – порядка 8 или даже 12 Гвыб/с. Поток выборок с разрешением 12 разрядов и частотой 12 Гвыб/с требует пропускную способность 144 Гбит/с или 18 Гбайт/с. Столь высокие скорости передачи могут легко превысить возможности даже самых быстродействующих компьютеров и самых скоростных накопителей. В настоящей статье описываются методы сжатия данных, которые можно использовать для потоковой передачи импульсов РЛС с максимальной полосой на лучший в своём классе генератор сигналов произвольной формы. Для потоковой передачи данных используются следующие методы сжатия:

- вставка пустых интервалов с внешней синхронизацией для сжатия типичных, периодически повторяющихся импульсов РЛС;
- цифровое преобразование с повышением частоты для прямого генерирования импульсов РЛС в диапазоне ПЧ;
- преобразование частоты и амплитуды импульсов с помощью технологии цифровой обработки сигнала.

Новейшее поколение генераторов сигналов произвольной формы поддерживает аппаратное восстановление данных, сжатых всеми упомянутыми методами, на полной скорости. В результате сжатые широкополосные импульсы РЛС можно подавать на генератор в виде потока, используя сравнительно небольшие скорости передачи (несколько гигабит в секунду). Генератор восстанавливает передаваемые в виде потока импульсы РЛС в специальной интегральной схеме и передаёт импульсы с наивысшим качеством сигнала в тракт ПЧ на частоте несколько гигагерц.

ПОТОКОВАЯ ПЕРЕДАЧА ДАННЫХ С ПОМОЩЬЮ ГЕНЕРАТОРА СИГНАЛОВ ПРОИЗВОЛЬНОЙ ФОРМЫ

Схема потоковой передачи, содержащая внешний RAID-массив (массив независимых жёстких дисков с резервированием), управляющий ПК и генератор сигналов произвольной формы, показана на рисунке 1. Генератор сигналов также можно использовать для преобразования с повышением частоты, например, в X-диапазон (8...12 ГГц) и даже выше. Дисковый RAID-массив и генератор обычно подключают к управляющему ПК через интерфейсы PCIe.

Для потоковой передачи сигналов в генератор можно использовать следующие источники:

1. RAID-массив, состоящий из множества жёстких дисков (HDD) и имеющий ёмкость до нескольких сотен терабайт. Скорость чтения такого массива часто достигает 1...2 Гбайт/с.
2. Высокоскоростные твердотельные накопители (SSD) предлагают скорость чтения 3...4 Гбайт/с и ёмкость в несколько терабайт.

При потоковой передаче данных из хранилища в генератор используется

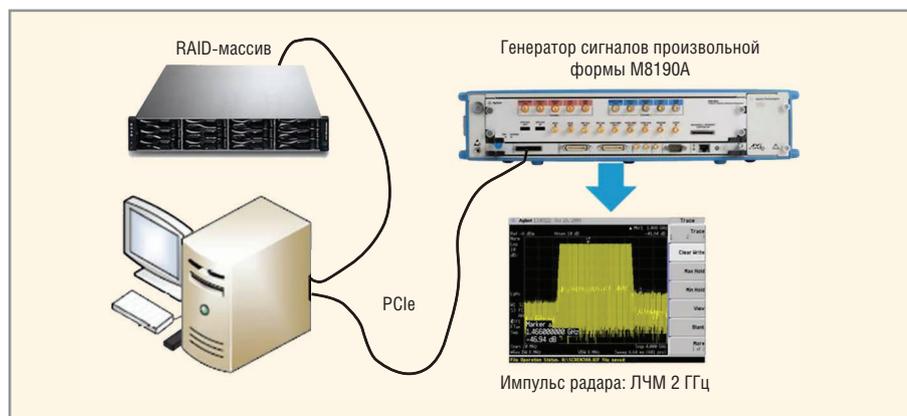


Рис. 1. Схема потоковой передачи данных

предварительный расчёт импульсов. Это даёт возможность обойтись без быстрых вычислений в режиме реального времени и позволяет использовать менее мощные процессоры.

Но иногда может потребоваться быстрая реакция на непредвиденные события, которые влияют на параметры последующих импульсов РЛС. Если это необходимо, то можно использовать следующий подход (см. далее).

3. Поточковые данные можно рассчитывать в режиме реального времени на внешнем процессоре. Это называется алгоритмическим генерированием данных в реальном времени. Конечно, производительность, необходимая для создания данных, сильно зависит от мощности процессора, а также от сложности и эффективности алгоритма.

Генератор сигналов произвольной формы должен уметь компенсировать отклонения в скорости передачи данных из ПК в генератор. Для этого используется кольцевой буфер памяти сигнала в генераторе. Это значит, что ПК может записывать импульсы в этот кольцевой буфер, а генератор – одновременно считывать данные из кольцевого буфера и передавать их на цифроаналоговый преобразователь (ЦАП) для формирования импульсов.

Вставка пустых интервалов – синхронизируемая потоковая передача

В большинстве случаев импульсы РЛС имеют скважность в диапазоне от 1:5 до 1:100. Кроме того, последовательность импульсов РЛС часто имеет периодический характер. Поскольку в промежутках между импульсами сигнал не передаётся, сжатие потока может выполняться за счёт передачи из ПК в генератор только самих импульсов, а не промежутков между ними. В результате достигается коэффициент сжатия, идентичный скважности. Для генерирования следующего импульса используется синхросигнал, подаваемый на генератор с частотой повторения импульсов.

Для восстановления импульсов внутри генератора можно использовать механизм так называемой синхронизируемой потоковой передачи (см. рис. 2).

Память генератора сигналов произвольной формы организована в виде кольцевого буфера и разделена на отдельные сегменты. Каждый сегмент содержит импульс РЛС. Персональный компьютер, передающий данные в генератор, заполняет кольце-

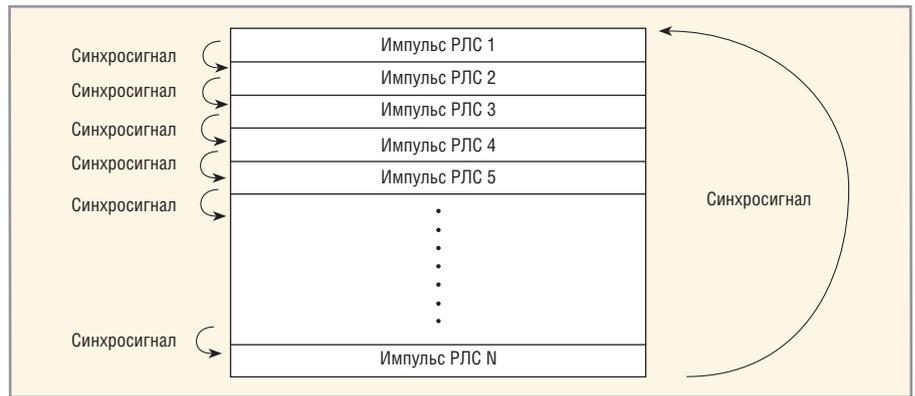


Рис. 2. Механизм синхронизируемой потоковой передачи

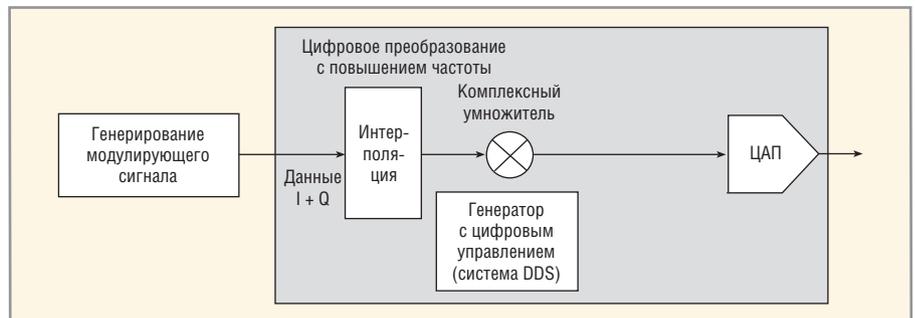


Рис. 3. Цифровое преобразование с повышением частоты и интерполяция

вой буфер импульсами. По первому синхросигналу генерируется импульс РЛС 1. В промежутке между импульсами n и $n+1$ генератор передаёт заранее заданное значение. При поступлении следующего синхроимпульса генерируется импульс РЛС $n+1$.

Эффективность этого механизма демонстрирует следующий пример:

- для генерирования сигнала с полосой 2 ГГц генератор должен работать с частотой дискретизации 4,8 Гвыб/с. Если его ЦАП имеет разрешение 14 разрядов, то скорость передачи несжатого потока импульсов РЛС должна составлять 67,2 Гбит/с;
- скважность импульсов в этом примере составляет 1:20. При использовании механизма синхронизируемой потоковой передачи для восстановления данных внутри генератора, скорость потока сжатых данных снижается в 20 раз и становится равной 3,36 Гбит/с. И если скорость 67 Гбит/с значительно превосходит пропускную способность шины PCIe, то 3,4 Гбит/с может быть передана по этой шине.

ЦИФРОВОЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЕ С ПОВЫШЕНИЕМ ЧАСТОТЫ И ИНТЕРПОЛЯЦИЯ

Как показано на рисунке 3, генератор предлагает интерполяцию в сочетании с фильтрами цифровой реконструкции (коэффициент от 3 до 48). Для преобра-

зования с повышением частоты используется генератор с цифровым управлением (NCO). Этот механизм имеет два основных преимущества:

1. Интерполяция, фильтрация и IQ-модуляция на основе сигнального процессора могут быть выполнены с требуемой точностью, позволяя избежать возникновения паразитных сигналов.
2. Интерполяция может использоваться для сжатия и восстановления данных, уменьшая полосу потока.

Для повышающего преобразования сигнала в желаемый частотный диапазон могут применяться различные методы:

- аналоговое преобразование;
- программное преобразование;
- цифровое преобразование.

Аналоговое преобразование

Традиционный метод. Программа генерирует модулирующий сигнал IQ и загружает его в генератор сигналов произвольной формы. Эти IQ-данные подаются на векторный генератор сигналов, имеющий широкополосные входы I и Q. Обычно на такой генератор можно подавать сигналы IQ частотой до 2 ГГц. Взглянув на результирующий радиосигнал (см. рис. 4), можно увидеть, что аналоговый модулятор вносит искажения.

Тональные сигналы расположены асимметрично по отношению

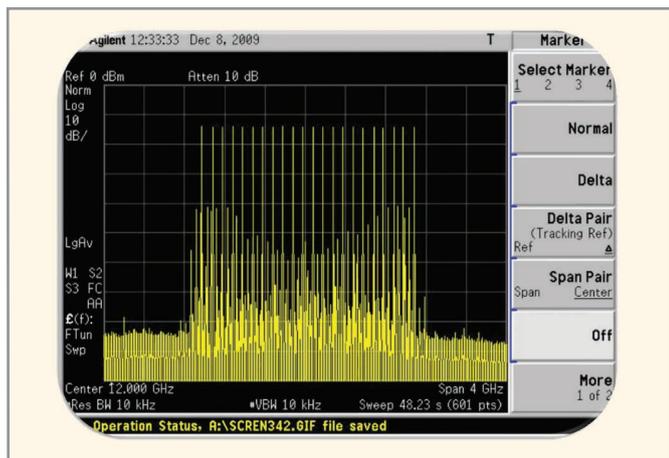


Рис. 4. Многотональный сигнал с 20 тонами в полосе 2 ГГц, полученный путём аналогового преобразования с повышением частоты

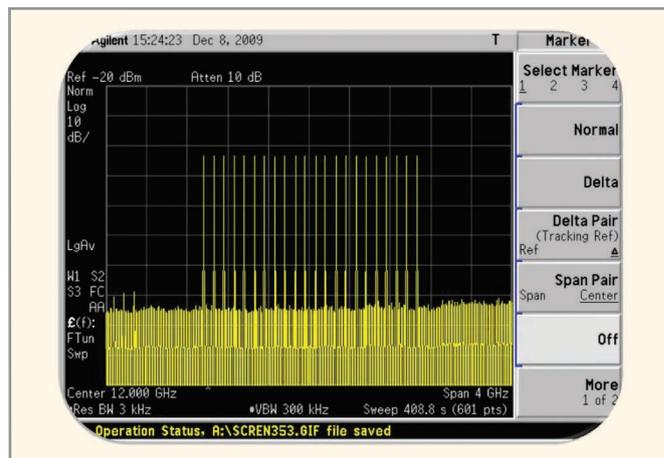


Рис. 5. Многотональный сигнал с 20 тонами в полосе 2 ГГц, полученный путём аппаратного цифрового преобразования с повышением частоты

к несущей, и можно заметить зеркальные частоты и остаточную несущую. Настройка дифференциального смещения сигналов I и Q ослабляет проникновение несущей частоты на выход. С помощью амплитудной коррекции можно добиться равномерности АЧХ в пределах 0,5 дБ. Регулируя фазовый сдвиг и относительную амплитуду сигналов I и Q, можно уменьшить зеркальные частоты примерно на 30 дБн.

Аналоговое преобразование часто требует длительных ручных подстроек для уменьшения разбалансов в тракте повышающего преобразования. Но, несмотря на подстройки, показанный сигнал не является идеальным. Кроме того, аналоговое преобразование не позволяет сжимать данные.

Программное преобразование

Программные средства, такие как MATLAB, позволяют генерировать данные промежуточной частоты (ПЧ). В этом случае программа рассчитывает данные полосы частот IQ и математически преобразует их в ПЧ. Такой подход обеспечивает достаточно хорошее качество сигнала, поскольку требуемый сигнал можно рассчитать с любой необходимой точностью. Но за точность приходится платить временем воспроизведения. Например, если необходимо создать сигнал с полосой 100 МГц в диапазоне от 1,9 до 2,0 ГГц, то частота дискретизации генератора определяется промежуточной частотой, а не полосой сигнала. В этом случае потребуется частота, в 2,4 раза превышающая 2 ГГц, что равно 4,8 Гвыб/с. Для полосы частот сигнала IQ потребуется всего 2,4 раза по 100 МГц, что равно 240 Мвыб/с. Это значит, что время воспроизведения в данном примере

будет в 20 раз меньше при том же объёме памяти сигнала.

Аппаратное цифровое преобразование

Аппаратное цифровое преобразование в сочетании с интерполяцией, цифровой фильтрацией и цифровой IQ-модуляцией позволяет генерировать неискажённый ПЧ-сигнал (см. рис. 5) и эффективно использовать имеющуюся память.

Возьмём пример из программного преобразования: для создания сигнала с полосой 100 МГц необходимо генерировать пары выборок IQ со скоростью 120 Мвыб/с. Генератор может работать с 48-кратной передискретизацией. Это значит, что ЦАП будет работать на частоте, в 48 раз превышающей 120 Мвыб/с, т.е. 5,76 Гвыб/с. Генератор с цифровым управлением можно настроить на генерирование центральной частоты 1,95 ГГц.

По сравнению с программным преобразованием, аппаратное цифровое преобразование потребовало бы в 20 раз меньшую пропускную способность потокового интерфейса.

Модификация импульсов РЛС с помощью цифрового процессора обработки сигналов, встроенного в генератор

Чтобы создать импульсы РЛС с очень малыми изменениями частоты, которые возникают при отражении от движущихся объектов (эффект Доплера), показанный на рисунке 3 цифровой синтезатор частоты (DDS) должен изменять параметры во время генерирования сигнала. Цифровой 72-разрядный управляемый генератор позволяет

достичь разрешения по частоте порядка нескольких пикогерц. В результате не требуется передавать одинаковые импульсы, отличающиеся лишь незначительным изменением в частоте несущей. Альтернативный подход заключается в однократной передаче импульса из ПК в генератор с последующим изменением с помощью сигнального процессора и многократной передачей на слегка отличающихся частотах.

Подобно частоте, можно менять и амплитуду, используя для этого внутренний умножитель сигнального процессора. Если же последовательности импульсов ничем не отличаются, кроме амплитуды, импульсы можно передать один раз, а амплитуду изменять с помощью сигнального процессора внутри генератора.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

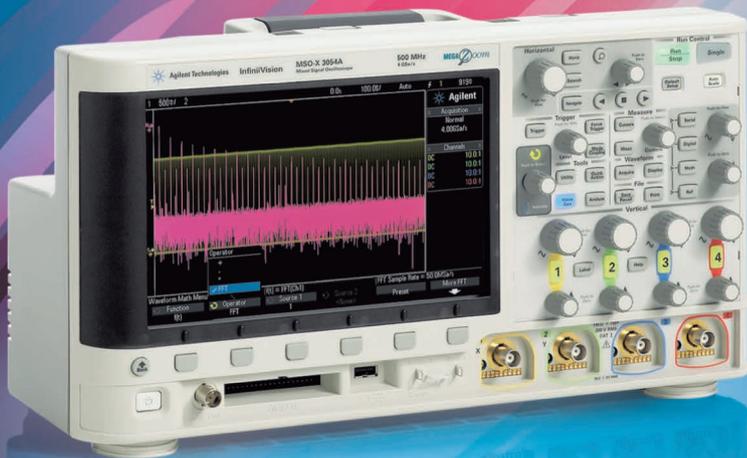
Импульсы РЛС идеально поддаются сжатию, что позволяет снизить скорость передачи данных между управляющим ПК и генератором. Если генератор поддерживает методы восстановления сжатых данных, то коэффициент сжатия может достигать десяти и более раз. Используя методы, описанные в этой статье, можно получить полосу модуляции до 2 ГГц при потоковой передаче импульсных сигналов РЛС.

ЛИТЕРАТУРА

1. Беата Хёне. Сравнение цифрового преобразования частоты с IQ-модуляцией при использовании широкополосного генератора сигналов произвольной формы. (Beate Höhne, Digital Up Conversion VS IQ modulation using a wideband Arbitrary Waveform Generator. IEEE Xplore 06334570. September, 2011).



Новая страница в истории осциллографов эконом-класса – теперь с полосой пропускания до 1 ГГц



Осциллографы серии X позволяют проводить более глубокий анализ сигналов благодаря патентованной технологии MegaZoom IV. Скорость обновления сигналов на экране прибора значительно превышает аналогичные показатели других осциллографов, что дает возможность исследовать тонкие детали сигналов и редко происходящие события. Воспользуйтесь всеми возможностями осциллографов серии X, включая модели с полосой пропускания 1 ГГц, по удивительно доступной цене.


Agilent Technologies
Авторизованный дистрибьютор

С 1 марта 2013 года гарантия на всё измерительное оборудование Agilent Technologies

составляет 3 года

Осциллографы серии X	2000X	3000X
Полоса пропускания	70, 100, 200 МГц	100, 200, 350, 500 МГц, 1 ГГц
Скорость обновления сигналов на экране (осциллограмм/с)	>50 000	>1 000 000
Экран	21,6 см	21,6 см
Встроенный генератор функций	Да	Да
Измерительные приложения	3	16



Санкт-Петербург
ул. Рентгена, д. 5Б
Тел./факс: (812) 702-12-66



Москва
Огородный проезд, д. 5
Тел./факс: (495) 645-20-02



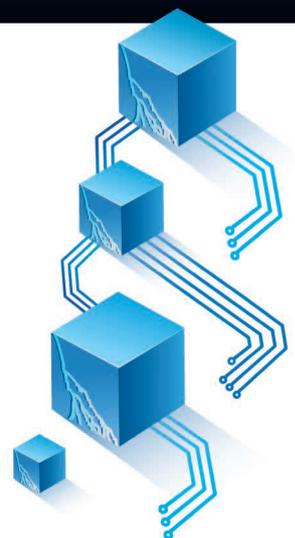
Нижний Новгород
пр. Гагарина, д. 50, корпус 15,
Тел./факс: (831) 464-97-27



pribor@dipaul.ru
www.dipaul.ru

Группа компаний «Диполь» создаёт и реализует высокотехнологичные проекты для радиоэлектронной промышленности России. В рамках этой деятельности мы осуществляем:

- Решение ключевых задач при создании предприятия по производству радиоэлектронной аппаратуры различного назначения
- Поиск инновационных технологий, их внедрение и адаптация для радиоэлектронного комплекса России
- Проектирование и строительство производственных помещений
- Модернизация и переоснащение предприятий для соответствия актуальным технологическим требованиям
- Научно-технический и технологический консалтинг
- Аудит производственных процессов предприятий, внедрение стандартов и методов контроля качества
- Образовательные и обучающие программы для специалистов электронной промышленности



Современные 32-разрядные ARM-микроконтроллеры серии STM32: последовательный интерфейс SPI

Олег Вальпа (г. Миасс, Челябинская обл.)

Приведено описание последовательного интерфейса SPI 32-разрядных ARM-микроконтроллеров серии STM32 от компании STMicroelectronics. Рассмотрена архитектура, состав и назначение регистров конфигурирования SPI, а также предложены примеры программ для его инициализации и работы.

ВВЕДЕНИЕ

Интерфейс SPI (Serial Peripheral Interface – последовательный периферийный интерфейс) является высокоскоростным синхронным последовательным интерфейсом. Он обеспечивает обмен данными между микроконтроллером и различными периферийными устройствами, такими как АЦП, ЦАП, цифровые потенциометры, карты памяти, другие микросхемы и микроконтроллеры.

ОПИСАНИЕ ИНТЕРФЕЙСА SPI

Микроконтроллер STM32 [1] содержит два интерфейса SPI, которые обе-

спечивают передачу данных на частотах до 18 МГц. Один интерфейс SPI расположен на низкоскоростной шине APB1, работающей на тактовой частоте до 36 МГц, а другой – на высокоскоростной шине периферийных устройств APB2, которая работает на тактовой частоте до 72 МГц. Для увеличения эффективности передачи данных в микроконтроллере выделено два канала DMA.

По интерфейсу SPI можно связать ведущий микроконтроллер с одним или несколькими ведомыми устройствами. Схема подключения устройств по интерфейсу SPI показана на рисунке 1.

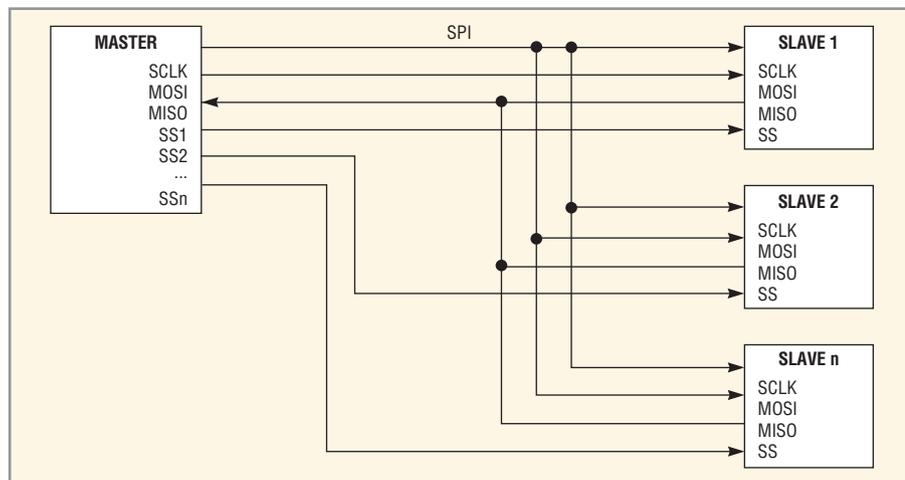


Рис. 1. Схема подключения устройств по интерфейсу SPI

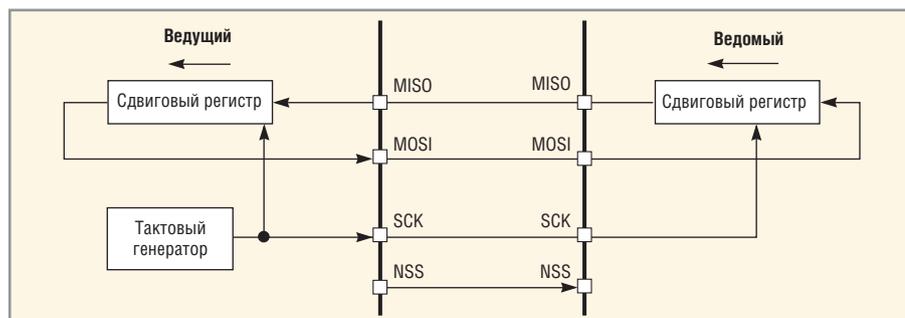


Рис. 2. Функциональная схема интерфейса SPI

Одно из устройств должно быть определено ведущим (мастер), а остальные – ведомыми (подчинённые). Связь между устройствами осуществляется с помощью следующих линий связи:

- MOSI – выход данных для ведущего или вход данных для ведомого устройства;
- MISO – вход данных для ведущего или выход данных для ведомого устройства;
- SCK – сигнал общей синхронизации интерфейса.

Кроме того, ведущее устройство формирует один или несколько сигналов SS (slave select) для выбора ведомых устройств. При этом количество формируемых сигналов соответствует количеству ведомых устройств.

На рисунке 2 приведена функциональная схема интерфейса SPI для двух подключённых друг к другу устройств, одно из которых определено как ведущее, а второе – как ведомое.

Как видно из этой функциональной схемы, передача данных осуществляется посредством линий MOSI и MISO. Сдвиговые регистры ведущего и ведомого устройства объединяются линиями связи в единый сдвиговый регистр. Процессом передачи данных управляет ведущее устройство (мастер), формируя одновременно тактовые импульсы через линию SCK. Одновременно с передачей данных от ведущего к ведомому устройству, происходит приём данных ведущим устройством от ведомого по кольцу. Таким образом, за один полный цикл сдвига всех разрядов регистра происходит обмен данными между двумя устройствами.

Существует четыре режима передачи данных по SPI, которые определяются полярностью и фазой тактового сигнала. Отличие режимов заключается в том, что активным уровнем сигнала синхронизации может быть единичный или нулевой потенциал, а запись данных может производиться по фронту или спаду импульса данного синхросигнала. Эти режимы интерфейса обозначаются цифрами 0, 1, 2 и 3. На рисунке 3 – диаграмма всех перечисленных режимов работы интерфейса SPI.

Микроконтроллер STM32 позволяет для каждого интерфейса SPI задать полярность и фазу тактового сигнала, определяя тем самым режим его работы. Кроме того, для микроконтроллера можно установить формат передачи данных 8-разрядными или 16-разрядными словами и определить порядок передачи данных – старшим или младшим битом вперёд. Это позволяет микроконтроллеру с помощью обоих интерфейсов SPI обмениваться информацией с любыми другими SPI-устройствами.

АРХИТЕКТУРА SPI

Рассмотрим внутреннюю архитектуру SPI микроконтроллера STM32, которая представлена на рисунке 4.

Регистр сдвига представляет собой основной регистр, через который передаются и принимаются данные. Если интерфейс SPI работает в режиме ведущего устройства, то вход этого сдвигового регистра соединён с выводом MISO, а выход – с выводом MOSI. В режиме ведомого устройства происходит обратное переключение, которое регулирует блок управления.

Для передачи данных их необходимо записать в регистр передатчика. Принятые данные читаются из регистра приёмника. Для программы существует один регистр с именем SPI_DR. При чтении этого регистра происходит обращение к регистру приёмника, а при записи – к регистру передатчика.

Скорость обмена по SPI определяет блок генератора скорости, который задаёт частоту следования тактовых импульсов. Для этого предназначены разряды BR0, BR1 и BR2 регистра SPI_CR1. Три разряда предполагают наличие восьми значений скорости. Таким образом, скорость обмена данными по интерфейсу SPI для микроконтроллера STM32 с тактовой частотой 24 МГц может изменяться от 24 МГц/2=12 Мбод до 24 МГц/8=3 Мбод.

Вывод NSS (Negativ Slave Select) предназначен для выбора ведомого устройства. Этот сигнал можно установить программно или аппаратно. Функциональная схема формирования сигнала NSS отображена на рисунке 5.

На этой схеме показано формирование сигнала управления NSS Internal из внешнего сигнала NSS external pin или программного сигнала SSI bit. Выбор источника сигнала NSS производится с помощью программного разряда SSM. Разряды SSM и SSI принадлежат регистру управления SPI_CR1.

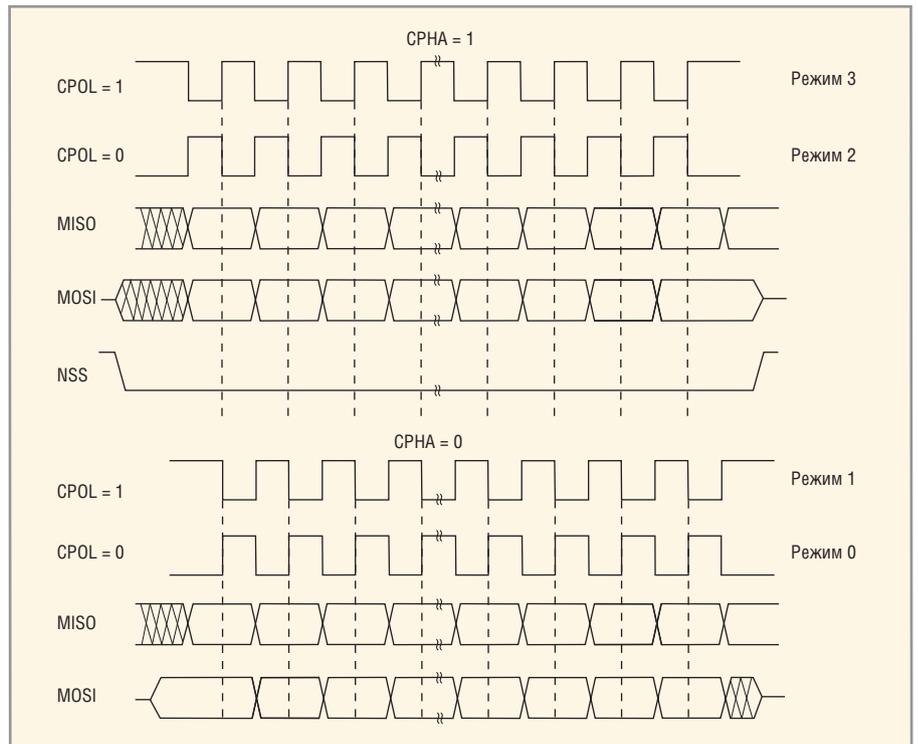


Рис. 3. Диаграмма режимов работы интерфейса SPI

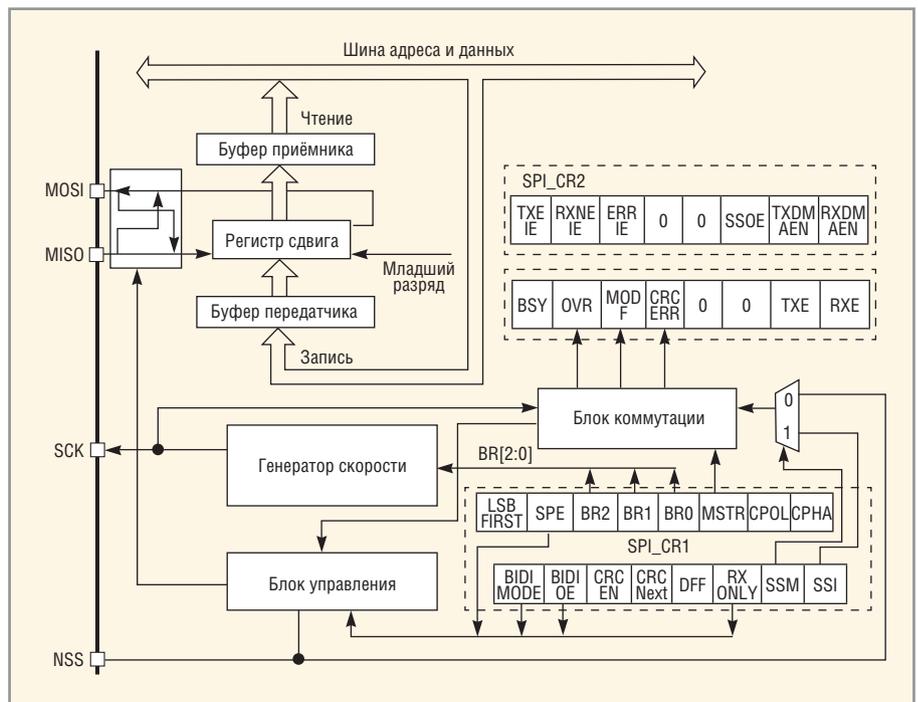


Рис. 4. Архитектура SPI микроконтроллера STM32

Использование сигнала NSS для работы в режиме ведущего устройства имеет специфические особенности. Чтобы интерфейс SPI оставался в режиме мастера, необходимо удерживать сигнал NSS Internal в состоянии логической единицы. Если сигнал NSS Internal станет равным нулю, интерфейс сразу перейдёт в режим ведомого устройства. Данная особенность применяется для организации мультимастерных систем, в которых арбитр может управлять сиг-

налом NSS через внешний вывод. Изменение уровня сигнала на этом выводе с логической единицы на уровень логического нуля позволяет переключать интерфейс между режимами ведущего и ведомого устройства.

Если мультимастерный режим не требуется, следует программно блокировать этот вывод, записав логическую единицу в разряды SSI и SSM. После чего данный вывод можно использовать по другому назначению.

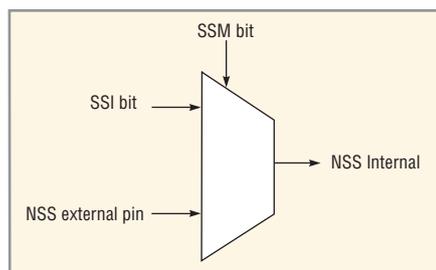


Рис. 5. Функциональная схема формирования сигнала NSS

В режиме мастера можно сконфигурировать вывод NSS для аппаратной подачи сигнала SS ведомому устройству. Для этого используется разряд SSOE регистра SPI_CR2.

Для организации высокоскоростного обмена данными каждый SPI-интерфейс содержит два канала DMA. Один канал DMA предназначен для передачи данных, а второй – для сохранения принимаемых данных в памяти микроконтроллера. Использование DMA позволяет обмениваться данными на высокой скорости в двух направлениях под аппаратным управлением.

Кроме стандартных функций, интерфейс SPI микроконтроллера STM32 содержит два аппаратных блока вычисления циклического избыточного кода CRC. Один блок CRC используется для передаваемых данных, а второй – для принимаемых данных. Оба блока могут вычислять циклический избыточный код для 8- и 16-битных данных. Эта функция особенно необходима при подключении к SPI карт памяти типа MMC или SD. Схема подключения карты памяти к микроконтроллеру через интерфейс SPI приведена на рисунке 6.

На этой схеме также показано расположение контактов на карте памяти и их назначение.

ОПИСАНИЕ РЕГИСТРОВ

Для работы с интерфейсом SPI в микроконтроллере STM32 имеются специальные регистры. Формат этих регистров с названием входящих в них разрядов представлен в таблице.

Рассмотрим регистры, необходимые для работы SPI. К ним относятся:

- SPI_CR1 – первый управляющий регистр;
- SPI_CR2 – второй управляющий регистр;
- SPI_SR – регистр статуса;
- SPI_DR – регистр данных;
- SPI_CRCPR – регистр, содержащий полином для вычисления CRC;

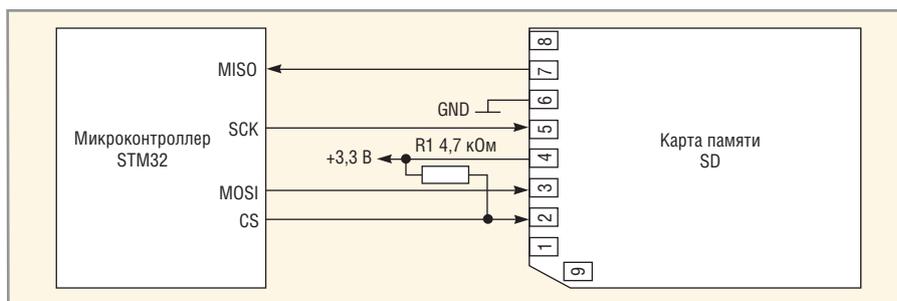


Рис. 6. Схема подключения карты памяти

- SPI_RXCRCR – регистр, содержащий CRC принятых данных;
- SPI_TXCRCR – регистр, содержащий CRC передаваемых данных.

Некоторые из этих регистров используются для работы в режиме I²S.

Регистр SPI_CR1 является первым управляющим регистром интерфейса SPI. Он имеет следующие управляющие разряды:

- 0 CPHA задаёт фазу тактового сигнала;
- 1 CPOL устанавливает полярность тактового сигнала;
- 2 MSTR назначает режим работы интерфейса (0 – ведомый, 1 – ведущий);
- 5...3 OBR [2:0] задают скорость обмена (000 – fPCLK/2, 001 – fPCLK/4, 010 – fPCLK/8, 011 – fPCLK/16, 100 – fPCLK/32, 101 – fPCLK/64, 110 – fPCLK/128, 111 – fPCLK/256);
- 6 SPE управляет интерфейсом (0 – отключает, 1 – включает);
- 7 LSBFIRST задаёт направление передачи (0 – младшим разрядом вперёд, 1 – старшим разрядом вперёд);
- 8 SSI определяет значение NSS при SSM=1;
- 9 SSM выбирает источник сигнала NSS (0 – с внешнего вывода, 1 – программно от разряда SSI);
- 10 RX ONLY совместно с битом BIDIMODE определяет направление передачи в однонаправленном режиме;
- 11 DFF определяет формат данных (0–8 бит, 1–16 бит);
- 12 CRCNEXT управляет передачей кода CRC (0 – данные, 1 – CRC);
- 13 CRCEN регулирует аппаратное вычисление CRC (0 – запрещено, 1 – разрешено). Для корректной операции этот бит должен записываться только при отключённом интерфейсе SPI, когда SPE = 0;
- 14 BIDIOE совместно с битом BIDIMODE управляет двунаправленным режимом работы интерфейса (0 – приём, 1 – передача);
- 15 BIDIMODE управляет двунаправленным режимом работы интерфейса

- (0 – двухпроводный однонаправленный режим, 1 – однопроводной двунаправленный режим).

SPI_CR2 является вторым управляющим регистром интерфейса SPI и имеет следующие разряды, которые управляют:

- 0 RXDMAEN – запросом DMA для приёмника (0 – запрещает, 1 – разрешает);
- 1 TXDMAEN – запросом DMA для передатчика (0 – запрещает, 1 – разрешает);
- 2 SSOE – сигналом NSS в режиме мастера (0 – запрещает, 1 – разрешает);
- 4...3 – зарезервированы;
- 5 ERRIE – прерыванием в случае ошибки (0–запрещает 1–разрешает);
- 6 RXNEIE – прерыванием приёма данных (0–запрещает 1–разрешает);
- 7 TXEIE – управляет прерыванием передачи данных (0–запрещает 1–разрешает);
- 15...8 – зарезервированы.

Регистр статуса SPI_SR включает в себя следующие разряды:

- 0 RXNE устанавливается, если в буфере приёмника есть принятые данные;
- 1 TXE – устанавливается, если буфер передатчика пуст и готов принять новые данные;
- 2, 3 – зарезервированы;
- 4 CRCERR устанавливается при ошибке CRC при приёме данных;
- 5 MODF устанавливается, когда в режиме мастера к сигналу NSS прикладывается низкий потенциал;
- 6 OVR – флаг переполнения, устанавливается при приёме новых данных, если предыдущие не были прочитаны;
- 7 BSY – флаг занятости, устанавливается, если интерфейс занят обменом данными или буфер данных передатчика не пустой.

Регистр данных SPI_DR состоит из 16 разрядов данных. В этот регистр данные записываются для передачи и читаются из него при приёме.

Регистры SPI_CRCPR, SPI_RXCRCR и SPI_TXCRCR используются для вычисления контрольной суммы CRC для обнаружения ошибок при приеме и передаче данных.

Более подробное описание назначения всех регистров USART и их разрядов можно найти в источнике [2].

ПРОГРАММИРОВАНИЕ SPI

Рассмотрим процедуры инициализации и работы с интерфейсом SPI.

Для настройки интерфейса SPI в режим ведущего устройства необходимо выполнить следующие действия:

1. Задать скорость обмена с помощью разрядов BR [2:0] регистра SPI_CR1.
2. Задать полярность и фазу тактового сигнала с помощью разрядов CPOL и CPHA регистра SPI_CR1.
3. Задать формат данных (8 или 16 бит) с помощью разряда DFF регистра SPI_CR1.
4. Задать направление передачи данных (первым или последним битом вперед) с помощью разряда LSBFIRST регистра SPI_CR1.
5. Если вывод NSS будет использоваться для выбора устройства, следу-

Формат регистров интерфейса SPI

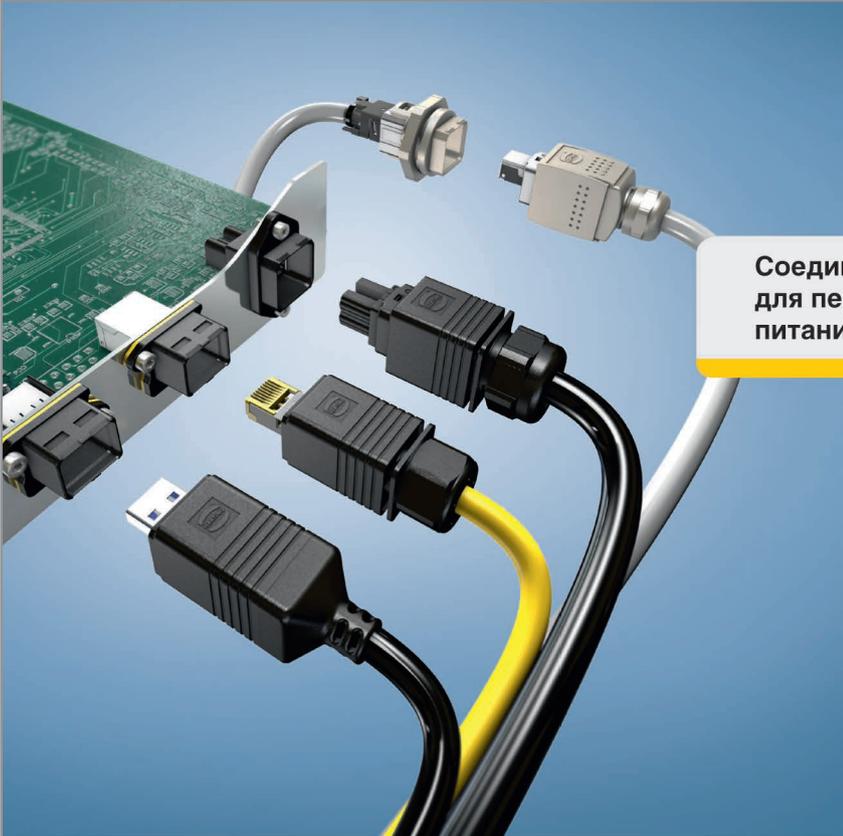
Сдвиг	Регистр	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0													
0 × 00	SPI_CR1	Резерв																BIDMODE	BIDIOE	CRCEN	CRCNEXT	DFF	RXONLY	SSM	SSI	LSBFIRST	SPE	BR[2:0]						MSTR	CPOL	CPHA										
	Исх. значение																	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0 × 04	SPI_CR2	Резерв																			TXEE	RXNEIE	ERRIE	Резерв			SSDE	TXDMAEN	RXDMAEN																	
	Исх. значение																				0	0	0				0	0	0																	
0 × 08	SPI_CR	Резерв																			BSY	OVRE	MODE	CRCERR	Резерв			TXE	RXNE																	
	Исх. значение																				0	0	0	0				1	0																	
0 × 0C	SPI_DR	Резерв																DR[15:0]																												
	Исх. значение																	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0 × 10	SPI_CRCPR	Резерв																CRCPOLY[15:0]																												
	Исх. значение																	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
0 × 14	SPI_RXCRCR	Резерв																RXCRC[15:0]																												
	Исх. значение																	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0 × 18	SPI_TXCRCR	Резерв																TXCRC[15:0]																												
	Исх. значение																	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ет установить разряд SSOE регистра SPI_CR1.

6. Установить разряды MSTR и SPE регистра SPI_CR1 для перевода интерфейса SPI в режим ведущего и его включения.

В листинге 1 приведена функция инициализации интерфейса SPI в соответствии с описанным выше алгоритмом.

После вызова и выполнения данной функции настройка интерфейса будет завершена. Для передачи данных через





Pushing Performance

Соединители PushPull – единый концепт для передачи сигналов, данных и подачи питания

- Легкий способ фиксации разъема с внутренней защелкой
- Корпус обладает защитой IP65/67
- Миниатюрный и компактный дизайн
- Рекомендованы для применения на ЖД (наличие международного железнодорожного сертификата IRIS)
- Широкий выбор аксессуаров: защитные крышки, защита от случайного размыкания
- Соединители PushPull F.O. duplex для оптической передачи данных



ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР КОМПАНИИ HARTING

АКТИВНЫЙ КОМПОНЕНТ ВАШЕГО БИЗНЕСА

Тел.: (495) 232-2522 • факс: (495) 234-0640 • info@prochip.ru • www.prochip.ru



Реклама

Листинг 1

```

void Init_SPI(void)
{
// Включение тактирования
// Включить тактирование альтернативных функций
RCC->APB2ENR |= RCC_APB2ENR_AFIOEN;
// Включить тактирование порта A
RCC->APB2ENR |= RCC_APB2ENR_IOPAEN;
// Настройка выводов согласно выполняемым функциям:
// Вывод управления NSS: выход двухтактный, общего назначения, 50 МГц
GPIOA->CRL |= GPIO_CRL_MODE4;
GPIOA->CRL &= ~GPIO_CRL_CNF4;
GPIOA->BSRR = GPIO_BSRR_BS4;
// Вывод SCK: выход двухтактный, альтернативная функция, 50 МГц
GPIOA->CRL |= GPIO_CRL_MODE5;
GPIOA->CRL &= ~GPIO_CRL_CNF5;
GPIOA->CRL |= GPIO_CRL_CNF5_1;
// Вывод MISO: вход цифровой с подтягивающим резистором, подтяжка к плюсу
GPIOA->CRL &= ~GPIO_CRL_MODE6;
GPIOA->CRL &= ~GPIO_CRL_CNF6;
GPIOA->CRL |= GPIO_CRL_CNF6_1;
GPIOA->BSRR = GPIO_BSRR_BS6;
// Вывод MOSI: выход двухтактный, альтернативная функция, 50 МГц
GPIOA->CRL |= GPIO_CRL_MODE7;
GPIOA->CRL &= ~GPIO_CRL_CNF7;
GPIOA->CRL |= GPIO_CRL_CNF7_1;
// Настройка SPI
RCC->APB2ENR |= RCC_APB2ENR_SPI1EN; // Включить тактирование
SPI1->CR1 = 0x0000; // Очистить первый управляющий регистр
SPI1->CR1 |= SPI_CR1_DFF // Бит11 формат данных 0-8бит 1-16бит
SPI1->CR1 |= SPI_CR1_SSM; // Бит9 SSM - выбирает источник сигнала NSS (0 - с внешнего вывода, 1 - программно);
SPI1->CR1 |= SPI_CR1_SSI; // Бит8 SSI - если SSM = 1 определяет значение NSS;
SPI1->CR1 |= SPI_CR1_LSBFIRST; // Бит7 LSBFIRST - задаёт способ передачи (0 - старшим, 1 - младшим разрядом вперёд);
SPI1->CR1 |= SPI_CR1_SPE; // Бит6 SPE - работа SPI (1 - вкл. 0 - откл.)
Бит3-5 BR[2:0] - делитель скорости обмена fPCLK/x (000:2, 001:4, 010:8, 011:16, 100:32, 101:64, 110:128, 111:256)
SPI1->CR1 |= SPI_CR1_BR_0 | SPI_CR1_BR_1 | SPI_CR1_BR_2; // Задать скорость fPCLK/x
SPI1->CR1 |= SPI_CR1_MSTR; // MSTR - делает модуль ведущим(1)/ведомым(0);
SPI1->CR1 |= SPI_CR1_CPOL; // CPOL - задаёт полярность тактового сигнала;
SPI1->CR1 |= SPI_CR1_CPHA; // CPHA - задаёт фазу тактового сигнала 0-\ 1-;/;
SPI1->CR2 = 0x0000; // Очистить второй управляющий регистр
}

```

интерфейс SPI необходимо загрузить передаваемые данные в регистр SPI_DR. Эта процедура выполняется с помощью команды:

```
SPI1->DR = data_tx; // Загрузить данные в регистр для передачи через SPI.
```

Окончание передачи контролируется проверкой разряда TXE регистра SPI_SR: *while (!(SPI1->SR & SPI_SR_TXE)); // Ожидание окончания передачи.*

Одновременно с передачей происходит приём данных в регистр SPI_DR. Принятые данные считываются из регистра данных с помощью команды:

```
data_rx = SPI1->DR; // Считать принятые данные
```

Для проверки работоспособности интерфейса SPI в режиме мастера

достаточно соединить выводы MISO и MOSI между собой и сравнить переданные данные с полученными. Если они совпадают, это значит, что интерфейс работает правильно.

Перед передачей и приёмом данных необходимо сформировать сигналы выбора для того устройства, с которым будет производиться обмен. Если ведомое устройство одно, то можно использовать сигнал выбора NSS. Если же ведомых устройств несколько, то придётся для каждого из них формировать индивидуальный сигнал выбора. В качестве источников таких сигналов могут выступать свободные выводы портов GPIO.

Например, если для формирования сигнала выбора используется вывод

порта A4, то активация и деактивация данного сигнала осуществляется с помощью следующих команд:

```
GPIOA->BSRR = GPIO_BSRR_BR4; // Установить сигнал выбора SS (A4) = 0.
```

```
GPIOA->BSRR = GPIO_BSRR_BS4; // Установить сигнал выбора SS (A4) = 1.
```

Между этими командами следует расположить описанные выше команды передачи и чтения через интерфейс.

ЛИТЕРАТУРА

1. <https://www.st.com>.
2. http://www.st.com/web/en/resource/technical/document/reference_manual/CD00246267.pdf.



Новости мира News of the World Новости мира

Рынок ЖК-телевизоров в 2014 г. покажет почти 5% рост

Аналитики Digitimes Research опубликовали прогноз по глобальному рынку жидкокристаллических телевизоров на 2014 г.

Сообщается, что объём поставок телевизионных ЖК-панелей достигнет 213 млн шт. Это будет соответствовать увеличению продаж на 4,6% по сравнению с 2013 г. Основными катализаторами роста станут развивающиеся регионы, где старые телевизоры постепенно меняются на новые. Сыграет свою роль и предстоящий чемпионат мира по футболу (2014 FIFA World Cup), финальный турнир которого пройдёт с 12 июня по 13 июля в Бразилии.

Крупнейшим поставщиком ЖК-телевизоров в 2014 г., по прогнозам, станет Samsung Electronics с 45 млн отгруженных панелей. Второе место займёт LG Electronics с результатом 29,5 млн шт.

Японские компании Sony, Toshiba, Panasonic и Sharp, по мнению аналитиков, реализуют соответственно 12, 5, 9, 8 и 7,5 млн ЖК-телевизоров.

Ведущим китайским поставщиком станет TCL с 15 млн реализованных панелей. Далее последуют Hisense (12 млн), Skyworth (9,5 млн), Konka (6,8 млн), Changhong (6,2 млн) и Haier (6,2 млн).

В целом южнокорейские, китайские и японские вендоры займут в 2014 г. соответственно 35,2, 26,3 и 17,4% мирового рынка жидкокристаллических телевизоров.

<http://www.digitimes.com>

«Микран» вошёл в 30 лучших инновационных компаний

Опубликован национальный рейтинг высокотехнологичных быстроразвивающихся компаний «ТехУспех». Статус Томска как инновационного центра поддержало сразу два предприятия: НПФ «Микран» и группа компаний «Инком». «Микран» впервые попал в конкурсный отбор и сразу вошёл в 30 быстроразвивающихся высокотехнологичных компаний страны.

Рейтинг подготовлен Российской венчурной компанией, Ассоциацией иннова-

ционных регионов России (АИРР) и Внешэкономбанком. Организаторы в начале ноября определили рейтинг компаний-победителей. Методологию отбора, соответствующую мировым стандартам, создала крупнейшая аудиторско-консалтинговая компания PricewaterhouseCoopers.

На фоне рецессии в традиционных секторах экономики участники рейтинга, делающие бизнес на инновациях, продемонстрировали рост выручки в среднем на 75% в год. Доля новой продукции в выручке у предприятий рейтинга в среднем составила 53%. Средний уровень затрат на НИОКР – 7% , а на техинновации – 15%.

Предложение поучаствовать в рейтинге руководство НПФ «Микран» получило от представителей Фонда Бортника (неофициальное название Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере). «Микран» сотрудничает с Фондом с 2003 г. В том числе при его поддержке предприятие прошло путь от небольшой фирмы до крупной компании.

www.micran.ru

ВАКУУМНО-ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЕ ДИСПЛЕИ ДЛЯ ЖЁСТКИХ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

- Яркость 600 кд/м²
- Угол обзора 150° (конусный)
- Встроенные контроллеры управления
- Символы высотой 5 и 9 мм
- Вибрации от 10 до 500 Гц
- Удары до 20 г (по каждой оси)
- Ресурс от 40 000 до 100 000 часов
- Диапазон рабочих температур -40...+85°C

IEE

ВЛД с точечной матрицей
серии Century —
по-прежнему в строю!

05464-35074-01X5

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР ПРОДУКЦИИ IEE

PROSOFT[®]

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



Реклама

Микросхемы активации питания с интерфейсом LIN

Юрий Петропавловский (г. Таганрог, Ростовская обл.)

В статье рассмотрены микросхемы компании Freescale Semiconductor, предназначенные для управления вспомогательными электроприводами и осветительными устройствами в автомобилях. Интегральные системы выполнены по технологии SMARTMOS, которая позволяет объединить в одном корпусе быстродействующую логику КМОП, высокоточные аналоговые схемы и высоковольтные силовые ключи HDTMOS.

ВВЕДЕНИЕ

В 1949 г. профессор Дэниэл Э. Нобл организовал исследовательскую лабораторию Motorola в г. Феникс (Аризона). Деятельность Нобла в области электроники, продолжавшаяся более 50 лет, началась в 1923 г. в колледже Сторс (ныне университет штата Коннектикут), где он получил степень бакалавра в области радиотехники. Нобл также вел научную работу в Гарвардском университете и Массачусетском технологическом институте. Среди многих заслуг Нобла можно выделить его работы в области систем с частотной модуляцией, а также создание в лаборатории нового для того времени направления исследований – твердотельной электроники (solid-state electronics). В результате в 1955 г. были изготовлены мощные германиевые транзисторы, которые нашли широкое применение в автомобильных радиоприёмниках. В ознаменование заслуг Нобла ИИЭР в 2000 г. учредил награду (медаль, сер-

тификат и премия) IEEE Daniel E. Noble Award (см. рис. 1); с 2012 г. – премию IEEE Daniel E. Noble Award по новым технологиям [1].

В полупроводниковом отделении компании Motorola был разработан один из первых микропроцессоров. Проект был начат в 1971 г. группой из 20 молодых инженеров в подразделении компании в г. Меса (Аризона). Идеологом группы стал Том Беннет, имевший опыт разработки первого электронного калькулятора на МОП ИС. Первый 8-разрядный микропроцессор MC6800 был представлен в 1974 г., его структура приведена на рисунке 2. Прибор работал с тактовой частотой до 2 МГц, был выполнен в корпусе DIP-40 по 6-мкм технологии и обрабатывал 78 команд. Кроме компании Motorola, MC6800 выпускали Fairchild, Thomson и AMI (American Microelectronics Inc). Для этого МП был разработан ряд периферийных микросхем MC68xx, в том числе ПЗУ, ОЗУ, таймеры и интерфейсы. Архитектура MC6800 лежит в основе современных микроконтроллеров Freescale 68HC08, 68HC11 и 68HC12.

Изделия КОМПАНИИ FREESCALE

Компания Freescale Semiconductor в 2004 г. выделилась из корпорации Motorola Inc. В настоящее время Freescale является одним из лидеров в области производства полупроводниковых компонентов для встраиваемых систем, потребительской электроники, автомобильного, телекоммуникационного и промышленного оборудования. Компания занимает лидирующие позиции по поставкам микроконтроллеров для автомобильной электроники, акселерометров (датчиков для подушек безопасности), процессоров для сетевых

устройств и электронных книг. Компания выпускает микропроцессоры с архитектурами DragonBall, ColdFire, PowerPC, Qorlq, а также ЦПОС на платформе StarCore [2].

В каталоге Freescale 2013 г. представлена широкая номенклатура полупроводниковых приборов и микросхем в 6 категориях: микроконтроллеры, микропроцессоры, микросхемы управления питанием, ЦПОС, датчики и радиочастотные приборы. В категории аналоговых ИС представлен новый класс приборов – микросхемы активации питания (Power Actuation) [3]. Приборы этого класса предназначены для управления электроприводами (Load drive/control) и способны не только управлять различными нагрузками, но и обеспечивать их защиту и выполнять диагностику неисправностей с передачей информации через специальные интерфейсы.

В качестве нагрузок могут использоваться не только двигатели, но и, например, светодиоды. Номенклатура аналоговых ИС содержит:

- ключи коммутации на землю (Low Side Switches), 10 типов ИС (от 2 до 14 исполнений каждого типа);
- ключи коммутации на питание (High Side Switches), 14 типов (от 3 до 34 исполнений);
- драйверы с полумостами и конфигурируемые ключи (H-Bridges/Configurable Switches), 15 типов (от 2 до 16 исполнений);
- драйверы затворов мощных полевых транзисторов (Pre-Drivers), 8 типов (от 2 до 6 исполнений);
- драйверы светодиодов, 2 типа (4 и 10 исполнений);
- полумостовые драйверы шаговых двигателей – MM908E626 (2 исполнения);
- драйверы электрозапалов (Squib Drivers) – MC33797 (4 исполнения);
- ИС управления трансмиссией и режимами двигателей автомобилей (Powertrain/Engine Control), 18 типов (от 1 до 6 исполнений).

В некоторых микросхемах активации питания со встроенными микроконтроллерами реализован физический уровень интерфейса LIN (стандарт SAE J2602), предназначенный для

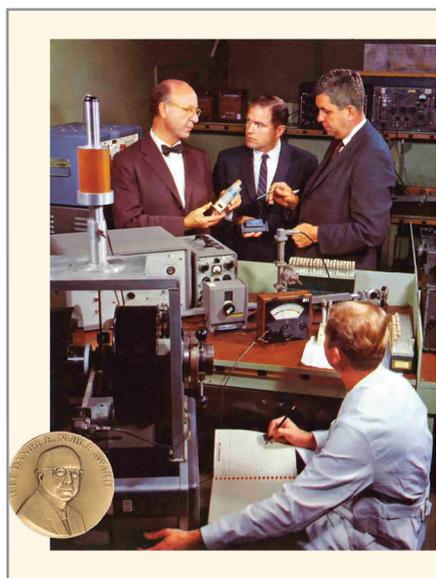


Рис. 1. Дэниэл Э. Нобл (слева) в лаборатории компании Motorola в г. Феникс

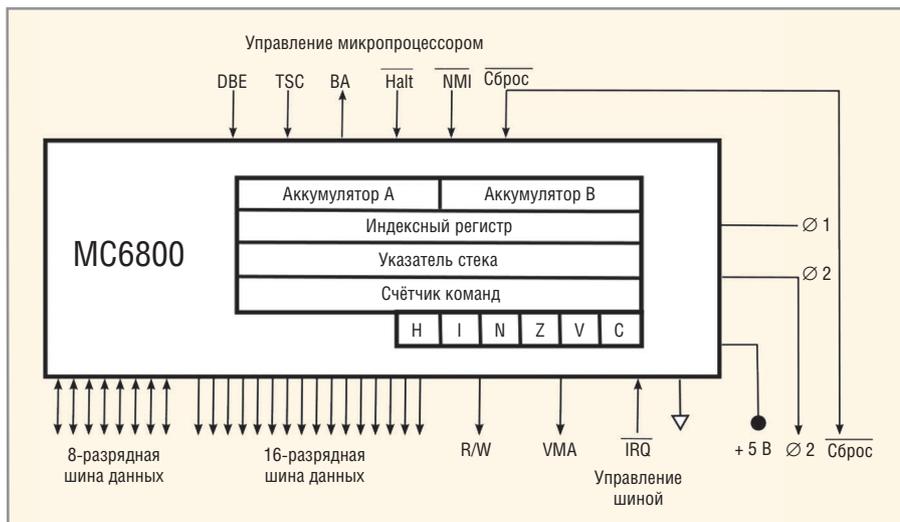


Рис. 2. Структурная схема микропроцессора MC6800

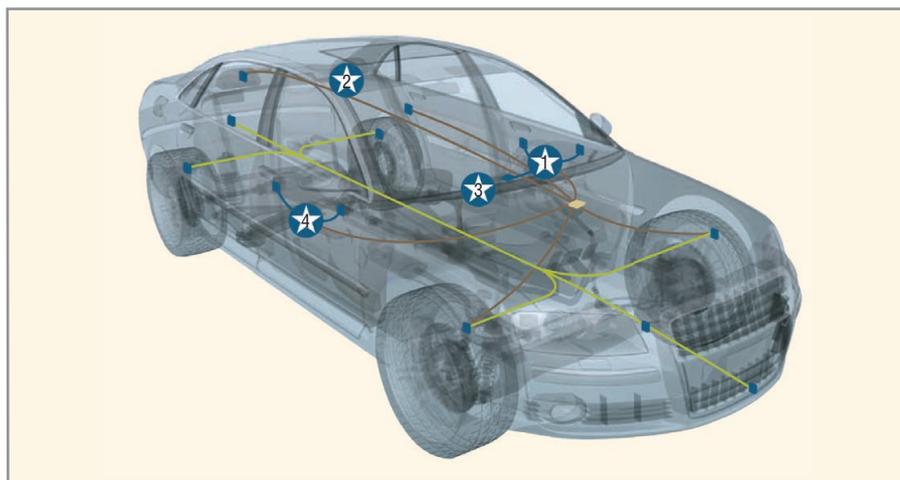


Рис. 3. Размещение датчиков в автомобиле

объединения в сеть автомобильных подсистем и узлов. Стандарт промышленной шины LIN (Local Interconnect Network) был разработан консорциумом автопроизводителей и полупроводниковых компаний, таких как Audi, BMW, Daimler Chrysler, Mercedes-Benz, Motorola, Volcano Communication Technologies, Volkswagen, Volvo и др. Он предназначен для обмена данными на небольших расстояниях через однопроводную сеть в так называемом «человеческом» временном диапазоне (сотни миллисекунд).

Шина LIN была разработана в качестве дополнения к высоконадёжным шинам CAN и FlexRay. Она базируется на технологии UART/SCI и гарантирует скорость передачи данных до 20 Кбит/с. Применение шины LIN позволяет реализовать управление, диагностику и обслуживание узлов автомобиля в рамках одной мультиплексной системы, а также резко уменьшить количество соединительных проводов. Важным свойством

шины LIN является возможность самосинхронизации без использования генераторов на приёмной стороне, что делает её интерфейс экономически выгодным.

Обычно сеть LIN состоит из одного ведущего и нескольких ведомых узлов. В задачу первого входит принятие решений о том, когда и какие данные должны быть переданы; ведомые узлы отвечают на запросы ведущего. Данные по сети передаются в виде кадров, состоящих из заголовка (Header), формируемого ведущим узлом, и ответа ведомого узла (Response). Процесс обмена данными всегда инициирует ведущий узел.

Вариант размещения электронных узлов в автомобиле показан на рисунке 3. Синим цветом обозначены элементы сети LIN, жёлтым – сети FlexRay, коричневым – сети CAN. К типовым узлам автомобиля, подключённым к сети LIN, относятся следующие (номера в звёздочках на рис. 3): 1 – рулевая колонка; блок круиз-контроля,

SCHAEFER

НАДЁЖНЫЕ СИСТЕМЫ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЭНЕРГИИ

Импульсные источники питания

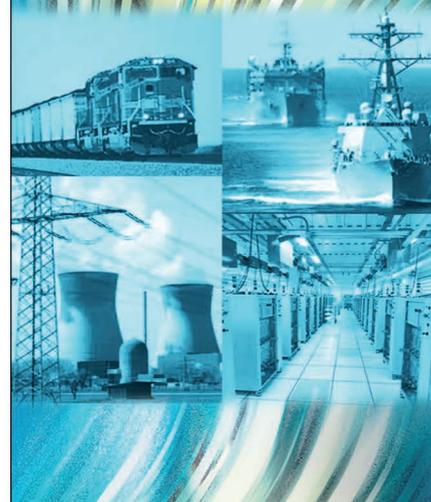
- Преобразователи DC/DC
- Источники питания AC/DC
- Устройства управления зарядом батарей

Импульсные инверторы

- Инверторы DC/AC
- AC/AC-преобразователи

Области применения

- Промышленная автоматизация
- Атомные электростанции
- Военная промышленность
- Железнодорожный транспорт



ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР ПРОДУКЦИЙ SCHAEFER

PROSOFT®



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

Классификационные параметры IS активации питания компании Freescale

Семейство/Тип микросхемы	Назначение	Корпус	Выходной ток, А	$R_{\text{в.оп}}$, Ом	$U_{\text{в.к}}$ мин., В	$U_{\text{в.к}}$ макс., В	Напряжение питания, В	Интерфейс управления	Температурный диапазон, °С	Диагностика	Примечания
MM908E621 (5)	МК (8-бит), полумост, стабилизаторы, HSS, LIN Pwu	SOIC-54	1	0,185...0,75	7,5	20	5...28, 4,5...5,5	-	-40...+85	-	ШИМ-совместимость, ГПЗ
MM908E622 (4)	МК (8-бит), полумост, стабилизаторы, LIN Pwu, EC Class Driver										
MM908E624 (8)	МК (8-бит), стабилизаторы, HSS, LIN Pwu, драйвер соленоидов	SOIC-54	0,05...0,15	2...7	7,5...8 18...20	-	9...16, 4,5...5,5	-	-40...+85, -40...+125	SPI	ШИМ-совместимость, ограничение выходного тока, ГПЗ
MM908E625 (3)	МК (8-бит), стабилизаторы, конфигурируемый полумост, LIN Pwu		5...28, 4,5...5,5								
MM908E626 (4)	МК (8-бит), стабилизаторы, драйвер ШД, LIN Pwu	QFN-16	1	0,425	-	-	5...28, 4,5...5,5	-	-40...+85	-	ШИМ-совместимость, ГПЗ, вход для датчиков Холла
MC12XS2 (10)	Универсальный (12 В) ключ с экстремально низким $R_{\text{в.оп}}$		0,425								
MC12XS3 (34)	Многоканальный (12 В) ключ для внешних сигнальных фонарей автомобилей	QFN-24	2,8...7,5	0,004...0,008	0	27	4,5...27	параллельный, SPI	-40...+125	Status Flag (флаг состояния), SPI	Спящий режим, ШИМ-совместимость, ограничение выходного тока
MC12XS6 (4)	Многоканальный ключ для внешнего автомобильного освещения	QFN-32	2,8...5	0,006...0,035	6	20	3...5,5				
MC12XSB	Универсальный (12 В) ключ для промышленных приложений с низким $R_{\text{в.оп}}$	SOIC-32	2,75...6,5	0,007...0,17	7	18	4,5...5,5	-	-	-	Диагностика нагрузки, монитор выходного тока, ШИМ-совместимость
MC12XSC	Многоканальный (12 В) ключ для наружного промышленного освещения	SOIC-32	2,75...6,5	0,007...0,17	7	18	4,5...5,5				
MC12XSF	Многоканальный ключ для наружного промышленного освещения с расширенными функциями	QFN-23	3...9	0,006...0,02	8	36	3...5,5	-	-	-	Спящий режим, ШИМ-совместимость, ограничение выходного тока
MC24XS4 (6)	Универсальный (24 В) ключ с низким $R_{\text{в.оп}}$	HSOP-20	3	0,3	0	28	5...28				
MC33730 (4)	Импульсный источник питания с выходными стабилизаторами	SOIC-32	0,5	1	7	35	4,75...5,25	параллельный, SPI	-40...+125	Status Flag	ГПЗ, ШИМ-совместимость, ограничение выходного тока
MC33797 (4)	4-канальный электрораздельный драйвер	SOIC-32	0,5	1	7	35	4,75...5,25				
MC33800 (2)	Блок управления режимами двигателей автомобилей	SOIC-54	0,17...0,35	0,25...1	5	36	3...5,5	-	-	-	Детектор КЗ, монитор параметров нагрузки
MC33810 (2)	Монитор соленоидов	SOIC-32	1	0,1	4,5	36	2...5,5				
MC33811 (2)	Многофункциональный драйвер инжекторов топлива и зажигания автомобилей	SOIC-16	0,3...1	0,2...1	4...9	36	4,9...36	параллельный	-40...+125	-	Спящий режим
MC33812 (4)	Блок управления режимами 1-цилиндровым ДВС	SOIC-32	0,3...1	0,2...1	4...9	36	4,9...36				
MC33813 (2)	Блок управления малями 2-цилиндровыми ДВС	QFP-48	0,05-2	0,3-20	4,5	36	6...18	-	-	-	Выход стабилизатора напряжения
MC33814 (2)	Блок управления малями 2-цилиндровыми ДВС	QFP-48	0,05-2	0,3-20	4,5	36	6...18				
MC33816	Блок управления режимами двигателей автомобилей	SOIC-32	0,35	0,75	0	27,5	5,5...27,5	-	-	-	Ограничение выходного тока, сторожевой таймер
MC33879 (10)	Конфигурируемый октальный последовательный ключ с контроллером нагрузки	SOIC-32	0,35	0,75	0	27,5	5,5...27,5				
MC33880 (12)	Конфигурируемый октальный последовательный ключ с последовательным интерфейсом входов/выходов	SOIC-32	0,25	0,55	0	45	9...24,5	-	-	-	Ограничение выходного тока, сторожевой таймер
MC33882 (14)	Интеллектуальный 6-выходной ключ	HSOP-30	0,005...1	0,4...0,75	0	52	8...25				

Семейство/Тип микросхемы	Назначение	Корпус	Выходной ток, А	$R_{\text{в.отп}}$, Ом	$U_{\text{в.х}}$ мин., В	$U_{\text{в.х}}$ макс., В	Напряжение питания, В	Интерфейс управления	Температурный диапазон, °С	Диагностика	Примечания
МС33883 (6)	Полумостовой драйвер затворов	SOIC-20 SOIC-20W	–	–	5,5	55	5,5...28			нет	ГПЗ, ШИМ-совместимость, спящий режим
МС33886 (6)	Полумост	HSOP-20	3	–	0	30	5...30	параллельный		Status Flag	ГПЗ, ограничение выходного тока
МС33887 (16)	Полумост	HSOP-20 SOIC-54 QFN-36	3	0,24	0	30	5...30				ГПЗ, спящий режим, ОС по обратному току нагрузки, ограничение выходного тока
МС33899 (2)	Программируемый полумост	HSOP-30	3...5	0,08...0,1	7	18	4...5,5	параллельный, SPI	–40...+125	SPI	ГПЗ, ШИМ-совместимость
МС33926 (2)		QFN-32									
МС33931 (4)	Полумост для управления дросселями и соленоидами	HSOP-44 SOIC-32	3	0,12	8	28	8...28	параллельный		Status Flag	Спящий режим, ШИМ-совместимость, ГПЗ
МС33932 (4)	Сдвоенный полумост для управления дросселями и соленоидами	SOIC-54 HSOP-44									
МС33937 (6)	Трёхфазный драйвер полевых транзисторов	SOIC-54	–	–	40	8...40		параллельный, SPI	–40...+135		ГПЗ
МС33972 (6)											
МС33975 (4)	Многоканальный детектор интерфейсов	SOIC-32	–	–	5	26	3,1...5,25 3,1...5,5	SPI		SPI	импульсная зачистка контактов
МС33996 (4)											
МС33999 (2)	16-канальный коммутатор	SOIC-54	0,35	0,55	0	40	5...27	параллельный, последовательный	–40...+125		Диагностика нагрузки, мониторинг выходного тока, ШИМ-совместимость
МС34844 (4)	10-канальный драйвер светодиодов с источником питания	QFN-32	–	–	–	–	7...28	параллельный, I ² C	–40...+105	I ² C, Parallel	ШИМ-совместимость
МС34845 (10)	Бюджетный 6-канальный драйвер светодиодов с источником питания	QFN-24	–	–	–	–	5...21			нет	
МС34931 (2)	Полумост (5 А)	SOIC-32	3	0,12	8	28	8...25 8...28	параллельный	–40...+85	Status Flag	ГПЗ, спящий режим, ШИМ-совместимость
МС34932 (2)	Сдвоенный полумост (5 А)	SOIC-54									
МС34933 (2)	Сдвоенный полумостовой драйвер с ГПЗ	QFN-16	0,7	0,8	2	7	2,7...5,5		–20...+85	нет	–
МС34937	Трёхфазный драйвер полевых транзисторов	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
МС36XSD	Универсальный ключ с низким $R_{\text{в.отп}}$	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
MM912_P812 (4)	МК (SP12R) и многофункциональная схема контроля зажигания и впрыска топлива	QFP-100	–	0,25...1	4...7	36	4,7...36	SPI	–40...+125	SPI	Сторожевой таймер, ШИМ-совместимость, диагностика нагрузки, АЦП, цифровые входы/выходы
MM912_S812 (2)	МК (S12XS) многофункциональная схема контроля зажигания и впрыска топлива	QFP-100	–	–	–	–	–				
МРС17510 (2)	Полумостовой драйвер двигателей	TSSOP-24	1...2	0,45	15	4...5,5	4...5,5		–30...+65		ГПЗ, низкое $R_{\text{в.отп}}$
МРС17511 (8)		SMFP-6 QFN-24	1	0,5	2	6,8	2,7...5,7				Низкое $R_{\text{в.отп}}$
МРС17529 (2)		SOIC-20	0,7	0,7	–	–	2,7...5,5				
МРС17531 (8)		SOIC-20 QFN 24		0,8	–	–	2,7...6,8	параллельный	–20...+65	нет	ГПЗ, низкое $R_{\text{в.отп}}$
МРС17533 (2)	Сдвоенный полумостовой драйвер двигателей	SMFP-16 0,65MM EIAJ-2	0,7	0,8	2	6,8	2,7...5,7				Низкое $R_{\text{в.отп}}$
МРС17С724 (2)		QFN-16	0,4	1	2...7	5,5	2,7...5,5		–20...+85		
ТС80310 (1)	Программируемый (LIN 1..3) генератор переменного тока	кристалл	5	0,08	8	27	8...27	LIN	–40...+150	LIN	–

Примечания: HSS – ключ коммутации на питание, LIN Phy (Local Interconnector Network Physical Layer) – физический уровень шины LIN, EC Glass Driver – схема управления электрохромными зеркалами заднего вида, ГПЗ – генератор подкачки заряда (Charge Pump), ШД – шаговый двигатель, ДВС – двигатель внутреннего сгорания.

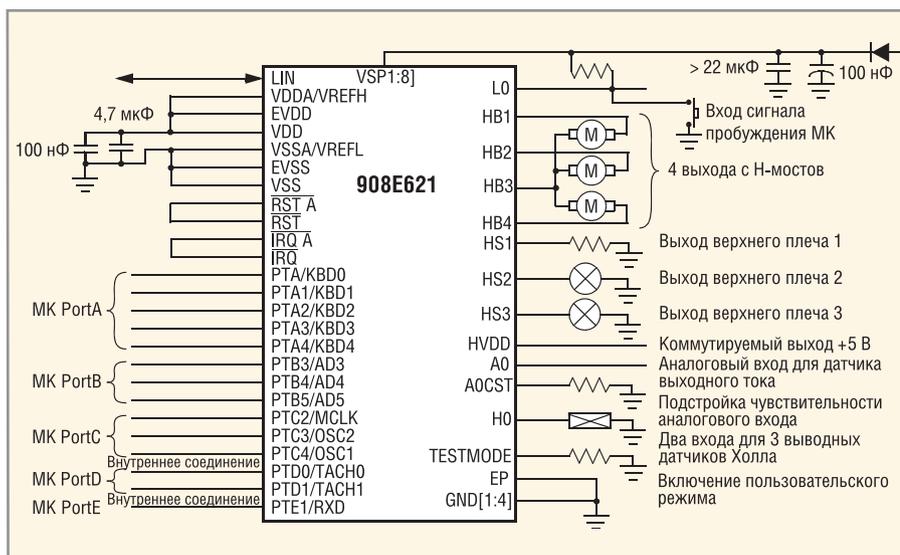


Рис. 4. Схема включения ИС MM908E621

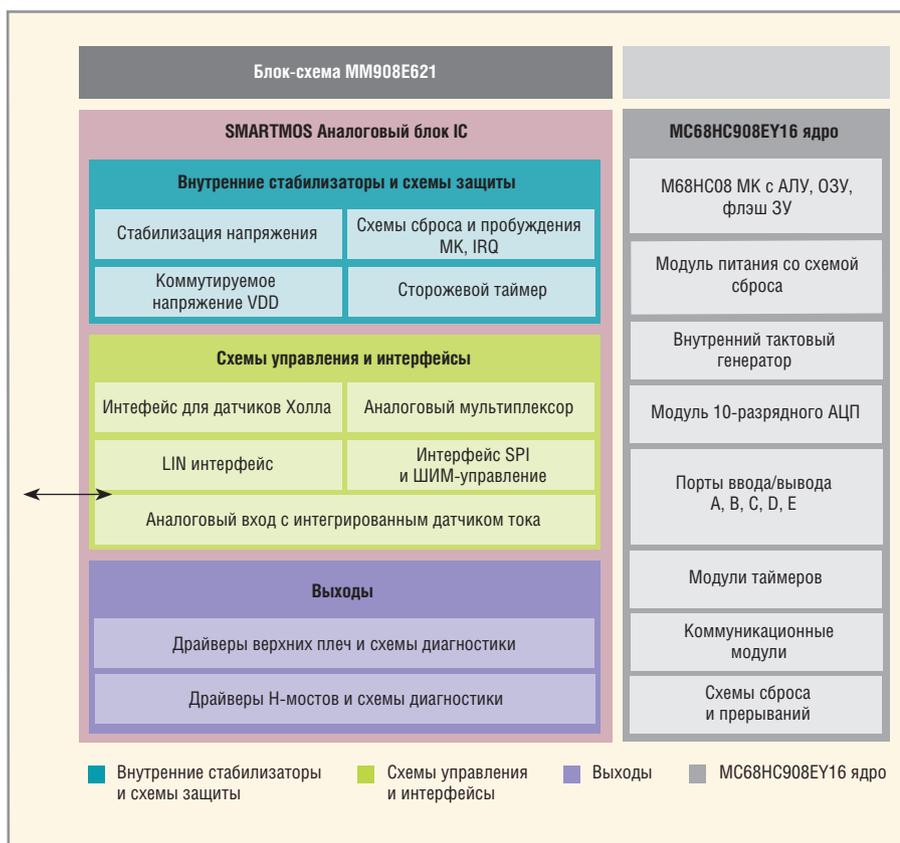


Рис. 5. Блок-схема ИС MM908E621

стеклоочистители, фонари поворотов, блок управления климатом, радиоприёмник; 2 – крыша: датчик дождя, датчик света, блок управления освещением, сдвижной люк; 3 – двигатель/кондиционер: датчики, сервисные двигатели, панель управления климатом; 4 – двери/сиденья: зеркала, приборная панель, стеклоподъёмники, дверные замки, двигатели кресел, датчики занятости сидений, панель управления сиденьями.

Классификационные параметры микросхем активации питания, вклю-

чённые в каталог Freescale 2013 г., приведены в таблице. В графе «Семейство/Тип микросхемы» в скобках указано число исполнений или типов микросхем в семействе.

В группу ИС активации питания со встроенными микроконтроллерами входят 5 приборов семейства MM908E62x, некоторые исполнения которых предназначены для эксплуатации в жёстких условиях. Все ИС содержат 8-разрядное ядро, флэш-память 16 Кбайт и ОЗУ 512 байт. В микросхемы интегрированы интерфейсы LIN, ESCI

и SPI. Основные области применения микросхем: транспортная электроника, робототехника, локальные проводные сети, электроприводы, управление лампами и светодиодами.

Микросхема MM908E621 содержит счетверённый полумост и встроенный ключ коммутации на питание, микроконтроллер HC08 и интерфейс LIN. В микроконтроллер HC08 входят процессорное ядро M68HC908EY16, флэш-память для таймера, интерфейсы ESCI (Enhanced Serial Communications Interface) и SPI, 10-разрядный АЦП и встроенный тактовый генератор ICG (Internal Clock Generator).

Аналоговый блок содержит 4 полумоста, 3 ключа с функциями диагностики, вход для датчиков Холла, аналоговые входы, стабилизатор напряжения, сторожевой таймер и физический уровень интерфейса локальных сетей LIN. Упрощённая схема включения ИС приведена на рисунке 4, блок-схема – на рисунке 5. К микросхеме можно подключить 3 двигателя постоянного тока (функции реверса, регулировки скорости вращения, диагностики обрывов и КЗ), 3 резистивных нагрузки (лампы, реле и т.п.) с определением состояния и диагностикой обрывов и КЗ. Основные параметры микросхем:

- два 16-разрядных 2-канальных таймера;
- автономный сторожевой таймер и мониторинг микроконтроллера;
- вход пробуждения (Wake-up) и вход для 3-проводных датчиков Холла;
- номинальный диапазон напряжения питания 9...16 В, расширенный – 7,5...20 В;
- ток потребления при $U_{пит} = 12 В$ составляет 25 мА в рабочем режиме, 40 мкА в режиме останова и 12 мкА в спящем режиме;
- выходное напряжение стабилизатора VDD составляет 4,75...5,25 В, выходной ток до 150 мА;
- параметры ключей HS1: сопротивление сток-исток в открытом состоянии $R_{ds\ on} = 185 мОм$ (при токе 1 А, $T_j = +25^{\circ}C$), пороговый ток выключения при перегрузке (Over-current Shutdown) 6...9 А, частота переключения до 25 кГц;
- параметры ключей на питание HS2, HS3: $R_{ds\ on} = 440 мОм$ (1 А), порог выключения 3,6...5,6 А, частота переключения до 25 кГц;
- параметры полумостов HB1, HB2: $R_{ds\ on} = 750 мОм$ (1 А), порог

выключения 1...1,5 А, частота переключения до 25 кГц;

- параметры полумостов НВ3, НВ4: $R_{ds\ on} = 275\ \text{мОм}$ (1 А), порог выключения 4,8...7,2 А, частота переключения до 25 кГц;
- параметры коммутируемого выхода HVDD: $U = 4,75...5,25\ \text{В}$, порог выключения 25...50 мА (типичное значение 35 мА).

Внешнее напряжение питания поступает на все 8 выводов VSUP1–VSUP8 микросхемы (см. рис. 6), соединённые с различными узлами аналогового блока. При работе в автомобильных приложениях выходное напряжение стабилизатора +5 В с вывода 42 (VDD) обычно подаётся на вывод питания микроконтроллера 47 (EVDD) через внешний проводник, зашунтированный конденсаторами фильтра (см. рис. 4). Земляные выводы аналогового блока и микропроцессора VSS/EVSS также соединяются внешними проводниками. Возможна подача напряжения питания на микроконтроллер от отдельного источника +5 В.

Микросхемы MM908E622 отличаются от предыдущих только наличием схемы управления электрохромными зеркалами заднего вида автомобилей (EC glass mirrors). Электрохромное зеркало является разновидностью противоослепляющих зеркал и состоит из двух слоёв стекла, между которыми находится слой жидких кристаллов. При пропускании тока через слой ЖК меняется коэффициент отражения зеркала, что позволяет уменьшить эффект ослепления водителя. Схема включения ИС отличается от приведённых на рисунках 4 и 6 наличием дополнительных выводов 22, 23 (EC/ECR), не используемых в микросхемах MM908T621. Параметры схемы управления электрохромными зеркалами: $R_{ds\ on} - 1\ \text{Ом}$ (вывод ECR, ток 0,1 А); 0,4 Ом (вывод EC), порог выключения 0,6...1 А, детектируемое сопротивление обрыва нагрузки – 10 кОм, регулируемое выходное напряжение 0,18...1,4 В, разрешающая способность ЦАП – 6 разрядов (в диапазоне 0...1,4 В).

Микросхемы MM908E624 отличаются упрощённым аналоговым блоком, в состав которого входят три ключа на питание, стабилизатор с малым падением напряжения, физический уровень интерфейса LIN, входы для подключения датчиков выходного тока нагрузки и датчиков Холла. Микросхемы предназначены для драйверов индуктивных нагрузок, в том числе, приводов

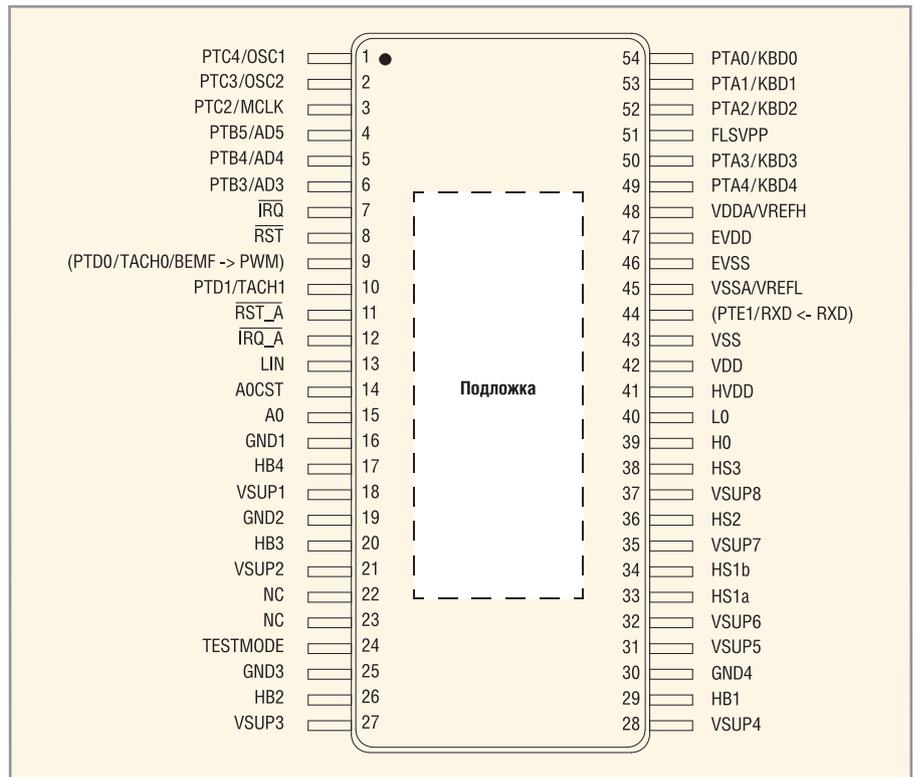


Рис. 6. Назначение выводов ИС MM908E621, вид на корпус сверху

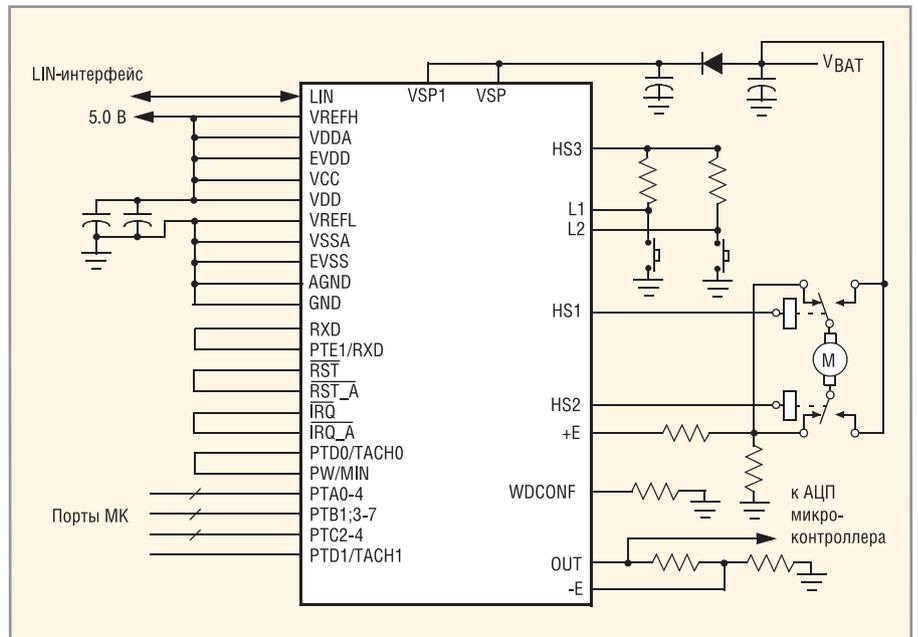


Рис. 7. Схема включения ИС MM908E624

стеклоподъёмников и люков на крыше автомобилей, вентиляторов и т.п. Микросхемы выпускаются в стандартном исполнении MM908E624ACPEW и в исполнении с расширенным (-40...+125°C) диапазоном рабочих температур MM90E624AYPEW. Упрощённая схема включения ИС приведена на рисунке 7. Основные параметры аналогового блока ИС:

- напряжение питания 5,5...18 В (полная работоспособность сохраняется при увеличении напряжения до 27 В

при температуре кристалла не более +125°C);

- ток потребления при $U_{пит} = 13,5\ \text{В}$ составляет 20 мА в рабочем режиме, 60 мкА в режиме останова и 35 мкА в спящем режиме;
- выходное напряжение стабилизатора VDD (вывод 33) 4,75...5,25 В (при $I_{вых} = 2...50\ \text{мА}$), падение напряжения 0,1 В;
- параметры ключей на питание Н1, Н2: $R_{ds\ on} = 2\ \text{Ом}$ (при $I_{вых} = 150\ \text{мА}$), порог выключения 300...600 мА;

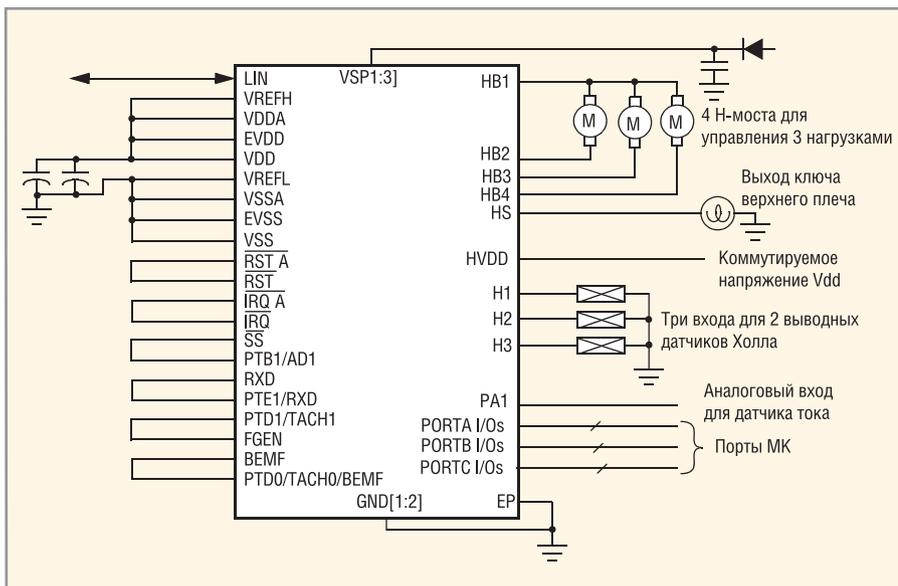


Рис. 8. Схема включения ИС MM908E625

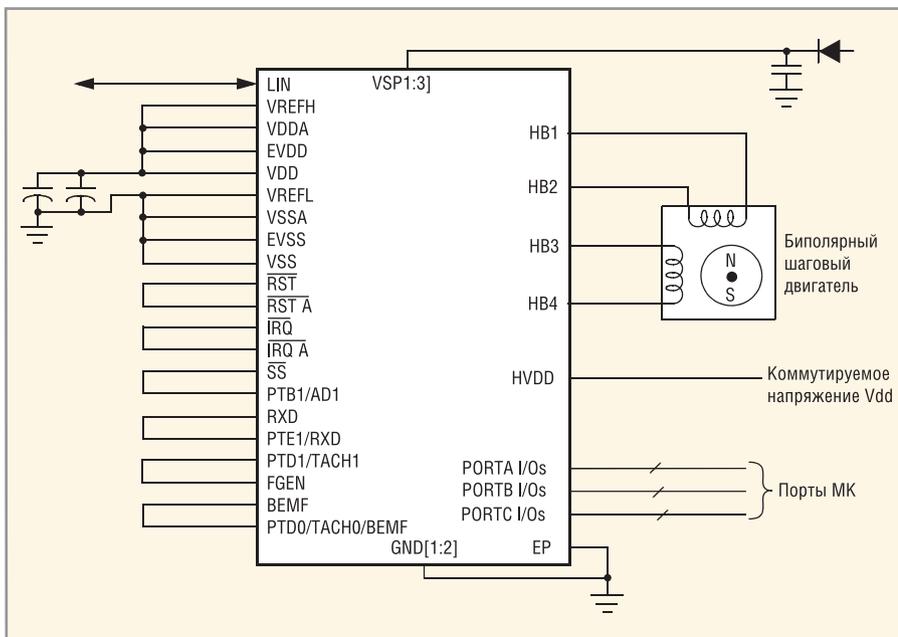


Рис. 9. Схема включения ИС MM908E626

- параметры ключа на питание H3: $R_{ds\ on}$ не более 7 Ом (при $I_{\text{вых}} = 50\text{ mA}$), порог выключения 60...200 мА.

Напряжение питания подаётся на выводы VSUP1 (стабилизатор, внутренняя логика, трансивер интерфейса LIN) и VSUP2 (ключи на питание). Напряжение питания +5 В для микроконтроллера и АЦП (выводы EVDD, VDDA, VREFH, VCC) подаётся с выхода встроенного стабилизатора напряжения (VDD). Выводами встроенного ОУ для датчиков тока нагрузки являются E+, E- (неинвертирующий и инвертирующий входы), OUT – выход, VCC – напряжение питания +5 В. Вход PWMIN предназначен для непосредственной подачи сигнала ШИМ на ключи H1 и H2 (при сое-

динении этого вывода с VDD оба ключа замкнуты на питание).

Микросхемы MM908E625 отличаются от MM908E621 меньшим числом ключей коммутации на питание и наличием дополнительных входов для датчиков Холла. Упрощённая схема включения ИС приведена на рисунке 8. Функционально микросхемы оптимизированы для применения в драйверах привода зеркал, дверных замков и осветительных приборов (Light-leveling). Основные параметры микросхем:

- напряжение питания 8...18 В;
- ток потребления при $U_{\text{пит}} = 12\text{ В}$ составляет 20 мА в рабочем режиме и не более 60 мкА в режиме останова;

- выходное напряжение стабилизатора VDD (вывод 38) 4,75...5,25 В (при $I_{\text{вых}} = 60\text{ mA}$);
- параметры ключа на питание HS: $R_{ds\ on} = 600\text{ мОм}$ (при $I_{\text{вых}} = 1\text{ A}$), порог выключения 4...7,5 А;
- параметры полумостов HB1–HB4: $R_{ds\ on}$ не более 500 мОм (1 А), порог выключения 2,8...7,5 А; пять режимов ограничения выходного тока $I_{cl1} - I_{cl5}$ в диапазоне 55...740 мА.

Напряжение питания подаётся на выводы VSUP1–VSUP3, напряжение с выхода стабилизатора +5 В (VDD) поступает на МК и АЦП (EVDD, VDDA), а также на ключ коммутационного выходного напряжения HVDD, которое можно использовать для питания внешних устройств, в том числе датчиков Холла.

Микросхемы MM908E626 содержат по 4 полумостовых выхода и предназначены для драйверов биполярных шаговых двигателей, в том числе автомобильных (климат-контроль, управление световыми приборами). Микросхемы могут эксплуатироваться при высоких (до +115°C) температурах окружающей среды. Упрощённая схема включения ИС приведена на рисунке 9. Параметры полумостов HB1–HB4: $R_{ds\ on}$ не более 500 мОм, порог выключения 2,5...7,5 А; пять режимов ограничения выходного тока $I_{cl1} - I_{cl5}$ в диапазоне 55...740 мА.

Рассмотренные выше микросхемы выполнены по «интеллектуальной» технологии SMARTMOS [4], позволяющей объединить в одном корпусе быстродействующую логику КМОП, высокоточные аналоговые схемы и высоковольтные силовые ключи HDTMOS. В микросхемах, выполненных по этой технологии, предусмотрены различные меры повышения надёжности, в том числе защита от перегрузки по току с автоматическим восстановлением работоспособности, а также диагностика отказов и выдача сигналов о текущем состоянии ключевых узлов.

ЛИТЕРАТУРА

1. www.ieee.org/about/awards/noble.html.
2. www.freescale.com/webapp/sps/site/homepage.jsp?code=COMPANY_INFO_HOME&tid=FSH.
3. www.freescale.com/webapp/sps/site/taxonomy.jsp?code=PWRACTUATION&tid=prodlib.
4. www.freescale.com/webapp/sps/site/overview.jsp?code=TM_SMARTMOS.

**Многоканальные оптико-
электронные системы**

МОЭС-350



МОЭС-250



МОЭС обеспечивают круглосуточное обнаружение, распознавание, захват и автосопровождение целей, измерение наклонной дальности до объекта в простых и ограниченно сложных метеоусловиях.

Лазерный дальномер (ЛД-130)



Лазерный дальномер ЛД-130 предназначен для измерения дальности до наземных, надводных и воздушных целей при полете самолета днем и ночью, во всем диапазоне боевого применения.

Цифровая аэрофотокамера (ЦАФК) Астровизирующее устройство (АВУ)



Цифровая аэрофотокамера (ЦАФК) предназначена для ведения аэрофотосъемки подстилающей поверхности и расположенных на ней объектов. ЦАФК может быть установлена на любой летательный аппарат, обеспечивающий достаточную грузоподъемность.



АВУ входит в состав межвидовой астроинерциальной навигационной системы (АИНС), предназначенной для использования на самолете. Функцией АВУ является обеспечение астрокоррекции БИНС, с которой АВУ связано конструктивно, электрически и информационно.

**Комплекс прицельной системы
управления боевого модуля (КП БМ)**



КП БМ предназначен для работы в составе системы управления боевого модуля с дистанционным управлением для колесных бронированных машин типа «Тигр».

**Система видеорегистрации
цифровая (СВР-Ц)**



СВР-Ц предназначена для многоканальной регистрации видеоинформации от многофункциональных индикаторов и телевизионной камеры, установленной на объектах типа Ка-52.

Применение структурных кристаллов для создания интерфейсов датчиков

**Олег Дворников, Владимир Чеховский,
Валентин Дятлов (г. Минск, Беларусь),
Николай Прокопенко (г. Шахты, Ростовская обл.)**

В статье проанализированы способы реализации специализированных аналоговых микросхем для интерфейсов датчиков. Рассмотрены расположение и структура ячеек, особенности трассировки межсоединений в базовых структурных кристаллах типа VCA фирмы Triad Semiconductor (США).

Как известно [1–3], различие параметров и условий эксплуатации датчиков приводит к необходимости использования разнообразных схем интерфейсов. В ряде случаев серийно выпускаемые микросхемы интерфейсов не удовлетворяют разработчиков систем по уровню параметров, например по отсутствию радиационной стойкости, поэтому проектирование и мелкосерийное производство специализированных аналоговых микросхем для датчиков является актуальным.

СПОСОБЫ РЕАЛИЗАЦИИ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ АНАЛОГОВЫХ МИКРОСХЕМ

В настоящее время не существует метода проектирования, гарантирующего высокий уровень технических характеристик ИС и одновременно малую себестоимость при серийном производстве, сжатые сроки и невысокие затраты на выполнение разработки. Каждый из методов проектирования имеет свои преимущества и недостатки, и выбор метода в значительной степени зависит от предполагаемых объёмов производства ИС.

Можно выделить три основных направления реализации специализированных аналоговых ИС [4]:

1. Заказные ИС, разрабатываемые на уровне активных и пассивных элементов с привлечением, при необходимости, ранее апробированных узлов и блоков или функционально завершённых блоков и макроблоков, т.н. IP-компонентов;
2. Полузаказные ИС (программируемые изготовителем) на базовых матричных кристаллах (БМК) и базовых структурных кристаллах (БСК);

3. Программируемые потребителем аналоговые ИС (ПАИС).

При создании заказных ИС проектируют полный комплект шаблонов, что позволяет наиболее полно использовать возможности полупроводниковой технологии для получения требуемых параметров и максимально плотной упаковки. Это обеспечивает минимальные площадь и себестоимость кристалла при массовом производстве. Однако такой процесс требует значительных затрат на разработку, которые окупаются только при большой серийности продукции или при изготовлении высококачественных ИС для дорогостоящей аппаратуры.

Для уменьшения материальных затрат на подготовку производства и изготовление заказных микросхем часто используют следующие методы [5]:

- размещение на одном фотошаблоне и одновременное изготовление нескольких ИС, включая изделия, предназначенные для разных потребителей (Multy Project Wafer, MPW-метод);
- размещение на одном фотошаблоне топологий нескольких слоёв и поочерёдное использование разных участков фотошаблона при формировании разных слоёв (Multy Layer Mask, MLM-метод).

Однако применение методов MPW и MLM приводит к взаимозависимости изготовления различных микросхем, что недопустимо для ряда отраслей промышленности (ракетно-космической и военной техники, ядерной энергетики и др.).

Концепция БМК заключается в предварительном изготовлении полупроводниковых пластин со сформированной матрицей несоединённых базовых ячеек, а также необходимо наличие библи-

отеки стандартных элементов и комплекса программ для схемотехнического и топологического проектирования полузаказных ИС [4, 6].

Каждая базовая ячейка состоит из отдельных активных и пассивных элементов, соединения между которыми выполняют на предприятии-изготовителе ИС (в т.н. кремниевой мастерской). Программирование БМК осуществляется формированием дополнительных технологических слоёв межсоединений (металлизации) и межслойных контактов. Для этого необходимо разработать и изготовить дополнительные шаблоны, количество которых гораздо меньше, чем для заказных ИС.

Библиотека элементов содержит всю необходимую для проектирования информацию, а именно: схему электрическую принципиальную, результаты измерений или моделирования параметров, топологические чертежи. В значительной степени состав библиотеки определяется экспертным путём и включает те элементы, которыми привыкли оперировать разработчики аналоговых систем на основе ИС малой и средней степени интеграции. Элементы библиотеки спроектированы для конкретного БМК, поэтому топологические чертежи содержат только слои специализации, и применение элементов библиотеки возможно в БМК с одинаковой структурой ячейки.

Библиотека элементов и комплекс программ доступны потребителям, поэтому проектирование полузаказной ИС может осуществляться как в центре проектирования (дизайн-центре), так и на предприятии, разрабатывающем аппаратуру на уровне элементов БМК и/или элементов библиотеки, но изготовление ИС всегда происходит в кремниевой мастерской.

Универсальность БМК обуславливает их широкое распространение. Так, в настоящее время изготовление аналоговых микросхем возможно на основе следующих БМК [6]:

- НПО «Автоматики», содержащем биполярные n-p-n транзисторы с граничной частотой $f_T > 0,8$ ГГц,

p-n-p с $f_T > 0,6$ ГГц, металлические резисторы и МОП-конденсаторы;

- «Руль» 5515ХТ ОАО «Ангстрем», выполненном по БиКМОП-технологии с $f_T > 1,5$ ГГц/n-p-n и $f_T > 0,5$ ГГц/p-n-p;
- K1451BK1У, созданном по КМОП-технологии дизайн-центром «Союз» и ОАО «Ангстрем»;
- НБК1501Т, выполненном по КМОП-технологии на ФГУП «ФНПЦ НИИИС им. Ю.Е. Седакова»;
- серии изделий ОАО НИИТАП, в том числе аналоговых БМК «Сигналист» ($f_T < 2,5$ ГГц/n-p-n и $f_T < 1,5$ ГГц/p-n-p), «Старт» ($f_T < 0,9$ ГГц/n-p-n и $f_T < 0,1$ ГГц/p-n-p) и «Лидер» ($f_T < 3,0$ ГГц/p-n-p и $f_T < 0,15$ ГГц/p-n-p).

К сожалению, предлагаемые БМК не в полной мере удовлетворяют разработчиков аналоговых интерфейсов датчиков, поскольку они:

- содержат большое количество КМОП-элементов, применение которых в аналоговых устройствах ограничено из-за высокого уровня низкочастотных шумов и вносимых статических погрешностей [4];
- используют избыточные для ряда применений конструктивные решения, увеличивающие стоимость изготовления полупроводниковых кристаллов;
- не содержат активных элементов, позволяющих реализовать маломощные аналоговые устройства.

Основное отличие БСК от БМК заключается в том, что в БСК некоторые соединения элементов выполнены заранее. Таким образом, структурные ИС представляют собой спроектированную и изготовленную полупроводниковую пластину, обычно содержащую блоки памяти, интерфейс ввода-вывода, функциональные аналоговые блоки и матрицу несоединённых элементов. Для специализации БСК также используются дополнительные шаблоны, но проектирование выполняется на уровне блоков. При этом часто указывают, что БСК имеют структуру «море модулей» по сравнению с «морем вентиля» во многих БМК.

Использование в БСК и БМК ранее апробированных блоков уменьшает риск проектирования и снижает требования к квалификации разработчиков ИС, а наличие почти полностью сформированных полупроводниковых пластин сокращает время изготовления полузаказных ИС. Кроме того, исходные пластины БМК и БСК изготавли-

ваются массовым способом, что уменьшает их себестоимость.

По способам специализации ПАИС [7, 8] подобны широко известным программируемым логическим ИС (ПЛИС), т.к. задание требуемых функций осуществляется потребителем программным путём, без участия кремниевой мастерской и дизайн-центра. Наиболее известными ПАИС являются iSPAC компании Lattice Semiconductor, FPAД компании Fast Analog Solution и FРАА компании Anadigm.

При минимальных затратах ПАИС обеспечивают максимальную гибкость проектирования, в частности, быструю специализацию требуемых функций, программное изменение характеристик, возможность неоднократного перепрограммирования. Это уменьшает риск проектирования, позволяет экспериментально исследовать несколько вариантов одного изделия, предоставляет уникальную возможность получения отличающихся функций и/или параметров в различные моменты времени на одной и той же ИС путём перезагрузки управляющей информации.

Недостатком всех программируемых ИС является низкая экономическая эффективность при средней и большой серийности выпуска, что связано с 3–5-кратной избыточностью их элементов [9]. Универсальность ПАИС затрудняет, а во многих случаях исключает реализацию прецизионных аналоговых характеристик. Даже основное преимущество (возможность многократного перепрограммирования) может ограничить их применение в жёстких условиях эксплуатации, так как допускает появление дефектов в виде самопроизвольного изменения внутренних связей. Таким образом, на ПАИС целесообразно выполнять макетирование аналогового интерфейса для отработки требуемого функционирования.

Необходимо также учитывать, что стоимость зарубежных программируемых ИС для жёстких условий эксплуатации в десятки-сотни раз превышает стоимость аналогичных ИС коммерческого исполнения, а их применение в ряде изделий специального назначения ограничено нормативными документами [10].

ОСОБЕННОСТИ И ПАРАМЕТРЫ БСК

По мнению ряда зарубежных специалистов, проектирование полуза-

казных микросхем на БМК, выполненных по КМОП-технологии, в большинстве случаев не позволило достичь высокого уровня параметров аналоговых устройств, хотя для цифровых изделий оказалось вполне успешным. Такая ситуация объясняется тем, что характеристики аналоговых схем КМОП в большой степени определяются выполнением топологии [11]. Поэтому БСК, в которых аналоговые ячейки разработаны по правилам проектирования заказных схем, имеют преимущество перед КМОП БМК.

Из серийно выпускаемых БСК следует выделить:

- аналого-цифровые БСК фирмы Gigortix, содержащие до 500 полностью сформированных (с металлом) ячеек входа/выхода, логические вентили, память и др. [12];
- XPressArray-II (ХРА-II) фирмы ON Semiconductor, изготовленный по технологии фирмы AMI Semiconductor, в том числе для военных применений (М-ХРА-II). Такие БСК предназначены для перевода проектов, выполненных на ПЛИС типа Altera APEX-II и Stratix, Xilinx Virtex-II, в полузаказные ИС [13];
- цифровой БСК фирмы Faraday, содержащий сформированные и программируемые металлом блоки. В числе сформированных блоков – ОЗУ, логические вентили, блоки дискретного преобразования Фурье, сдвиговые регистры, устройства самотестирования, JTAG периферийное сканирование, высокоскоростные ячейки ввода/вывода и IP-блоки. Логические вентили, триггеры и структуры высокого уровня могут быть сконфигурированы для получения требуемых системных функций [14];
- радиационно-стойкий аналого-цифровой БСК ViArray фирмы Sandia, в котором требуемая конфигурация системы реализуется изменением фотошаблона межуровневого контакта и одного металла [15, 16]. Кристалл содержит следующие аналоговые, смешанные и пассивные элементы: 8 АЦП двух типов, восемь 8-разрядных ЦАП, девять 32-канальных мультиплексоров, 48 ОУ общего назначения, 64 компаратора, 128 аналоговых ключей, 4 ИОН, высокоскоростное УВХ, 2 температурных датчика, матрицу резисторов с сопротивлением 2 кОм, матрицу МОП-конденсаторов с ёмкостью 2 пФ.

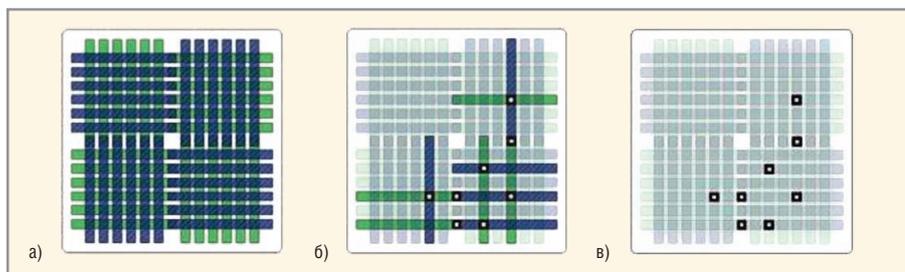


Рис. 1. Трассировка межсоединений на БСК типа VCA:

а – расположение неизменяемых проводников в слоях металл 2 и металл 3; б – формирование межсоединений элементов путём выполнения контактов между слоями металл 2 и металл 3; в – проектируемые контакты между слоями

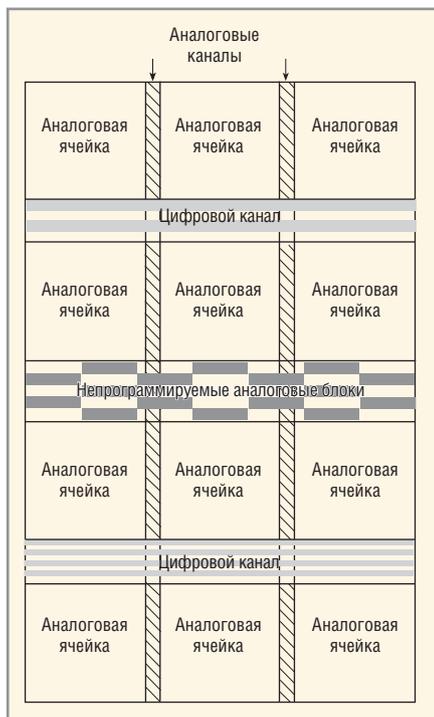


Рис. 2. Расположение ячеек в БСК типа VCA

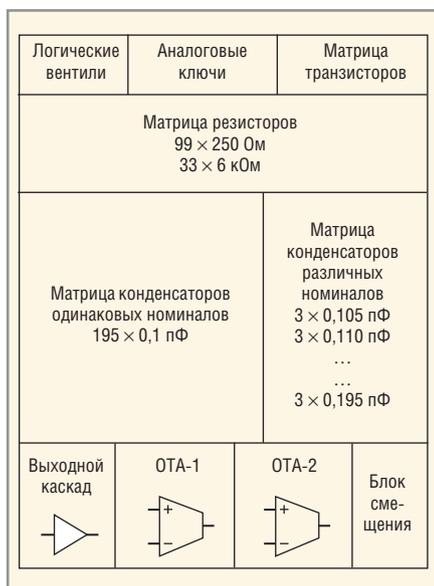


Рис. 3. Расположение компонентов и элементов в аналоговой ячейке БСК типа VCA
OTA – дифференциальный преобразователь напряжение-ток (усилитель типа OTA)

Наиболее ориентированными на изготовление аналоговых устройств являются БСК серии VCA (Via-Configurable Analog) фирмы Triad Semiconductor [17, 18]. Технологический маршрут изготовления VCA обеспечивает формирование четырёх металлов. Структура межсоединений во втором и третьем металле не программируется и показана на рисунке 1. Токпроводящие шины во втором и третьем металле поочерёдно повернуты на 90° для минимизации длины проводников, соединяющих компоненты и элементы БСК. Неиспользуемые проводники могут быть задействованы для экранирования.

Аналоговая часть БСК выполнена из нескольких аналоговых ячеек (см. рис. 2). Каждая ячейка (см. рис. 3) содержит несколько компонентов, обычно используемых в аналоговых микросхемах:

- два дифференциальных преобразователя напряжение-ток (Operational Transconductance Amplifier, OTA-1 и OTA-2 на рисунке 3);
- выходной каскад, который вместе с OTA-усилителем образует ОУ;
- матрицу конденсаторов и резисторов;
- аналоговые ключи;
- матрицу транзисторов;
- логические вентили.

Такая структура аналоговой ячейки оптимальна для создания фильтров разных типов, в том числе на переключаемых конденсаторах. На рисунке 2 показана матрица из 12 аналоговых ячеек, каждая из которых ориентирована таким образом, что логические вентили и аналоговые ключи находятся напротив цифровых каналов, которые используются для передачи управляющих сигналов от цифровой части. В центре матрицы расположены непрограммируемые аналоговые блоки, часто

применяемые в ИС, например, ИОН, АЦП и др.

Конструкция серии кристаллов VCA защищена патентами США. Серия содержит следующие аналого-цифровые изделия: VCA-1 – VCA-12, Mocha-1, TSX1001 и RF-VCA. При этом для создания интерфейсов датчиков наиболее пригодны кристаллы VCA-3, 4, 5, 8 и 12.

Кристалл типа VCA-4 изготовлен по КМОП технологическому процессу фирмы AMS с проектной нормой 0,35 мкм и включает 6 маломощных аналоговых ячеек, имеющих дифференциальный вход и парафазный выход; 6 маломощных малошумящих аналоговых ячеек с однофазным выходом; 12 ячеек с широкополосными, малошумящими ОУ; 1 маломощный источник, задающий режимы работы аналоговых устройств; ячейку с высокоомными сопротивлениями; два 10-разрядных цифровых потенциометра; датчик температуры; маломощную логику и электрически стираемое программируемое ПЗУ (ЭСП ПЗУ). К особенностям VCA-4 можно отнести невысокое (3,3 В) допустимое напряжение питания аналоговых блоков, которое не позволяет увеличить отношение сигнал/шум и затрудняет обработку сигналов чувствительных элементов.

Кристаллы VCA-3, 5, 8 содержат один тип аналоговой ячейки и различаются, главным образом, функциональными возможностями, обобщёнными в таблице. Они изготовлены по КМОП технологическому процессу фирмы IBM с проектной нормой 0,18 мкм, который обеспечивает работу аналоговых блоков с напряжением питания в диапазоне от 2,6 до 5 В. При этом ОУ характеризуется площадью усиления 50 МГц, обрабатывает входной сигнал, близкий к напряжению питания, и позволяет программировать уровень шумов, нагрузочную способность и полосу пропускания.

Кристалл малой площади VCA-12 изготовлен по КМОП-технологии фирмы ITAR с проектной нормой 0,18 мкм и допускает работу с повышенными (до 12 В) напряжением питания и током нагрузки. Расположение ячеек в VCA-12 поясняет рисунок 4. Кристалл содержит:

- 14 OTA-усилителей с однофазным выходом, напряжением питания 5 В, частотой единичного усиления до 20 МГц и током потребления

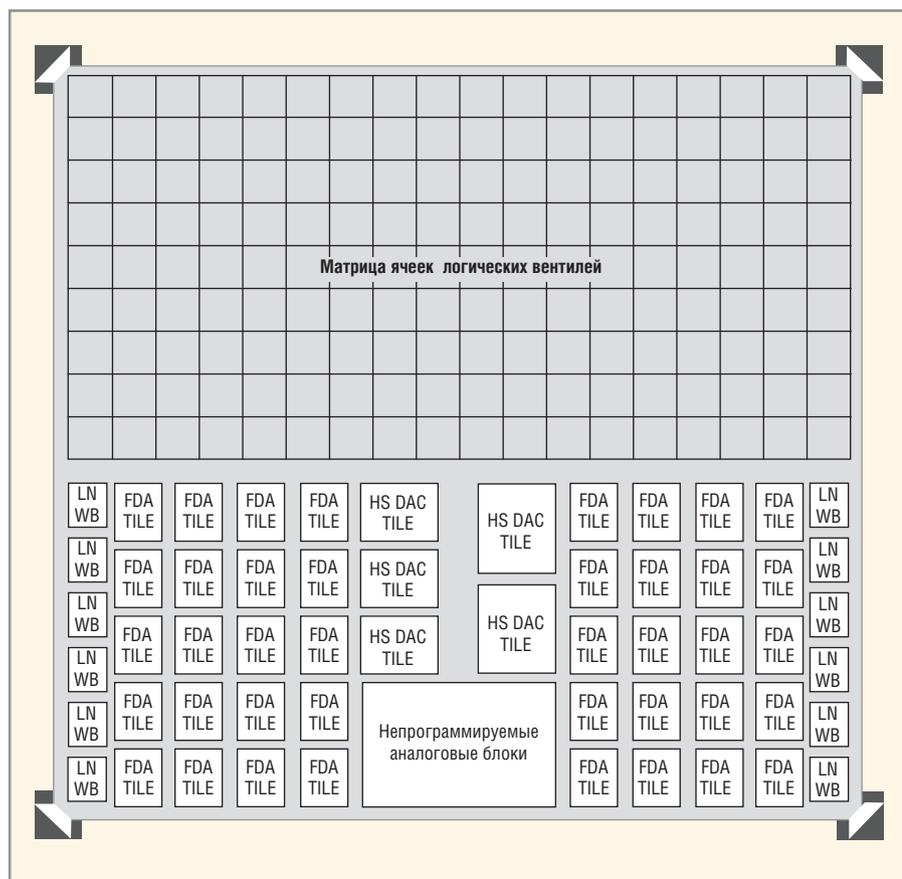


Рис. 5. Расположение ячеек в радиационно-стойком БСК

FDA TILE – аналоговая ячейка с парафазными входами/выходами

HS DAC TILE – ячейка с высокоскоростным цифроаналоговым преобразователем

LN WB – маломощный широкополосный усилитель

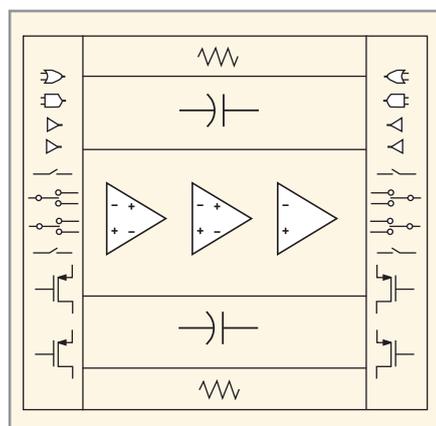


Рис. 6. Расположение компонентов и элементов в аналоговой ячейке типа «FDA Tile»

- функциональных блоков интерфейсов ёмкостных датчиков, фильтров на переключаемых конденсаторах, систем обработки данных.

На рисунке 5 показано расположение ячеек в аналого-цифровом, радиационно-стойком БСК. Предполагается, что он будет включать 162 логические ячейки (около 120 000 логических вентиляей); 40 аналоговых ячеек (Fully Differential

Analog Tile, FDA Tile на рисунке 5); 12 ячеек с маломощными широкополосными усилителями (Low Noise Wide-band, LN WB); 3 высокоскоростных ЦАП (HS DAC Tile); 2 высокоскоростных АЦП (HS ADC Tile); непрограммируемые аналоговые блоки – ИОН, медленные АЦП и ЦАП, а также АЦП и ЦАП с малой разрешающей способностью (менее 8 разрядов).

Основные аналоговые ячейки типа «FDA Tile» (см. рис. 6) позволяют создавать аналоговые устройства с дифференциальным входом и парафазным выходом или ОУ с однофазным выходом. Такая ячейка содержит 2 дифференциальных усилителя с парафазным выходом, усилитель с однофазным выходом, по 2 матрицы резисторов и конденсаторов, несоединённые аналоговые ключи, логические вентиля, n- и p-МОП транзисторы. Количество элементов в каждой ячейке зависит от конкретных требований. Матрица конденсаторов содержит приблизительно 200 элементов с разными номиналами. Ячейка, показанная на рисунке 6, является оптимальной для реализа-

ции широкополосной обработки сигналов, в том числе фильтров на переключаемых конденсаторах, активных RC-фильтров, усилителей с цифровым управлением, АЦП и ЦАП, дельта-сигма модуляторов.

Выводы

Микроэлектронные интерфейсы для широкой номенклатуры датчиков физических величин целесообразно выполнять в виде систем в корпусе, объединяющих несколько полупроводниковых кристаллов, например, аналоговой части, выполненной по биполярно-полевой технологии, и цифровых блоков КМОП.

В условиях мелкосерийного производства проектирование аналоговой части экономически оправдано с использованием БМК и БСК. Универсальность БМК обуславливает их широкое распространение для производства аналоговых ИС, однако по ряду причин существующие БМК не в полной мере удовлетворяют разработчиков интерфейсов датчиков.

Главным преимуществом БСК является применение ранее апробированных и сертифицированных блоков, что уменьшает риск проектирования, снижает требования к квалификации разработчиков ИС, значительно упрощает и ускоряет создание радиационно-стойких микроэлектронных интерфейсов.

Наиболее подходящими для проектирования интерфейсов датчиков являются радиационно-стойкий БСК фирмы Sandia National Laboratories и VCA-4 фирмы Triad Semiconductor. Однако эти изделия спроектированы максимально универсальными, содержат большую цифровую часть и избыточное количество аналоговых блоков, что увеличивает конечную стоимость. Кроме того, БСК фирмы Sandia не содержит маломощных усилителей, крайне необходимых во многих интерфейсах. Маломощные усилители в кристалле VCA-4 работоспособны при напряжении питания, не превышающем 3,3 В, что ограничивает их применение.

Наилучшим сочетанием параметров обладает БСК типа VCA-12, созданный специально для обработки сигналов датчиков. Кристалл содержит небольшую цифровую часть и 12-вольтовые аналоговые блоки, число которых достаточно для реализации большин-

ства функций предварительной обработки сигналов. Основным недостатком VCA-12 является отсутствие малошумящих усилителей и радиационной стойкости.

Специалистами фирм Triad и Sandia начаты совместные работы по созданию радиационно-стойкого БСК для аэрокосмических и военных применений. При этом основное внимание уделяется модернизации аналоговых ячеек, макроячеек и функциональных блоков.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дворников О. Особенности аналоговых интерфейсов датчиков. Часть 1. Современная электроника. № 2. 2013. С. 44–49.
2. Дворников О. Особенности аналоговых интерфейсов датчиков. Часть 2. Современная электроника. № 3. 2013. С. 58–63.
3. Дворников О. Интерфейсы датчиков для систем на кристалле. Современная электроника. № 8. 2013. С. 40–47.
4. Абрамов И.И. Проектирование аналоговых микросхем для прецизионных измерительных систем. Минск. 2006.
5. Адамов Д. Эффективная разработка и производство мелкосерийных заказных СБИС. Современная электроника. № 4. 2011. С.10–12.
6. Прокопенко Н.Н. Элементная база радиационно-стойких информационно-измерительных систем. Шахты: ФГБОУ ВПО «ЮРГУЭС», 2011.
7. www.anadigm.com.
8. Стещенко В.В. Практика автоматизированного проектирования радиоэлектронных устройств. Нолидж, 2002.
9. Импортзамещающая технология ПЛИС – БМК. Часть 1: Разработка радиоэлектронной аппаратуры двойного применения. Компоненты и технологии. № 7. 2004. С. 80–86.
10. Пресс-служба РАСУ, Корп. АРМС-ТАСС. Задача создания отечественной элементной базы по-прежнему остаётся нерешённой. Chip News. № 4. 2004. С. 28.
11. Clein D. CMOS IC layout: concepts, methodologies, and tools. Newnes, 1999.
12. Structured ASIC. Gigoptix. www.gigoptix.com/products/39-structuredasic.
13. ON Semiconductor Delivers Structured ASIC Technology for Military and Aerospace SoCs and FPGA8to8ASIC Conversions. www.onsemi.com/PowerSolutions/newsItem.do?article=1734.
14. Structured ASIC Technology. www.faradaytech.com/html/products/structuredASIC.html.
15. Sandia Rad- Hard, Fast – Turn Structured ASIC. The ViArray. K.K. Ma, J. Teifel, R.S. Flores. https://nepp.nasa.gov/respace_mapld11/talks/tue/MAPLD/1500%20-%20KKMa.pdf.
16. ViArray. Trusted Rad - Hard Structured ASIC. www.sandia.gov/mstc/documents/factsheets/ViArray_Fact_%20Sheet_SAND2011-3935P.pdf.
17. Triad Semiconductor. Product Catalog. www.triadsemi.com/services/product-catalog.
18. Via Configurable ASICs for Analog and Mixed Signal Applications. Triad Semiconductor. www.triadsemi.com/2007/01/25/via-configurable-asics-for-analog-and-mixed-signal-applications.
19. SOI Analog/Mixed Signal ASICs for Radiation Hardened applications using Mixed Signal Via-Configurable Analog Arrays. Radiation Capability Responses to RFI #NNH09ZDA008L. Europa Jupiter System Mission Instrument Workshop. July 15–17. 2009. P. 63–67.



Осциллографы никогда не были настолько привлекательны

Осциллографы серии 3000X InfiniiVision

Полоса пропускания: 100 МГц до 1 ГГц
8,5-дюймовый дисплей
Глубина памяти до 4 Мвыб

Осциллографы серии 2000X InfiniiVision

Полоса пропускания: 70 до 200 МГц
Глубина памяти до 1 Мвыб
Гарантия 5 лет



До 31 марта 2014 года спешите воспользоваться уникальным специальным предложением от компании Agilent Technologies и улучшить пропускную способность Вашего осциллографа абсолютно бесплатно. При заказе осциллографа серии DSOX/MSOX 2000X и 3000X, а также серии DSO 1000, Вы получаете следующую по классу модель прибора (с увеличенной полосой пропускания) при сохранении серии и количества каналов.

Узнайте больше



«ЭрисКом» - официальный дистрибьютор
Agilent Technologies в России.
Тел./Факс: (499) 218-2353 (мн.)
E-mail: info@eriscom.ru
Http://www.eriscom.ru

Agilent Technologies

Авторизованный дистрибьютор



3 ГОДА ГАРАНТИИ

На всё контрольно-измерительное оборудование Agilent Technologies

Реклама

Ионистор в автономной электрической цепи

Андрей Кашкаров (г. Санкт-Петербург)

Ионисторы – иногда их называют суперконденсаторами – обладают высокой удельной мощностью при небольшой энергоёмкости, обеспечивая сохранение энергии электрохимическим способом. В качестве аккумулятора малой ёмкости и напряжения ионисторы могут выполнять функции резервного или автономного питания.

Отличия ионистора от аккумулятора и конденсатора

Обычный конденсатор представляет собой два элемента, изготовленные из металлической фольги и разделённые слоем диэлектрика. Ионистор является принципиально другим элементом, сочетающим конденсатор с химическим аккумулятором. Обкладки ионистора разделены между собой слоем электролита (см. рис. 1). Для их изготовления используется не фольга, а специально подобранные материалы, выбор которых определяет свойства ионистора: токопроводящие полимеры, оксиды металлов и даже активированный уголь (его применение позволяет не только снизить себестоимость, но и повысить электрическую ёмкость). Под воздействием разности потенциалов, возникающей при включении ионистора в электрическую цепь постоянного тока, в двойном электрическом слое на границе электролита и электрода накапливается электрический заряд.

Поскольку ионистор не имеет диэлектрического слоя (в отличие от электролитических конденсаторов, где в качестве диэлектрика используется оксид металла), процесс заряда/разряда происходит непосредственно в слое ионов на поверхностях положительного и отрицательного электродов. Под воздействием напряже-

ния на выводах ионистора заряженные частицы (анионы и катионы) движутся к соответствующим электродам и накапливаются на их поверхности. Вместе с зарядом самого электрода они образуют «двойной электрический слой». Аббревиатура EDLS (electric doublelayer capacitor) обозначает конденсатор с двойным электрическим слоем, т.е. ионистор.

Скопление отрицательно заряженных электронов на электроде приводит к его отрицательному заряду, что вызывает концентрацию в приповерхностном слое положительно заряженных катионов. Потому как ион имеет определённый размер, мешающий ему вплотную приблизиться к электроду, то вокруг образуется двойное облако ионов, имеющих противоположные заряды, т.е. плоский, но ёмкий конденсатор, расстояние между обкладками которого равно радиусу иона. Для получения электрического поля напряжённостью 1 000 000 В на обкладках такого конденсатора достаточно иметь разность потенциалов 1 В.

Для предотвращения проникновения ионов между электродами установлен сепаратор с хорошими изоляционными свойствами, чтобы защитить ионистор от внутреннего короткого замыкания. В отличие от «классических» аккумуляторов, в ионисторе не используются обратимые и необратимые химические реакции, поэтому он является более универсальным и безопасным в обращении.

В ионисторах используются органические или водные электролиты. Применение органического электролита позволяет получить высокое напряжение заряда, но повышает внутреннее сопротивление ионистора. При использовании водного электролита напряжение заряда вдвое меньше, как и внутреннее сопротивление ионистора.

Для получения более высоких значений напряжения, необходимых для работы автономной аппаратуры, ионисторы можно включать последовательно. При этом полученное напряжение будет равно сумме напряжений используемых приборов. Для надёжной работы такой составной батареи необходимо каждый ионистор зашунтировать резистором, чтобы выровнять напряжение на элементах. Ток через выравнивающий резистор должен быть в несколько раз больше тока утечки (саморазряда) ионистора, который составляет микроамперы у маломощных ионисторов.

Достоинства ионисторов:

- очень высокая удельная ёмкость по сравнению с электролитическими конденсаторами;
- низкое внутреннее сопротивление;
- малое время заряда и разряда;
- большое число циклов заряд/разряд (более ста тысяч);
- длительный срок эксплуатации;
- низкая стоимость;
- простая электрическая схема заряда;
- небольшие габариты и вес.

При этом ионисторы имеют ряд особенностей:

- обладают высоким КПД (до 95%);
- имеют сравнительно низкий ток утечки;
- работают в диапазоне температур $-40...+70^{\circ}\text{C}$; при более высокой температуре, как правило, разрушаются.

Существенным недостатком ионистора является появление лавинных токов утечки при напряжении, превышающем рабочее. Это приводит не только к саморазряду ионистора, но и может стать источником опасности при эксплуатации.

В принципе, ионистор – неполярный прибор. Вывод «+» указывают для обозначения полярности остаточного напряжения после заряда прибора на заводе-изготовителе.

Запас энергии и мощность ионисторов можно рассчитать по формулам:

$$E = C \times U^2 / 2 \text{ (Дж)},$$

$$P = U^2 / 4R \text{ (Вт)},$$

где C – ёмкость, Ф; U – напряжение на электродах, В; R – эффективное последовательное сопротивление, Ом.

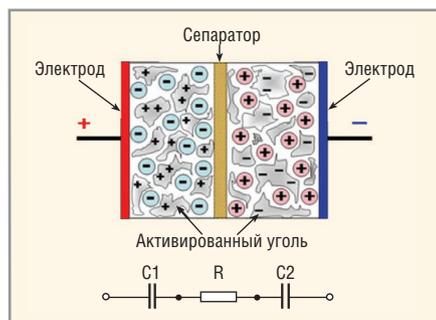


Рис. 1. Внутреннее устройство ионистора

Внутреннее омическое сопротивление $R_{вн}$ может быть рассчитано по формуле $R_{вн} = U/I_{кз}$, где U – напряжение на ионисторе, В; $I_{кз}$ – ток короткого замыкания, А. Например, для ионистора типа К58-3 (аналог DC-2R4D225) $R_{вн} = 10...100$ Ом.

Электрическую ёмкость ионистора рассчитывают по формуле $C = I \times t/U$, где C – ёмкость, Ф; I – постоянный ток разряда, А; U – номинальное напряжение ионистора, В; t – время разрядки от $U_{ном}$ до нуля, с; либо по формуле $C = S/d$, где d – толщина двойного электрического слоя (обычно 5...10 нм); S – общая площадь поверхности электрода из активированного угля. Толщина двойного электрического слоя очень мала и сопоставима с размером молекулы. Электрод ионистора представляет собой совокупность сверхбольшого количества частиц активированного угля с площадью поверхности до 3000 см²/г.

Основные характеристики отечественных ионисторов приведены в таблице. Рабочая температура ионисторов $-25...+70^{\circ}\text{C}$; отклонения ёмкости от номинальной $-20/+80\%$. При изменении рабочего (максимального) напряжения внешний вид ионисторов (см. рис. 2 и 3) может существенно отличаться (по габаритам), даже если они имеют одинаковую ёмкость. Прибор К58-9а представляет собой залитый компаундом К58-3 с приваренными проволочными выводами («+» маркирован чёрной точкой). Ионисторы К58-9б и К58-9в (аналог DB-5R5D105) на напряжение 5 и 6,3 В состоят, соответственно, из двух и трёх элементов К58-3, соединённых последовательно. Розничная цена ионистора К58-10 ёмкостью 1 Ф на рабочее напряжение 6,3 В составляет примерно 200 руб., 0,47 Ф на напряжение 5,5 В – всего 50 руб.

НАПРЯЖЕНИЕ РАЗЛОЖЕНИЯ

Производители ионисторов обычно используют водные (водорастворимые) или органические (водонерастворимые) электролиты. Двойной электрический слой работает как изолирующий (диэлектрик) и не позволяет протекать сквозному току при внешнем постоянном напряжении. Органический электролит допускает приложенное напряжение до 3 В, а водный – до 1,5 В. При определённом напряжении через ионистор начинает протекать ток, обусловленный электрохимическими про-

цессами. Это напряжение называется напряжением разложения или, более точно, напряжением электрохимического распада электролита. Дальнейшее его увеличение ведёт к более интенсивному разложению электролита, появлению лавинного тока утечки тока и пробую ионистора. Поэтому ионисторы, по сравнению с оксидными конденсаторами, имеют малое рабочее напряжение, ограниченное напряжением разложения.

УСЛОВИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ И ДОЛГОВЕЧНОСТЬ ИОНИСТОРА

Долговечность ионистора зависит от условий эксплуатации. Так, при работе под напряжением $U_{ном}$ при температуре окружающей среды 70°C гарантированная долговечность составит 500 ч. При работе под напряжением $0,8 U_{ном}$ она увеличивается до 5000 ч. Если же напряжение на ионисторе не превышает $0,6 U_{ном}$, а температура окружающей среды составляет 40°C , то ионистор будет исправно работать не менее 40 000 ч.

Стандартная схема включения ионистора в качестве резервного источника питания приведена на рисунке 4. Диод VD1 предотвращает разряд ионистора C1 при нулевом напряжении питания ($U_{пит} = 0$). Резистор R1 ограничивает зарядный ток ионистора, защищая источник питания от кратковременной перегрузки при включении. Если источник питания выдерживает кратковременную нагрузку током 100...250 мА, такая защита не требуется.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИОНИСТОРОВ

Встраиваемый источник резервного питания

Электронная сигнализация МТ9021 – современное охранное устройство, предназначенное для охраны квартир, офисов, гаражей, дач или склад-



Рис. 2. Внешний вид ионистора DC-2R4D225 ёмкостью 1 Ф на напряжение 5,5 В (модель 1905V)



Рис. 3. Внешний вид ионистора К58-9а

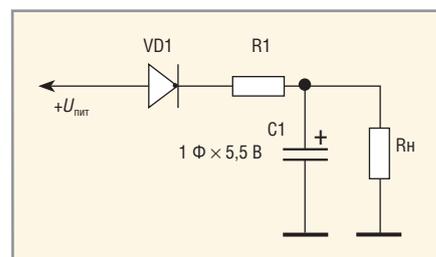


Рис. 4. Схема включения ионистора

ских помещений. Отличительной особенностью МТ9021 является наличие встроенных датчиков движения и температуры. При срабатывании датчика движения или при повышении температуры внутри охраняемого помещения до $+65^{\circ}\text{C}$ устройство осуществляет рассылку SMS по списку телефонных номеров (до 5), хранящихся в его памяти. В месте установки сигнализации должно быть покрытие сети Мегафон. С подробной документацией на эту сигнализацию можно озна-

Основные характеристики ионисторов отечественного производства

Тип ионистора	Ёмкость, Ф	Номинальное напряжение, В	Внутреннее сопротивление, Ом	Габариты а × б × с × д × е, мм	Масса, г
К58-3	2,00	2,5	30	18,3 × 2,7	2,0
К58-9а	0,47	2,5	80	10,5 × 14 × 5 × 26 × 4,5	0,5
	2,00	2,5	30	19 × 23 × 5 × 38 × 5,5	2,0
К58-9б	0,62	5,0	60	27 × 22,5 × 10 × 35 × 13	11,0
	1,00	5,0	60	27 × 22,5 × 10 × 35 × 13	11,0
	0,62	6,3	90	27 × 22,5 × 10 × 35 × 13	11,0
К58-9в	1,00	5,0	60	21,5 × 8 × 5 × 4	8,0
	0,62	6,3	90	21,5 × 10,5 × 5 × 16	10,0

комиться на интернет-странице компании «МастерКит».

Функциональным недостатком модели МТ9021 является шлейф питания – двухжильный провод длиной 2,5 м от батарейного отсека. На корпусе сигнализации имеется миниатюрный выключатель питания. Пока питание поступает, сигнализация работоспособна. Но если цепь питания разорвать, обрезав провод от батарейного отсека, сигнализация не успевает отправить SMS (на это требуется не менее 3 с), поскольку накопительный конденсатор (C1 по схеме) разряжается быстрее. Существенно увеличить ёмкость C1 не позволяют габариты корпуса сигнализации.

Было установлено, что схема МТ9021 стабильно работает в диапазоне напряжений питания 3,3... 4,7 В. Ток потребления в энергосберегающем режиме составляет всего 100 мкА, что обеспечивает длительную работу устройства от одного комплекта батарей. Необходимая доработка сигнализации заключается в подключении источника резервного питания – аккумулятора или ионистора – непосредственно в корпусе основного блока.

Недостатком использования аккумулятора, кроме стоимости, является то, что при постоянно замкнутой цепи выключателя питания напряжение приложено к плате до тех пор, пока аккумулятор не разрядится. Поэтому сигнализация будет раз в 10 мин посылать «тревожные» SMS, если в зоне охраны находится и перемещается какой-либо объект. Если же использовать ионистор ёмкостью 0,47 Ф и напряжением 5 В, как показано на рисунке 5, то запасённой в нём энергии будет вполне достаточно для отправки SMS. Через минуту-полторы напряжение на его выводах становится ниже 3 В, и сигнализация отключается.

Работа с солнечной батареей

Ионисторы накапливают энергию в момент максимальной производительности устройств, генерирующих электрическую энергию. Чем это удобно в сочетании с солнечной батареей?

Солнечная батарея обеспечивает максимальный световой выход при температуре её поверхности +25...+30°C. Летом, в солнечную погоду, неизбежен нагрев всей поверхности модуля, и при температуре выше +60°C КПД батареи значительно снижается. В данном случае блоки из батарей ионисторов как нельзя лучше подходят для накопления энергии в момент максимальной эффективности солнечной батареи и сглаживания пиковой нагрузки.

Особенности заряда и саморазряд ионисторов

Процесс заряда ионистора малым током является оптимальным при времени заряда 24 ч и более. Время заряда не оказывает решающего влияния на саморазряд ионистора, поскольку внутреннее сопротивление ионистора, в данном случае, изменяется лишь за счёт сопротивления перераспределённых ионов электрическому току. Чем ниже температура ионистора, тем больше времени уйдёт на саморазряд, и тем более продолжительным будет срок его службы.

Если время полезной работы ионистора ($T_{\text{back-up}}$) приравнять к сроку его службы, то последний может быть рассчитан по формуле $T_{\text{back-up}} = CU/i = C \times (U_0 - i \times R - U_1) / (I + I_L)$, где C – ёмкость ионистора, Ф; i – ток в течение времени $T_{\text{back-up}}$, А; I_L – ток утечки, А; R – внутреннее сопротивление ионистора, Ом; U_1 – напряжение, до которого разрядится ионистор, В; U_0 – приложенное напряжение, В.

Например, новый ионистор 1905V фирмы Panasonic ёмкостью 1 Ф (с учётом допуска –20%, 0,8 Ф) и рабочим

напряжением 5,5 В после полного заряда до 5 В разрядится током 10 мкА при температуре 40°C до напряжения 2 В за 55 ч. В течение срока эксплуатации время разряда может уменьшиться в 1,5–2 раза за счёт потери ёмкости и изменения внутреннего сопротивления (при сохранении тока заряда, приложенного напряжения и температуры окружающей среды). Возможно также изменение ёмкости ионистора от тока разряда, приложенного напряжения и температуры окружающей среды за счёт старения ионистора (при эксплуатации свыше 1000 ч) в непрерывных циклах заряд/разряд.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сегодня ионисторы нашли широкое применение в электронике и вычислительной технике. Ионисторы с небольшими токами разряда используются в сотовых телефонах, компьютерах, в робототехнике, автомобильной электронике, струйных принтерах и во многих других электронных устройствах. Ионисторы идеально подходят для электрических схем, в которых необходим быстрый заряд элементов резервного питания с длительным сроком службы и большим числом циклов заряд/разряд.

Ионисторы с большими токами разряда применяются в экспериментальных автобусах с электроприводом (заряд на каждой второй остановке) и электромобилях, а также для сглаживания пиковых нагрузок в автономных электрогенераторах возобновляемых источников энергии.

При объединении ионисторов и химических аккумуляторов в одном блоке питания их недостатки взаимно компенсируются. В результате получается автономный источник питания с увеличенным сроком службы, меньшей стоимостью и большим запасом энергии, чем у обычных аккумуляторов. ☺

Новости мира News of the World Новости мира

Спрос на ноутбуки в первой половине 2014 г. останется низким

Учитывая, что вендоры ноутбуков заняли консервативную позицию при разработке новых моделей для выпуска в 2014 г., ожидается, что в первом полугодии глобальный уровень спроса на ноутбуки останется застойным. Поставки ноутбуков в первой половине 2014 г. будут зависеть от продаж на рынках Северной Америки и Европы в праздничный период Дня благодарения и Рождества в 2013 г.: если показатели продаж окажутся меньше прогнозируемых, розничным сетям придётся избавляться от складских запасов и сокращать поставки от вендоров в первой половине 2014 г. В то же время ODM-производители ноутбуков Quanta Computer и Compal Electronics полагают, что глобальный спрос на ноутбуки снова возрастет в 2014 г. Quanta и Compal, вероятно, могут отметить большой объём заказов ввиду того, что вендоры ноутбуков, скорее всего, сконцентрируются на ODM-заказах для Quanta и Compal с целью уменьшения производственных расходов. По прогнозам Digitimes, глобальные поставки ноутбуков в 2014 г. достигнут 158 млн шт., сократившись на 6,63% за год.

www.astera.ru

Новости мира News of the World Новости мира

Оптический силикон Dow Corning расширяет возможности светодиодных осветительных конструкций

Компания Dow Corning, мировой лидер в производстве силикона, разработке технологий и новаторских решений на основе силиконов, представила на выставке Strategies in Light Europe 2013 новый формуемый белый отражающий силикон Dow Corning® MS-2002. Этот материал повышает устойчивость и высокую формуемость силикона оптического качества.

Новый усовершенствованный силикон Dow Corning MS-2002 обеспечивает превосходную механическую, тепловую и оптическую устойчивость при температурах свыше 150°C. Это означает, что в отличие от эпоксидных смол, поликарбонатов, акриловых и прочих общепринятых светодиодных материалов силикон Dow Corning MS-2002 сохраняет превосходные цветовые, отражающие и прочностные характеристики в течение всего срока службы светодиодной лампы или осветительного прибора без пожелте-

ния или ухудшения физических характеристик. Рынок требует от светодиодных источников более яркого света при сравнительно небольших размерах упаковки. Эти качества крайне необходимы для отражающих светодиодных материалов.

Простота обработки и высокая пластичность силикона также существенно расширяют свободу конструктивных решений для светодиодных ламп и осветительных приборов. Его чрезвычайная термическая и оптическая устойчивость позволяет разрабатывать детали, непосредственно соприкасающиеся со светодиодными пресс-формами, без воздушных зазоров между пресс-формой и блоком оптики, без конструктивных ограничений, обычных для органических светодиодных материалов.

Формуемый белый отражающий силикон Dow Corning MS-2002 также демонстрирует отличную воспроизводимость характеристик, что позволяет вырезать формы или формовать его вместе с прозрачными материалами компании Dow Corning. Это быстротвердеющий материал высо-

кой вязкости с твердостью по Шору 84 А, который можно использовать для создания мелких деталей с высокой устойчивостью к неблагоприятным воздействиям внешней среды.

www.dowcorning.com

Перспективы развития ВВС России и авиастроения

Правительство РФ поддержало проект создания национального исследовательского центра «Институт им. Н.Е. Жуковского».

Новый национальный исследовательский центр включил в свой состав Центральный аэрогидродинамический институт им. Жуковского, Центральный институт авиационного моторостроения им. Баранова, Государственный научно-исследовательский институт авиационных систем, Сибирский научно-исследовательский институт авиации им. Чаплыгина и Государственный казенный научно-испытательный полигон авиационных систем.

<http://bastion-karpenko.ru>

Honeywell

EPSON

SICK

VISHAY

BOURNS
Reliable Electronic Solutions

TEC

MITSUBISHI ELECTRIC

TE
Authorized Distributor

muRata
Avantia in Electronics

Panasonic

FLUKE

JAMICON

MASTECH

UNIT

SOLOMON

КОНДЕНСАТОРЫ НА ВАШ ВКУС

Реклама

www.platan.ru

ПЛАТАН

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

www.facebook.com/platan.components

Рабочее место разработчика электронной аппаратуры

Владимир Дьяконов (г. Смоленск)

Тысячи специалистов занимаются проектированием и разработкой электронных устройств и систем самого разного назначения – от контроллеров для холодильников и стиральных машин до систем управления аэрокосмическими аппаратами. За каким рабочим местом они должны работать, какие измерительные приборы должны использовать?

Особенностью нынешнего этапа развития радиоэлектроники является разработка устройств, выполненных на интегральных микросхемах с применением современных технологий монтажа. Изделия многих фирм имеют малые габариты и вес, и для их выпуска организуется крупносерийное производство. Примером может служить корпорация Apple (США). Эта огромная компания производит не сырьё, не военную технику, не автомобили или самолёты, а миниатюрные компьютеры и мобильные телефоны, проигрыватели и другие подобные изделия. Но, благодаря высокому качеству и обширной рекламе, они пользуются спросом в США, а их массовый выпуск позволил корпорации занять первое место в мире по уровню капитализации.

Чтобы проектировать и создавать подобные изделия необходимо доби-

ваться высочайшего качества изделий в условиях острой конкуренции на рынке. Это значит, что рабочее место разработчика должно быть оснащено современными компьютерами и программами для математических расчётов, математического моделирования и проектирования электронных узлов. Каждый компонент нового изделия должен тщательно просчитываться с учётом его лучшего или, в крайнем случае, оптимального применения. Поэтому необходимо создавать специализированные рабочие места для исследования, проектирования и тестирования каждого компонента или узла системы.

Для оборудования рабочего места общего назначения вполне достаточно компьютерный стол.

Органы зрения, слуха и осязания человека не чувствуют малые токи и напряжения. Для большинства людей

их глазами в области электричества уже давно стали электронные осциллографы [1, 2] и анализаторы спектра [3]. Такие малогабаритные приборы выпускают и лидеры рынка, например, компания Agilent Technologies (см. рис. 1). Их можно легко разместить в кейсе.

Корпорация Agilent выпускает около ста типов осциллографов. Её ручные цифровые приборы серии U1600 – это универсальные полнофункциональные осциллографы (см. рис. 2), обеспечивающие измерение напряжения и тока, сопротивления, ёмкости и других параметров электронных устройств и компонентов в частотном диапазоне от 0 до 200 МГц. Приборы имеют по два изолированных входных канала и сертифицированы по третьей категории изоляции (600 В), что обеспечивает безопасность пользователей и предотвращает повреждение приборов при измерении высокого напряжения без заземления. Благодаря максимальному объёму памяти 2 М точек (бит) приборы позволяют захватывать сложные и неповторяющиеся сигналы без потери информации. Цветной жидкокристаллический TFT-дисплей с повышенной яркостью, диагональю 5,7" (14,5 см) и разрешением 640 × 320 точек позволяет рассмотреть детали осциллограммы даже при ярком освещении. Интерфейс USB 2.0 обеспечивает подключение к ноутбуку или настольному компьютеру.

Подобные приборы выпускают многие фирмы, например, другая крупная американская компания Fluke. Её приборы широко используются при тестировании и ремонте средств энергетической электроники и компьютерных сетей. В день, когда автор писал эти строки (15.11.2012), компания Fluke разослала сообщение о выпуске своего новейшего осциллографа – скоупметра (scopemeter) Fluke 190 серии II (см. рис. 3). Впервые у портативного осциллографа с автономным питанием и промышленным исполнением достигнута полоса частот 500 МГц при частоте дискретизации 5 ГГц. Прибор не боится дождя и снега и даже падений с умеренной высоты.

Переносные приборы можно использовать и в стационарных условиях. Но



Рис. 1. Портативные измерительные приборы компании Agilent



Рис. 2. Ручные осциллографы компании Agilent серии U1600



Рис. 3. 500-МГц осциллограф Fluke 190 серии II в промышленном исполнении

самыми массовыми являются настольные измерительные приборы, позволяющие оборудовать стационарные рабочие места. В состав таких рабочих мест входят как минимум мультиметр, цифровой осциллограф и анализатор спектра радиочастот. Современный настольный мультиметр – высокоточный многофункциональный измерительный прибор, базовая погрешность которого составляет сотые и даже тысячные доли процента. Например, в лаборатории автора есть 6,5-разрядный мультиметр фирмы Keithley серии 2000 с базовой погрешностью 0,002% [5]. Это позволяет использовать прибор для измерения и калибровки постоянного и переменного напряжения и тока, частоты, периода, сопротивления и других параметров электронных цепей и устройств (всего 13 функций). Другим примером может быть настольный 6,5-разрядный мультиметр Tektronix DMM4040/4050.

Самыми массовыми настольными осциллографами являются изделия фирм Tektronix и Agilent. Обе фирмы в период нынешнего экономического кризиса создали серии бюджетных моделей осциллографов, например, TDS2000 компании Tektronix (см. рис. 4). В разработке бюджетных моделей цифровых осциллографов лидирует и компания Agilent. Масштабы интервенции Agilent на рынке осциллографов малой и умеренной стоимости беспрецедентны – недавно появились две серии приборов 26 типов! Первая серия X 2000 включает 12 осциллографов с полосой исследуемых частот 70, 100 и 200 МГц, с 2/4 аналоговыми каналами и большими дисплеями высокого разрешения (см. рис. 5). Половина приборов содержит 8-разрядный вход логических (цифровых) сигналов и относится к осциллографам смешанных сигналов (MSO). В разработке приборов серии 1000 фирма Agilent сотрудничала с китайской компанией RIGOL.

С целью экономии рабочего места и расширения функциональности используемых приборов были разработаны комбинированные приборы. Например, в осциллографы (даже портативные) часто встраивают мультиметр или генератор импульсных сигналов. Так, осциллографы новейшей серии X 2000 фирмы Agilent оснащены встроенным функциональным генератором.

Современные, даже бюджетные, цифровые осциллографы позволя-

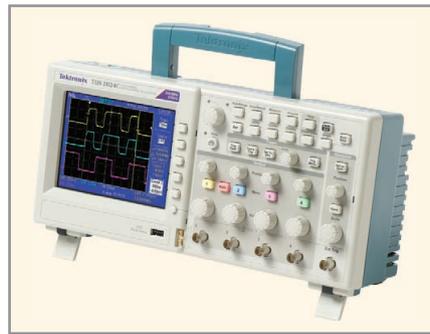


Рис. 4. Бюджетный осциллограф компании Tektronix серии TDS2000

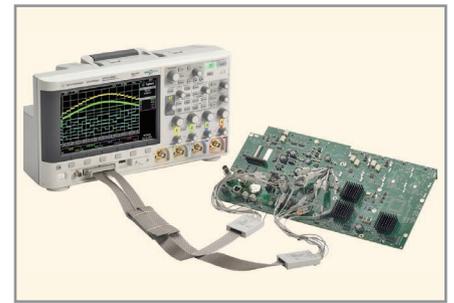


Рис. 5. Двухканальный осциллограф смешанных сигналов серии X 2000 фирмы Agilent Technologies

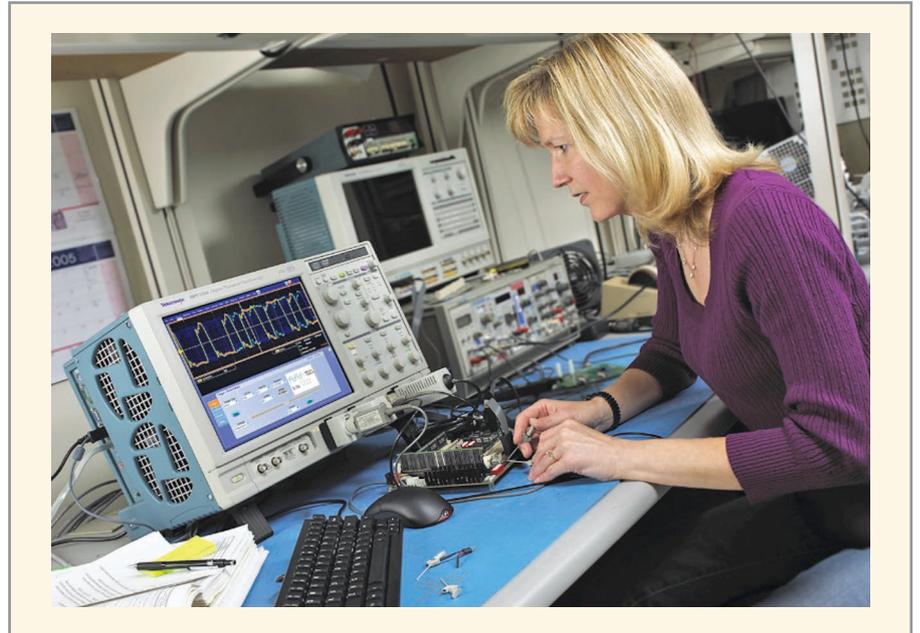


Рис. 6. Рабочее место, оснащённое приборами корпорации Tektronix



Рис. 7. Бюджетные цифровые анализаторы спектра со следящим генератором

ют выполнять до нескольких десятков видов автоматических измерений и могут заменить целую лабораторию [2] (см. рис. 6). Как правило, в них предусмотрено и быстрое преобразо-

вание Фурье, позволяющее наблюдать спектр сравнительно низкочастотных сигналов.

В массовых рабочих местах обычно используются анализаторы спектра



Рис. 8. Осциллограф смешанных сигналов DMO4000 фирмы Tektronix, оснащённый анализатором спектра радиочастот

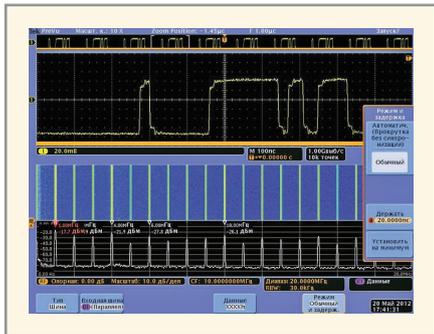


Рис. 9. Экран мультимедийного осциллографа DMO4000 при тестировании последовательной шины



Рис. 10. Построение сигнала по данным ограниченного спектра

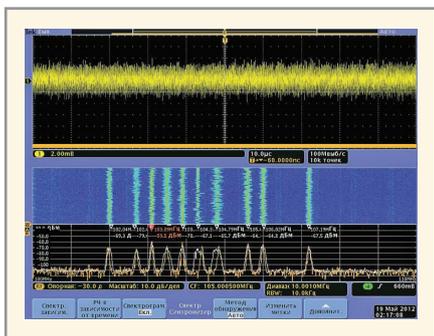


Рис. 11. Наблюдение за работой в эфире УКВ-радиостанций с частотной модуляцией



Рис. 12. Малогабаритный генератор компании RIGOL

радиочастот до 3–6 ГГц [3], который охватывает диапазоны частот мобильной, сотовой и частично спутниковой связи. Анализаторы спектра – довольно дорогие приборы. Поэтому часто на рабочих местах используют их дешёвые разновидности (см. рис. 7). Снабжённые функцией следящего генератора, такие приборы позволяют снимать АЧХ электронных компонентов, устройств и систем.

При выборе анализатора спектра для рабочего места обратите особое внимание на полосу частот. У простых и дешёвых приборов она простирается от 9 (иногда 50) кГц до 3–6 ГГц. Так что анализатор спектра – прибор высокочастотный, и от него мало пользы в звуковом и ультразвуковом диапазоне частот. Правда, есть приборы с нижней частотой 20 Гц и ниже, но они дорогие.

Революционным событием в технике осциллографии стала разработка и выпуск корпорацией Tektronix новой серии мультимедийных осциллографов MDO4000 с встроенным радиочастотным анализатором спектра (см. рис. 8). Это осциллографы смешанных (аналоговых и логических цифровых) сигналов с возможностью полноценного спектрального анализа аналоговых сигналов в частотной области. Один из таких приборов был предоставлен автору для испытаний Российским отделением корпорации Tektronix в середине 2012 г.

Приборы оснащены модулями микропрограммного обеспечения и способны выполнять многие функции систем компьютерной математики, таких как матричная лаборатория MATLAB [6]. На рисунке 9 показано тестирование таким прибором последовательной шины. На экране видна работа интеллектуальной «лупы времени» Wave Inspector, временная диаграмма (обычная осциллограмма), спектрограмма и спектр сигнала данных тестируемой шины. Спектрограмма строится в плоскости частота – время, причём интенсивность спектральных линий обозначается цветом.

Анализатор спектра DMO4000 относится к классу векторных, т.к. он полу-

чает спектр сигнала с отсчётами в комплексном виде и позволяет вычислить не только амплитудно-частотную, но и фазочастотную характеристику сигнала, построить форму искажённого сигнала и оценить степень искажений (см. рис. 10).

При изучении сильно зашумлённых сигналов обычные осциллограммы бесполезны – видна лишь шумовая дорожка. Спектр позволяет выявить и изменить основные частотные составляющие сигнала – частоту и амплитуду, а спектрограмма позволяет наблюдать их изменение во времени (см. рис. 11).

Некоторые фирмы (Tektronix, Agilent, Rohde&Schwarz и др.) выпускают гораздо более высокочастотные анализаторы спектра – вплоть до 300 ГГц. Но это дорогие и обычно громоздкие приборы специального назначения. Чаще всего их возможности для наших разработчиков кажутся почти фантастическими, а цена – запредельной.

Стоит отметить ещё один класс приборов – генераторы сигналов различной формы [4]. В наши дни завершается переход на полностью цифровые генераторы, и число типов таких генераторов на рынке нарастает лавинообразно. Наряду с громоздкими генераторами ведущих фирм мира с уникальными параметрами, на рынок поставляются бюджетные модели генераторов китайских, южнокорейских и российских фирм. Например, автор приобрёл бюджетный генератор АКТАКОМ АWG-4150, который имеет два независимых канала и генерирует полсотни видов сигналов различной формы, включая произвольную.

Новый модельный ряд цифровых генераторов сигналов различной формы DG5000 (см. рис. 12) крупной китайской компании RIGOL включает модели с максимальными частотами от 100 до 350 МГц. Генераторы имеют графический TFT-дисплей с высокой разрешающей способностью, диагональю



Рис. 13. Анализатор источников электропитания фирмы Agilent



Рис. 14. Современная лаборатория с рабочими местами, оборудованными приборами разных фирм

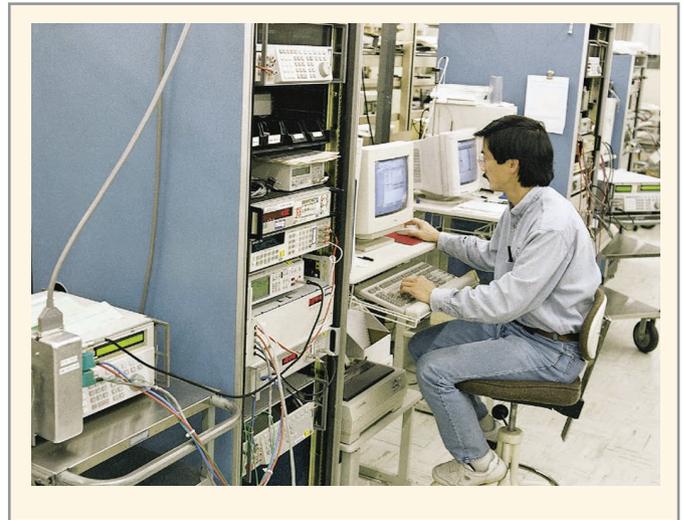


Рис. 15. Компьютеризованное рабочее место

4,3" (11 см) и 16 млн цветов, который отображает форму сигнала, значения установленных параметров, карту кодоимпульсной модуляции сигнала и другие данные. Минимальное время нарастания и спада составляет 2,5 нс в старших моделях и 3 нс в младших.

Немаловажное значение имеют источники электропитания электронной аппаратуры. Сейчас на рынке можно найти множество типов линейных и импульсных источников электропитания с практически любыми характеристиками. Фирма Agilent выпускает анализаторы источников электропитания с полным набором средств их контроля и встроенными блоками для питания внешних испытуемых устройств (см. рис. 13).

Остаётся сказать несколько слов о рабочих местах (см. рис. 14) разработчиков оборудования для научной, в частности, микроэлектронной, атомной и космической областей [5]. Обычно в них используются лучшие приборы фирм Tektronix, Agilent и LeCroy с верхней частотой полосы исследуемых сигналов от 300 МГц до 5–6 ГГц. Есть приборы реального времени с верхней частотой до 40–50 ГГц и стробоскопические осциллографы с частотой до 80–100 ГГц. Это дорогие (мно-

гие десятки тысяч долларов) и уникальные приборы штучного применения.

При разработке и тестировании электронных компонентов и узлов широко применяются приборы с компьютерной обработкой данных и компьютерным управлением (см. рис. 15). В процессе разработки и производства даже одной СБИС используются десятки приборов, на базе которых создают специализированные измерительные стенды (см. рис. 16).

Дорогие и уникальные приборы вряд ли можно увидеть на обычных рабочих местах. Но надо понимать, что подобные генераторы, широкополосные осциллографы и анализаторы сигналов, СВЧ-анализаторы спектра и анализаторы цепей определяют лицо современной электроники и её новых разработок на базе достижений фундаментальной науки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дьяконов В.П. Современная осциллография и осциллографы. СОЛОН-Пресс, 2005.
2. Афонский А.А., Дьяконов В.П. Измерительные приборы и массовые электронные измерения. СОЛОН-Пресс, 2007.
3. Афонский А.А., Дьяконов В.П. Цифровые анализаторы спектра, сигналов и логики. СОЛОН-Пресс, 2009.



Рис. 16. Установка (стенд) фирмы Keithley для контроля параметров интегральных микросхем

4. Дьяконов В.П. Современные измерительные генераторы сигналов. ДМК-Пресс, 2011.
5. Афонский А.А., Дьяконов В.П. Электронные измерения в нанотехнологиях и в микроэлектронике. ДМК-Пресс, 2011.
6. Дьяконов В.П. MATLAB и SIMULINK для радиоинженеров. ДМК-Пресс, 2011. ©



Редакция журнала «Современная электроника» объявляет фотоконкурс – «Рабочее место разработчика электроники».

Присылайте фотографии своего рабочего места на электронный адрес smirnov.a@soel.ru.

Присланные работы будут выкладываться на сайте www.soel.ru, и в режиме открытого голосования определяются авторы наиболее интересных снимков.

Фотографии, получившие наибольшее количество голосов, будут опубликованы в нашем журнале.

Редакция журнала «Современная электроника»

Мощный тиристорный выключатель переменного тока с гальванической развязкой

Алексей Кузьминов (г. Москва)

В статье рассмотрены схемы гальванически изолированных симисторных и тиристорных выключателей переменного тока мощностью 0,5, 1 и 2 кВт. Описано устройство, коммутирующее сетевую нагрузку мощностью 2 кВт двумя тиристорами T142-80-12 и оптосимистором МОС3063, управляемым гальванически изолированными от сетевого напряжения контактами слаботочного электроконтактного термометра

ВВЕДЕНИЕ

Бесконтактные выключатели (или переключатели) переменного тока повышенной мощности (1...2 кВт и более) используются в промышленной автоматике и бытовой технике. Одной из многих областей их применения являются терморегуляторы и термостаты. Как правило, в последних используются различные слаботочные (30...40 мА) термовыключатели (ртутные термоконтакты, электроконтактные термометры и т.п.), которые отличаются высокой точностью измерения температуры (до 0,1 °C и выше). Помимо ртутных, существуют слаботочные термовыключатели других типов, например, биметаллические, которые имеют невысокую точность. Все термовыключатели по принципу действия можно условно разделить на замыкаемые (ртутные) и размыкаемые (биметаллические) при определённой температуре.

Устройства, коммутирующие относительно большую мощность (до

2 кВт), в которых используются электроконтактные термометры, имеют достаточно сложную электрическую схему, и поэтому довольно дороги (до нескольких тыс. руб.). Кроме того, в таких устройствах контакты термометра часто находятся под напряжением сети, что во многих случаях недопустимо по соображениям безопасности.

Поэтому возникла потребность изготовить простой и недорогой бесконтактный выключатель переменного тока мощностью 2 кВт с использованием электроконтактного термометра в качестве термовыключателя. Устройство должно обеспечивать надёжную гальваническую изоляцию контактов термовыключателя от сетевого напряжения и работать в интервале температур как минимум от -25 до +25 °C.

Анализ электрических схем мощных бесконтактных выключателей, опубликованных в сети Интернет, показал, что самые простые из них реализованы на тиристорных или симисторных переключателях переменного тока. Включить и выключить тиристор или симистор можно слаботочным 2-контактным выключателем: при его замыкании прибор включается, при размыкании – выключается. Отметим, что такая логика управления не совпадает с функционированием ртутных термовыключателей. Кроме того, необходимо выбрать оптимальный тип тиристора или симистора для коммутации мощности 2 кВт и обеспечить отвод тепла от силовых элементов.

СХЕМЫ МОЩНЫХ ТИРИСТОРНЫХ ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛЕЙ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

В качестве отправной точки была использована известная схема пере-

ключателя переменного тока (ТППТ, см. рис. 1) [1], в которой тиристоры включены встречно-параллельно. В этой схеме в первом полупериоде переменного напряжения ток управления, отпирающий один тиристор, является током утечки в управляющей цепи другого (запертого) тиристора; во втором полупериоде функции тиристорov меняются местами. Схема действительно проста, но имеет два существенных недостатка: увеличенные потери за счёт протекания обратных токов через управляющие электроды (УЭ) тиристорov и несимметричное их включение из-за значительных управляющих токов [1].

Несмотря на указанные недостатки схемы рис. 1, она широко используется до сих пор. Для улучшения условий работы тиристорov в схему вводят дополнительные элементы (см. рис. 2). Например, в [7] рекомендуют устанавливать резисторы небольшого номинала (100...400 Ом), соединяющие катоды тиристорov с УЭ, в [9] – вместо таких резисторov устанавливать диоды, в [8] и [10] – и диоды, и резисторы. При индуктивном характере нагрузки в [7, 8, 10] рекомендуют демпфирующую RC-цепь, включённую параллельно тиристорам.

Однако эти дополнения усложняют конструкцию устройства и снижают его надёжность. Автор пробовал устанавливать и резисторы, и диоды, показанные на рисунке 2, однако существенного положительного эффекта не получил. Например, если используются нагревательный элемент мощностью 2 кВт и вентилятор для его обдува (индуктивная нагрузка) мощностью в 20 Вт (1% от нагрузки), то устанавливать демпфирующую RC-цепь нецелесообразно.

Действительно важно (и опасно) то, что управляющие электроды тиристорov (и контакты выключателя BK1, см. рис. 1) находятся под сетевым напряжением.

В [2] приведена схема гальванической развязки выключателя BK1 (см. рис. 1) от сетевого напряжения с помощью разделительного трансформатора. В этой схеме УЭ обоих тиристорov (КУ202Н) подключены к первичной обмотке трансформатора,

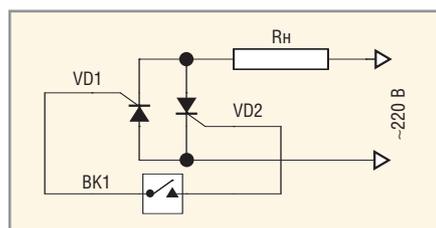


Рис. 1. Тиристорный выключатель

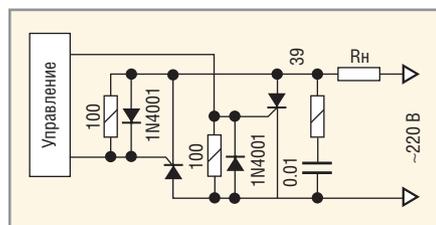


Рис. 2. Дополнительные компоненты в схеме встречно-параллельного включения тиристорov

рассчитанной на сетевое напряжение 220 В, а выключатель ВК1 – к вторичной обмотке на 9...36 В. При замыкании контактов ВК1 эквивалентное сопротивление первичной обмотки уменьшается, что создаёт ток, достаточный для открытия одного из тиристор.

Подобная схема гальванической развязки имеет существенные недостатки. Во-первых, в зависимости от мощности тиристора требуется использовать разделительный трансформатор определённой мощности, с заданной индуктивностью первичной обмотки. Во многих случаях трансформаторы одной и той же мощности имеют разную индуктивность первичной обмотки, от которой зависит ток, подаваемый на УЭ тиристора. Если индуктивность мала, тиристор либо полностью, либо частично открыт даже при разомкнутых контактах выключателя. Если индуктивность велика, то тиристор либо вообще не открывается, либо открывается частично. Во-вторых, при температуре -25°C отпирающий ток управления любого тиристора в два раза и более превышает ток управления при температуре $+25^{\circ}\text{C}$. Поэтому, если даже подобрать трансформатор, идеально открывающий и закрывающий тиристор при температуре $+25^{\circ}\text{C}$, то при температуре -25°C такой трансформатор работать уже не будет (либо тиристор будет открываться частично, в результате чего выходное напряжение устройства будет занижено).

Кроме того, в зависимости от мощности тиристора (и, соответственно, от значения отпирающего тока) ток во вторичной обмотке трансформатора превышает 30 мА. Например, при использовании тиристора Т122-25-10 вместе с идеально подобранным трансформатором (вторичная обмотка на 18 В/0,5 А, размеры кольца $d \times b = 5 \times 3$ см), с замкнутыми контактами выключателя измеренное действующее значение тока во вторичной обмотке трансформатора составило около 60 мА, что в два раза превышает максимальный ток электроконтактного термометра (см. выше). При большей мощности тиристора ток вторичной обмотки трансформатора, естественно, увеличится. Немаловажно, что габариты, вес и стоимость разделительного трансформатора достаточно высоки. Поэтому от использования схемы с гальванической развязкой, основанной на индуктивном принципе [2], пришлось отказаться.

В гальванических развязках, помимо индуктивного, может использоваться и ёмкостный принцип. Автору приходилось сталкиваться с гальваническими развязками [4, 5], предназначенными для гальванической изоляции цифровых сигналов (такие ИС часто называют цифровыми изоляторами). При одних и тех же габаритах цифровые изоляторы ISO7220M, реализованные на ёмкостном принципе, несколько дешевле цифровых изоляторов ADUM1200B, основанных на индуктивном принципе. Кроме того, у ёмкостных изоляторов значительно выше пропускная способность (150 Мбод у ISO7220 против 25 Мбод у ADUM1200B) и больше пробивное напряжение.

Как оказалось, в применении к тиристорному выключателю, ёмкостная гальваническая развязка из двух конденсаторов С1 и С2 (см. рис. 3) имеет некоторые преимущества перед индуктивной. Во-первых, если использовать керамические конденсаторы для поверхностного монтажа с максимальным пробивным напряжением 250 В, то их типоразмер может быть 1206 ($3,2 \times 1,6 \times 1,25$ мм), т.е. совсем небольшим, а стоимость этих конденсаторов не превышает 3 руб. за штуку. Конденсаторы на более высокое пробивное напряжение 1 кВ также имеют небольшие габариты (типоразмер 2220; $5,7 \times 5 \times 2$ мм) и стоят не более 25 руб. Во-вторых, при использовании тиристорных/симисторных относительно небольшой мощности с отпирающим током 10...40 мА, в качестве выключателя ВК1 (см. рис. 3) возможно использовать электроконтактный термометр. Например, у симистора ВТ138-600 (12 А, 600 В) отпирающий ток составляет всего 10 мА, у симистора ВТ139-600 (16 А, 600 В) – 40 мА.

При отрицательных температурах (например, при -25°C), когда отпирающий ток маломощного тиристора/симистора превышает 40 мА, и уже нельзя использовать контактный термометр, схему можно дополнить каскадом на двух маломощных симисторах (например, МАС97А8 или ВТ131-600 – 1 А, 600 В, отпирающий ток 4...10 мА) в корпусе ТО92 (стоимость не более 5 руб.). Аналогичным образом можно использовать прибор с отпирающим током 50...150 мА (см. рис. 3б, в). Даже если применить тиристор Т142-80-12 (80 А, 1200 В, отпирающий ток 150 мА при $+25^{\circ}$ и 350 мА при -50°C), одноам-

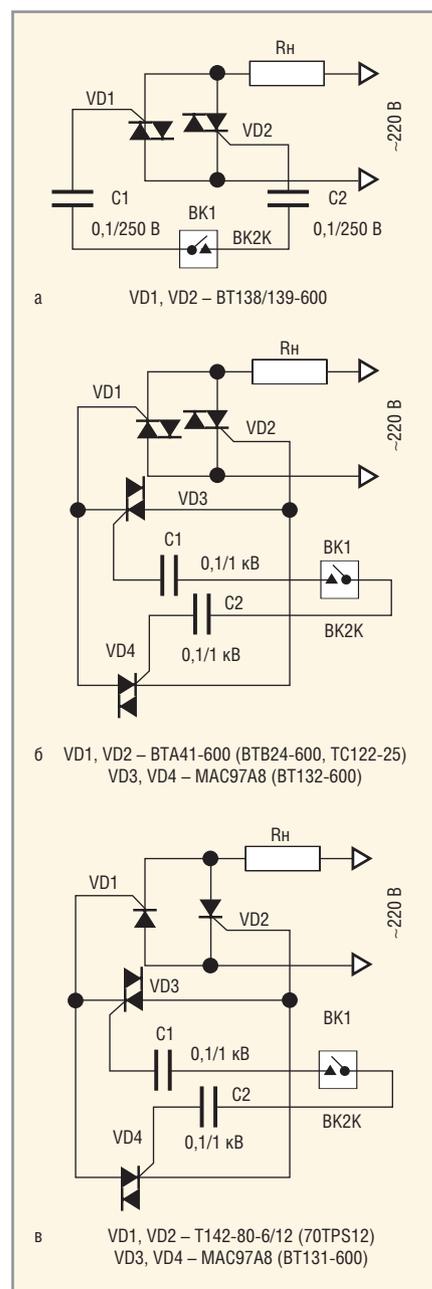


Рис. 3. Гальванически изолированные тиристорные/симисторные выключатели:
а – слаботочный (до 0,5 кВт), б – средней мощности (до 1 кВт), в – повышенной мощности (2 кВт)

перный симистор МАС97А8 справится с его включением (см. рис. 3в). Разумеется, и в схеме рис. 3в контактный термометр будет работать без превышения тока.

Если тиристорный или симисторный выключатель коммутирует нагрузку мощностью 2 кВт при напряжении 220 В, ток коммутации составит $2000 \text{ Вт}/220 \text{ В} \approx 9 \text{ А}$. Такой ток способен пропускать даже симистор ВТ138-600 ($I_{\text{MAX}} = 12 \text{ А}$) и тем более симистор ВТ139-600 ($I_{\text{MAX}} = 16 \text{ А}$), а если учесть, что в схеме работает пара приборов (см. рис. 3), то ток, приходящийся на

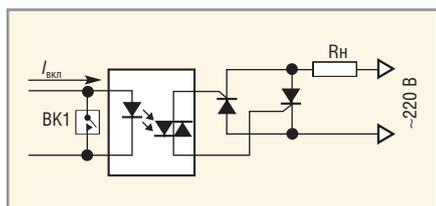


Рис. 4. Упрощённая схема выключателя с использованием оптосимистора

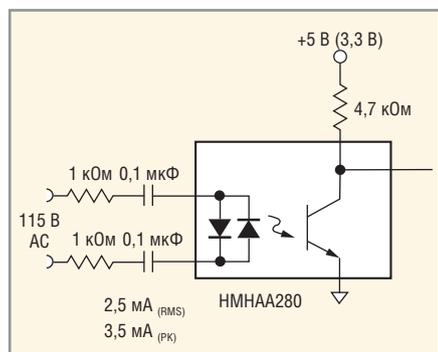


Рис. 5. Включение оптрона со входом, предназначенным для переменного тока

каждый симистор/тиристор, будет в два раза меньше. Так зачем использовать более мощные и дорогие тиристоры/симисторы, например, ВТА41-600 ($I_{\text{MAX}} = 40 \text{ A}$) (см. рис. 3б), или 70TPS12 ($I_{\text{MAX}} = 70 \text{ A}$), Т142-80-12 ($I_{\text{MAX}} = 80 \text{ A}$) (см. рис. 3в)?

Дело в том, что приведённые выше значения I_{MAX} для тиристоров – это максимально допустимый средний ток в открытом состоянии. Однако существует ещё один параметр – средний ток в открытом состоянии, который для тиристора Т142-80-12 ($I_{\text{MAX}} = 80 \text{ A}$), судя по справочному листку, составляет 27 А (т.е. всего в 3 раза больше 9 А), что необходимо учитывать, если речь идёт о высокой надёжности. Наиболее жёсткий режим работы устройства возникает при его включении в сеть с уже присоединённой нагрузкой. При этом независимо от того, замкнуты контакты выключателя ВК1 или нет, в устройстве в первый момент возникают импульсные токи, в несколько раз превышающие ток установившегося режима.

Для проверки безотказной работы устройства при включении в сеть автор нагрузил его двумя кварцево-галогеновыми лампами КГ220-1000 мощностью 1000 Вт, с сопротивлением в холодном состоянии 3 Ом, т.е. суммарное сопротивление нагрузки составило 1,5 Ом. При этом пусковой ток в установившемся режиме – до прогрета нитей ламп – составлял $220 \text{ В}/1,5 \text{ Ом} = 146,7 \text{ А}$. Лампы включались на время не менее 10 секунд, чтобы устройство полностью

прошло фазу включения. В таком режиме были проверены все силовые приборы, установленные на радиаторе площадью 125 см² (см. рис. 3). В результате проверки один из симисторов ВТ138-600 вышел из строя, поскольку в его описании указан максимальный ударный ток 95 А.

Стоимость устройства в основном складывается из стоимости мощных тиристор/симисторов и радиаторов для их охлаждения. Стоимость последних напрямую зависит от их размера и может достигать многих сотен и даже тысяч руб. В то же время стоимость симисторов и тиристоров намного меньше (симистор ВТ138-600 – 15 руб., ВТ139-600 – 22 руб., ВТА-41-600 – 65 руб.; тиристор 70TPS12 – чуть более 100 руб.). Размер радиатора определяет его способность рассеивать тепло, которое тиристор/симистор способен отвести от кристалла через корпус. Например, тепловое сопротивление симистора ВТ139-600 составляет 1,2°C/Вт, тиристора 70TPS12 – 0,27°C/Вт, тиристора Т142-80 – 0,2°C/Вт. Это означает, что при выделении тепла мощностью в 1 Вт прибор ВТ139-600 нагреется на 1,2°C, а 70TPS12 – только на 0,27°C (и это тепло должно быть отведено радиатором).

Выделение тепла зависит главным образом от падения напряжения на открытом приборе при определённом токе и температуре. Например, падение напряжения на симисторе ВТ139-600 при токе в 10 А и температуре +25°C составляет чуть более 1,25 В, т.е. он будет выделять мощность $1,25 \text{ В} \times 10 \text{ А} = 12,5 \text{ Вт}$. При том же токе у тиристора 70TPS12 падение напряжения составляет около 1 В, и он будет выделять мощность 10 Вт. В общем случае чем мощнее тиристор, тем меньше он выделяет тепла и тем меньшего размера требуется радиатор для его охлаждения.

Что лучше: использовать дешёвый маломощный тиристор и большой (дорогой) радиатор или, наоборот, мощный дорогой тиристор и небольшой (недорогой) радиатор? Учитывая, что стоимость самых мощных тиристор/симисторов, упомянутых в статье, составляет не более 100 руб., можно поставить вопрос иначе: какова максимальная мощность устройства, если в нём используется один и тот же радиатор, например, с площадью поверхности в 125 см² (по цене около 50 руб.) и различные тиристоры/симисторы?

Для ответа на этот вопрос автор поставил следующий эксперимент.

В качестве нагрузки устройства была использована печка с вентилятором и режимами работы 1 кВт и 2 кВт. По очереди на радиаторах были установлены (разумеется, с использованием термопасты) все симисторы/тиристоры, указанные на схемах. Устройство включалось на 10 минут, выключалось (от сети) и рукой проверялась температура радиаторов. Оказалось, что мощность 2 кВт при безопасном нагреве способны коммутировать только тиристоры 70TPS12 и Т-142-80-12. Первый нагревался приблизительно до температуры тела, а второй был чуть тёплым, поскольку нагрев радиатора ощущался только тыльной стороной руки (см. рис. 3в). При мощности 1 кВт симисторы ВТВ24-600 нагрелись до температур приблизительно 36–37°C, а симисторы ВТА41-600 и ТС-122-25-10 были чуть тёплыми (см. рис. 3б). При мощности 500 Вт симистор ВТ138-600 нагрелся до 36–37°C, а симистор ВТ139-600 был слегка тёплым. На рисунке 3а указана мощность 500 Вт, т.е. две печки, включённые в режиме 1 кВт, были соединены последовательно.

Эксперимент показал, что в устройстве, способном коммутировать нагрузку мощностью 2 кВт, целесообразно использовать тиристоры Т-142-80-12, установленные на двух радиаторах площадью 125 см². В этом случае устройство – достаточно надёжное, недорогое и нагревается до безопасной температуры.

ГАЛЬВАНИЧЕСКИ ИЗОЛИРОВАННЫЙ ТИРИСТОРНЫЙ ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛЬ, УПРАВЛЯЕМЫЙ РТУТНЫМ ЭЛЕКТРОКОНТАКТНЫМ ТЕРМОМЕТРОМ

В приведённых на рисунках 1 и 3 схемах для включения тиристор/симисторов используется слаботочный выключатель ВК1. При его замыкании тиристоры включаются, и в нагрузку подаётся сетевое напряжение. В электроконтактных термометрах при повышении температуры ртуть расширяется, поднимается вверх и касается контакта в виде тонкой проволоки, вставленной в канал. В этом случае нагревательный элемент следует выключить, т.е. снять сетевое напряжение, а при размыкании контакта – включить снова. Для такой логики управления описанные выше схемы не годятся.

Для решения подобных задач с одно-временной гальванической изоляцией

контактов применяют оптосимисторы, включённые по схеме на рисунке 4. Предположим, контакт ВК1 разомкнут, и через светодиод оптосимистора течёт ток $I_{вкл}$. В этом случае симистор также включён, и в нагрузку передаётся сетевое напряжение. При замыкании контакта ВК1 последний шунтирует светодиод, и симистор выключается. Поскольку светодиод и оптосимистор гальванически изолированы, контакт ВК1 развязан от сети.

Для формирования $I_{вкл}$ можно использовать напряжение вторичной обмотки обычного сетевого трансформатора. Однако этот способ обладает двумя недостатками. Во-первых, вспомогательный сетевой трансформатор имеет достаточно большие габариты, вес и, главное, стоимость. Во-вторых, стандартные сетевые трансформаторы не обеспечивают хорошую изоляцию между обмотками (напряжение изоляции, как правило, не превышает 100 В). Решение было найдено в [6] (см. рис. 5). Здесь для включения оптрона, реагирующего на переменное напряжение и имеющего транзисторный выход, применена известная схема бестрансформаторного блока питания с гасящим конденсатором [3]. Основное отличие схемы на рисунке 5 от стандартной схемы такого блока питания – использование не одного, а двух конденсаторов, обеспечивающих гальваническую изоляцию устройства от сетевого напряжения (см. рис. 3).

К сожалению, оптосимисторы с двумя противоположно направленными светодиодами, как показано на рисунке 5, не выпускаются. Однако, если выпрямить переменное напряжение, погашенное двумя конденсаторами, простейшим мостовым выпрямителем, сгладить его конденсатором и подать на

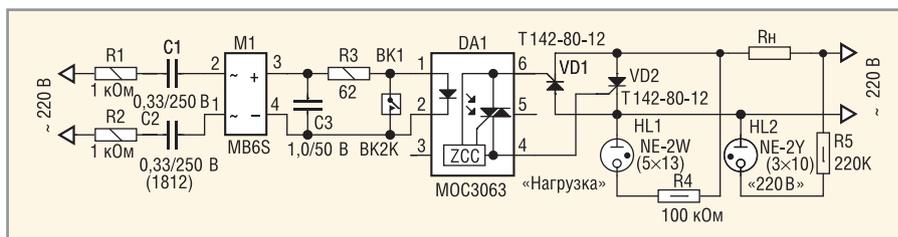


Рис. 6. Схема гальванически изолированного тиристорного выключателя с инверсной логикой управления мощностью 2 кВт

светодиод оптосимистора, то последний можно использовать по схеме на рисунке 5. В рабочей схеме устройства (см. рис. 6) в качестве элементов, понижающих сетевое напряжение, используются конденсаторы C1 и C2, в качестве выпрямителя – мост MB6S (M1), сглаживающего конденсатора – C3. Два мощных тиристора T-142-80-12 (VD1 и VD2) обеспечивают работу устройства с нагрузкой 2 кВт. Контактный термометр подключён к выводам 1 и 2 оптосимистора (DA1) и условно обозначен как двухконтактный выключатель ВК1. Резисторы R1 и R2 ограничивают ток заряда конденсаторов C1 и C2 при включении устройства в сеть. Для индикации работы устройства использованы две неоновых лампы: NE-2W белого свечения (HL1) и NE-2Y жёлтого свечения (HL2) с токоограничительными резисторами R4 и R5, соответственно. Лампа HL1 индицирует включение нагрузки, лампа HL2 – наличие сетевого напряжения 220 В.

В качестве оптосимистора применена доступная и недорогая (17 руб. за штуку) микросхема MOC3063 (DA1). Минимальный ток светодиода, при котором открывается симистор, составляет 5 мА. Особенностью ИС является то, что оптосимистор открывается (и закрывается) строго в моменты перепада переменного напряжения, подан-

ного на его выходы (выводы 6 и 4), через нулевое значение (Zero Crossing Circuit). Это необходимо для эффективного снижения сетевых помех при включении тиристорных VD1 и VD2.

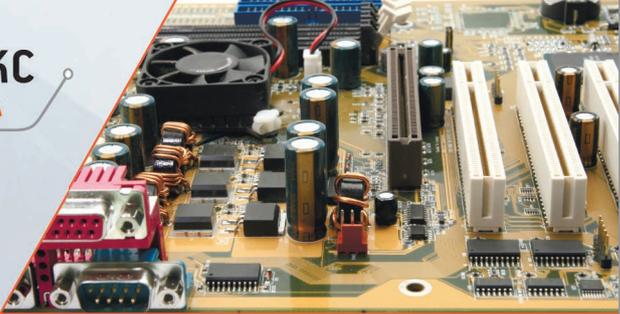
Скажем несколько слов о бестрансформаторном блоке питания (БП), состоящем из гасящих конденсаторов C1, C2, выпрямителя M1 и сглаживающего конденсатора C3 (см. рис. 6). Свойства такого БП не совсем обычны [3].

Во-первых, такой БП совершенно недопустимо включать без нагрузки, т.к. в этом случае напряжение на выходе выпрямительного моста может достигнуть максимального значения выпрямленного напряжения питания (т.е. 310 В!), от которого конденсатор C3, рассчитанный на 50 В, может мгновенно выйти из строя. Во-вторых, такой БП походит больше на источник тока, чем на источник напряжения, т.к. выходное сопротивление БП очень велико и определяется ёмкостью конденсаторов C1 и C2. А это, в свою очередь, означает, что ток, проходящий через R3 и светодиод оптосимистора при разомкнутом выключателе ВК1 или, если выключатель замкнут, – через R3 и выключатель, практически не зависит от нагрузки. Например, если измерить напряжение на R3, U_{R3} (или ток через R3, т.к. ток $I_{R3} = U_{R3}/R3$), то при тех параметрах схемы, которые указаны на рисунке 6 при



КОМПАС ЭЛЕКТРОНИКС

ВАШ ПРОВОДНИК В МИРЕ ПРОИЗВОДСТВА



- РАЗРАБОТКА ДИЗАЙНА ЭЛЕКТРОННОГО ИЗДЕЛИЯ;
- КОРПУСНАЯ СБОРКА БЛОКОВ И ШКАФОВ;
- ПОСТАВКА ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ ЛЮБОЙ СТЕПЕНИ СЛОЖНОСТИ;
- РАЗРАБОТКА ТОПОЛОГИИ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ;
- ПОСТАВКА КОМПЛЕКТУЮЩИХ;
- ЗАЛИВКА И ГЕРМЕТИЗАЦИЯ ИЗДЕЛИЙ;
- ИЗГОТОВЛЕНИЕ ЖГУТОВ ПРОВОДОВ;
- ВНУТРИСХЕМНОЕ ТЕСТИРОВАНИЕ И ПРОГРАММИРОВАНИЕ;
- МОНТАЖ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ;
- ЕДИНИЧНЫЕ ОБРАЗЦЫ И СЕРИЙНОЕ ПРОИЗВОДСТВО

125565, г. Москва,
Ленинградское ш., д. 92А
Тел.: +7 (495) 228-47-85

info@kompas-electronics.ru
www.kompas-electronics.ru

Реклама

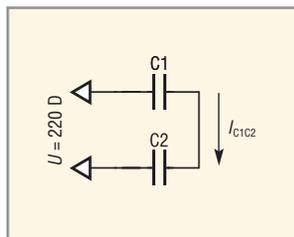


Рис. 7. Схема к расчёту тока через конденсаторы

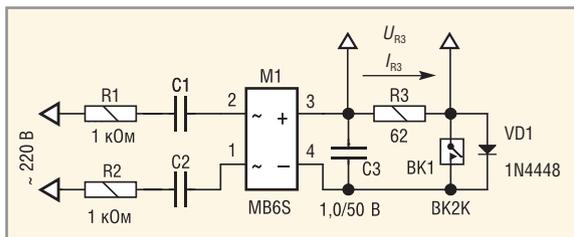


Рис. 8. Токоизмерительная схема для определения ёмкостей C1, C2

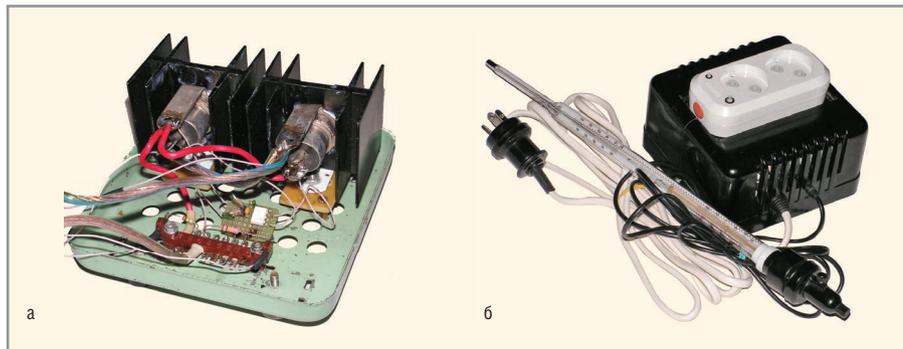


Рис. 9. Фотографии выключателя: а – без крышки корпуса, б – в собранном виде

разомкнутом выключателе $U_{R3} = 0,488$ В, а при замкнутом $U_{R3} = 0,487$ В. Это свидетельствует о том, что изменение сопротивления нагрузки практически не приводит к изменению тока в ней (т.е. так, как это происходит, если к нагрузке подключён источник тока). Это очень ценное свойство, о котором будет сказано чуть позже. В-третьих, такой БП не боится короткого замыкания (см. рис. 7), т.к. в этом случае напряжение падает на двух конденсаторах C1 и C2, и выходная мощность становится равна нулю.

Отметим, что точный расчёт такого БП затруднён в связи со многими неизвестными факторами, приближённый же расчёт может дать погрешность до 100% и более, поэтому его целесообразно использовать, чтобы грубо оценить хотя бы порядок номиналов ёмкостей C1 и C2.

Для такой грубой оценки номиналов конденсаторов гальванической развязки рассмотрим замкнутую цепь из двух конденсаторов C1 и C2 одинаковой ёмкости, подключённых к сетевому напряжению, и определим

ёмкости конденсаторов при конкретном значении тока короткого замыкания I_{C1C2} (см. рис. 7). Пусть действующее значение тока I_{C1C2} равно 0,01 А, значение напряжения U равно 220 В, а X_C – общее ёмкостное сопротивление конденсаторов C1 и C2 на частоте 50 Гц. Тогда $X_C = U/I_{C1C2} = 220 \text{ В}/0,01 \text{ А} = 22\,000 \text{ Ом}$. Учитывая, что $X_C = 1/\omega C = 1/2\pi fC$, где C – общая ёмкость конденсаторов, $f = 50$ Гц, получим: $C = 1/(\omega X_C) = 1/(2\pi \times 50 \times 22000) \text{ Ф} = 0,000000145 \text{ Ф} = 0,145 \text{ мкФ}$. Поскольку конденсаторы соединены последовательно и равны, ёмкость каждого из них должна составлять 0,29 мкФ. Для более точной оценки надо учитывать падение напряжения на двух резисторах R1 и R2 (см. рис. 6), которое при токе 0,01 А составит 20 В. Кроме того, необходимо учесть потери в выпрямителе и разброс номиналов керамических конденсаторов (достигающий 80%), а также тот факт, что выходное напряжение выпрямителя достигает амплитудного значения входного.

Поскольку учесть все эти факторы затруднительно, то следует определить

Калькуляция стоимости элементов (см. рис. 6)

Компонент	Стоимость, руб.	Количество	Сумма, руб.
Тиристор T-142-80-12	100	2	200
Радиатор	50	2	100
Оптосимистор МОС3063	17	1	17
Конденсаторы C1, C2	21	2	42
Резисторы, конденсатор C3, неоновые лампы			40

Итого: 399 руб.

номиналы конденсаторов C1 и C2 опытным путём. Для этого автор использовал схему (см. рис. 8) с токоизмерительным резистором небольшого номинала в 62 Ом (R3), постоянное напряжение U_{R3} на котором измерялось обычным цифровым мультиметром, а ток I_{R3} [А] определялся как $U_{R3} \text{ [В]}/62 \text{ Ом}$. Вместо оптосимистора был установлен диод 1N4448. При ёмкости конденсаторов по 0,3 мкФ ток составил 8 мА, что достаточно для отпирания оптосимистора и почти совпадает с грубой оценкой. Поэтому в рабочей схеме были установлены конденсаторы 0,33 мкФ/250 В (см. рис. 6), а объём блока питания гальванической развязки не превысил 1 см³. Попробуйте отыскать сетевой блок питания с такими габаритами!

Как уже упоминалось, одно из свойств применённого бестрансформаторного БП с гасящими конденсаторами – возможность его использования в качестве источника тока. Для аналоговых измерений, как известно, часто используется так называемый токовый интерфейс промышленного стандарта 0–5 мА или 4–20 мА. Длина линии с таким токовым интерфейсом может достигать десятков и даже сотен метров без потери точности. Поскольку значение тока на R3 (см. рис. 6) составляет около 8 мА, т.е. находится в пределах промышленного стандарта 4–20 мА, то контактный термометр (контакты BK1) может быть удалён от силовой части устройства на значительное расстояние, что часто бывает более чем необходимо для обеспечения защиты от опасности поражения электрическим током.

Конструкция выключателя

Устройство смонтировано в карболитовом корпусе. Вся схема (см. рис. 6) собрана навесным монтажом (см. рис. 9а). Мощные тиристоры (VD1, VD2) установлены на двух радиаторах, которые прикреплены к двум пластинам из стеклотекстолита толщиной 4 мм. Это обеспечивает надёжную изоляцию радиаторов, находящихся под сетевым напряжением, от корпуса и между собой. На верхней поверхности корпуса (см. рис. 9б) установлены две розетки европейского типа для подключения нагрузки. Силовой провод припаян к пластинам розеток, служащим контактами для вилок. Неоновые лампы закреплены в оправках для светодиодов диаметром 3 и 5 мм на верхней поверхности корпуса розеток.

Все слаботочные соединения выполнены проводом МГТФ сечения 0,2 мм². На рисунке 9 видно, что нижняя и верхняя части корпуса имеют вентиляционные отверстия, необходимые для охлаждения тиристорных. Стоимость покупных комплектующих изделий, как видно из таблицы, не превышает 400 руб.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Приведённые в статье схемы тиристорных и симисторных выключателей переменного тока имеют следующие особенности:

- простоту, которая определяет их высокую надёжность, низкую стоимость и малые габариты;
- гальваническую изоляцию управляющих контактов от сетевого напряжения, обеспечивающую безопасность в условиях высокой влажности;
- использование простого гальванически изолированного бестрансформаторного источника питания с гасящими конденсаторами для включения оптосимистора по сравнению с обычным сетевым трансформатором существенно уменьшает размер

устройства и снижает его стоимость, а также повышает степень гальванической изоляции;

- особенность схемы позволяет разместить электроконтактный термометр на значительном удалении от силовой части устройства, что обеспечивает дополнительную защиту от поражения электрическим током;
 - управляющий оптосимистор, оснащённый схемой определения перехода сетевого напряжения через ноль, существенно понижает уровень сетевых помех при коммутации;
 - электроконтактный термометр повышает до 0,1°C точность определения температуры, при которой происходит включение и выключение нагрузки.
- В процессе эксплуатации устройство продемонстрировало безотказную работу с нагрузкой мощностью 2 кВт и слабый саморазогрев.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бруфман С.С., Трофимов Н.А. Тиристорные переключатели переменного тока. Энергия. 1969.

2. Ладька А. Безопасное управление тиристорами. Радио. №2. 2005.
3. Дорофеев М. Бестрансформаторный блок питания с гасящим конденсатором. Радио. №1. 1995.
4. Кузьминов А. Применение ИС цифровых изоляторов ADUM7441 и ADUM3473 для гальванической развязки интерфейса RS232. Современная электроника. №9. 2011.
5. Кузьминов А. Преобразователь интерфейсов USB-SPI с гальванической развязкой. Современная электроника. №1-2. 2012.
6. Application Note AN-3003. Applications of Random Phase Crossing Triac Drivers. www.fairchildsemi.com.
7. Application Note AN-3004. Applications of Zero Voltage Crossing Optically Isolated Triac Drivers. www.fairchildsemi.com.
8. Application Note AN-3008. RC Snubber Networks for Thyristor Power Control and Transient Suppression. www.fairchildsemi.com.
9. AND8030/D. Series, Inverse-Parallel and Turn-Off Connections for SCR Thyristor Devices. http://onsemi.com.
10. Thyristor Device Data. TRIACs, SCRs, Surge Suppressors, and Triggers. DL137/D. Rev.7, May 2000. http://onsemi.com.





Активный компонент вашего бизнеса

www.prochip.ru



ПРОСОФТ предлагает

- Различные решения по подбору элементной базы
- Осуществление поставок комплектующих для серийного производства и новых разработок
- Оптимизацию схемотехнических решений
- Оказание технической и информационной поддержки

Тел.: (495) 232-2522 • info@prochip.ru

Реализация профиля клавиатуры USB HID на плате STM32 Mini

Андрей Шаронов, Валерий Володин, Равиль Бикметов (г. Пермь)

Интерфейс USB становится всё более популярным для подключения микроконтроллерных устройств к компьютеру. Чаще всего используется профиль виртуального последовательного порта CDC, но профиль USB HID обладает своими преимуществами. В статье описывается реализация устройства HID и HID-клавиатуры на основе платы STM32 Mini.

На сегодняшний день интерфейс USB широко представлен на персональных компьютерах и зачастую является практически единственным интерфейсом для периферийных устройств. Наиболее распространённым средством подключения микроконтроллера (МК) к порту USB долгое время были ИС типа FT232, эмулирующие виртуальный последовательный порт через выводы интерфейса UART микроконтроллера. С появлением МК, оснащённых контроллером USB, стал использоваться профиль CDC, который также



Рис. 1. Внешний вид платы STM32 Mini

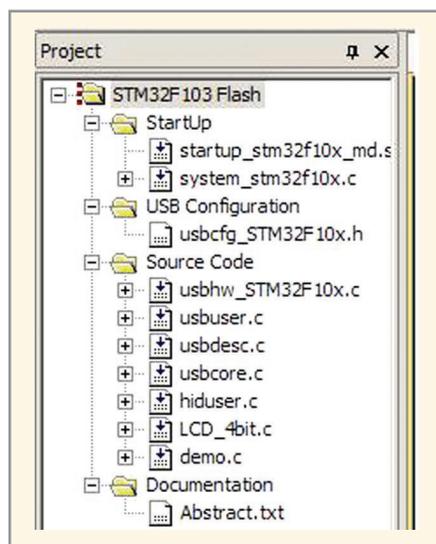


Рис. 2. Дерево проекта устройства USB HID

создаёт виртуальный последовательный порт.

Наравне с профилем виртуального последовательного порта существует профиль HID, формально предназначенный для устройств взаимодействия с человеком. Фактически, его можно применить для подключения любого прибора, которому достаточно скорости обмена 64 кбит/с (именно с такой скоростью передаются данные в профиле HID). При такой низкой скорости передачи данных профиль HID имеет ряд преимуществ:

- устройство USB HID не требует установки драйверов под ОС Windows;
- в управляющую программу не требуется вводить окно выбора виртуального последовательного порта, к которому подключено устройство;
- профиль USB HID используют стандартные устройства ввода, такие как клавиатура, мышь и джойстик, и разработчик может заставить компьютер «видеть» в своём приборе одно из этих устройств.

Когда была поставлена задача разработки устройства, эмулирующего USB-клавиатуру, выбор профиля HID был очевиден. В качестве аппаратной платформы использовалась плата STM32 Mini компании OurSTM на основе микроконтроллера STM32F103VET. Внешний вид платы показан на рисунке 1.

ПЕРЕНОС СТАНДАРТНОГО ПРИМЕРА USB HID ОТ KEIL НА ПЛАТУ STM32 MINI

Прежде чем приступить к проекту эмулятора USB-клавиатуры для платы STM32 Mini, было решено адаптировать для этой платы проект устройства HID, предлагаемый в комплекте поставки программной среды Keil uVision. Для переноса был выбран проект для

платы Keil MCBSTM32, находящийся в папке C:\каталог установки Keil\ARM\Boards\Keil\MCBSTM32\USBHID. Схема платы STM32 Mini поставляется в комплекте с самой платой; схема MCBSTM32 доступна в Интернете, например, в [1]. При сравнении плат были найдены следующие различия:

- в плате MCBSTM32 используется МК типа STM32F103RB; в плате STM32 Mini используется, как уже говорилось выше, STM32F103VET;
- транзистор, управляющий подтяжкой линии USB D+ к плюсу питания (чтобы сообщить Windows о подключении нового устройства), подключён к разным выводам портов микроконтроллера у разных плат, – к PC13 на STM32 Mini и к PD2 на MCBSTM32;
- в составе STM32 Mini имеется только одна кнопка и один светодиод, подключённые к портам PB15 и PB5, соответственно;
- в составе STM32 Mini поставляется графический ЖКИ, более сложный в управлении, чем символьный дисплей платы MCBSTM32, поэтому было решено отказаться от использования дисплея в проекте.

С учётом этих особенностей перенос проекта на новую плату осуществлялся поэтапно:

1. Замена микроконтроллера в свойствах проекта;
2. Изменения в процедурах инициализации USB в соответствии с подключением транзистора;
3. Удаление вызова функций, обслуживающих ЖКИ;
4. Изменение процедуры инициализации портов управления светодиодами и обработки кнопок, а также управляющих функций Call-back.

Прежде чем приступить к изменению проекта, ознакомимся с его структурой. В таблице 1 приведено описание функций каждого файла из состава проекта устройства USB HID от Keil. Дерево проекта показано на рисунке 2.

Заменим МК в настройках проекта. Для этого переходим в настройки проекта, например, Project → Options for Target... и открываем вкладку Device, где заменяем МК STM32F103RB на

STM32F103VE. Выбираем ОК и закрываем диалоговое окно.

Переходим к файлу *usbhw_STM32F10X.c*. Нас интересуют функции *USB_Init()* и *USB_Connect()*, отвечающие, соответственно, за начальную настройку USB-интерфейса и сообщение компьютеру об обнаружении нового устройства. В данных функциях требуется изменить команды, отвечающие за настройку порта и управление транзистором, отвечающим за подтяжку линии D+ к плюсу питания. Поскольку на плате STM32 Mini транзистор подключен к выводу PC13 вместо PD2, функции следует изменить в соответствии с листингом 1.

Теперь перейдём к основному циклу программы, т.е. к файлу *demo.c*. Здесь необходимо убрать функции, отвечающие за инициализацию ЖКИ и вывод на него информации. Фактически, необходимо закомментировать подключение заголовочного файла *LCD.h* и удалить следующие строки:

```
lcd_init();
lcd_clear();
lcd_print(" MCBSTM32 HID ");
set_cursor(0, 1);
lcd_print(" www.keil.com ");
```

После чего следует изменить строки инициализации портов ввода-вывода, к которым подключены светодиоды и кнопки. В нашем случае необходимо включить тактирование порта B и настроить PB5 на вывод, а PB15 – на ввод, обеспечив подтяжку к плюсу питания. После всех изменений главный цикл программы будет выглядеть следующим образом (см. листинг 2).

Теперь осталось изменить функции Call-back, отвечающие за считывание кнопок и управление светодиодами. В нашем случае это *GetInReport()* и *SetOutReport()*, соответственно. В функции считывания ставим опрос кнопки, подключённой к порту PB15. Как и в оригинальном примере, защита от дребезга контактов не предусмотрена. Функция *GetInReport()* будет выглядеть следующим образом:

```
void GetInReport (void)
{
    InReport = 0x00;
    if ((GPIOB->IDR & 0x8000) == 0)
        InReport |= 0x01;
}
```

Листинг 1

```
void USB_Init (void)
{
    RCC->APB1ENR |= (1 << 23); /* enable clock for USB */

    USB_IntrEna (); /* Enable USB Interrupts */

    /* Control USB connecting via SW */
    RCC->APB2ENR |= (1 << 4); /* enable clock for GPIOC */
    GPIOC->BSRR = 0x2000; /* set PC13 */
    GPIOC->CRH &= ~0x00F00000; /* clear port PC13 */
    GPIOC->CRH |= 0x00700000; /* PC13 General purpose output
open-drain, max speed 50 MHz */
}

void USB_Connect (BOOL con) {

    if (con) {
        GPIOC->BRR = 0x2000; /* reset PC13 */
        CNTR = CNTR_FRES; /* Force USB Reset */
        CNTR = 0;
        ISTR = 0; /* Clear Interrupt Status */
        CNTR = CNTR_RESETM | CNTR_SUSPM | CNTR_WKUPM;
        /* USB Interrupt Mask */
    } else {
        CNTR = CNTR_FRES | CNTR_PDWN; /* Switch Off USB Device */
        GPIOC->BSRR = 0x2000; /* set PC13 */
    }
}
```

Листинг 2

```
int main (void)
{
    RCC->APB2ENR |= (1UL << 3);
    GPIOB->CRL &= ~0xFFFFFFFF;
    GPIOB->CRL |= 0x33333333;
    GPIOB->CRL &= ~0xFFFFFFFF;
    GPIOB->CRL |= 0x83333333;
    GPIOB->ODR |= 0x8000;

    USB_Init(); /* USB Initialization */
    USB_Connect(__TRUE); /* USB Connect */

    while (1); /* Loop forever */
}
```

Таблица 1. Структура проекта устройства USB HID от Keil

Файл	Описание
startup_stm32f10x_md.s	Файл начальной инициализации МК
system_stm32f10x.c	Файл с функциями настройки МК, в частности, системы тактирования
usbcfg_STM32F10X.h	Файл настройки параметров интерфейса и профилей USB
usbhw_STM32F10X.c	Функции низкого уровня для организации подключения и обмена по шине USB
usbuser.c	Файл, содержащий функции «конечных точек» USB
usbdesc.c	Дескриптор USB-устройства
usbcore.c	Модуль ядра USB
hiduser.c	Файл, содержащий функции, необходимые для работы профиля HID
LCD_4bit.c	Функции для работы с дисплеем платы
demo.c	Файл, содержащий главный цикл программы и функции Call-back

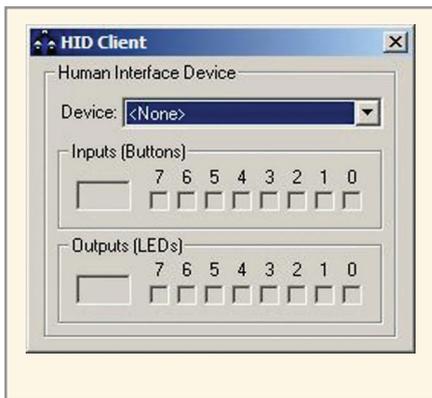


Рис. 3. Окно программы для тестирования устройства HID

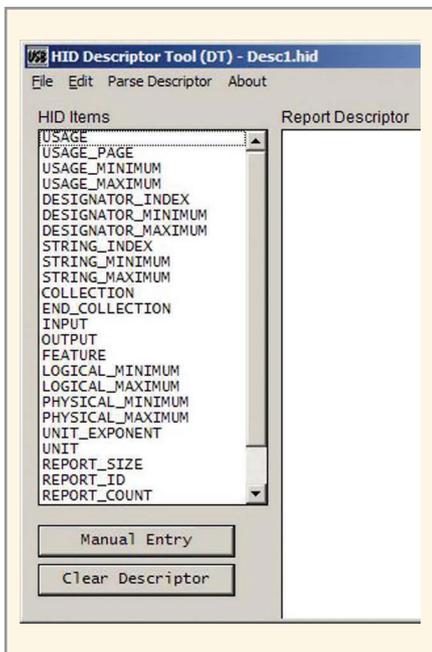


Рис. 4. Окно программы HID Descriptor Tool

В функции *SetOutReport* реализовано зажигание светодиода на порту PB5 младшим битом кадра *OutReport*:

```
void SetOutReport (void)
{
    if (OutReport & 0x01)
        GPIOB->ODR |= 0x20;
    else
        GPIOB->ODR &= ~0x20;
}
```

После компиляции программы и загрузки её в плату через отладчик необходимо извлечь кабель USB и вставить его снова. Система Windows должна указать на появление нового устройства и установить необходимые драйверы, после чего устройство появится в диспетчере задач. Проверить работоспособность можно с помощью тестовой утилиты, предлагаемой в пакете от Keil. Она находится в папке C:\ката-

Листинг 3

```
#if USB_CONFIGURE_EVENT
void USB_Configure_Event (void)
{
    U8 t=0;

    if (USB_Configuration) { /* Check if USB is configured */
        for (t=0; t<8; t++)
            InReport[t]=0;
        USB_WriteEP(0x81, InReport, sizeof(InReport));
    }
}
#endif
```

лог установки Keil\ARM\Utilities\HID_Client\Release, рабочее окно показано на рисунке 3.

До начала работы с платой её необходимо отметить (выбрать) в выпадающем списке. После чего можно управлять светодиодом, устанавливая или снимая галочку с младшего разряда, и регистрировать нажатие кнопки.

ЭМУЛЯЦИЯ КЛАВИАТУРЫ USB HID

Гораздо более интересным применением профиля HID, по мнению автора, является реализация USB-клавиатуры. Компания Keil не предлагает пример такого проекта, хотя эмуляция мыши присутствует для отладочных плат и достаточно легко адаптируется для других плат. Однако нас интересовала именно клавиатура. Достаточно подробно этот вопрос был рассмотрен в обсуждении [2].

Прежде всего, необходимо заставить компьютер обнаружить плату в качестве клавиатуры. Для этого следует изменить дескриптор устройства – файл *usbdesc.c*, а именно, исправить содержимое структуры *HID_ReportDescriptor[]*, а также устройства VID и PID в структуре *HID_DeviceDescriptor[]*.

Для заполнения первой структуры воспользуемся программой HID Descriptor Tool [3], окно которой показано на рисунке 4. В составе программы есть образцы дескрипторов нескольких USB-устройств. Файл *Keyboard.bid* содержит дескриптор клавиатуры. Этот файл необходимо открыть с помощью программы, и содержимое, которое появится в поле *Report Descriptor*, следует поместить в структуру *HID_ReportDescriptor[]*.

В качестве устройства VID и PID были использованы идентификаторы примера USB-клавиатуры от Texas Instruments – VID 0x2047 и PID 0x0401. После приведённых выше изменений

проект можно скомпилировать и загрузить в плату. Выключение и включение разъёма USB заставит Windows обнаружить новое устройство – клавиатуру. В этом можно убедиться, открыв диспетчер устройств, среди которых будет дополнительная USB-клавиатура.

Далее необходимо внести изменения в основной текст программы. Дескриптор предполагает, что сообщение, передаваемое компьютеру, – *InReport* – является массивом 8 байт, имеющим структуру, показанную в таблице 2. Исходя из этого, в файле *demo.c* исправим объявление переменной *InReport* на объявление восьмибайтового массива того же типа. Также необходимо исправить объявление этой переменной и в файле *demo.h*. В таблице 3 приведена структура нулевого байта *InReport* – поля информации о нажатых управляющих клавишах.

После этого откроем файл *usbuser.c*. В функцию обработки запроса конфигурации *USB_Configure_Event()* необходимо добавить обнуление массива *InReport*. В результате изменений функция выглядит следующим образом – листинг 3.

Также необходимо внести изменения в функцию обработки первой конечной точки, так как в предыдущем варианте программы передавался только один байт. После изменения данная функция будет выглядеть следующим образом:

```
void USB_EndPoint1 (U32 event)
{
    switch (event) {
        case USB_EVT_IN:
            GetInReport();
            USB_WriteEP(0x81, InReport,
                sizeof(InReport));
            break;
    }
}
```

Теперь перейдем к файлу *hiduser.c*. Здесь необходимо изменить функцию *HID_GetReport()* – сделать так, чтобы в случае прихода запроса на чтение в буфер *EP0Buf* копировалось содержимое всего массива *InReport* (см. листинг 4).

Теперь осталось изменить функцию обработки кнопок в файле *demo.c*. В нашем случае нажатие на кнопку платы будет соответствовать нажатию клавиши с цифрой 1 на клавиатуре. Таблицу скан-кодов клавиатуры USB HID можно найти в [4].

```
void GetInReport (void)
{
    InReport[2] = 0x00;
    if ((GPIOB->IDR & 0x8000) == 0)
        InReport[2]=30;
}
```

Скомпилируем проект и снова загрузим его в плату. После переподключения платы к USB она сможет эмулировать нажатие клавиши «1» и печатать эту цифру в любом текстовом редакторе.

Переменная *OutReport* в данном примере отвечает за состояние светодиодов клавиатуры. Она не нуждается в каких-либо изменениях. Структура битового поля данной переменной приведена в таблице 4, в соответствии с которой были внесены изменения в функцию Call-back управления светодиодами:

```
void SetOutReport (void)
{
    if (OutReport & 0x02)
        GPIOB->ODR |= 0x20;
    else
        GPIOB->ODR &= ~0x20;
}
```

После таких изменений зажигание светодиода платы происходит по нажатию клавиши Caps Lock. Проверить работоспособность функции достаточно просто, поскольку ОС Windows рассматривает все подключенные к компьютеру клавиатуры как единое целое. Поэтому нажатие клавиши Caps Lock на одной клавиатуре приведёт к зажиганию соответствующего светодиода на всех подключенных клавиатурах.

ЛИТЕРАТУРА

1. MCBSTM32 V1.1. Schematics. www.keil.com/mcbsm32/mcbsm32-schematics.pdf.
2. LPC2368 HID KeyBoard. www.keil.com/forum/13867/.

Листинг 4

```
BOOL HID_GetReport (void)
{
    unsigned char t=0;

    /* ReportID = SetupPacket.wValue.WB.L; */
    switch (SetupPacket.wValue.WB.H) {
    case HID_REPORT_INPUT:
        GetInReport();
        for (t=0; t<sizeof(InReport); t++)
            EP0Buf[t] = InReport[t];
        break;
    case HID_REPORT_OUTPUT:
        return (__FALSE); /* Not Supported */
    case HID_REPORT_FEATURE:
        /* EP0Buf[] = ...; */
        /* break; */
        return (__FALSE); /* Not Supported */
    }
    return (__TRUE);
}
```

Таблица 2. Структура сообщения, передаваемого компьютеру от клавиатуры

Байт	Назначение
0	Поле, содержащее информацию о нажатии управляющих клавиш клавиатуры
1	Зарезервировано
2	Скан-код первой нажатой клавиши
3	Скан-код второй нажатой клавиши
4	Скан-код третьей нажатой клавиши
5	Скан-код четвертой нажатой клавиши
6	Скан-код пятой нажатой клавиши
7	Скан-код шестой нажатой клавиши

Таблица 3. Структура поля, содержащего информацию о нажатых управляющих клавишах

Бит	Назначение
0	Левая клавиша Ctrl
1	Левая клавиша Shift
2	Левая клавиша Alt
3	Левая клавиша Windows
4	Правая клавиша Ctrl
5	Правая клавиша Shift
6	Правая клавиша Alt
7	Правая клавиша Windows

Таблица 4. Структура битового поля переменной *OutReport*

Бит	Назначение
0	Состояние светодиода NumLock, 0 – выключен, 1 – включён
1	Состояние светодиода CapsLock, 0 – выключен, 1 – включён
2	Состояние светодиода ScrollLock, 0 – выключен, 1- включён
3..7	Зарезервировано

3. HID Descriptor Tool. www.usb.org/developers/hidpage/dt2_4.zip.
4. USB HID Keyboard Scan Codes. www.mindrunway.ru/IgorPIHex/USBKeyScan.pdf.

Таймер, управляющий 30 независимыми нагрузками

Сергей Шишкин (г. Саров, Нижегородская обл.)

В статье описан 30-канальный таймер на базе 8-разрядного микроконтроллера фирмы ATMEL. Устройство имеет 30 программируемых независимых каналов управления нагрузками.

Структурная схема 30-канального таймера (далее устройства) представлена на рисунке 1. Устройство состоит из семи функциональных узлов: платы клавиатуры и шести 5-канальных таймеров (№ 1...6). Принципиальная схема одного 5-канального таймера (№ 1) представлена на рисунке 2.

Применение 8-разрядных микроконтроллеров (МК) в подобных устройствах вполне оправдано. Причём это может быть x51-совместимый прибор или МК семейства AVR. Схемотехника устройства при этом почти не изменяется. Таймеры № 1...6 идентичны по схеме, конструкции и алгоритму работы. Принципиальная схема платы клавиатуры представлена на рисунке 3.

Соединители X2...X7 платы клавиатуры подключаются к соединителям X7 таймеров № 1...6. Конструктивно таймер № 1 состоит из платы контроллера и каналов управления нагрузками. В таймере № 1 имеется пять независимых программируемых каналов. Каждый канал имеет свою программируемую функцию от времени. Кроме того, есть три независимых будильника. Для

каждого канала, а также для будильника, определён свой внутренний таймер. Время включения каждого будильника программируется. Таким образом, в устройстве реализовано 30 программируемых каналов управления нагрузками и 18 будильников.

Интерфейс устройства включает в себя элементы управления: галетный переключатель SA1, клавиатуру (кнопки S1...S5) и элементы управления таймерами № 1...6, – индикаторы HL1...HL6, неоновые лампы Н1...Н5 и блок индикации (дисплей) из четырёх цифровых 7-сегментных индикаторов HG1...HG4.

Галетный переключатель SA1 (ПГ2-12-6П8Н) имеет шесть положений: «1», «2»...«6». Если он установлен в положение «1», то клавиатура (кнопки S1...S5) подключены к таймеру № 1. В этом случае можно задать параметры для пяти каналов таймера № 1. Если SA1 установлен в положение «2», то можно задать параметры для таймера № 2 и т.п. Фактически, галетным переключателем SA1 клавиатура подключается к одному из шести таймеров № 1...6. Понятно, что количество подключаемых плат

таймеров зависит от числа положений галетного переключателя. Если применить один галетный переключатель на 6 направлений и 11 положений, то к плате клавиатуры можно подключить 11 плат таймеров, и количество выходных каналов увеличится до 55 (также можно использовать два галетных переключателя ПГ2-12-6П8Н).

Пусть галетный переключатель SA1 платы клавиатуры установлен в положение «1». Кнопки S1...S5 подключены к таймеру № 1. В данном случае можно задавать параметры для каналов таймера № 1.

РАБОТА СХЕМЫ

Рассмотрим работу таймера № 1 (см. рис. 2). Кнопки клавиатуры имеют следующее назначение:

S1 (Δ) – увеличение на единицу значения, индицируемого на дисплее, при установке времени в минутах во всех режимах; выключение звукового и светового сигнала при включении будильников; при удержании данной кнопки в нажатом состоянии более 4 с значение времени, индицируемое на дисплее, увеличивается на 5 единиц за 1 с;

S2 (∇) – уменьшение на единицу значения, индицируемого на дисплее, при установке времени в минутах во всех режимах; при удержании данной кнопки в нажатом состоянии более 4 с значение времени, индицируемое на дисплее, уменьшается на 5 единиц за 1 с;

S3 (P) – выбор режима работы таймера («канал 1», «канал 2», «канал 3», «канал 4», «канал 5», «будильник 1», «будильник 2», «будильник 3»); в режиме «канал 1» задаются параметры для канала № 1, в режиме «канал 2» задаются параметры для канала № 2 и т.д.;

S4 (C) – кнопка подтверждения заданных параметров для выбранного режима (канала); с нажатия данной кнопки начинается работа текущего канала (индицируемого на дисплее) таймера, и заданные параметры записываются в память МК;

S5 (I) – кнопка изменения состояния нагрузки в текущем режиме работы таймера; при каждом нажатии кнопки происходит инвертирование подключае-

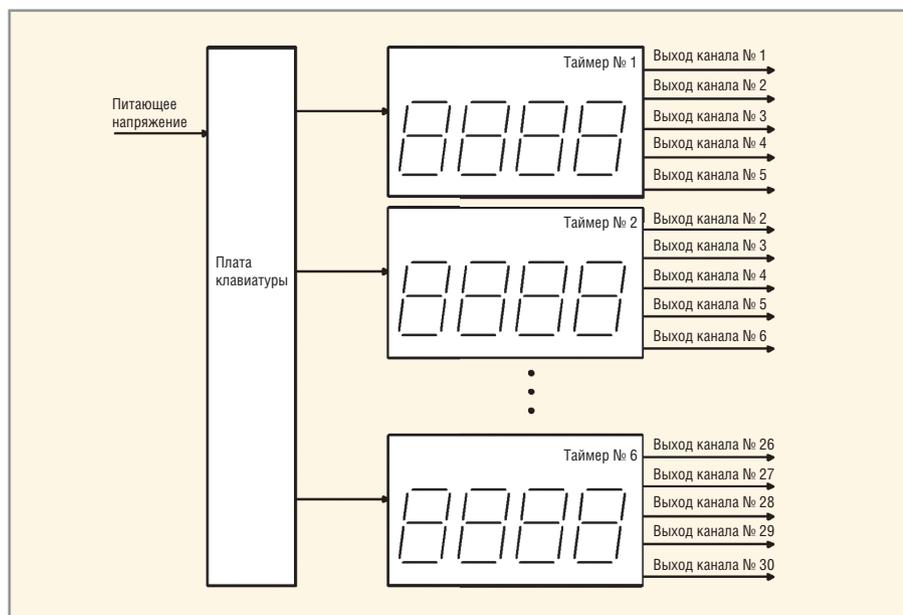
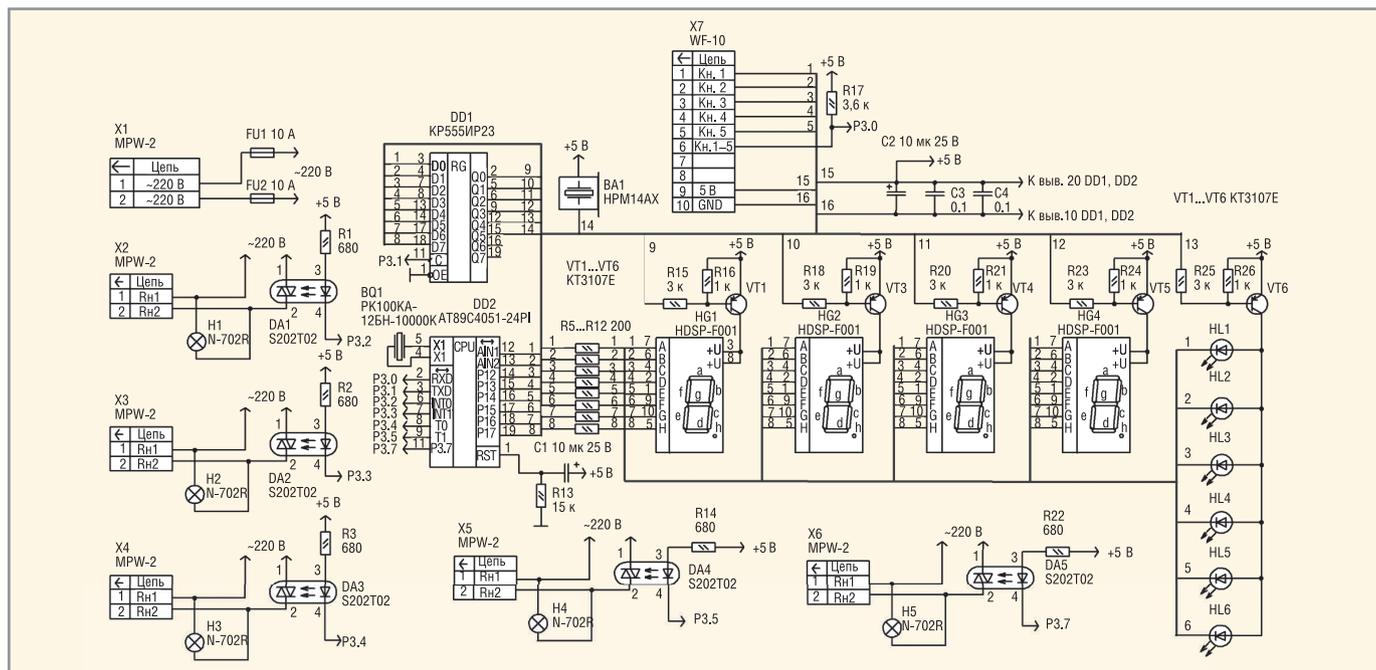


Рис. 1. Структурная схема 30-канального таймера



мой нагрузки («включено» изменяется на «выключено», и наоборот).

Разряды индикации интерфейса имеют следующее назначение (слева направо по рис. 2):

- 1 разряд (индикатор HG1) отображает «1» в режиме «канал 1», «2» в режиме «канал 2», «3» в режиме «канал 3», «4» в режиме «канал 4», «5» в режиме «канал 5», «6» в режиме «будильник 1»; «7» в режиме «будильник 2», «8» в режиме «будильник 3»;
- 2 разряд (индикатор HG2) отображает «сотни минут» во всех режимах;
- 3 разряд (индикатор HG3) отображает «десятки минут» во всех режимах;
- 4 разряд (индикатор HG4) отображает «единицы минут» во всех режимах.

Включённые индикаторы HL1...HL5 сигнализируют о том, что каналы № 1...5 запрограммированы и находятся в рабочем режиме. Неоновые лампы сигнализируют о состоянии нагрузок, подключённых к каналам № 1...5. Нагрузки подключаются к каналам № 1...5 через соединители X2...X6, соответственно.

Выходной сигнал канала № 1 (вывод 6 МК DD2) представляет собой меандр. На дисплее отображается текущее значение интервала включения (или выключения) нагрузки, которое декрементируется с каждой минутой. Как только оно станет равным нулю, сигнал на выводе 6 МК DD2 инвертируется (так же как и состояние нагрузки), а на дисплее отображается первоначальное (заданное) значение. Интервал может быть установлен от 1 до 999 минут с дискретностью 1 минута.

На выходе канала № 2 (вывод 7 МК DD2) формируется аналогичный меандр. Алгоритм работы канала № 2 аналогичен работе канала № 1. Канал № 3 (вывод 8 МК DD2) представляет собой таймер с обратным отсчётом времени. Задаваемое время – от 1 до 999 минут с дискретностью 1 минута. Алгоритм работы канала № 4 (вывод 9 МК DD2) аналогичен алгоритму работы канала № 3.

Канал № 5 (вывод 11 МК DD2) представляет собой таймер с обратным отсчётом времени и периодом работы 24 ч. Задаваемый интервал включения – от 1 до 999 минут с дискретностью 1 минута. Через 24 часа с момента включения данного канала таймер с обратным отсчётом снова включится на заданный интервал, и на индикаторе будет отображаться заданное в первоначальный момент время. Таким образом, период выходного сигнала – 24 часа, а интервал включения нагрузки составляет от 1 до 999 минут.

Каждый из трёх будильников имеет внутренний таймер с обратным отсчётом времени. Время включения каждого из будильников программируется независимо. Можно, например, запрограммировать одинаковое время включения будильников № 1...3 и каналов № 3...5.

Предусмотрена подача короткого (длительностью 1 с) звукового сигнала в момент переключения нагрузок в каналах № 1 и 2 и включение на 60 с звуковой сигнализации с частотой повторения 1 Гц при включении будильников и включении нагрузок в каналах № 3...5.

Сразу после подачи питания таймер № 1 переходит в режим «канал 1» (в первом разряде дисплея отображается «1»). Во все выводы порта P3 при инициализации МК заносятся лог. 1 (все нагрузки отключены). Для перевода канала в рабочий режим необходимо кнопками S1 (Δ) и S2 (V) установить интервал времени и нажатием на кнопку S4 (C) запустить канал, при этом включится индикатор HL1. Для установки первоначального состояния нагрузки следует нажать кнопку S5 (I). Каждое нажатие на данную кнопку инвертирует предыдущее состояние нагрузки. Все заданные параметры для текущего канала заносятся в память МК DD2. Аналогично задаются параметры при программировании других каналов.

Для перевода таймера № 1 в другой режим (для программирования других каналов и будильников) необходимо нажать кнопку S3 (P). Таким образом, можно быстро задать параметры в каждом канале таймера, и, при необходимости, оперативно их изменить. При установке времени в каналах запрещается отсчёт текущего времени в таймерах, – он запускается после нажатия на кнопку S4 (C). После установки параметров во всех каналах загораются индикаторы HL1...HL5. Каждый канал можно перепрограммировать. Для выключения канала необходимо кнопкой S2 (V) обнулить значение задаваемого параметра для таймера и нажать кнопку S4 (C).

Рассмотрим основные функциональные узлы принципиальной схемы тай-

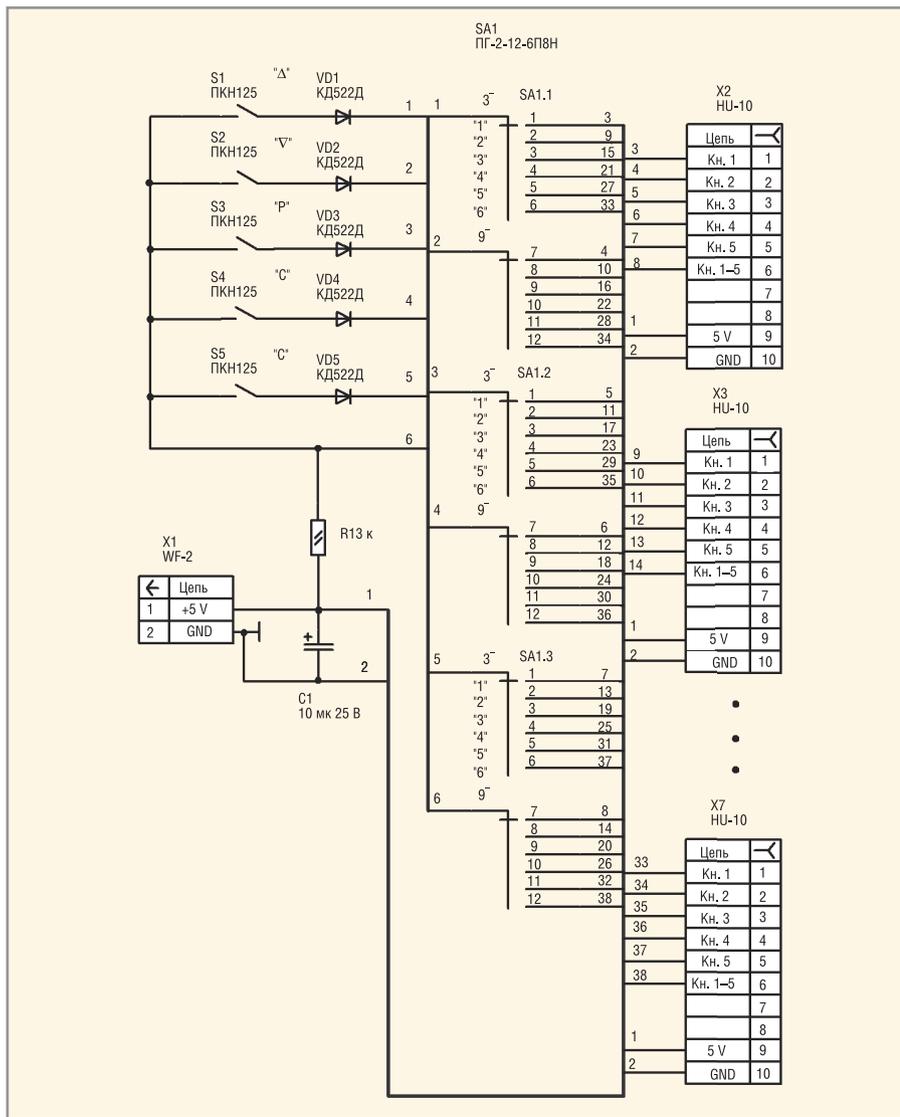


Рис. 3. Принципиальная схема платы клавиатуры

мера № 1. Основой устройства служит МК DD2, рабочая частота которого задаётся генератором с внешним резонатором ZQ1 на 10 МГц. Канал № 1 управления нагрузкой собран на твердотельном реле DA1 и управляется с вывода 6 МК DD2. Нагрузка подключается к соединителю X2. Остальные каналы идентичны. Нагрузки подключаются к соединителям X2...X6. Пьезоэлектрический излучатель BA1 управляется с вывода 15 регистра DD1. Через порт P1 МК DD2 управляет клавиатурой (кнопки S1...S5 на плате клавиатуры) и динамической индикацией. Динамическая индикация собрана на транзисторах VT1...VT6 и цифровых 7-сегментных индикаторах HG1...HG4. Коды для включения индикаторов HG1...HG4 поступают на вход P1 МК DD2. Для функционирования клавиатуры задействован вывод 2 МК DD2. Индикаторы HL1...HL6 также функционируют в режиме динамической индикации. Индикатор HL6 включается и выключается с периодом 1 с.

Лампы H1...H5 сигнализируют о состоянии нагрузок. Как видно из схемы, аппаратные возможности МК DD2 исчерпаны полностью. Цифровая часть принципиальной схемы таймера гальванически развязана от сети. Питающее напряжение +5 В поступает на таймеры № 1...6 с соединителя X1 платы клавиатуры.

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Программа МК состоит из трёх основных частей: процедуры инициализации, основной программы, работающей в замкнутом цикле, и подпрограммы обработки прерывания от таймера TF0. При инициализации во все разряды порта P3 МК DD2 записываются лог. 1. Твердотельные реле DA1...DA5 разомкнуты, нагрузки отключены. В основной программе происходит отсчёт текущего времени, коррекция текущего времени, установка времени включения будильников, сравнение текущего времени с уставками будильников, включение световых и звуковых

сигналов и перекодировка двоичного числа значений времени в код для отображения информации на 7-сегментных индикаторах устройства, включение световых и звуковых сигналов, вывод байта управления нагрузками в порт P3 микроконтроллера DD2.

Основная задача «часового» модуля программы – формирование точных временных интервалов длительностью 1 с – решена с помощью прерываний от таймера TF0 и счётчика на регистре R4. Счётчик на регистре R5 формирует интервал 1 с. Таймер TF0 формирует запрос на прерывание через каждые 3400 мкс. Счётчики, реализованные на данных регистрах, подсчитывают количество прерываний и через каждую минуту устанавливают флаг (pusk1), и текущее время в активизированных каналах декрементаруется. При вышеуказанных параметрах таймера и счётчика реальное время отстаёт за один час на 1 с, что приемлемо в бытовом устройстве. Корректировка текущего времени происходит каждый час. Интервал для таймера TF0 (3400 мкс) выбран не случайно, – каждые 3400 мкс происходит отображение разрядов динамической индикации устройства.

В памяти данных МК с адреса 30H по 57H организован буфер отображения для динамической индикации. По своему функциональному назначению адресное пространство буфера можно условно разбить на 8 функциональных групп:

1. 30H...34H – адреса, где хранится интервал времени в минутах. Эти адреса выводятся на индикацию в режиме «канал 1»;
2. 35H...39H – адреса, где хранится интервал времени в минутах. Эти адреса выводятся на индикацию в режиме «канал 2»;
3. 3AH...3EH – адреса, где хранится текущее время в минутах. Эти адреса выводятся на индикацию в режиме «канал 3»;
4. 3FH...43H – адреса, где хранится текущее время в минутах. Эти адреса выводятся на индикацию в режиме «канал 4»;
5. 44H...48H – адреса, где хранится интервал времени в минутах. Эти адреса выводятся на индикацию в режиме «канал 5»;
6. 49H...4DH – адреса, где хранится время включения будильника № 1. Эти адреса выводятся на индикацию в режиме «будильник 1»;

7. 4EH...52H – адреса, где хранится время включения будильника № 2. Эти адреса выводятся на индикацию в режиме «будильник 2»;
8. 53H...57H – адреса, где хранится время включения будильника № 3. Эти адреса выводятся на индикацию в режиме «будильник 3».

Все эти адреса загружаются в регистр R0 микроконтроллера. На регистре R1 реализован счётчик разрядов. Каждый байт из функциональной группы циклически, в подпрограмме обработки прерывания таймера TF0 (метка OT), после перекодировки выводится в порт P1 МК. Номер группы или режим работы записан в регистре R2. Для включения индикаторов HG1...HG4 необходимо установить лог. 0 на выводах 2, 5, 6, 9 регистра DD1 соответственно. Например, чтобы в режиме «канал 1» на индикаторе HG1 отображалась «1» необходимо двоично-десятичное число по адресу 30H перекодировать, вывести в порт P1 МК и записать лог. 0 в первый разряд регистра DD1 (вывод 2). Записывая поочередно после перекодировки, в цикле, в порт P1 МК байты из функциональной группы буфера отображения и вывода лог. 0 на соответствующий вывод регистра DD1, мы получаем режим динамической индикации. Каждый разряд индикатора устройства «привязан» к своему адресу в функциональной группе. Например, значение числа или символа, отображаемого на индикаторе HG1, находится в первом адресе функциональной группы (для режима «канал 1» – это 30H, а для режима «канал 2» – 35H).

По адресу 21H находится байт включения индикаторов HL1...HL6. Для включения индикаторов необходимо выставить данный байт в порт P1 МК DD2 и установить лог. 0 на выводе 12 регистра DD1 для включения транзистора VT5. Фактически, на данном транзисторе реализовано пятое знакоместо в динамической индикации.

В регистр R0 записываются адреса функциональных групп (метки ТЕМО1, ТЕМО2, ТЕМО3, ТЕМО4, ТЕМО5, ТЕМО6, ТЕМО7, ТЕМО8). При каждом обращении к подпрограмме обработки прерывания регистры R0 и R1 инкрементируются. При инициализации в регистр R0 загружается адрес 2BH (режим «канал 1»), а в R1 – число 1. В памяти данных в ячейке с адресом 20H находится байт, который управляет разрядами динамической индикации и пьезоэлектрическим излучателем BA1. Данный байт записывается в регистр DD1

сразу после записи перекодированного байта из функциональной группы в порт P1 МК. Он представляет собой код «бегущий ноль» для включения знакомест (разрядов) динамической индикации (цикл равен 3400 мкс).

В процессе обработки подпрограммы прерывания происходит опрос клавиатуры. Старшая тетрада выводимого при этом в порт P1 МК байта для клавиатуры представляет собой код «бегущий ноль». После записи данного байта в порт P1 МК DD1 анализирует сигнал на входе 2 (P3.0). В пределах вышеуказанной подпрограммы при любой нажатой кнопке на входе 2 МК присутствует лог. 0. Таким образом, каждая кнопка клавиатуры «привязана» к определённому разряду байта данных, выводимого в порт P1 МК.

Нажатие кнопки S3 (P) инкрементирует регистр R2, и, тем самым, задаёт один из вышеуказанных восьми режимов работ. При нажатии на кнопку S1 текущее значение времени на дисплее увеличивается на единицу и устанавливается флаг, разрешающий увеличивать текущее значение времени, отображаемое на дисплее. Одновременно запускается счётчик по адресу 58H, формирующий интервал 4 с. Если кнопка удерживается более 4 с, значение времени, индицируемое на дисплее, увеличивается на 5 единиц за 1 с. Интервал, в течение которого происходит увеличение времени, организован в ячейке по адресу 59H. При отпускании кнопки S1 все вышеуказанные счётчики обнуляются.

Аналогичным образом организована работа кнопки S2 для уменьшения текущего значения времени, отображаемого на дисплее. При нажатии на кнопку S2 текущее значение времени на дисплее уменьшается на единицу. Если кнопка удерживается более 4 с, значение времени, индицируемое на дисплее, уменьшается на 5 единиц за 1 с. Счётчики приведённого алгоритма для кнопки S2 организованы, соответственно, в ячейках по адресам 5AH и 5BH.

Разработанная на ассемблере программа занимает порядка 2 кбайт памяти программ МК; её можно найти в приложении к статье на интернет-странице журнала (www.soel.ru).

Фотография макета интерфейса таймера № 1 приведена на рисунке 4. В устройстве использованы резисторы C2-33H-0,125, подойдут любые другие с такой же мощностью рассеивания и допуском 5%. На плате клавиатуры конденсатор C1 типа K50-35. Галетный



Рис. 4. Фотография макета интерфейса таймера № 1

переключатель SA1 типа ПГ2-12-6П8Н на 6 положений и 8 направлений. На плате таймеров № 1...6 конденсатор C2 типа K50-35. Конденсаторы C1, C3, C4 типа K10-17.

Нагрузки, как уже отмечалось выше, подключаются к устройству через соединители (вилки) X2...X6 типа MPW-2 (ответная часть – розетки MHU-2). Данные соединители можно заменить на клемники ТВ-10-02. При необходимости выходные каналы (или какое-то количество каналов) можно реализовать на реле, чтобы подключить конкретную нагрузку.

В дисплее целесообразно выделить разряд, индицирующий текущий режим работы устройства (индикатор HG1) на фоне остальных разрядов интерфейса. Поэтому для данного разряда используется 7-сегментный индикатор красного цвета HDSP-F001 (подойдёт HDSP-F151). Индикаторы HL1...HL6 КИПД 02Б-1К – красного цвета, можно использовать любые с $I_{np} = 10$ мА. Номинальный ток предохранителей FU1, FU2 – 10 А, тип – ВП1-2 (10 А/250 В). Номинальное значение тока предохранителей определяется суммарным значением тока в нагрузках, подключаемых к устройству.

Потребление тока по каналу напряжения +5 В не превышает 300 мА. Сетевое напряжение поступает на таймер № 1 с соединителя X1 через предохранители FU1 и FU2. Неоновые лампы Н1...Н5 N-702R имеют габаритные размеры $L = 30$ мм и $d = 8,5$ мм. Параметры твердотельного реле S202T02: максимальный ток нагрузки 2 А, управляющий ток 8 мА, напряжение изоляции 3000 В. Данное реле можно заменить на S202S12 с более высокими параметрами. Для включения ещё более мощной нагрузки можно применить реле типа PF480D25 с управляющим напряжением 4...15 В, управляющим током (при $U_{упр.} = 5$ В) 15 мА, коммутируемым напряжением 48...660 В и максимальным током нагрузки 25 А.

В устройстве отсутствуют настройки и регулировки, и если монтаж выполнен правильно, оно начинает работать сразу после подачи напряжения питания.

Средства VHDL для функциональной верификации цифровых систем: пакет RandomPkg

Николай Авдеев, Пётр Бибило (г. Минск, Беларусь)

Статья посвящена описанию типов данных и функций пакета RandomPkg, входящего в методологию OS-VVM и предназначенного для псевдослучайной генерации чисел. На нескольких примерах показано, как можно использовать псевдослучайную генерацию в тестирующих программах.

ВВЕДЕНИЕ

С развитием средств сквозного автоматизированного проектирования всё больше внимания уделяется проблемам верификации описаний цифровых систем, получаемым на различных этапах их проектирования. Были разработаны методы и системы формальной верификации для описаний, представленных на языке VHDL. В настоящее время возрастание сложности проектируемых систем, реализуемых на программируемых логических схемах типа FPGA и системах на кристалле, на передний план выдвигает проблемы проверки соответствия высокоуровневых VHDL-моделей цифровых систем спецификациям на их разработку. Такая верификация реализуется на основе моделирования и требует

введения в VHDL новых конструкций, создания соответствующих VHDL-пакетов для написания всё более сложных тестирующих программ. Одним из направлений такой верификации является функциональная верификация, основанная на генерации псевдослучайных тестовых наборов и функциональном покрытии.

В статьях [1, 2] рассмотрена проблема функциональной верификации исходных VHDL-описаний цифровых систем по методологии OS-VVM (Open Source VHDL Verification Methodology). Под функциональной верификацией понимается проверка соответствия VHDL-описания проекта цифровой системы заданным спецификациям. Функциональная верификация дополняет тестирование VHDL-моделей с помощью направленных тестов и аппарата ассертов [3]. В статье [1] изучается тип protected (защищённый тип), в статье [2] представлены примеры тестирующих программ. В них используются подпрограммы и типы данных, декларированные в VHDL-пакетах RandomPkg, CoveragePkg, поддерживающих методологию OS-VVM. Эти VHDL-пакеты используют стандарт VHDL'2008.

Предлагаемая статья посвящена описанию типов данных и функций пакета RandomPkg версии 2013.04 для псевдослучайной генерации чисел. Возможности генерации псевдослучайных чисел пакета RandomPkg могут быть использованы самостоятельно для создания настраиваемых псевдослучайных тестов и среды верификации (testbench). На примерах будет показано, как можно использовать псевдослучайную генерацию без использования покрытия. Следует отметить, что псевдослучайные тесты сами по себе, т.е. без сбора информации о покрытии, являются малополез-

ными, так как неизвестно, что было проверено с их помощью. Функции интеллектуального покрытия [2] пакета CoveragePkg используют функции пакета RandomPkg, который следует рассмотреть в первую очередь, а уже затем – функции пакета CoveragePkg, предназначенные для оценки покрытия функциональности. Предполагается, что читатели знакомы с материалом статей [1, 2].

УПРОЩЁННАЯ ГЕНЕРАЦИЯ СЛУЧАЙНЫХ ЧИСЕЛ

В пакете RandomPkg декларируется защищённый тип RandomPType, который включает в себя начальное значение (seed) псевдослучайного генератора и набор функций для генерации случайных чисел в различных форматах и диапазонах. Функции защищённого типа RandomPType могут не только возвращать псевдослучайное число, но и обновлять значение внутренней переменной, хранящей seed. Генерация псевдослучайных чисел с использованием типа RandomPType (см. листинг 1) проходит в три этапа: декларация переменной данного типа, настройка генератора (в простейшем случае, задание начального значения seed) и получение псевдослучайного числа.

Вызов метода (функции или процедуры) защищённого типа включает имя переменной защищённого типа (RV), имя вызываемого метода с указанием фактических параметров (в примере это записано как RV.RandInt(1, 10)).

ЗАДАНИЕ НАЧАЛЬНОГО ЗНАЧЕНИЯ (SEED) ГЕНЕРАТОРА

Переменные, функции и процедуры, объявленные в теле защищённого типа, являются закрытыми и доступны только через общие методы, которые объявляются в декларативной части защищённого типа. Для хранения начального значения генератора псевдослучайных чисел в теле защищённого типа RandomPType декларируется переменная RandomSeed типа RandomSeedType, который представляет собой массив из двух элементов типа integer:

Листинг 1

```
library work;
use work.RandomPkg.all;

entity TestRnd is
end entity TestRnd;

architecture beh of TestRnd is
  signal X : integer;
begin
  GenRnd : process is
    -- декларация переменной RV
    variable RV : RandomPType;
    begin
      -- задание значения seed
      RV.InitSeed(RV.instance_name);
      for i in 1 to 1000 loop
        -- получение числа из
        -- диапазона [1, 10]
        X <= RV.RandInt(1, 10);
        wait for 10 ns;
      end loop;
      wait;
    end process GenRnd;
  end architecture beh;
```

```
type RandomSeedType is
  array (1 to 2) of integer;
  . . .
variable RandomSeed :
  RandomSeedType :=
  GenRandSeed(integer_vector'(1,7));
```

Пакет RandomPkg опирается на два вспомогательных пакета RandomBasePkg и SortListPkg_int. Функция GenRandSeed – это перегруженная функция, описанная в пакете RandomBasePkg, которая преобразует integer_vector, integer или string в тип RandomSeedType. По умолчанию, переменной RandomSeed назначается значение (1, 7), таким образом, генератор псевдослучайных значений готов к работе сразу после декларации переменной типа RandomPType. Но если в тестирующей программе необходимо несколько генераторов (т.е. несколько переменных типа RandomPType), причем таких, чтобы каждый из генераторов выдавал различные последовательности псевдослучайных чисел, то необходимо задать свои значения seed каждому генератору, т.е. инициализировать начальное значение seed для каждой переменной.

Для задания начального значения seed в защищенном типе RandomPType используется метод InitSeed (представляющий собой VHDL-процедуру), который преобразует значение своего аргумента к типу RandomSeedType и назначает это значение внутренней переменной RandomSeed. Метод InitSeed является перегруженным, чтобы принимать значения типа integer, integer_vector или string:

```
procedure InitSeed(I : integer);
procedure InitSeed(IV: integer_vector);
procedure InitSeed(S : string);
```

Рекомендуется задавать уникальные значения seed с помощью строковой константы, возвращаемой атрибутом instance_name:

```
RV.InitSeed(RV'instance_name);
```

В тестирующей программе, выполняемой длительное время, можно периодически читать текущее значение seed (значение внутренней переменной RandomSeed) и выводить его в файл или в окно сообщений. Если во время выполнения программы произойдет сбой (ошибка), то значение seed, которое было записано перед сбоем, может быть легко восстановлено. Это ускорит

отладку, т.к. не понадобится повторно проводить моделирование с начала, а можно будет начать с места последнего сохранённого значения seed.

Методы GetSeed и SetSeed используются для чтения и задания значения seed: метод GetSeed возвращает значение типа RandomSeedType, а метод SetSeed берёт значение типа RandomSeedType и назначает его внутренней переменной RandomSeed, хранящей seed. Декларации этих методов приведены ниже.

```
procedure SetSeed(RandomSeedIn:
  RandomSeedType);
impure function GetSeed
  return RandomSeedType;
```

В пакете RandomBasePkg описаны процедуры write и read, позволяющие читать и записывать значение типа RandomSeedType, а также функция to_string для преобразования значения типа RandomSeedType в тип string. Эти подпрограммы не входят в защищенный тип RandomPType. Ниже будет приведен список функций и процедур ввода-вывода.

В защищенном типе RandomPType объявлены функция и процедура SeedRandom, которые являются аналогами функции GetSeed и процедуры SetSeed:

```
procedure SeedRandom
  (RandomSeedIn: RandomSeedType);
impure function SeedRandom
  return RandomSeedType;
```

ГЕНЕРАТОР ПСЕВДОСЛУЧАЙНЫХ ЧИСЕЛ ПАКЕТА RANDOMPKG

В защищенном типе RandomPType базовый генератор псевдослучайных чисел (метод RandInt, см. табл. 1¹) генерирует значение типа integer, которое либо входит в какой-то диапазон, либо в набор значений – чисел. Набор генерируемых чисел и набор исключаемых при генерации чисел имеют тип integer_vector (введённый в язык стандартом VHDL-2008).

Примеры использования базовых функций генерации псевдослучайных чисел приведены в листинге 2.

Когда задаётся массив типа integer_vector, то дополнительные круглые скобки означают, что это массив (набор) чисел, например,

```
D := RV.RandInt( ( 1,3,7,9 ) );
```

Листинг 2

```
RndGenProc : process
-- защищённый тип из RandomPkg
  variable RV : RandomPType ;
  variable D : integer ;
begin
-- Задание значения seeds
RV.InitSeed(RV'instance_name);
-- Получение значения
-- из диапазона [0, 255]
D := RV.RandInt(0, 255);
. . .
-- Получение значения в
-- диапазоне [1, 9], исключая
-- значения 2,4,6,8
D := RV.RandInt(1,9,(2,4,6,8));
. . .
-- Получение значения из
-- набора чисел 1,3,7,9.
D := RV.RandInt( ( 1,3,7,9 ) );
. . .
-- Получение значения из
-- набора 1,3,7,9, исключая
-- значения 3,7
D:=RV.RandInt( ( 1,3,7,9 ), (3,7) );
```

Внутренняя пара скобок относится к заданию набора чисел. Внешняя пара скобок требуется, так как набор чисел (1, 3, 7, 9) является аргументом вызываемой функции.

Функции генерации доступны не только для целых чисел, но и для векторных типов std_logic_vector (RandSlv), unsigned (RandUnsigned) и signed (RandSigned). При этом значения параметров по-прежнему задаются как целые числа (integer), но при вызове этих функций следует указать дополнительный параметр – разрядность генерируемого вектора. Например, следующий вызов метода RandSlv задаёт требование генерации числа, представленного массивом – восьмиразрядным вектором типа std_logic_vector:

```
. . .
variable DataSlv :
  std_logic_vector(7 downto 0);
begin
. . .
-- Получение вектора
-- из диапазона [0,255]
DataSlv := RV.RandSlv(0,255,8);
```

Для генерации псевдослучайных чисел вещественного типа real из диапазона (Min, Max) в пакете RandomPkg имеется функция RandReal. Так же как

¹Указанные в статье таблицы можно скачать с сайта журнала (раздел «Дополнительные материалы к статье»)

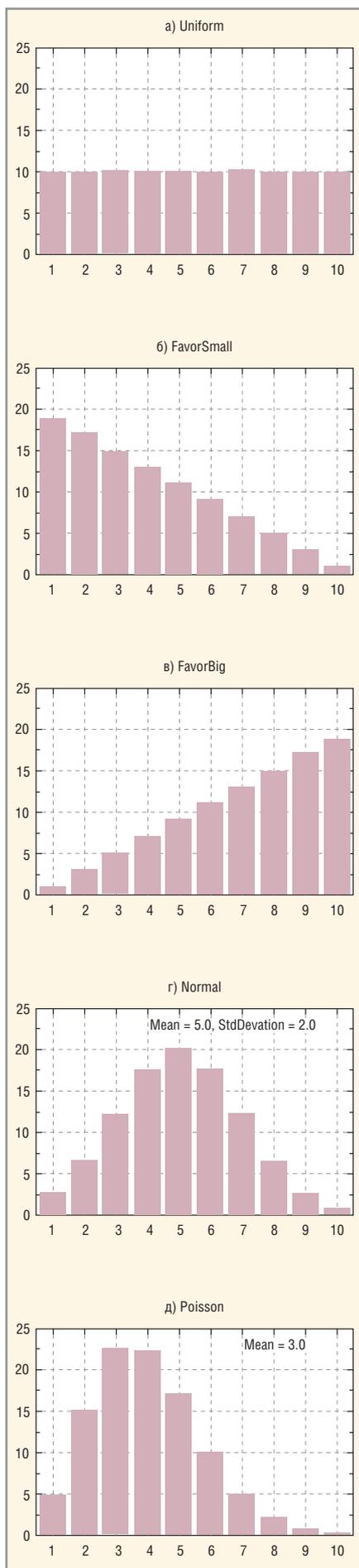


Рис. Законы распределения для разных функций генерации псевдослучайных чисел

и процедура IEEE.math_real.uniform, она никогда не генерирует свои граничные значения Min, Max. Функция RandReal, вызванная без параметров, возвратит вещественное число из диапазона (0, 1).

В пакете RandomPkg описан также ряд функций генерации псевдослучайных чисел, имеющих упрощённый вызов (сокращённый набор указываемых при вызове входных аргументов). Функция RandInt, вызываемая с одним целым параметром (Max), возвращает целое число из диапазона [0, Max]. Если при вызове функции, возвращающей псевдослучайный вектор (методы RandSlv, RandUnsigned, RandSigned), передать два целочисленных параметра (Max, Size), то будет получен вектор размерности Size, псевдослучайное значение которого лежит в диапазоне [0, Max]. Если при вызове этих функций задать только один параметр Size, то функции RandSlv, RandUnsigned возвратят псевдослучайный вектор, значение которого лежит в диапазоне $[0, 2^{Size-1}]$, а функция RandSigned – возвратит вектор из диапазона $[-2^{Size-1}, 2^{Size-1}-1]$.

В таблице 1 представлен список перегруженных базовых функций генерации псевдослучайных чисел, заданных в защищённом типе RandomPType. Символ «←» означает, что функция не имеет соответствующего параметра. Если же функция имеет параметр, то для него в таблице указывается тип данных. Через Min, Max обозначены границы диапазона генерируемых значений чисел; A – набор чисел, из которых случайным образом выбирается число; Exclude – набор чисел, исключаемых из диапазона генерируемых псевдослучайных чисел. В столбце Return указан тип значения, возвращаемого функцией. В таблице 1 (и других таблицах) приняты следующие сокращения названий типов: int соответствует типу integer; iv – integer_vector; nat – natural; sig – signed; usig – unsigned; slv – std_logic_vector.

Задание закона распределения псевдослучайных чисел

По умолчанию, функции Rand* (см. табл. 1) возвращают случайные числа, подчиняющиеся равномерному закону распределения (реализованному с помощью процедуры uniform пакета math_real из библиотеки IEEE). Через * в именах Rand* обозначено одно

из пяти возможных окончаний, входящих в полное имя функции – Real, Int, Slv, Unsigned, Signed, которые обозначают тип данных возвращаемого числа real, integer, std_logic_vector, unsigned и signed соответственно.

Равномерный закон распределения можно изменить. В защищённом типе RandomPType для хранения названия текущего закона распределения и его параметров используется внутренняя переменная RandomParm, имеющая тип RandomParmType, представляющий собой запись с полями: Distribution, Mean, StdDeviation:

```
type RandomParmType is record
  Distribution : RandomDistType;
  Mean : Real;
  StdDeviation : Real;
end record ;
```

Поле Distribution задаёт название распределения и имеет тип RandomDistType – перечислимый тип со следующими возможными значениями: NONE (начальное значение), UNIFORM (равномерный закон распределения), FAVOR_SMALL (распределение с преобладанием малых значений), FAVOR_BIG (распределение с преобладанием больших значений), NORMAL (нормальный закон распределения, закон Гаусса), POISSON (распределение Пуассона). Примеры таких распределений будут приведены ниже. Декларация типа RandomDistType:

```
type RandomDistType is (NONE,
  UNIFORM, FAVOR_SMALL,
  FAVOR_BIG, NORMAL, POISSON);
```

Значение NONE соответствует равномерному закону распределения, как и UNIFORM, но позволяет проверить, было ли текущее распределение значением по умолчанию (т.е. NONE) или было изменено в ходе выполнения тестирующей программы.

Значение поля Mean в записи RandomParmType используется, если поле Distribution задано равным NORMAL или POISSON, а значение поля StdDeviation – только при Distribution = NORMAL.

Задать и прочитать значение внутренней переменной RandomParm можно с помощью перегруженных методов SetRandomParm и GetRandomParm. Процедура SetRandomParm имеет два интерфейса. В первом процедуре передаётся один параметр типа

RandomParmType, во втором – три параметра: Distribution (тип RandomDistType), Mean и Deviation (равные по умолчанию 0.0 – вещественный ноль). Функция GetRandomParm также имеет два интерфейса и возвращает значение типа RandomParmType или RandomDistType, например,

```
RV.SetRandomParm(NORMAL, 5.0, 2.0);
RV.SetRandomParm(FAVOR_SMALL);
```

Изменить закон распределения для функций Rand* также можно с помощью вызова метода SetRandomMode, входным параметром для которого является значение типа RandomDistType. Этот метод обеспечивает совместимость с предыдущими версиями пакета. Например, чтобы задать распределение с преобладанием малых значений, необходимо выполнить следующую команду

```
RV.SetRandomMode(FAVOR_SMALL);
```

В защищённом типе RandomPType есть несколько перегруженных функций Uniform, FavorSmall, FavorBig, Normal, Poisson (см. табл. 2), которые возвращают псевдослучайные значения, подчиняющихся соответствующим законам распределения, независимо от значения внутренней переменной RandomParm (т.е. закона распределения, заданного по умолчанию). На рисунке показаны графики распределения вероятностей появления случайных чисел для этих функций, построенные для 100 000 случайных чисел. Ниже приводятся соответствующие вызовы функций:

```
X := RV.Uniform(min=>1, max=>10);
X := RV.FavorSmall(
    min => 1, max => 10);
X := RV.FavorBig(min =>1,max =>10);
X := RV.Normal(Mean => 5.0,
    StdDeviation => 2.0, Min => 1,
    max => 10, Exclude => NULL_INTV);
X := RV.Poisson(Mean=>1.0, min=>1,
    max => 10, Exclude => NULL_INTV);
```

В двух последних примерах значением параметра Exclude является пустой массив, для задания которого используется константа NULL_INTV, которая объявлена в декларативной части пакета RandomPkg следующим образом:

```
constant NULL_INTV :
    integer_vector (0 downto 1) :=
    (others => 0);
```

При задании закона распределения NORMAL (с использованием процедуры SetRandomParm) или вызове функции Normal следует учитывать, что значение StdDeviation не должно быть меньше нуля. При этом значение параметра Mean соответствует медиане (среднему значению), а значение StdDeviation – дисперсии. Для распределения Пуассона (функция Poisson) значение параметра Mean должно быть больше нуля, но при этом не может быть слишком большим (не более 709). Функция Poisson

возвращает целые значения, бóльшие нуля.

Следует обратить внимание, что в более ранних версиях пакета RandomPkg функции FavorSmall и FavorBig назывались Favor_small и Favor_big.

ВЗВЕШЕННАЯ ГЕНЕРАЦИЯ ПСЕВДОСЛУЧАЙНЫХ ЧИСЕЛ

Кроме стандартных законов распределения случайной величины в пакете существует возможность взвешенной генерации – так называют [3] генера-



Магнитодиэлектрики MICROMETALS

Применение сердечников Micrometals гарантирует:

- снижение стоимости индуктивных компонентов
- повышение надёжности аппаратуры
- снижение потерь на 30...50% по сравнению с ферритами
- оптимизацию конструкции и уменьшение габаритов индуктивных компонентов



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



Реклама

цию по произвольному закону распределения с помощью указания списка требуемых значений целых чисел и их вероятностей появления (весов). Для этого в пакете RandomPkg введены следующие типы данных:

DistRecType – запись с двумя полями Value и Weight типа integer;

DistType – массив (неограниченного диапазона) элементов типа DistRecType.

```
type DistRecType is record
  Value : integer ;
  Weight : integer ;
end record ;
type DistType is
  array (natural range <>)
  of DistRecType ;
```

Для взвешенной генерации псевдослучайных чисел в типе RandomPType есть две группы перегруженных функций DistVal* и Dist* (см. табл. 3), здесь, через * обозначено одно из четырёх возможных окончаний, входящих в полное имя функции. При вызове функций группы DistVal* в качестве параметра задаётся массив пар чисел (число, вес), представляющий собой описанный выше тип DistType. При вызове функций из другой группы Dist* задаётся массив (integer_vector) весов. Например, функция DistValInt вызывается:

```
Data := RV.DistValInt(
  ((1, 7), (3, 2), (5, 1)) );
```

с массивом пар значений. Первый элемент в паре это число, а второй – его вес. Частота, с которой каждое значение будет возникать, зависит от вероятности, которая определяется по формуле [вес/(сумму всех весов)]. В приведённом ниже примере в результате многократного вызова метода DistValInt появление числа 1 будет с вероятностью 7/10 или 70%, числа 3 – 20%, а числа 5 – 10%.

Если в функции DistValSrv или DistValUnsigned задать в качестве значений отрицательные числа, то эти функции будут возвращать эти числа по абсолютному значению, т.е. положительные числа.

Функция DistInt является упрощённой версией DistValInt, в которой задаются только веса. Числа генерируются в диапазоне от 0 до N-1, где N – это количество заданных весов. Например, результат вызова:

```
Data := RV.DistInt((7,2,1));
```

функции DistInt будет следующим: вероятность выпадения числа 0 будет 70%, числа 1 – 20%, а числа 2 – 10%.

Функция DistInt имеет следующую особенность: если задать веса с помощью переменной (Weight) типа integer_vector с произвольным диапазоном индексов, то функция будет возвращать значения, соответствующие индексам [Weight'low, Weight'high], а не в диапазоне [0, N-1]:

```
signal wv : integer_vector(5 to 7)
  := (7,2,1);
...
int <= RV.DistInt(wv);
```

В данном примере функция DistInt возвратит числа из диапазона [5, 7], а не [0, 2]. В таблице 3 параметр Weight задаёт массив весов; A – массив пар (генерируемое число, вес), N – число элементов массива Weight.

ФУНКЦИИ И ПРОЦЕДУРЫ ВВОДА-ВЫВОДА

Ввод-вывод текстовых файлов в VHDL осуществляется средствами пакетов Textio, Std_logic_Textio. В пакете RandomPkg имеются функции и процедуры, позволяющие осуществлять ввод-вывод для типов RandomSeedType, RandomDistType, RandomParmType:

- to_string – функция преобразования значения любого из трёх типов в строку;
- read – процедура чтения из строки (line) значения заданного типа (RandomSeedType, RandomDistType или RandomParmType);
- write – процедура записи в строку (line) значения заданного типа (RandomSeedType, RandomDistType или RandomParmType).

В таблице 4 используются следующие обозначения: L – строка (тип line) символов, читаемых либо записываемых соответствующей процедурой; A – преобразуемый тип; good – имя выходного параметра для признака успешного завершения процедур чтения; Return – тип значения, возвращаемого функцией. Для процедуры write параметр A является входным параметром, для процедуры read – выходным.

СТАБИЛЬНОСТЬ ГЕНЕРАЦИИ

Под стабильностью генерации обычно понимается возможность повторно запустить программу и получить точно такую же последовательность псевдослучайных чисел. Стабильность генерации необходима для верификации, так как если будет найдена ошибка в верифицируемой блоке, то после её исправления требуется повторить ту же последовательность чисел, чтобы проверить исправления.

Для обеспечения стабильности рекомендуется декларировать переменные типа RandomPType как локальные переменные процессов. Тогда данная переменная будет доступна только в этом процессе. Стабильность генерации теряется, если переменная рандомизации объявляется как общая (shared) в архитектуре и совместно используется несколькими процессами. Если переменная рандомизации является общей – значение seed также является общим. При каждой генерации псевдослучайного числа значение seed считывается и обновляется. Если процессы одновременно имеют доступ к общей переменной в течение одного и того же дельта-цикла, то генерация случайного значения зависит от порядка доступа к защищённому типу RandomPType. Этот порядок может измениться после исправления ошибки, и тестовая псевдослучайная последовательность будет другой.

Таким образом, для обеспечения стабильности генерации необходимо создавать отдельную переменную рандомизации в каждом процессе, где необходимо использовать псевдослучайные числа.

Таким образом, для обеспечения стабильности генерации необходимо создавать отдельную переменную рандомизации в каждом процессе, где необходимо использовать псевдослучайные числа.

ПРИМЕРЫ

Пример 1. Поскольку каждый результат генератора псевдослучайных чисел возвращается функцией, то результат может быть использован непосредственно в выражении, что значительно повышает удобство пользования данными функциями. Далее во всех примерах переменная RV имеет тип RandomPType.

При генерации сигнала можно рандомизировать задержки единичных и нулевых значений сигнала:

```
p1: process is
  variable RV : RandomPType;
begin -- process p1
  strob <= '1';
  wait for 10 ns;
  strob <= '0';
  wait for
    RV.RandReal(3.0, 20.0) * 10 ns;
end process p1;
```

В данном случае формируется последовательность импульсов длительностью 10 нс, пауза между импульсами задаётся в диапазоне от 30 до 200 нс. В следующем примере формируется

синхросигнал с периодом (заданным константой Period) и с переменной скважностью, изменяющейся в диапазоне от 0,4 до 0,6:

```
p2: process is
  variable RV : RandomPType;
  variable ClkWidth : time;
begin -- process p1
  ClkWidth :=
    Period * RV.RandReal(0.4, 0.6);
  clk <= '1';
  wait for ClkWidth;
  clk <= '0';
  wait for Period - ClkWidth;
end process p2;
```

С другими примерами можно ознакомиться на сайте www.soel.ru (в разделе «Дополнительные материалы к статье»).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Тестирующие программы, разработанные по методологии OS-VVM [4], используют для функционального покрытия поочерёдный вызов подпрограмм как псевдослучайной генерации чисел из пакета RandomPkg, так и подпрограмм из пакета CoveragePkg. Каждая тестовая последовательность полу-

чается путём псевдослучайного выбора или ветви кода, или значений для операций. Управляемая рандомизация создаётся с использованием обычной техники VHDL-кодирования (например, последовательные операторы case, if, циклы и операторы присваивания). Этот подход прост и эффективен, так как псевдослучайные последовательности легко могут смешиваться с прямыми и алгоритмическими последовательностями.

ЛИТЕРАТУРА

1. Авдеев Н.А., Бибило П.Н. Средства VHDL для функциональной верификации цифровых систем. Современная электроника. 2013. № 3. С. 74–76.
2. Авдеев Н.А., Бибило П.Н. Средства VHDL для функциональной верификации цифровых систем. Методология OS-VVM. Современная электроника. 2013. № 5. С. 66–70.
3. Хаханов В.И., Хаханова И.В., Литвинова Е.И., Гузь О.А. Проектирование и верификация цифровых систем на кристаллах. Verilog & SystemVerilog, Харьков. ХНУРЭ. 2010.
4. Open source VHDL verification methodology. User's Guide Rev. 1.2 (2012-01-05), <http://osvvm.org/downloads>



Собака та же, но трюки новые



Новинка! MTR 50

Популярные DC/DC-преобразователи серии MTR® теперь предлагают:

- на 20% шире диапазон входных напряжений – до 50 В
- на 60% больше импульсное напряжение на входе – до 80 В



Interpoint™ Products

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР ПРОДУКЦИИ CRANE ELECTRONICS



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

Реклама

Новости мира News of the World

Компоненты и модули для транспортной электроники

28 мая в Москве состоится 2-я специализированная конференция «Электронные модули и компоненты для транспортного приборостроения».

Анонсируемое мероприятие будет посвящено вопросам выбора надёжных комплектующих для приборов и систем, используемых на железнодорожном транспорте, в метро, на городском пассажирском транспорте, а также в автоэлектронике.

Конференция организуется в рамках выставки «Электроника-Транспорт 2014» при содействии журнала «Современная электроника».

Тематические разделы:

- силовая электроника для транспорта и IGBT-преобразователи;
- контроллеры и управляющие модули;
- датчики и первичные преобразователи;
- информационные табло, бортовые графические и строчные индикаторы, панели оператора;
- защищённые электротехнические шкафы и корпуса;
- устройства RFID-идентификации;
- прикладное программное обеспечение;
- электронные компоненты для транспортного приборостроения и машиностроения.

В выставочной экспозиции и деловой программе форума «Электроника-Транспорт» примут участие ведущие поставщики комплектующих для транспортной отрасли: ЭФО, Вест-ЭЛ, IPC2U, ММП Ирбис, Евромобайл, Электровыпрямитель, Infineon Technologies, NXP Semiconductor, Schroff, 5C Групп, PT Electronics, Shaltbau, Этимарк, Элепром.ру и многие другие.

Приглашаем поставщиков к участию в формировании деловой программы!

www.e-transport.ru

Тел.: +7 (495) 287-4412 (оргкомитет)

Проектирование принципиальных схем и печатных плат с помощью САПР Mentor Graphics PADS 9.5

Татьяна Колесникова (г. Хмельницкий, Украина)

Система автоматизированного проектирования Mentor Graphics на сегодняшний день является одной из самых мощных в своём классе программного обеспечения и представляет собой пакет специализированных модулей, которые охватывают все этапы разработки печатных плат. В пакете также имеется модуль схемотехнического моделирования аналоговых и цифровых электронных устройств.

СОСТАВ СИСТЕМЫ MENTOR GRAPHICS PADS 9.5

Компания Mentor Graphics предлагает два маршрута проектирования печатных плат: Expedition Enterprise – средство разработки печатных плат, поддерживающее автоматическую и интерактивную трассировку, и PADS – доступный, интуитивный и производительный маршрут проектирования для рабочих групп и небольших компаний.

Интегрированный пакет Mentor Graphics PADS 9.5 предназначен для проектирования многослойных печатных плат радиоэлектронных средств и компьютерных систем. Пакет адаптирован к операционной среде Windows и содержит следующие программные модули:

- Library Manager – менеджер библиотек. Обеспечивает возможность разработки и управления библиотекой компании. При помощи этой утилиты можно группировать данные по компонентам (например, транзисторы – в одном разделе, микросхемы – в другом). Менеджер поддерживает связи между данными в разных библиотеках, что позволяет модифицировать связанные библиотечные объекты;
- PADS Logic и DxDesigner – утилиты для создания принципиальных схем устройств. Позволяют проектировать различные электрические схемы для последующей разводки на печатной плате. DxDesigner интегрирован со средствами проектирования топологии PADS и Expedition Enterprise;
- Symbol Editor – редактор символов элементов. Предназначен для создания условных графических обозначений (УГО) символов радиоэлементов электрических схем. Символы

сохраняются в библиотечных файлах, называемых разделами;

- Decal Editor – редактор посадочных мест. Предназначен для создания стеков контактных площадок и посадочных мест компонентов;
- PADS Layout – среда проектирования топологии печатной платы и подготовки файлов для производства;
- PADS Router – утилита для ручной и автоматической трассировки;
- HyperLynx – утилита для анализа целостности сигналов. Выдаёт советы по взаимному расположению компонентов при моделировании печатной платы.

ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СИСТЕМЫ

Для установки системы Mentor Graphics PADS 9.5 рекомендуется следующая конфигурация компьютера:

- операционная система Windows XP Professional (SP2), Windows Vista, Windows 7 (32/64 бита);
- процессор с частотой 2 ГГц;
- разрешение экрана не менее 1024 × 768 пикселей;
- рекомендуемый объём ОЗУ: для Windows Vista/7 – не менее 2 Гб, для Windows XP Professional (SP2) – не менее 1 Гб;
- размер дискового пространства, требуемый для полной установки системы – 3,5 Гб.

ПОРЯДОК ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

Проектировщик печатной платы обычно получает исходную электрическую схему вместе с техническим заданием. Библиотеки, которые поставляются с системой Mentor Graphics, не

отвечают отечественным стандартам, поэтому важно уметь создавать новые библиотечные компоненты или редактировать старые. В проектном подразделении состав электронной библиотеки с УГО отдельных элементов может быть неполным. В таком случае сотрудники подразделения должны пополнять библиотеку самостоятельно. Поэтому проектировщику необходимо владеть всем арсеналом средств системы (от создания УГО элементов схем до выполнения трассировки печатной платы) и уметь использовать тот или иной программный модуль.

Порядок проектирования узлов печатных плат с использованием модулей системы Mentor Graphics PADS 9.5 может быть следующим:

1. Создание нового проекта при помощи DxDesigner;
2. Создание необходимых УГО элементов схемы с помощью редактора символов Symbol Editor;
3. Разработка посадочных мест для всех радиоэлементов электрической схемы с помощью редактора Decal Editor;
4. Упаковка конструктивных элементов при помощи менеджера библиотек;
5. Разработка электрической принципиальной схемы при помощи утилиты PADS Logic (DxDesigner);
6. Формирование контура печатной платы и размещение конструктивных элементов на печатной плате при помощи утилиты PADS Layout;
7. Трассировка проводников печатной платы при помощи PADS Router.

Структура системы Mentor Graphics PADS 9.5 представлена на рисунке 1. Несмотря на то что Mentor Graphics PADS является одной из самых распространённых в мире САПР печатных плат, российским специалистам она не очень хорошо известна. Учитывая это обстоятельство, журнал начинает серию публикаций, посвящённых основам проектирования в PADS.

Начало работы

Прежде чем приступить к установке Mentor Graphics PADS 9.5, убедитесь, что ресурсов вашего компьюте-

ра достаточно для правильной работы всех утилит системы. После установки данного программного продукта на рабочем столе появятся ярлыки программных модулей Mentor Graphics. Для разработки нового схемного проекта необходимо дважды щёлкнуть левой кнопкой мыши (ЛКМ) по ярлыку утилиты DxDesigner.

Интерфейс пользователя

Экран графического редактора DxDesigner представлен на рисунке 2. Окно редактора состоит из набора меню и панелей инструментов, рабочей области и отдельных панелей, посредством которых производится большая часть работы с документами проекта. При первом запуске DxDesigner ряд панелей (Navigator, Schematic Editor, Output) будет открыт сразу. Другие панели можно добавить в окно редактора посредством выбора из выпадающего меню View и подменю View/Other Windows. Из меню View/Toolbars можно также добавлять или удалять панели инструментов.

В верхней части экрана появляется название запущенной утилиты и проекта, с которым ведётся работа. В следу-

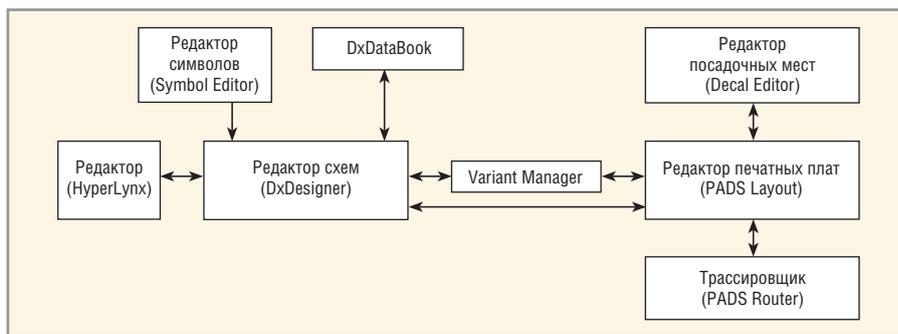


Рис. 1. Структура системы Mentor Graphics PADS 9.5

ющем ряду располагается меню основных команд редактора. Ниже меню основных команд находятся кнопки управления (пиктограммы), предназначенные для быстрого вызова наиболее часто используемых команд. В рабочем поле программы в центре экрана ведётся проектирование. Справа и снизу от этого поля находятся полосы прокрутки, предназначенные для перемещения изображения на экране. В нижней части окна DxDesigner расположена строка состояния с областью сообщений (подсказок) и область координат курсора. Редактор DxDesigner имеет легко изменяемый интерфейс, при помощи кото-

рого можно организовывать своё рабочее пространство, удаляя или добавляя необходимые для работы панели.

Наиболее часто используемые панели: Navigator (навигатор проекта), Schematic Editor (редактор схем) – рабочее поле, Output (окно вывода). Navigator служит для перемещения по дереву проекта и отображения листов схем, символов и цепей. В нём также можно производить изменения названий и порядка схем/листов, копирование и удаление листов. Панель Schematic Editor используется для размещения компонентов, рисования цепей и шин. Окно Output отобража-

САПР печатных плат

EREMEX DELTA DESIGN – проектирование печатных плат

Менеджер библиотек

Схемотехническое моделирование

Топологический трассировщик

Схемный редактор

Новые решения в области программного обеспечения

Тел.: +7 (495) 232-1864; +7 (812) 448-0444
 Факс: +7 (495) 234-0640 • E-mail: info@eremex.ru • Web: www.eremex.ru

Реклама

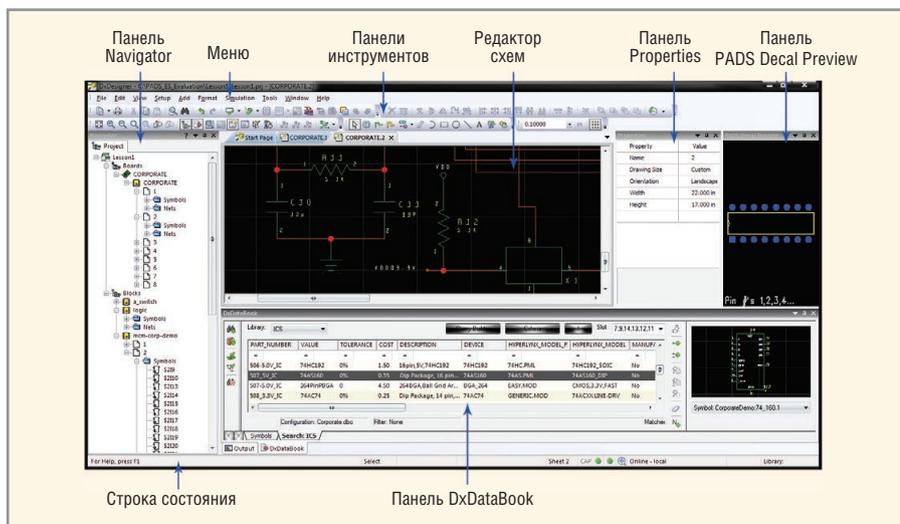


Рис. 2. Экран графического редактора DxDesigner

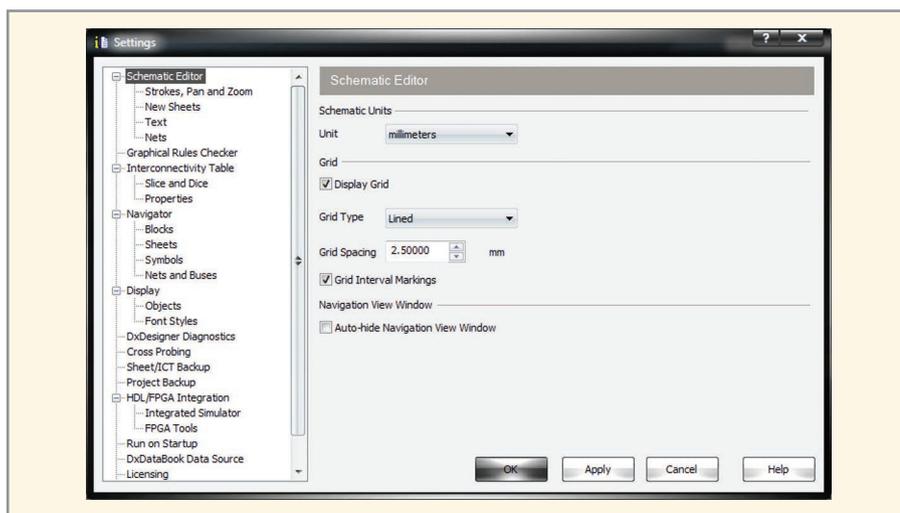


Рис. 3. Окно редактора схем Schematic Editor

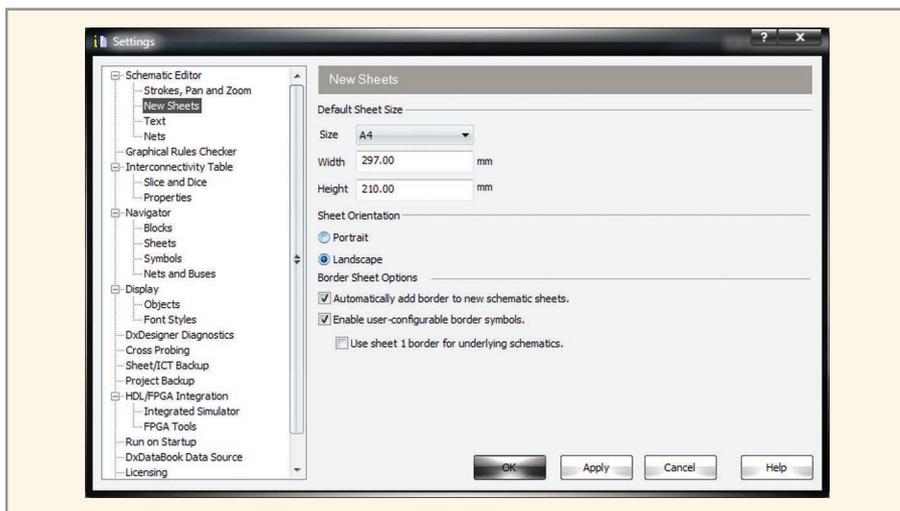


Рис. 4. Окно New Sheets

ет результаты выполнения команд. Это окно может иметь закладки. Каждый инструмент, генерирующий выходную информацию (включая предупреждения и сообщения об ошибках), открывает в окне Output свою собственную закладку.

Настройка DxDesigner

После запуска графического редактора DxDesigner необходимо настроить его конфигурацию (размер листа, на который будут выводиться создаваемые электрические схемы, цветовое отображение объектов схемы, толщина

и стиль линий чертежа, размер шрифта, шаг и стиль координатной сетки, система единиц измерения), параметры которой сохраняются для последующих сеансов. Настройка параметров производится в меню Setup/Settings.

Настройка координатной сетки

1. В левой панели окна Settings выберите пункт Schematic Editor.
2. В окне Schematic Editor в поле Unit из выпадающего списка выберите единицы измерения – millimeters (мм).
3. Установите видимость координатной сетки, поставив флажок в клетке Display Grid.
4. В поле Grid Type из выпадающего меню выберите тип координатной сетки – Lined или Dotted (линейный или пунктирный).
5. В поле Grid Spacing установите шаг координатной сетки.
6. Нажмите кнопку Apply (применить). На рисунке 3 представлено окно Schematic Editor.

Настройка размера листа

1. В левой панели окна Settings в группе Schematic Editor выберите пункт New Sheets.
2. В окне New Sheets в поле Size из выпадающего списка выберите формат листа: A4, A3, A2 или A1.
3. При выборе в поле Size формата листа, в полях Width (ширина) и Height (высота) выводится стандартный размер этого формата в миллиметрах. Вы можете указать свой собственный размер листа в полях Width и Height, в таком случае ваш формат будет называться пользовательским (Custom).
4. В поле Sheet Orientation можно указать ориентацию листа: Portrait (вертикальная) или Landscape (горизонтальная).
5. Для того чтобы DxDesigner автоматически добавлял созданный формат в новые листы, в поле Border Sheet Options установите флажок в клетке Automatically add border to new schematic sheets.
6. Для активации изменений нажмите кнопку Apply. На рисунке 4 представлено окно New Sheets.

Настройка отображения объектов

1. В левой панели окна Settings в группе Display выберите пункт Objects.
2. В столбце Object отображаются объекты, параметры которых (Color (цвет), Width (ширина), Fill Style (тип заливки), Line Style (стиль линии),

Font (шрифт), Text (цвет шрифта) можно изменять. Выберите строчку Net (цепь). Щёлкните ЛКМ на пересечении столбца Color и строки Net.

3. Выберите цвет для отображения цепей. Изменения сразу же будут видны в окне Preview. Аналогичным образом изменяются другие параметры объектов, за исключением Width, значение которого необходимо ввести вручную.
4. Для вступления в силу выполненных изменений и закрытия диалогового окна нажмите кнопку ОК.

На рисунке 5 представлено окно Objects.

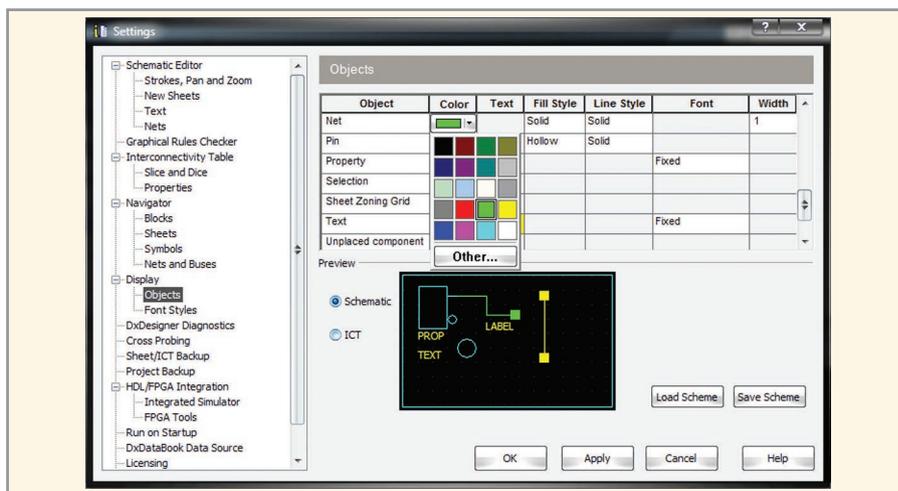


Рис. 5. Окно Objects

Создание нового проекта

Первым этапом проектирования узла печатной платы является создание нового проекта в редакторе DxDesigner. Проект будет содержать результаты дальнейшей работы над платой. Для создания нового проекта выберите в меню File/New пункт Project и в правой панели открывшегося окна New Project в поле Name введите название вашего проекта; в поле Location укажите месторасположение нового проекта (см. рис. 6). Нажмите ОК. Папка проекта, содержащая файлы схем, символов и соединений (см. рис. 7), будет создана автоматически. Файл проекта имеет расширение .prj. В окне Navigator только что созданный проект будет выглядеть так, как показано на рисунке 8. В левой панели окна New Project представлены шаблоны проектов, которые используются для ускорения настройки.

После того как проект создан и заданы первоначальные настройки, можно приступать к формированию схемы. Для создания нового файла схемы выберите в меню File/New пункт Schematic. Добавится пустая схема, которая может состоять из нескольких листов. Новый лист можно добавить при помощи команды File/New/Sheet. В программе DxDesigner PADS 9.5 отсутствует кнопка Save, поскольку в новой версии программного продукта Mentor Graphics все изменения в DxDesigner сохраняются автоматически.

Создание условных графических обозначений элементов электрических схем

После создания пустого листа схемы его следует заполнить символами компонентов. Понятие компонента подразумевает единство символа, графического корпуса и упаковочной информации

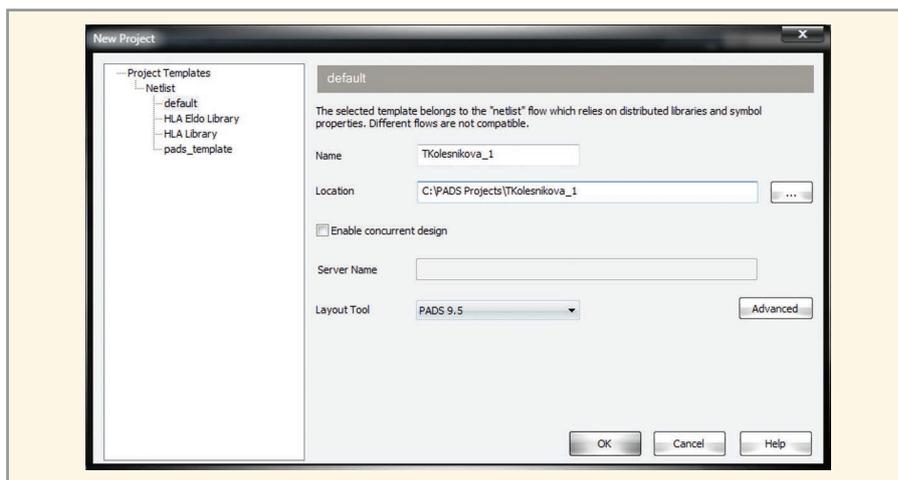


Рис. 6. Месторасположение нового проекта

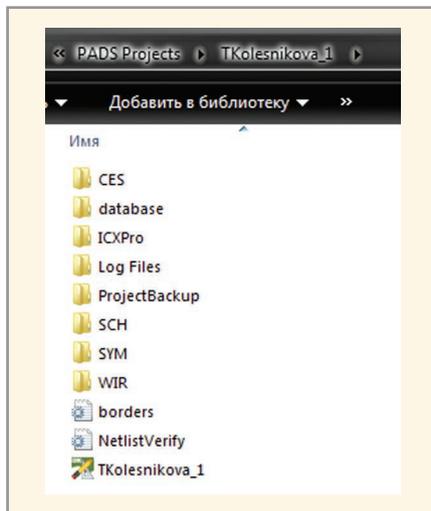


Рис. 7. Папка проекта

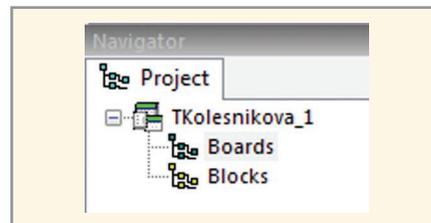


Рис. 8. Окно Navigator с созданным проектом

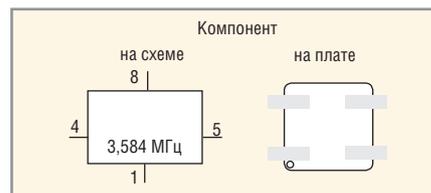


Рис. 9. Представление компонента на схеме и на плате

(типы выводов компонентов и цоколёвка). На схеме компонент представлен символом, а на печатной плате – корпусом (см. рис. 9). Библиотеки, которые поставляются с системой Mentor Graphics, не отвечают отечественным стандартам, поэтому важно уметь создавать новые библиотечные компоненты и редактировать старые самостоятельно.

Для создания УГО компонента на схеме (символа) предназначен редактор системы Mentor Graphics – Symbol Editor, который работает с файлами отдельных символов и библиотек и запускается из меню утилиты DxDesigner – меню File/New/Local Symbol.

Рассмотрим процесс создания нового графического обозначения более

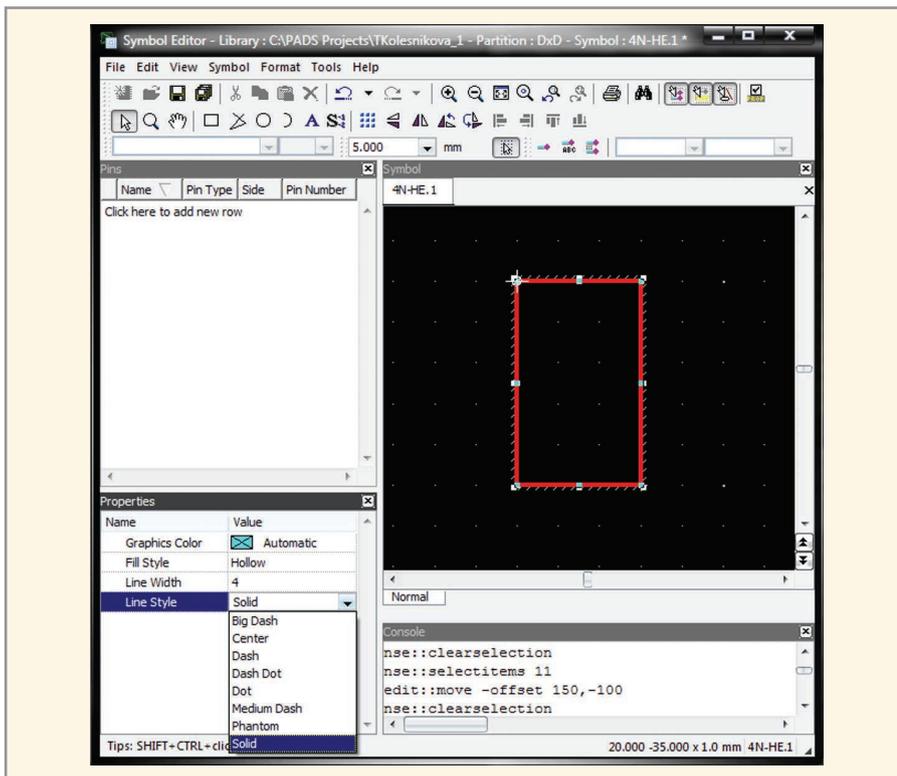


Рис. 10. Окно редактора Symbol Editor

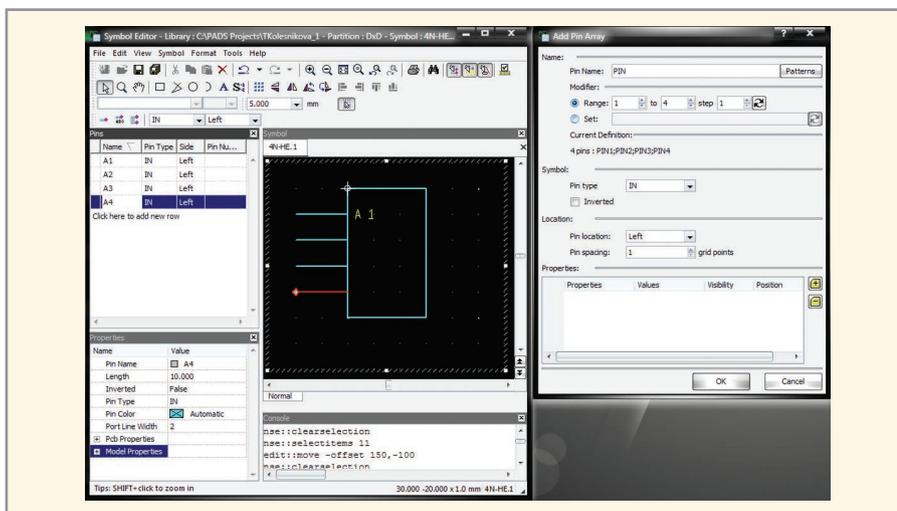


Рис. 11. Окно Add Pin Array

подробно. Запустим Symbol Editor. В первую очередь необходимо установить параметры сетки. Для этого на панели инструментов редактора в поле «mm» из выпадающего списка выберите требуемое значение шага координатной сетки. Значение можно ввести и вручную.

Для рисования контура символа используйте команды инструментальной панели: Rectangle (прямоугольник), Arc (дуга), Circle (окружность), Line (линия). По умолчанию в рабочем поле редактора будет создан прямоугольник. Необходимую ширину и высоту прямоугольника (дуги, окружности, линии) можно устано-

вить при помощи мыши. Цвет, толщина линий, стиль линий, стиль заливки символа настраиваются в панели Properties, которая находится в левой нижней части окна редактора Symbol Editor. На панели Properties существуют четыре поля: Graphics Color позволяет задавать цвет символа, Fill Style – заливку (штриховую или сплошную), значение Hollow означает отсутствие заливки); в поле Line Width указывается толщина линии контура символа, в поле Line Style – стиль линии. Окно редактора Symbol Editor представлено на рисунке 10. Чтобы разместить контакты в символе, необходимо в меню Symbol выбрать Add Pin (добавить кон-

такт) или Add Pin Array (добавить массив контактов).

Рассмотрим добавление массива контактов. После запуска команды Add Pin Array в открывшемся окне в поле Range задаётся количество входных контактов создаваемого логического элемента. Поле Pin type может принимать значения IN или OUT в зависимости от того, какие выводы мы добавляем – входные (IN) или выходные (OUT), а также POWER или GROUND, если к символу добавляется контакт питания или земли. Флажок в клетке Inverted устанавливает инверсию выводов. Поле Pin location задаёт порядок расположения выводов и может принимать четыре значения: Left (выводы располагаются слева от символа), Top (сверху), Right (справа), Bottom (снизу). В поле Pin spacing задаётся расстояние между выводами, измеряемое в единицах grid points (шаги координатной сетки). Если установить в этом поле значение «2», то расстояние между выводами будет равно двум шагам координатной сетки (параметры которой заданы в окне Symbol Editor в миллиметрах). После установки значения всех параметров необходимо нажать кнопку ОК и при помощи мыши поместить группу контактов возле нарисованного символа.

Каждый контакт имеет название: PIN1, PIN2, PIN3, PIN4 и т.д. Переименовать контакт можно в поле Name окна Pins. Видимость названия контакта можно задать в поле Pin Name окна Properties (окно находится в левом нижнем углу редактора символов), установив или сняв флажок в клетке. Рисунок 11 демонстрирует окно Add Pin Array, а также окно Symbol Editor после настройки вышеописанных параметров. Видно, что входные контакты имеют названия A1, A2, A3, A4 (окно Pins), но в рабочей области (окно Symbol) отображено название только первого контакта A1, поскольку для значений входных контактов A2, A3, A4 в окне Properties (в поле Pin Name) были сняты флажки. Если видимость названия первого контакта не требуется, то можно сделать невидимым и значение A1.

Параметры выводов, так же как и параметры контура символов, настраиваются в панели Properties. Для этого необходимо выделить вывод, щёлкнув по нему ЛКМ, и внести необходимые изменения в поля, расположенные на панели Properties:

- Pin Name – видимость названия контакта;

- Length – длина контакта в мм;
- Inverted – инверсия вывода, может принимать значения True (инверсный) или False (вывод без инверсии);
- Pin type – тип выводов (входные, выходные, земля, питание, аналоговые);
- Pin Color – цвет вывода;
- Port Line Width – значение толщины вывода.

Рассмотрим добавление к символу одиночного контакта. Для этого в меню Symbol выберем пункт Add Pin (добавить контакт). После этого активизируются два поля с выпадающими меню. В первом поле задаётся тип вывода (IN, OUT, POWER...), во втором – порядок расположения вывода по отношению к символу (Left, Top и т.д.). После установки значения параметров необходимо при помощи мыши установить контакт возле нарисованного символа. При помощи команды Text, вызванной из меню Symbol, можно добавить к символу текстовую надпись.

Если создаваемый символ является логическим элементом микросхемы, то возникает необходимость проставить над контактами символа цоколёвку. Для этого следует выделить контакты мышью, в меню Symbol выбрать пункт Add Properties и в открывшемся окне Add text for selected objects заполнить следующие поля:

- Type – тип выводов. Поле может принимать два значения: Pin Property или Pin Name;
- Prefix – при необходимости можно к значению цоколёвки добавить префикс – строковое значение, которое может содержать как буквы и цифры, так и любые символы;
- Value – в этом поле устанавливается цифровое значение, с которого будет начинаться нумерация цоколёвки;
- Delta – в этом поле задаётся шаг, с которым будет увеличиваться каждое следующее значение цоколёвки;
- Suffix – при необходимости можно к значению цоколёвки добавить суффикс – строковое значение, которое может содержать как буквы и цифры, так и любые символы. Использование этого поля может быть полезным в том случае, если каждое значение цоколёвки заканчивается одним и тем же символом;
- Position – задаёт положение цифровых значений цоколёвки. Поле может принимать два значения: Above Pin (над контактом) и Below Pin (под контактом). По окончании

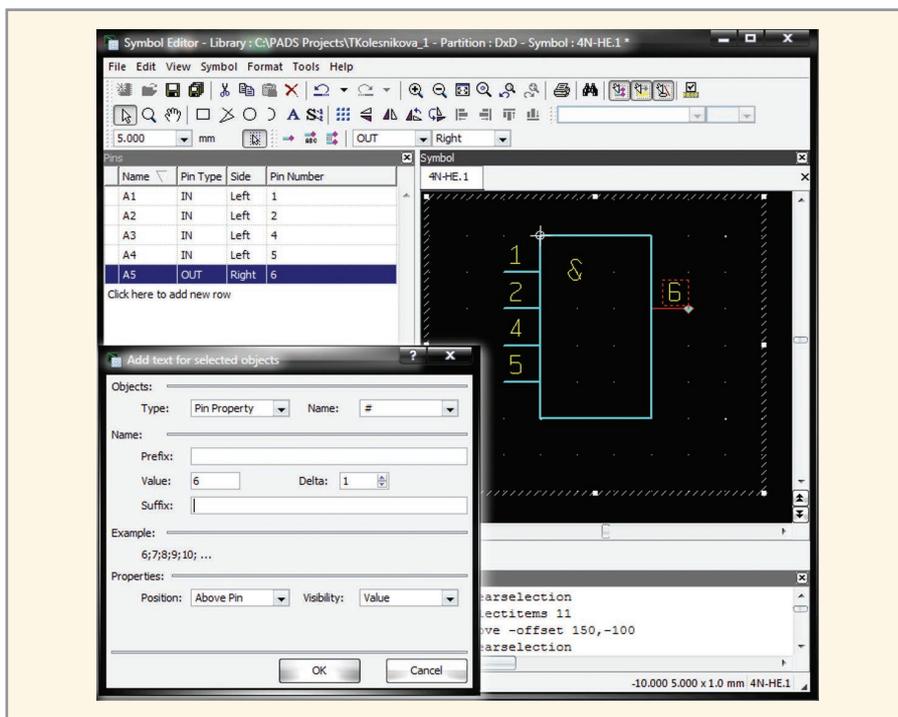


Рис. 12. Окно Add text for selected objects

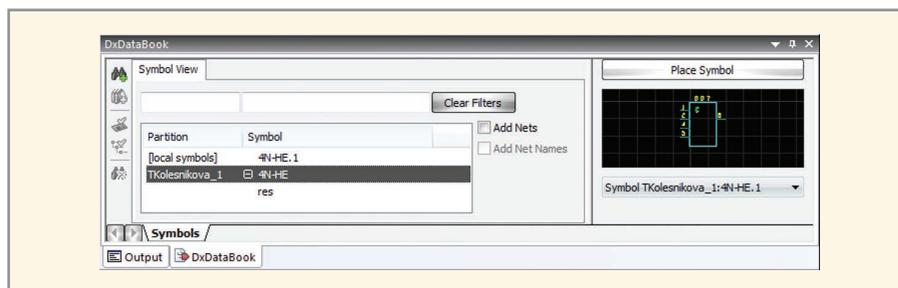


Рис. 13. Панель DxDataBook

настройки всех параметров необходимо нажать ОК.

В некоторых случаях может возникнуть необходимость переименовать значения цоколёвки. Это можно сделать в панели Pins посредством изменения значения столбца Pin Number. Рисунок 12 демонстрирует окно Add text for selected objects, а также окно Symbol Editor после выполнения вышеописанных действий.

Сохранить разработанный символ можно в библиотеке, которая была создана автоматически вместе с новым проектом и имеет совпадающее с ним название. Для этого в меню File выберем пункт Export Symbol. Меню File/Save As используется для локального сохранения символа.

Чтобы закрыть символ и выйти из редактора Symbol Editor, выберите пункт Exit в меню File. Аналогичным образом с помощью редактора Symbol Editor системы Mentor Graphics можно создать и другие необходимые УГО элементов электрических схем.

Проверка на наличие символа

После создания УГО в редакторе символов можно удостовериться, действительно ли разработанный нами символ сохранился в библиотеке и в проекте. Для этого в редакторе DxDesigner в меню View выберите пункт DxDataBook. При этом в редактор добавится панель DxDataBook, где в окне Symbol View в столбце Partition отображаются библиотечные файлы, иногда именуемые разделами, а в столбец Symbol помещены символы. Если среди них есть и вновь созданный, это означает, что символ сохранён и готов к использованию. Графическое представление символа отображается в правой части панели DxDataBook. На рисунке 13 показана панель DxDataBook.

В следующих номерах читайте другие статьи, посвящённые программному продукту Mentor Graphics.

ЛИТЕРАТУРА

1. PADS ES Suite Evaluation Guide, Mentor Graphics Corporation, 2012.

Наше радиовещательное наследие

К 95-летию создания Нижегородской радиолaborатории

Владимир Бартенев (г. Москва)

В данной статье предпринята попытка в 95-летний юбилей Нижегородской радиолaborатории рассмотреть с исторической точки зрения состояние отечественной электроники в 20-е гг. прошлого века, проанализировать достижения Нижегородской радиолaborатории в этой области за десять лет её работы.

«Газета без бумаги и «без расстояний», которую Вы создаёте, будет великим делом».

Из письма В.И. Ленина М.А. Бонч-Бруевичу

ВВЕДЕНИЕ

Пять лет назад, когда отмечался 90-летний юбилей Нижегородской радиолaborатории (НРЛ), произошёл такой казус. В выпуске новостей телеканала «Россия» был передан репортаж о торжествах из Нижнего Новгорода, в котором сообщалось, в том числе, следующее: «90 лет назад – 27 февраля 1919 г. – впервые по радио вместо точек и тире азбуки Морзе прозвучали слова. Сигнал шёл из лаборатории в Нижнем Новгороде. Именно там работал создатель первого приёмника Александр Попов. Там же впервые в России началось радиовещание».

Услышав такое искажение исторических фактов, я написал письмо в редакцию Российского телевидения, в котором, в частности, сообщил, что первым, кто ещё в начале 1914 г. пытался осуществить радиотелефонную связь с помощью дуговых передатчиков меж-

ду Петроградом и Царским селом, был наш соотечественник Н.Д. Папалекси (впоследствии академик АН СССР). Практическое использование радиотелефонных передач в России началось под руководством М.В. Шулейкина (впоследствии академика) осенью 1917 г. с использованием радиотелефонных станций, изготовленных в Петроградской офицерской электротехнической школе и в Радиотелеграфном депо Морского ведомства. Дальность действия с использованием дугового передатчика и детекторного приёмника с трёхламповым усилителем достигала 25 вёрст.

Опыты по использованию дуговых передатчиков были продолжены П.А. Остряковым в Нижегородской радиолaborатории. Действительно, 27 февраля 1919 г. была предпринята попытка выйти в эфир. Это событие описано в журнале «Радиотехник» (№ 5, 1919). Однако эксперименты П.А. Острякова с вольтовой дугой показали непригодность дуговых передатчиков для радиотелефонии. Именно поэтому в Казани А.В. Дикорёвым и А.Т. Угловым в 1919 г. были разработаны первые радиотелефонные передатчики по многоламповой схеме (от 10 до 100 маломощных радиоламп). И лишь созданные М.А. Бонч-Бруевичем (см. рис. 1) в Нижегородской радиолaborатории радиолампы особой конструкции позволили создать первые мощные радиотелефонные передатчики и положить начало радиовещанию в нашей стране.

И, наконец, А.С. Попов – изобретатель радио – никогда не работал в Нижегородской радиолaborатории, так как его

жизнь трагически оборвалась в возрасте 46 лет 13 января 1906 г., а Нижегородская радиолaborатория имени В.И. Ленина была создана в декабре 1918 г.

Конечно, ответа из редакции телеканала я не получил, но позже написал эту статью, чтобы на 95-летие Нижегородской радиолaborатории не повторилось искажение исторических фактов.

ТРУДНОЕ НАЧАЛО

Суровый 1918 г. – первый год Советской власти. В России гражданская война и иностранная интервенция стран Антанты, не признавших правительство большевиков во главе с В.И. Лениным. Положение Советской власти к концу лета 1918 г. становится критическим: под её контролем остаётся лишь 1/4 территории бывшей Российской империи. Советская Республика в кольце фронтов. Ситуация осложняется ещё и тем, что закончилась Первая мировая война. Германия и её союзники потерпели поражение и капитулировали, что высвободило значительные воинские контингенты стран Антанты. В этих условиях руководство этих стран решает разгромить Советскую Россию силами собственных армий. В ноябре–декабре 1918 г. англо-французские военные корабли высаживают десанты в Новороссийске, Севастополе, Одессе, Николаеве и Херсоне, а английские войска занимают Баку. Общая численность войск интервентов в России к концу 1918 г. превышает 300 тыс. человек.

Я неслучайно описываю обстановку в нашей стране в 1918 г. так подробно. Именно в этой критической ситуации В.И. Ленин отдаёт личное распоряжение о разработке и утверждении в Совете народных комиссаров нескольких важнейших декретов, которые являются программой действий в области радио на длительный период. Отмечу два из них: Декрет от 21 июля 1918 г. о централизации радиотехнического дела и Декрет от 2 декабря 1918 г. о радиолaborатории Народного Комиссариата Почт и Телеграфов [1]. Во втором декрете содержалось «Положение о радиолaborатории с мастерской»,

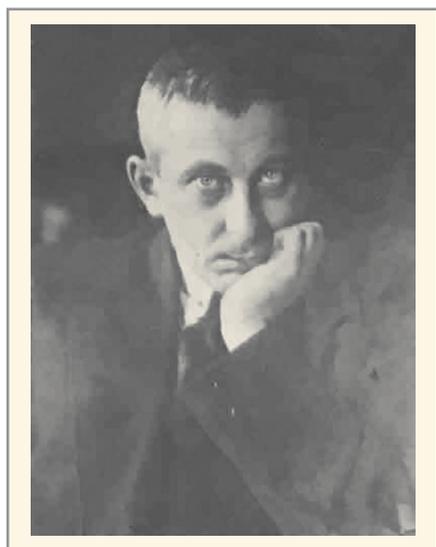


Рис. 1. М.А. Бонч-Бруевич, 1920 г.

которое за короткое время усилиями небольшого коллектива инженеров воплотилось в жизнь в виде Нижегородской радиолaborатории (НРЛ) – первого в России научно-исследовательского учреждения, вскоре получившего мировое признание.

Главные задачи НРЛ и их выполнение

Какие же задачи были поставлены перед создаваемой радиолaborаторией? Чтобы ответить на этот вопрос, познакомимся с Положением о радиолaborатории, где первым пунктом значится [2]: «Радиолaborатория с мастерской Народного Комиссариата Почт и Телеграфов является первым этапом в организации в России Государственного Социалистического Радиотехнического Института, конечной целью которого является объединение в себе и вокруг себя в качестве организующего центра: а) всех научно-технических сил России, работающих в области радиотелеграфа; б) всех радиотехнических учебных заведений России; в) всей радиотехнической промышленности России». В качестве конкретных ближайших заданий названы: «...а) организация производства катодных реле с абсолютной пустотой до 3000 шт. в месяц; б) разработка типовой приёмной радиостанции для Народного Комиссариата Почт и Телеграфов; в) разработка радиотелеграфных передатчиков дальнего действия».

Как решались эти задачи? Объединение научно-технических сил со всей России было выполнено успешно. Первоначальная группа организаторов НРЛ и ведущих сотрудников, в которую входили В.М. Лещинский, М.А. Бонч-Бруевич, П.А. Остряков, И.А. Леонтьев, С.И. Шапошников, Г.В. Путятин, И.В. Селивёрстов, Л.Н. Салтыков, А.А. Бобков, Я.А. Бобков, А.И. Антохин, Н.Я. Марков, Л.И. Кабошин, быстро пополнялась. Широкая программа новых исследований и научно-технических работ требовала привлечения крупнейших специалистов. Вскоре в лабораторию пришли А.Ф. Шорин, возглавивший разработку новых радиотелеграфных аппаратов, В.П. Вологдин со своими сотрудниками М.М. Вербицкий, К.С. Шапошниковым и В.А. Жилинской, занявшихся разработкой высокочастотных машинных генераторов. Затем приехал Н.С. Холин, организовавший химическую лабораторию, а позд-

нее, в 1920 г., – выдающийся радиофизик Д.А. Рожанский [3, 4]. Также в 1920 г. в работах НРЛ активное участие приняли В.В. Татаринов и первый русский радиолюбитель Ф.А. Лбов из Нижегородского университета, а также некоторые молодые радисты и студенты, в том числе А.М. Кугушев, В.М. Петров и П.И. Кондратьев [5].

Огромное влияние на деятельность НРЛ оказал переезд в Нижний Новгород профессора В.К. Лебединского. По его инициативе при НРЛ был основан специальный радиотехнический журнал «Телеграфия и Телефония без проводов» («ТигТбП»), а также популярный журнал «Радиотехник». В.К. Лебединский руководил также лабораторией, в которой работали О.В. Лосев – изобретатель знаменитого «кристадина» – и Д.Е. Маляров – изобретатель первого отечественного магнетрона.

Центральное место в НРЛ, несомненно, занимала лаборатория М.А. Бонч-Бруевича, в которой разрабатывались первые советские радиолампы (см. рис. 2). Эта лаборатория также отвечала за их массовое производство. Первым директором Нижегородской радиолaborатории был В.М. Лещинский, научными руководителями – М.А. Бонч-Бруевич, В.П. Вологдин и А.Ф. Шорин. Они и определяли три направления научно-технической деятельности радиолaborатории: М.А. Бонч-Бруевич – радиолампы, в том числе мощные генераторные, В.П. Вологдин – машинные генераторы высокой частоты и мощные ртутные выпрямители, А.Ф. Шорин – радиотелеграфные аппараты, телемеханика, звуковая аппаратура.

Ламповая гонка

Первой советской радиолампой, созданной в Нижегородской радиолaborатории, была ПР1 [3] (пустотное реле на рис. 2). Первая партия этих приёмно-усилительных ламп была выпущена уже через год после открытия радиолaborатории. Затем налаживается их серийный выпуск. Но М.А. Бонч-Бруевич стремится создать мощные радиолампы для радиотелефонных передатчиков, и 15 января 1920 г. в радиолaborатории производится первая радиотелефонная передача из Нижнего Новгорода с помощью передатчика мощностью 30 Вт. А уже 17 марта 1920 г. В.И. Ленин подписывает постановление Совета Труда и Оборона, в котором ставится ещё

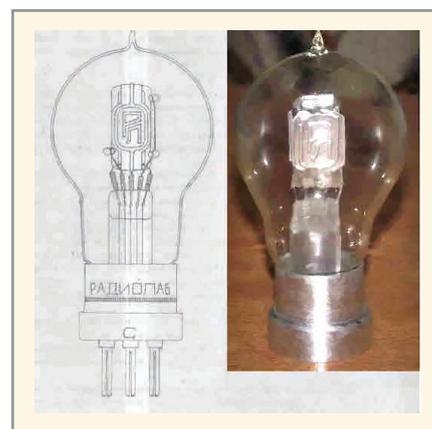


Рис. 2. Первая советская приёмно-усилительная радиолампа ПР1. Чертёж радиолампы из статьи М.А. Бонч-Бруевича [2] и она же – в музее НРЛ

более сложная задача [1]: «1. Поручить Нижегородской радиолaborатории изготовить в срочном порядке, не позднее двух с половиной месяцев, Центральную Радио-Телефонную станцию с радиусом действия 2000 вёрст; 2. Местом установки назначить Москву и к подготовительным работам приступить немедленно».

Конечно, для решения поставленной задачи можно было поступить, как фирма «Маркони», применившая в своём передатчике более 100 радиоламп. Но М.А. Бонч-Бруевич пошёл другим путём. Он создаёт радиолампу, которой ещё не было в мире. Для рассеивания большой мощности анод такой лампы делается четырёхкамерным и охлаждается проточной водой. Так родилась радиолампа с небывалой по тем временам мощностью 1,5 кВт. В конце 1920 г. на Ходынской радиостанции начал работать передатчик, оснащённый несколькими такими лампами с водяным охлаждением, общей мощностью около 5 кВт. В 1922 г. в Москве построена радиотелефонная станция мощностью 12 кВт, её вещание началось 21 августа 1922 г. на волне 3000 м. 17 сентября этой радиостанцией был передан в эфир первый радиоконцерт с участием артистов Большого театра. 19 сентября 1922 г. – после пуска Московской радиотелефонной станции – Нижегородская радиолaborатория была награждена орденом Трудового Красного Знамени.

Второй орден Трудового Красного Знамени

В 1924 г. Нижегородской радиолaborатории было присвоено имя



Рис. 3. Мощная радиолампа (25 кВт) с охлаждением проточной водой в разрезе. Музей НРЛ

В.И. Ленина. НРЛ уже являлась крупным научно-техническим центром, её территория значительно расширилась, число сотрудников существенно возросло.

В 1923 г. М.А. Бонч-Бруевич создаёт радиолампу мощностью 25 кВт (см. рис. 3). А уже в 1924 г. в Нижегородской радиолaborатории разрабатыва-

ется радиолампа мощностью 100 кВт. Но М.А. Бонч-Бруевич, хотя и вынашивает мысль о создании 1000-кВт радиостанции, понимает, что создание одной радиостанции даже большой мощности не может обеспечить уверенный радиоприём на всей территории СССР. Поэтому в Нижегородской радиолaborатории создаётся радиопередатчик для местного вещания мощностью 1,2 кВт. Схема модуляции анодная, длина волны 700–1400 м. Компактность этого передатчика и его дешевизна обеспечили радиолaborатории получение большого заказа на изготовление 27 передатчиков для многих городов Советского Союза. Эти передатчики сыграли большую роль в развитии отечественного радиовещания.

Особое место в работах Нижегородской радиолaborатории в 1925 г. занимает исследование дальнего распространения коротких волн. Для этого были разработаны две радиолампы мощностью 25 кВт специальной конструкции для коротковолнового передатчика на диапазон волн 50–100 м. Телеграфный передатчик был двухкаскадный, с задающим генератором на двух лампах по 500 Вт и усилителем мощности на одной лампе в 25 кВт. Работа по испытанию передатчика на волне 83 м проводилась М.А. Бонч-Бруевичем и В.В. Татариновым в Москве. В марте 1925 г. в течение недели в ночное время передавался позывной этой радиостанции. Через некоторое время стали поступать сообщения о приёме радиосигналов из Москвы со всех концов света. Например, из США сообщалось, что московские радиосигналы заглушали местные радиостанции.

Эксперименты с короткими волнами привели к тому, что в 1926 г. была установлена первая в СССР коротковолновая магистральная линия связи Москва–Ташкент. 16 января 1928 г. Нижегородская радиолaborатория «за большие заслуги в радиостроительстве» была награждена вторым орденом Трудового Красного Знамени. В конце 1928 г. радиолaborатория вошла в состав Ленинградской Центральной радиолaborатории Государственного электротехнического треста заводов слабого тока [6]. Сотрудники Нижегородской радиолaborатории стали передавать накопленный опыт зарождающейся отечественной радиотехнической промышленности.

Наши дни

К сожалению, экономический кризис в нашей стране коснулся и отечественного радиовещания, и, как результат, «Радио России» прекращает вещание вслед за «Маяком» на длинных и средних волнах в 2014 г. По заявлению заместителя генерального директора ВГТРК Сергея Архипова, сокращение вещания связано с уменьшением государственного финансирования ВГТРК в следующем году. «Голос России» с 1 января 2014 г. также прекратит вещание на иностранных языках для зарубежных стран в диапазоне коротких волн в связи с сокращением финансирования. Так утверждает заместитель председателя «Голоса России» Наталья Жмай.

На самом деле, кризисная ситуация в мощном радиовещании в России возникла не сегодня, а после того, как правительство РФ в июне 2012 г. своим постановлением изъяло из федеральной целевой программы развития телерадиовещания до 2015 г. задачи по развитию сетей радиовещания. Из программы было исключено обеспечение 100% охвата населения Российской Федерации радиовещанием заданного качества. Исчезла и задача обеспечения возможности цифрового вещания российского радио на зарубежные страны с высокой надёжностью приёма.

Если вспомнить конец 1980-х гг., то на территории СССР в сети АМ-радиовещательных станций работало около 55 сверхмощных (1000 кВт) радиопередающих устройств, не считая многочисленных передатчиков с более низкой мощностью. Сейчас таких станций – единицы, например, в Южном, наиболее взрывоопасном регионе, таких радиостанций только две: в Волгограде и Краснодарском крае. Фактически ликвидация мощных радиостанций является многолетней и планомерной политикой федеральных служб связи. Это ведёт к разрушению самой простой и надёжной системы оповещения населения страны через сеть АМ-вещания на случай природных катаклизмов или чрезвычайных ситуаций, число которых не уменьшается. Вспомните Крымск или наводнение на Дальнем Востоке страны в этом году. Здесь есть, над чем задуматься МЧС и Минобороны России [7].

Что же мы наблюдаем сегодня? Снижение излучаемой мощности у сверхмощной – в прошлом – радиостанции (2500 кВт, 261 кГц) в г. Талдом Москов-

ской области; существенное уменьшение часов вещания на радиостанции в Краснодарском крае в станции Тбилисская (1200 кВт, 171 кГц). В Волгограде вообще отключены и не работают радиопередатчики на частотах 810 кГц и 1161 кГц, а оставшийся передатчик на частоте 567 кГц работает с пониженной мощностью. Объяснение простое – рост тарифов на электроэнергию.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Кто-то скажет, что пора покончить с АМ-вещанием, необходимо переходить на цифровое вещание. Более десяти лет в стране ведутся разговоры о цифровом радиовещании в так называемом формате DRM (Digital Radio Mondiale). Но фактически не разработаны ни стандарты на DRM, ни передающие DRM-станции; не выпускаются DRM-приёмники. Поэтому обещанного цифрового вещания с Олимпиады в Сочи не будет. На мой вопрос о перспективах цифрового вещания в России выступавший в этом году на международной конференции, посвящённой Дню радио, известный специалист в этой области профессор В.П. Дворкович сказал, что Европейский стандарт DRM-вещания считается неперспективным и в нашей стране поддержан не будет.

Естественно, возникают вопросы: почему сотрудникам Нижегородской радиолaborатории им. В.И. Ленина удалось в невероятно трудных условиях 1920-х гг. создать сеть радиостанций на длинных, средних и коротких волнах и почему доставшееся нам в наследство мощное советское радиовещание, покрывающее территорию России на длинных, средних и коротких волнах и имеющее стратегическое и оборонное значение, не модернизируется, а уничтожается?

ЛИТЕРАТУРА

1. Николаев А.М. Ленин и радио. М.: Партиздат. 1934.
2. Остряков П.А. Михаил Александрович Бонч-Бруевич. Связьиздат. 1953.
3. Бонч-Бруевич М.А. Усилительная лампа Нижегородской лаборатории (тип ПР1). НРЛ. ТИТбп. № 6. 1919.
4. <http://radiolaboratorija.ru>.
5. www.museum.unn.ru/managfs/index.phtml?id=13_6_08.
6. Бартнев В.Г. Первые работы в СССР в области УКВ. Современная электроника. №7. 2013.
7. <http://izvestia.ru/news/541740#ixzz2iUJC1vHX>.



В МОРСКОЕ ПУТЕШЕСТВИЕ С ДИСПЛЕИМИ LITEMAX!





8,4"



12,1"-19"



21,5"-24"

8,4"-24" ВЛАГОЗАЩИЩЁННЫЕ ЖК-ДИСПЛЕИ СЕРИИ NPD NAVPIXEL™ С ВЫСОКОЙ ЯРКОСТЬЮ

Основные характеристики

- Степень защиты корпуса IP65 (для модели NPD0835 IP68)
- Яркость свечения экрана 1000 кд/м²
- Светодиодная подсветка
- Поддержка ночного режима работы
- Резистивный сенсорный экран / антибликовое защитное стекло
- Регулировка яркости в широком диапазоне
- Обширный набор интерфейсов: VGA×2, DVI×2, CVBS×3
- Поддержка функции picture-in-picture (модели NPD1744 и NPD1954)
- Питание от сети 9–36 В постоянного тока
- Узкая лицевая фальшпанель
- Устойчивость к воздействию ударов и вибраций
- Защитное покрытие печатных плат
- Широкий диапазон рабочих температур

Применения

- Аппаратура морской техники
- Промышленная автоматизация

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР ПРОДУКЦИИ LITEMAX



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



Реклама

Итоги Международного промышленного форума «Радиоэлектроника. Приборостроение. Автоматизация»

С 30 октября по 1 ноября 2013 г. в СКК прошёл VIII Международный промышленный форум «Радиоэлектроника. Приборостроение. Автоматизация», включающий традиционно три специализированные выставки: «РАДЭЛ-ЭКСПО: Радиоэлектроника и приборостроение», «Автоматизация-2013», «Промышленная электротехника». Организатор выставки – компания «ФАРЭКСПО».

В торжественной церемонии открытия форума приняли участие: генеральный директор выставочного объединения «ФАРЭКСПО» Олег Шость; председатель Совета директоров фирмы «Универсал Прибор» Рубен Оганян; генеральный директор компании «ПриСТ» Александр Дедюхин; заместитель генерального директора по научной работе компании ПРОСОФТ Виктор Жданкин; главный инженер фирмы «Клевер Электроникс» Николай Васюнькин; генеральный директор ЗАО «Меандр» Евгений Васин; заместитель генерального директора ЗАО «Эмикон» Михаил Алексеев; директор по работе с партнёрами ООО «Омрон Электроникс» Йорг Левицкий.

Открыл мероприятие генеральный директор выставочной компании «ФАРЭКСПО» Олег Шость. По его мнению, сегодняшний уровень цивилизации определяют приборы

и устройства, помогающие нам жить. Олег Шость пожелал всем участникам выставки, чтобы их разработки и изобретения не только соответствовали современным масштабам, но и являлись «локомотивом» развития в своих отраслях. Участники форума поблагодарили организаторов за приглашение и выразили надежду на долгосрочное взаимовыгодное сотрудничество.

XIII Международная промышленная выставка «РАДЭЛ-ЭКСПО: Радиоэлектроника и приборостроение» – крупнейшее профильное мероприятие в России. Экспоненты продемонстрировали новейшие достижения отечественных и зарубежных производителей электронных компонентов, печатных плат, приборов, источников питания, поставщиков радиоизмерительного оборудования широкого применения, а также эксклюзивного исполнения.

В 2013 г. в работе выставки «РАДЭЛ-ЭКСПО: Радиоэлектроника и приборостроение» участвовали компании из России, Украины, Белоруссии, Тайваня, Китая, Голландии. Среди дебютантов: Tianchang Fuan Imp. & Exp. Co. (Китай), ЧП «Эдалити» (Белоруссия), ГНПО «Планар» (Белоруссия), СКТЬ СПУ (Смоленск), Техника-М (Москва), НИИ «Компонент» (Москва), ЗАО «НПП „ЭСТО“» (Москва), «Дана-НН» (Нижний Новгород).

Компания «Коронит» познакомила посетителей с экспозицией измерительных приборов Tektronix, TTI, Kiethley. Большое количество технологического и испытательного оборудования продемонстрировали ООО «УниверсалПрибор», ЗАО «Новые Технологии», ООО «АванТех», «Пантес», ЗАО «Остек». Коллективные стенды представили Ассоциация Тайваня и поставщики из Китая.

В рамках деловой программы прошли семинары компаний:

- ООО «АЛЕКСАНДЕР ЭЛЕКТРИК»: «Состояние и перспективы разработки и производства источников вторичного электропитания»;
- ООО «УниверсалПрибор»: «Современные технологии пайки и эффективная очистка электронных модулей от загрязнений при производстве электроники»;



- JTAG Technologies: «Мастер-класс по тестированию цифровых плат с помощью средств JTAG Live и JTAG ProVision»;
- ЗАО «ПКК Миландр»: «Современные разработки компании в области ЭКБ для аппаратуры специального и двойного назначения»;
- ЗАО «ОСТЕК»:
 - «Материалы для пайки»;
 - «Отмычка печатных узлов и трафаретов. Современные решения для подготовки, смешивания, дозирования и нанесения клеев-герметиков и компаундов»;
 - «Система мониторинга производства»;
- ООО «СОВТЕСТ АТЕ»: «Возможности новой серии автоматов-установщиков JUKI»;
- ЗАО «Новые Технологии»: «Технологии будущего»;
- «Завод полупроводниковых приборов»: «Миниатюрные безвыводные металлокерамические корпуса».

На XIV Международной специализированной выставке «**Автоматизация-2013**» и VI Международной специализированной выставке «**Промышленная электротехника**» свою продукцию представили 68 компаний из России, Белоруссии, Германии, Дании, Словении, Украины, Швейцарии, Японии.

Впервые в работе выставки приняли участие 27 компаний, в том числе: Camiler Rauer (Швейцария), Crystel Systems, Domel (Словения), FRABA Posital (Германия), «Бюро ESG», «КРОНЕ-Инжиниринг», «Марс-Энерго», «Металлострой СПб», «ОМРОН Электроникс», «Сибинтек», «ФАМ-Электрик», «Хартинг», «Эксэл», «Эмикон», «Энергомера», «ЭТМ», «Юмас».

После длительного перерыва обширные экспозиции подготовили Phoenix Contact и «Диэлектрические Кабельные Системы».

Значительную часть экспозиции заняли постоянные участники: Balluff, EPLAN, RITTAL, TURCK, «ВИКА Мера», «КИП-Энерго», «ЛМТ», «Логика», «Марс-Энерго», «Меандр», «Овен», «Осатек», «Ризур», «Симэкс», «Техника-Сервис», «Электропривод», «Элемер», «ЭФО» и др.

По мнению участников и посетителей, в 2013 г. выставка «Автоматизация» укрепила своё лидерство среди российских выставок по автоматизации промышленной сферы, энергетики и ЖКХ.

В рамках деловой программы выставок прошли семинары компаний-участников:

- «НПП ПРОМА»: «Устройства автоматизации розжига и контроля пламени»;
- «ЭТМ-Электроматериалы»: «Решения для автоматизации снабжения электроматериалами на промышленных предприятиях»;
- «ОВЕН»: «Новинки компании «ОВЕН». Отраслевые применения»;
- «РОДНИК»: «Новинки компании для промышленной автоматизации и специальных проектов»;
- «Бюро ESG»: «Altium Designer 2014. Навстречу российскому пользователю».

Отдельный семинар был посвящён подведению итогов конкурса научно-технических статей, который проводят журнал «Автоматизация в промышленности» и ВО «Фарэкспо». В этом году среди лауреатов конкурса авторы, представляющие следующие компании: Самарский государственный университет путей сообщения, «НЕЙПРОКОМ», НИТИ им. А.П. Александрова, «КБСМ», «Ленинградская АЭС», «Трансмост», Томский политехнический университет, «Востокгазпром», «Институт типовых решений – Производство (ИТРП)», СПбГУАП. Гран-при конкурса был присуждён авторскому коллективу в составе: Д.Х. Файрузов, Ю.Н. Бельков (ОАО «Газпром нефтехим Салават»), Д.В. Кнеллер (ЗАО «Хоневелл»), А.Ю. Торгашов (ИАПУ ДВО РАН) за статью «Система усовершенствованного управления установкой первичной переработки нефти: создание, внедрение, сопровождение».

Форум подтвердил положительную динамику развития выставок «Автоматизация» и «Промышленная электротехника». Принято решение о расширении тематического спектра данных проектов. В следующем году в тематику выставки «Автоматизация» войдёт раздел «Механотроника», а «Промышленная электроника» станет выставкой «Промышленная электроника и приводы».

По статистике VII Международный промышленный форум «Радиоэлектроника. Приборостроение. Автоматизация» с 30 октября по 1 ноября 2013 г. посетили 5680 человек. 96% посетителей форума – специалисты профильных для тематики выставки отраслей.



Открытие Зеленоградского нанотехнологического центра: старт новых проектов



Зеленоградский
нанотехнологический
центр



ПРОЕКТЫ
РОСНАНО

На церемонии открытия Зеленоградского нанотехнологического центра руководитель ОАО «РОСНАНО» А.Б. Чубайс запустил линию кристального производства изделий микроэлектроники, нажав на символическую красную кнопку, изготовленную на первом российском 3D-принтере в стенах центра.

Выступая на церемонии открытия, А.Б. Чубайс отметил, что у Зеленоградского наноцентра в силу его профиля самый высокий уровень производственной сложности из всех российских наноцентров, сеть которых была заложена в 2004 г. В целом в стране 3–4 аналогичных по уровню технологии комплексов, но Зеленоградский центр – единственный, доступный для любых технологических компаний.

Зеленоградский нанотехнологический центр – производственная линейка класса 100/10, оснащённая новейшим технологическим оборудованием ведущих мировых производителей, в которой совмещены возможности изготовления интегральных схем на пластинах и изделий микросистемной техники.

Комплекс ЗНТЦ позволяет не только реализовывать маршруты кристального производства, линию которого включили на полную мощность, но и оказывает поддержку технологическим инновационным компаниям. Для участников и гостей торжества в лабораторном комплексе была организо-

вана экскурсия по технологической инфраструктуре кристального производства.

Среди ключевых проектов, которые планируется реализовывать на технологической линии ЗНТЦ, можно назвать: МЭМС-гироскопы и акселерометры для интеллектуальных систем навигации и управления транспортом, авиационной и ракетно-космической техники; системы на базе матриц микрозеркал; датчики на основе сенсоров магнитного поля для автомобилестроения и промышленной автоматизации; наногенератор на спино-вертикальных структурах для телекоммуникаций и создания STT-MRAM.

В дальнейшем разработки планируется интегрировать в телекоммуникацию и связь, приборы управления и контроля космического приборостроения. Приглашённые на заседание представители компаний ОАО «Автоэлектроника», ОАО «НПП „Радар ммс“», ОАО «Концерн „Вега“», ОАО «НПО Автоматика», ОАО «Исток» после представления стартовавшей линии производства микроэлектроники подтвердили

интерес к сотрудничеству и реализации совместных проектов.

В рамках торжественного события прошло заседание круглого стола «Перспективы развития новых технологических производств: промышленное и международное партнёрство», в котором приняли участие: генеральный директор Фонда образовательных и инфраструктурных программ (ОАО «РОСНАНО») А.Г. Свиarenко, заместитель генерального директора ОАО «Росэлектроника» А.В. Брыкин, руководители профильных департаментов Министерства образования и науки РФ, Управления Президента РФ по научно-образовательной политике, а также представители государственных корпораций и холдингов, ведущих промышленных предприятий и исследовательских институтов. На заседании обсуждались перспективы развития центра, подводились итоги работы от самых истоков и до сегодняшнего дня.

Генеральный директор ЗАО «ЗНТЦ» А.А. Ковалёв рассказал, что центр был основан в 2010 г. государственной корпорацией «РОСНАНО», Московским государственным институтом электронной техники и Зеленоградским инновационно-технологическим центром для решения задач генерации и поддержки новых разработок в области нано- и микроэлектроники.



За три года работы ЗНТЦ была создана современная инфраструктура, обеспечивающая полный цикл проектирования СБИС, кристалльного производства микроэлектроники, нано- и микро-системной техники (МЭМС, НЭМС, системы на кристалле), линия сборки и тестирования функциональных и электрических параметров изделий микроэлектроники.

Знаменательно, что некоторое время назад в зале заседания проходила правительственная комиссия по высоким технологиям и инновациям под руководством В.В. Путина, который был главой этой комиссии. По искренним заверениям С.В. Лебедева, заместителя начальника Управления Президента РФ по научно-образовательной политике, до сих пор В.В. Путин сохранил тёплые чувства к МИЭТ.

Ректор МИЭТ Ю.А. Чаплыгин отметил значимость тех проектов института, которые увидели свет за последние 10 лет и послужили катализатором развития центра. Проекты получали первенство на различных конкурсах, становясь историей не только института, но и центра. Также ректор подчеркнул исключительную поддержку со стороны Министерства образования и науки РФ.

Особое место, по словам С.Г. Полякова, генерального директора Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере, в структуре центра и его продвижении играют стартапы: самое важное – вырастить лидеров высокотехнологического бизнеса России и выйти на мировой уровень. Среди стартапов можно отметить клеточный каркас для ускорения регенерации ткани «Хито-прол», платформу анализа биополимеров, разработку технологии производства наноалмазного порошка и др.

В завершение деловой программы состоялось торжественное подписа-



Анатолий Борисович Чубайс (справа) и Анатолий Андреевич Ковалёв (слева) на церемонии открытия ЗНТЦ

ние Соглашений о сотрудничестве со стратегическими партнёрами ЗНТЦ:

- 5-стороннее соглашение о развитии научно-технического и производственного потенциала российской микроэлектронной отрасли между Национальным исследовательским университетом «МИЭТ», ОАО «Росэлектроника», ОАО «НИИМЭ и Микрон», ЗАО «ЗНТЦ» и ОАО «Зеленоградский инновационно-технологический центр»;
- договор о коммерциализации датчиков автомобильной электроники и реализации совместных проектов с ОАО «Автоэлектроника» (калужский

кластер автомобильной промышленности);

- соглашение о сотрудничестве с Maicom Quarz GmbH. Среди основных направлений партнёрства: содействие в развитии программ с исследовательскими институтами Германии, трансфер технологий и реализация исследовательских программ, установление германо-российского партнёрства.

В целом докладчики единодушно констатировали успех центра и наличие перспектив развития, а также возможность дальнейшего финансирования исследований и производства на базе Зеленоградского центра. ©



Юрий Александрович Чаплыгин



Андрей Геннадьевич Свиноренко



Герман Марш

Не пропустите ведущее мероприятие в области неразрушающего контроля и технической диагностики!

Многие из нас следят за ходом подготовки к XX зимним Олимпийским играм в Сочи. Конечно же, ждём побед. А ведь если задуматься, то, продвигая товары и услуги, бизнес живёт по тем же «спортивным» правилам.

Олимпиада – это пик карьеры спортсмена. Можно ли сравнить участие компании в отраслевой выставке с участием в Олимпиаде спортсмена? Наверное, да. Компании – как олимпийские спортсмены. Они так же активно готовятся, чтобы продемонстрировать свои последние достижения, включаясь в «гонку за медали» – за расширение рынков сбыта, привлечение клиентов и партнёров, внедрение новых технологий, укрепление позиций на рынке. Желаемый результат появляется только тогда, когда разрабатывается индивидуальная программа подготовки и используется именно тот комплекс инструментов продвижения, который подходит для решения конкретных задач. И чемпионами становятся те, кто тщательно выбирает тренеров и команду специалистов, способных привести к победе.

А посетители выставки – это те же самые зрители на трибунах. Они заранее скачивают в Интернете пригласительные билеты на выставку, знакомятся со списком участников, составляют план посещения, назначают встречи. И всё это для того, чтобы решить свои производственные или коммерческие задачи. Ведь выставка – это уникальный маркетинговый инструмент. Она позволяет ознакомиться с продуктом и пообщаться с людьми, его продающими. Выставка ограничена сроками

проведения, а значит, свои задачи можно решить в максимально сжатые сроки. Здесь широкий выбор и нейтральная территория, где у всех компаний-участниц равные возможности по привлечению внимания посетителя. Выставка – это профессиональная среда. И наконец, прекрасная возможность вырваться из офисной рутины.

Мы приглашаем Вас с 18 по 20 февраля 2014 г. присоединиться к 13-й Международной выставке «NDT Russia – Неразрушающий контроль и техническая диагностика», Москва, СК «Олимпийский». Одновременно пройдёт выставка «ExpoCoating – Покрытия и обработка поверхности». Это одно из самых ярких событий отрасли, эффективность участия в котором подтверждена рекомендациями участников и посетителей.

NDT Russia 2014 традиционно объединит специалистов отрасли для знакомства с последними достижениями и разработками в области неразрушающего и разрушающего контроля, испытаний и измерений, услуг НК, лабораторного контроля, экологической диагностики, сертификации, контроля качества в промышленности и др.

Есть 5 важных причин посетить выставку.

1. Содержательность экспозиции: коллективный стенд вузов России с собственными разработками, специальная экспозиция «Услуги по НК» и др.

2. Удачное время для закупки оборудования. Ищите специальный знак – ХИТ ПРОДАЖ! Оборудование с этим знаком можно будет приобрести по выгодным ценам на стендах участников в дни работы выставки.

3. Возможность получения интересных призов. Участвуйте в фотоконкурсе «Будни неразрушающего контроля!»

4. Насыщенность деловой программы. Тематика круглых столов:

- Области применения, практический опыт, актуальные проблемы высокоэнергетической томографии ответственных промышленных изделий со сложной внутренней структурой;
- Измерение твёрдости: современное состояние, проблемы и перспективы;
- Внедрение на предприятии направления в сфере НК и ТД. Создание лаборатории: правовое регулирование, финансово-экономические и материально-технические требования;
- Методы и практика применения НК при диагностике трубопроводов тепловых сетей.

5. Зрелищные показы крупной техники, тест-драйв оборудования, демонстрация участниками выставки скорости, точности и простоты использования продукции, мастер-классы и презентации компаний.

А Вы в игре?

www.ndt-russia.ru



primexpo



ДОЛОМАНТ

ЗАО «НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ФИРМА «ДОЛОМАНТ»

ВЫСОКИЕ ТЕХНОЛОГИИ НА СЛУЖБЕ ОТЕЧЕСТВУ



Контрактное производство

электронных изделий любой сложности по конструкторской документации заказчика



Электронные компоненты

Поставка отечественных и импортных радиоэлектронных компонентов и материалов, полное комплектование производственных программ



Монтаж печатных плат

Уникальные автоматизированные технологические линии для SMT- и THT-монтажа. Все виды работ по стандартам ГОСТ и IPC



Поставка печатных плат

ДОЛОМАНТ является партнером мировых лидеров по производству печатных плат



Сборка приборов, стоек, шкафов

Полный цикл производства электроники



Заказные разработки

в соответствии с ТЗ заказчика, в том числе изделий специального назначения



Разработка и производство электронного оборудования и программного обеспечения

Более 500 изделий для специальных применений и жестких условий эксплуатации



Поставка в качестве второго поставщика

Более 400 000 наименований изделий иностранного производства под контролем военного представительства

Специальные проверки и исследования

Контакты Россия, 117437, г. Москва, ул. Профсоюзная, д. 108
Тел.: (495) 232-2033, факс: (495) 232-1654
Web: www.dolomant.ru, E-mail: info@dolomant.ru
Заказные разработки E-mail: cd@dolomant.ru

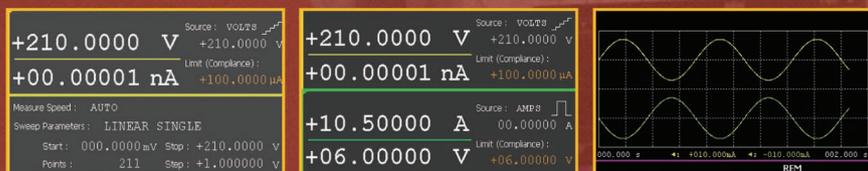
Контрактное производство электроники Россия, 117342, г. Москва, ул. Введенского, д. 3
Тел.: (495) 739-0775, факс: (495) 739-0776
E-mail: product@dolomant.ru

Реклама



© СТА-ПРЕСС

Прецизионный настольный параметрический анализатор – выберите наиболее эффективное решение



Прецизионные параметрические анализаторы (SMU) серии B2900A

Максимальные значения параметров источника	До 210В, до 3,03 А (в непрерывном режиме) / до 10,5 А (в импульсном режиме)
Максимальное разрешение	10 фА / 100нВ
Наилучший в отрасли уровень собственных шумов (с фильтром)	10 мкВскз / 1 нВскз/ $\sqrt{\text{Гц}}$
Графический интерфейс	4 режима отображения на дисплее с диагональю 10,9 см.

Впервые интерфейс пользователя нового настольного параметрического анализатора (источника/измерителя) позволит отобразить измеренные результаты в графической форме. Эти приборы также отличаются наилучшими в классе выходными значениями и разрешающей способностью.

Чтобы обеспечить такую скорость и эффективность измерений, нужно использовать самые передовые технологии.

Мы смотрим в будущее. Это Agilent.

Посмотрите видеоролик или загрузите рекомендации по применению, чтобы узнать о наиболее эффективных методах измерений
www.agilent.com/find/benchtopSMU

